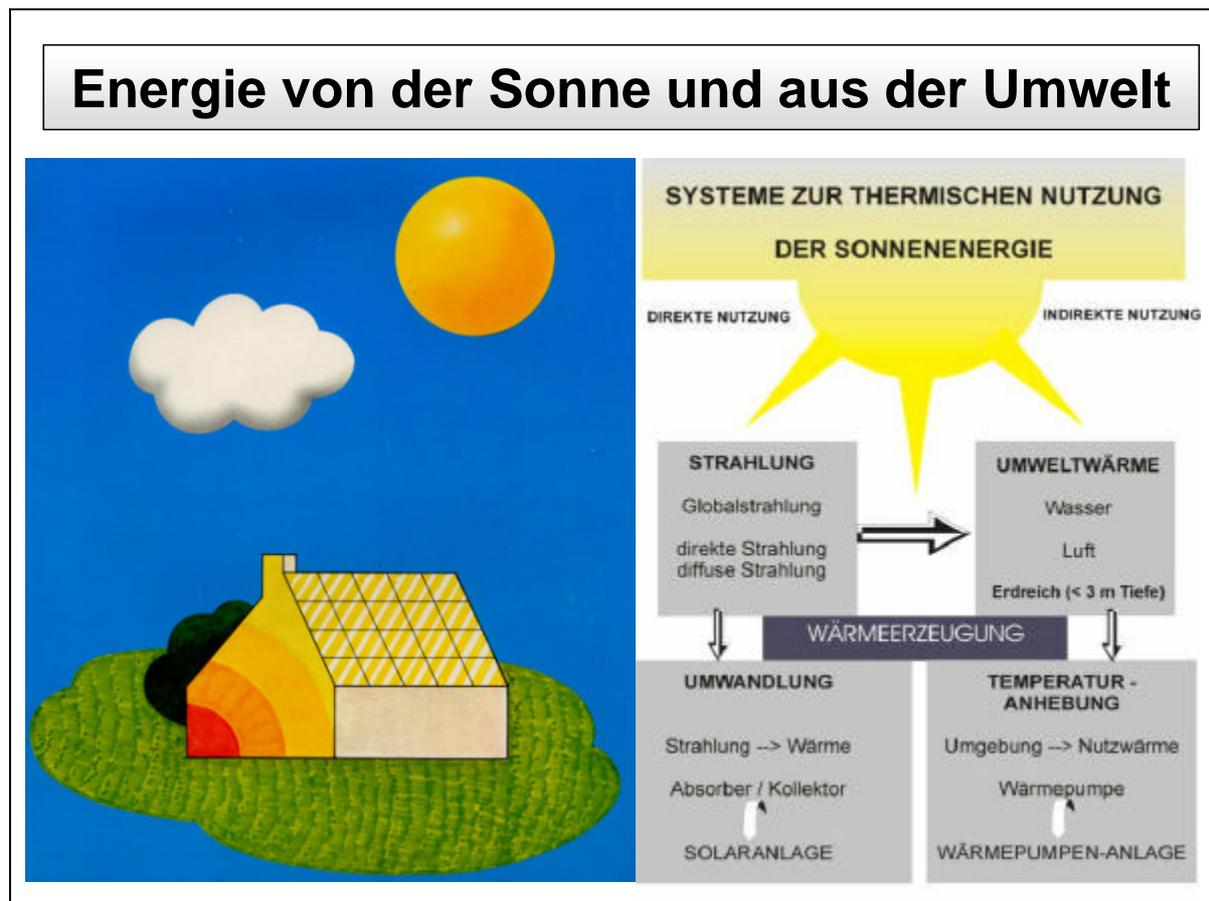


# Die Bedeutung von kombinierten Solar-Wärmepumpe-Heizungssystemen in der Österreichischen Energiestrategie



Gerhard Faninger

Juli 2012

## Impressum:

*Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Gerhard Faninger ist Vorstandsmitglied von AEE INTEC (Institut für Nachhaltige Technologien, Gleisdorf) und - seit 2007 im Ruhestand - weiterhin als außerordentliches Mitglied an der Fakultät für Interdisziplinäre Forschung und Fortbildung (iff) der Alpen-Adria-Universität Klagenfurt, Institut für Interventionsforschung und Kulturelle Nachhaltigkeit (IKN), sowie als Universitätslektor an der TU Wien, Energy Economics Group, EEG, tätig. ([gerhard.faninger@uni-klu.ac.at](mailto:gerhard.faninger@uni-klu.ac.at))*

## INHALT

Einführung	3
1. Entwicklung des Wärmepumpen- und Solar-Marktes in Österreich	3
2. Kombination von Solarenergie und Wärmepumpe	6
2.1 Kennzeichnung der Effizienz von Wärmepumpe-Solar-Kombiheizungen	9
2.2 Einflussfaktoren auf die Effizienz von Wärmepumpe-Solar-Systemen	12
2.3 Berechnungsprogramm zur Abschätzung von System-Arbeitszahlen von Wärmepumpe-Solar-Kombiheizungen	13
2.4 Ergebnisse einer Variantenanalyse	17
2.5 Kombination mit einer PV-Anlage	20
3. Die Österreichische Energiestrategie	21
4. Wachstumspotenziale für Erneuerbarer Energie in der Energiestrategie Österreich 2020	22
4.1 Wärmeerzeugung	22
4.2 Stromerzeugung	23
4.3 Mobilität	25
5. Die Rolle der Wärmepumpe-Solar-Kombisysteme in der Österreichischen Energiestrategie	26
6. Bewertung und Zuordnung von Wärmepumpen in einer mittel- und langfristigen Energiestrategie	27
6.1 Bewertung von Heizungssystemen nach Primärenergie und CO <sub>2</sub> -Emission	28
6.2 CO <sub>2</sub> -Reduktionspotenzial von Wärmepumpen im Vergleich zu Ölheizungen	30
6.3 Bewertung eines Wohnhauses	31
6.4 Umstieg von einer Ölheizung auf eine Wärmepumpe-Solar-Kombiheizung	36
6.5 Bewertung von Wärmepumpen-Heizungssystemen mit Öl- und Gaskessel	41
7. Möglicher Beitrag von Solarthermischen Anlagen und Wärmepumpen zur Wärmeversorgung von Gebäuden im Jahre 2050	46
8. Zukunftsvision zur Wärmeversorgung von Gebäuden im Jahre 2050	47
9. Schlussfolgerungen und Ausblick	54
Quellennachweis	55

## **Einführung**

*Energiepolitisches Ziel (Rat der Europäischen Union – Klimakonferenz Kopenhagen 2009 – und der Österreichischen Bundesregierung) ist es, bis zum Jahre 2050 die Treibhausgas-Emissionen um mindestens 80% bis 95% gegenüber dem Niveau von 1990 abzusenken, um den globalen Temperaturanstieg auf Grund des Klimawandels auf 2 °C zu begrenzen. Dies impliziert den Ausstieg aus allen fossilen Energieträgern. Wärmepumpe-Solar-Kombisystemen kommt zum Erreichen dieses Zieles eine besondere Bedeutung zu. Deren Chancen in der Umsetzung der Österreichischen Energiestrategie 2050 werden analysiert.*

## **1. Entwicklung des Wärmepumpen- und Solar-Marktes in Österreich**

Sowohl Wärmepumpen-Heizungssysteme als auch Solarthermische Anlagen zeigen seit der Markteinführung im Jahre 1976 eine in den Anfangsjahren und wieder nach 1990 positive Entwicklung, mit bis zu 20% Jahreszuwachsrate. In den letzten drei Jahren haben sich die Zuwächse allerdings reduziert und der Markt stagniert. Wirtschaftskrise und geänderte Förderungsmaßnahmen werden als Ursache angesehen.

### **Der Wärmepumpenmarkt in Österreich**

Am Beginn der Markteinführung von **Wärmepumpen** in Österreich im Jahre 1976 wurde die Wärmepumpen-Technik in der öffentlichen Wahrnehmung als effiziente Stromheizung eingestuft. Heute wird die Wärmepumpe als ein wichtiges Instrument zur Nutzbarmachung der lokal anfallenden erneuerbaren Energiequelle Umweltwärme (indirekte Solarenergie und oberflächennahe Geothermie) angesehen.

Die Marktentwicklung der Wärmepumpen-Technik in Österreich ist durch vier Phasen gekennzeichnet /1/.

Phase 1: 1975 – 1986: Priorität für Brauchwasser-Wärmepumpen zur Abtrennung der Warmwasserbereitung vom Heizkessel. Beginnender Markt für Heizungs-Wärmepumpen im Rahmen von Pilotprojekten und mit finanzieller Unterstützung durch die Stromanbieter.

Phase 2: 1987 – 1999: Rückgang in den Jahres-Zuwachsraten für Brauchwasser-Wärmepumpen und Priorität für solarthermische Anlagen zur Warmwasserbereitung und für Wärmepumpen zur Heizung. Preisrückgang bei den fossilen Energieträgern.

Phase 3: 2000 – 2008: Wieder Anstieg der Jahres-Zuwachsraten, gefördert durch vertrauensbildende Maßnahmen wie Standardisierung, fachgerechte Planung und Ausführung mit Qualitätssicherung und verbesserte Beratung und Betreuung sowie günstigere Einsatzbedingungen in Niedrigenergie-Gebäuden als neuer Baustandard. Höhere Akzeptanz als Instrument zum Klimaschutz und Förderungsaktionen durch Bund und Länder haben ebenfalls zu einer stärkeren Marktdurchdringung von Wärmepumpen beigetragen.

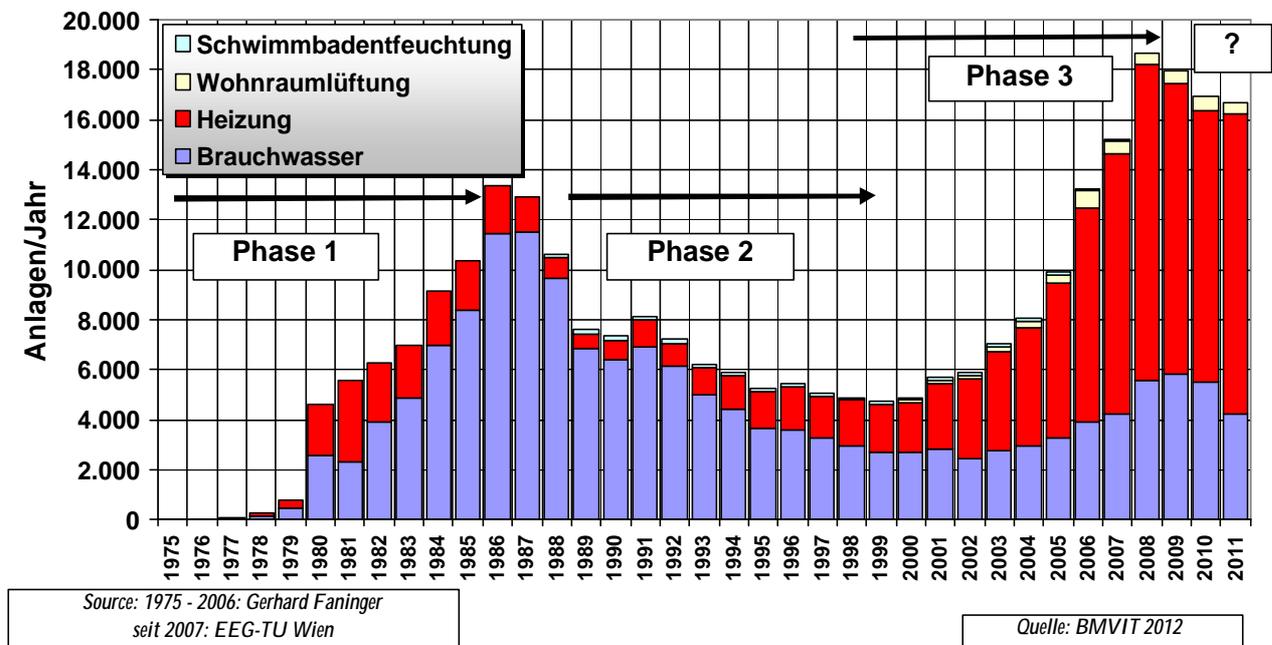
Phase 4: ab 2009: Stagnation der Marktzuwächse

Die Verbreitung von Heizungswärmepumpen fand ab dem Jahr 2001 parallel zur Marktdiffusion von energieeffizienten Gebäuden statt, die durch geringen Heizwärmebedarf und niedrige Heizungsvorlauftemperaturen einen energieeffizienten Einsatz dieser Technologie ermöglichen. Derzeitige Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen fokussieren bei Wärmepumpensystemen zurzeit auf Kombinationsanlagen mit anderen

Technologien wie z.B. mit solarthermischen Anlagen oder Photovoltaikanlagen, auf die Erschließung von neuen Energiedienstleistungen wie die Raumkühlung- und Klimatisierung oder auch die Gebäudetrockenlegung im Sanierungsbereich.

## Der Wärmepumpen-Markt in Österreich: 1975 - 2011

### *Jährlich installierte Anlagen*



**Abb. 1a: Marktentwicklung der Wärmepumpen-Anlagen in Österreich**

### Der Solarthermie-Markt in Österreich

Wurden **solarthermische Anlagen** zunächst nur für die von der Heizung abgetrennte Warmwasserbereitung eingesetzt, so haben sich mit der Markteinführung von Niedrigenergie-Gebäuden (mit Niedertemperatur-Warmwasser Heizungen – Vorlauftemperaturen unter 40°C) auch mit der Raumheizung gekoppelte Solarkombi-Heizungen am Markt eingeführt. Eine Kombination von Solaranlage und Wärmepumpe wurde am Beginn der Markteinführung nur vereinzelt angeboten, die Konkurrenz am Wärmemarkt wurde vor das Gemeinsame gestellt. Bevorzugt wurden zunächst Kombinationen mit Pellets- und Hackgut-Heizkesseln.

Die Marktentwicklung Solarthermischer Anlagen in Österreich lässt sich durch vier Phasen kennzeichnen:

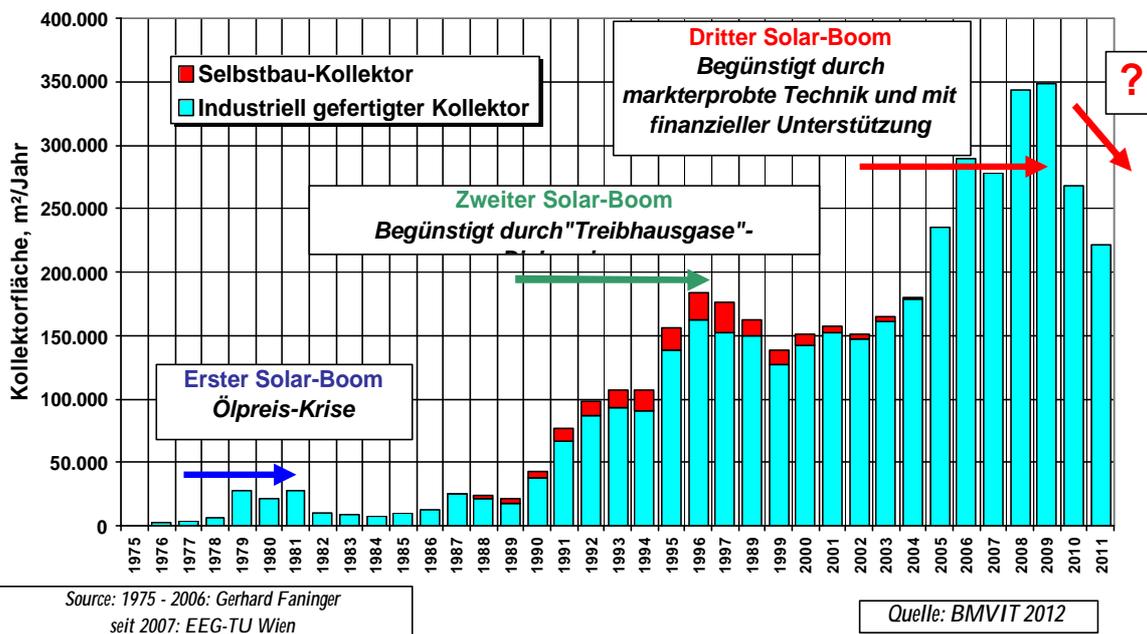
Phase 1: 1976 – 1981: Erster Solar-Boom, bedingt durch die „Ölpreis-Krise“.

Phase 2: 1989 – 1996: Zweiter Solar-Boom: Forciert mit der Diskussion von Treibhausgasen.

Phase 3: 2000- 2009: Dritter Solar-Boom: Unterstützt von fortgeschrittener Technik und mit staatlicher Unterstützung.

Phase 4: ab 2010: Stagnation der Marktzuwächse.

## In Österreich jährlich installierte Flachkollektor-Fläche 1975 - 2011

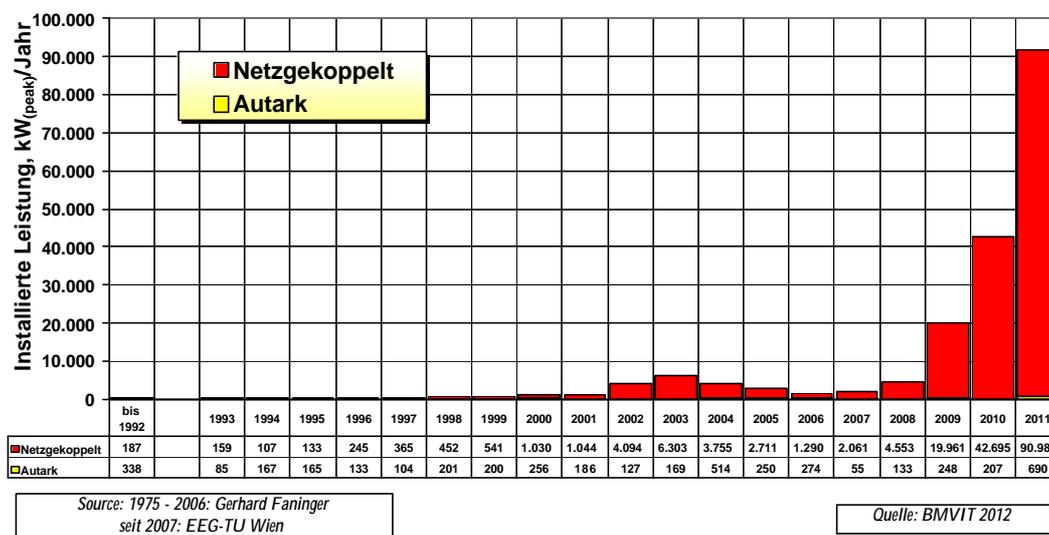


**Abb. 1b: Marktentwicklung der Solarthermischen Anlagen in Österreich**

### Der Photovoltaik-Markt in Österreich

Bedingt durch attraktive staatliche Förderungen (Ökostrom-Tarif und/bzw. Investitionszuschüsse) hat sich der Markt für photovoltaische Systeme in den letzten drei Jahren rapid entwickelt. Die meisten installierten PV-Anlagen sind gebäudeintegriert und werden in Verbindung mit Wärmepumpe-Solar-Kombianlagen zur Realisierung von PLUSEnergie-Gebäuden eingesetzt.

### Photovoltaik-Markt in Österreich: 1991 - 2011 Jährlich installierte Leistung in kW<sub>(peak)</sub>



**Abb. 1c: Marktentwicklung der Photovoltaik-Anlagen in Österreich**

## 2. Kombination von Solarenergie und Wärmepumpe

Schon am Beginn der Markteinführung von Wärmepumpen-Heizungssystemen gab es Ansätze, Wärmepumpen-Heizungen mit Vorwärmung der Wärmequelle über Solarwärme in der Effizienz zu steigern. Beispiele sind Luft/Wasser-Wärmepumpen mit Luftvorwärmung über einfache (nicht abgedeckte) Dachkollektoren („Energiedach“) oder in späteren Jahren – mit der Einführung der Passivhaus-Technik – mit Vorwärmung der Außenluft über im Erdreich verlegte Luftkanäle (Luft/Luft- und Luft/Wasser-Wärmepumpen).

Die Nutzbarmachung von Solarwärme in Wärmepumpen-Heizungssystemen wurde auch in Sole/Wasser-Wärmepumpen realisiert: „Energiezaun“ und „Massivabsorber“.

Die Wärmerегeneration des Erdreichs bei Erdgekoppelten Wärmepumpen (Flachkollektoren, Erdsonden) über Solarwärme in den Sommermonaten hat nach Feldtests nur einen bescheidenen Einfluss auf die Effizienzsteigerung der Wärmepumpe. In den Sommermonaten wird das Erdreich im Allgemeinen über die Sonneneinstrahlung ausreichend – wenn auch mit einer Zeitverzögerung – wärmerегeneriert. Die aktive Wärmerегeneration des Erdreiches kann außerdem eine Dehydrierung/das Abtrocknen der Sole im Bereich der Wärmetauscherrohre verursachen, was ein Nachteil im Hinblick auf eine zukünftige natürliche Regeneration darstellt. Der Abfluss der gespeicherten Wärme über Grundwasser ist ein weiteres Problem. Andererseits wird mit der Weiterleitung der solar produzierten Wärme in das Erdreich der Gewinn an Solarenergie erhöht und eine Stagnation der Sonnenkollektoren bei hoher Sonneneinstrahlung in den Sommermonaten ohne ausreichende Wärmeabnahme verhindert.

Heute werden solarthermische Anlagen in Wärmepumpen-Heizungssystemen insbesondere zur Warmwasserbereitung außerhalb der Heizsaison eingesetzt. Damit wird die Effizienz der Wärmepumpe deutlich erhöht: geringere Arbeitstemperatur für Heizung und Wegfall der Antriebsenergie für Grundwasser- und Sole-Förderpumpen außerhalb der Heizsaison. Außerdem wird - durch den um zu mindest 40 % geringeren Jahreseinsatz der Wärmepumpe - die Lebensdauer des Kompressors verlängert.

Die Kombination von Solarthermie und Wärmepumpe wird schon seit Jahren in Fernwärme- (Nahwärme-) Netzen mit saisonaler (Langzeit-) Speicherung (z. B. in Deutschland, Schweden und Dänemark) mit Erfolg praktiziert. Der Großspeicher wird als Wärmequelle für die Wärmepumpe eingesetzt.

Seit kurzem werden am Markt Solar-Wärmepumpe-Kompaktsysteme für Einfamilienhäuser angeboten. Zum Einsatz kommen Luft/Wasser-Wärmepumpen mit einer Heizleistung bis 9 kW. Über ein „intelligentes“ Energiemanagement – mit bedarfsgerechter Steuerung - soll der Einsatz von Solarwärme und Umweltwärme für Heizung und Warmwasser auf den tatsächlichen Wärmebedarf abgestimmt werden. Eine größere Kollektorfläche (z.B. 16 m<sup>2</sup> anstelle 8 m<sup>2</sup> für ausschließliche Warmwasserbereitung) wird auch zur Vorwärmung der Außenluft am Verdampfer eingesetzt. Aussagekräftige Betriebsdaten zur Bestätigung der Planungsvorgaben stehen derzeit allerdings noch aus.

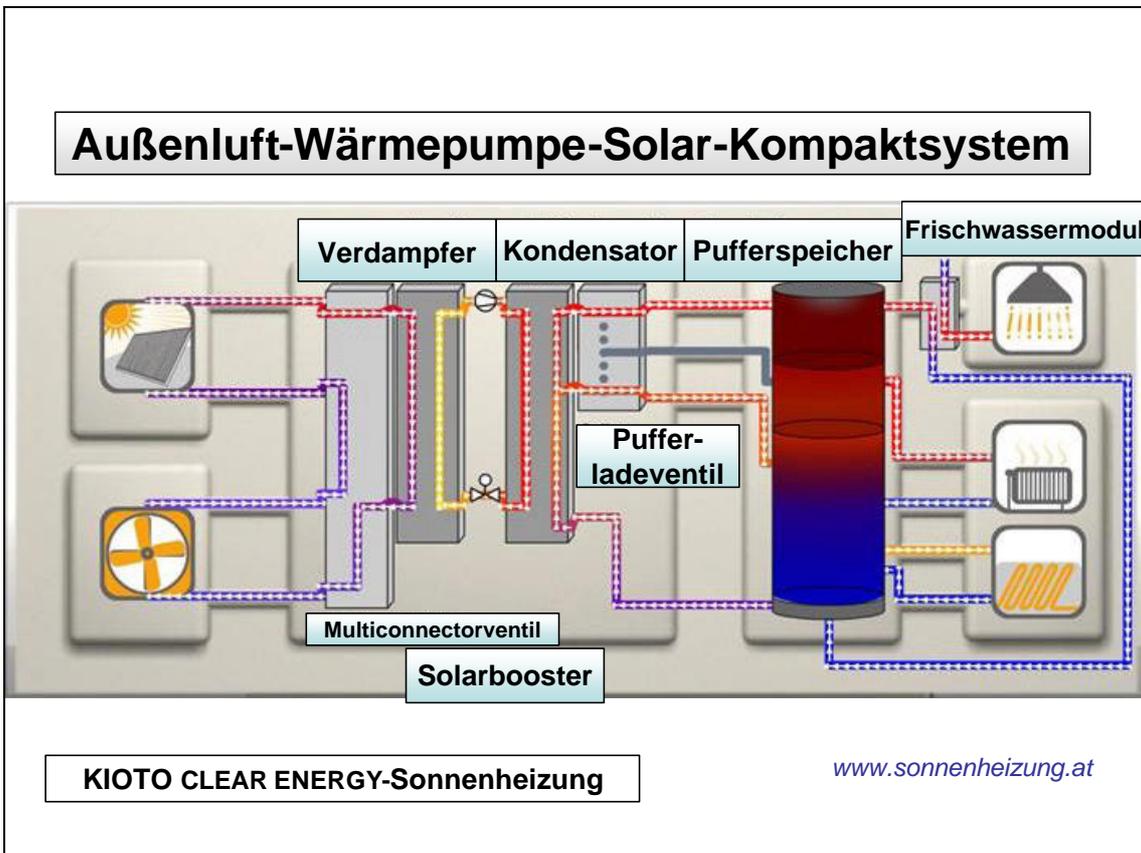
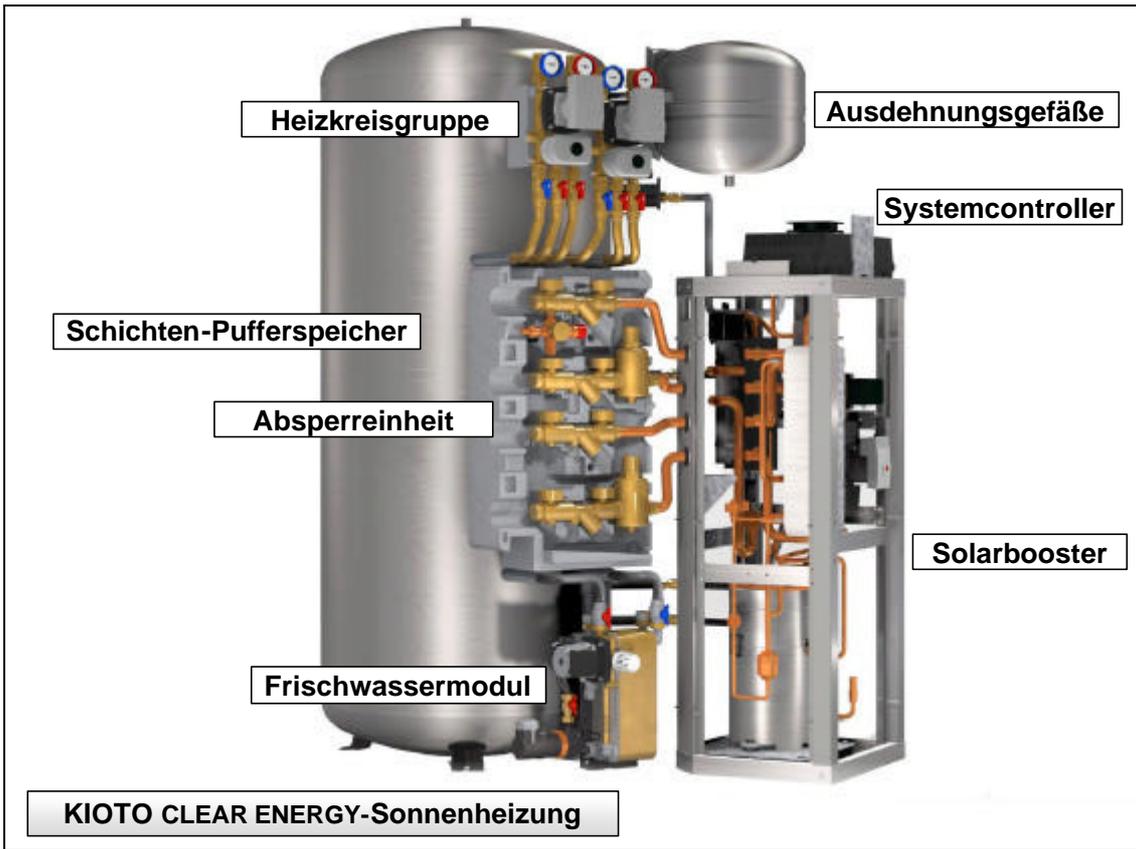
Wärmepumpe-Solar-Systeme werden somit heute am Markt in verschiedenen Kombinationen angeboten; z. B. /3/ und /4/. Grundsätzlich lassen sich diese zwei Konzepten zuordnen. Solaranlage und Wärmepumpe arbeiten unabhängig voneinander - zwar mit gemeinsamer Nutzung des Wärmespeichers aber ohne Interaktion. Bei Wärmepumpe-Solar-Kompaktsystemen wird eine Interaktion der Solaranlage und der Wärmepumpe mit

Ausnutzung von möglichen Synergieeffekten angestrebt. Die Wärmepumpe nutzt dabei direkt oder indirekt – über einen Wärmespeicher – die Solarwärme als Wärmequelle. Hierbei werden auch Speicherkonzepte mit Latentwärme (PCM – *phase change* Materialien) eingesetzt /2/. Eine neue Entwicklung stellen Wärmepumpe-Solar-Kombiheizungen mit Eisspeicher dar. Diese Systeme bestehen aus Hybrid-Solarkollektoren mit Luftwärmetauscher, Wärmepumpe, Brauchwasserspeicher und Eisspeicher. Hybridkollektoren nutzen sowohl die Sonneneinstrahlung als auch die Umgebungswärme. Der Eisspeicher akkumuliert die durch die Hybridkollektoren gewonnene Energie mit hoher Energiedichte. Die Wärmepumpe nutzt als Wärmequelle den Eisspeicher. Auf Grund niedriger Speichertemperaturen fallen nur geringe Speicherverluste an. Erdsonden oder Erdkollektoren als Wärmequellen sind nicht erforderlich; Systeme SOLAERA, Firma Consolar /3/.

Abb. 2 und Tafel 1 fassen die Möglichkeiten zur Kombination von solarthermischen Anlagen und Wärmepumpen zusammen, mit Hinweis auf eine mögliche Effizienzsteigerung.

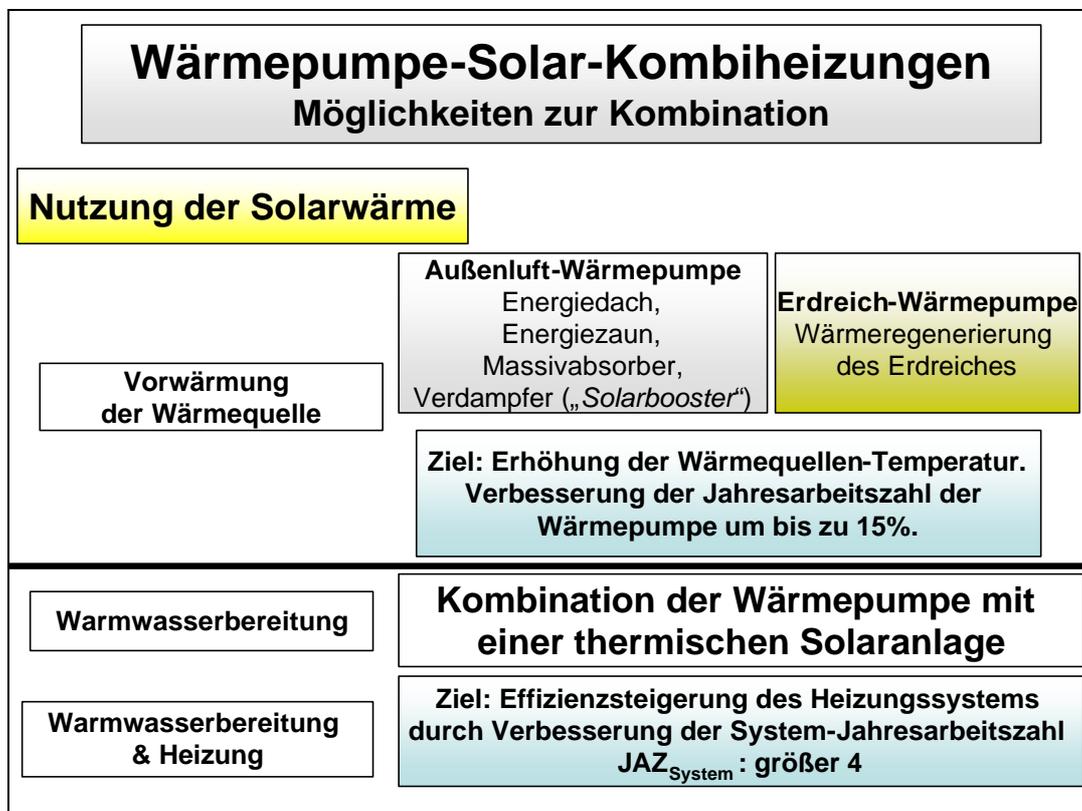


**Abb. 2a: Wärmepumpe-Solar-Kombisysteme mit Erdreich- und Außenluft-Wärmepumpe**



**Abb. 2b: (Außenluft-)Wärmepumpe-Solar-Kompaktsystem**

**Tafel 1: Möglichkeiten zur Kombination von solarthermischen Anlagen und Wärmepumpen**



<b>Möglichkeiten zur Kombination von Wärmepumpen-Heizungssystemen mit solarthermischen Anlagen</b>					
System	Solarwärme	Wärmepumpe	System	Effizienzsteigerung Wärmepumpe	
				Jahresarbeitszahl, SPF	Jahresarbeitszahl Wärmepumpe Ohne Solar-Unterstützung
1	Vorwärmung Außenluft	Luft/Wasser-WP	"Energiedach"	0,2 - 0,3	2,3
2	Vorwärmung Außenluft	Luft/Luft-WP	Wärmetauscherrohr im Erdreich	0,2 - 0,4	2,3
3	Vorwärmung SOLE (Außenluft)	Sole/Wasser-WP	"Energiezaun", "Massivabsorber"	0,2 - 0,4	2,8
4	Wärmeregenerierung Erdreich	Erdreich Sole/Wasser-WP	Wärmeregenerierung Erdreich	0,1 - 0,2	4,0
5	Warmwasserbereitung	Alle Wärmepumpen	Solarunterstützte Wärmepumpen	0,3 - 0,5	3,5
6	Warmwasser & Heizung	Luft/Wasser-WP	Solar-Wärmepumpe Kompaktsystem	0,5 - 0,7	2,3
7	Fernwärme (Nahwärme) mit saisonaler Speicherung	Sole/Wasser-WP Wasser/Wasser-WP	Solar-Wärmepumpen-Systeme für Fern- und Nahwärme	0,3 - 0,5	3,5

\* Referenzklima (HGT 3.400),  
Heizungsauslegung: 33°C/28 °C,  
Raumtemperatur: 20°C

## 2.1 Kennzeichnung der Effizienz von Wärmepumpe-Solar-Kombiheizungen

Die *Leistungszahl COP* einer Wärmepumpe ist das Verhältnis von erzeugter Wärme zur eingesetzten Antriebsenergie und wird aus dem CARNOT-Kreisprozess abgeleitet. COP ist ein Momentanwert und ist abhängig von der Temperatur-Differenz zwischen Wärmequelle und Nutztemperatur (Heizung, Warmwasser). Die Messung erfolgt in einem genormten Prüfverfahren.

Die *Jahresarbeitszahl* der Wärmepumpe SPF bzw. JAZ beschreibt die Effizienz der Wärmepumpe im Jahresbetrieb und die System-Jahresarbeitszahl  $JAZ_{\text{System}}$  ist kennzeichnend für die Leistungsfähigkeit einer Wärmepumpe-Solar-Kombiheizung: Die mit der Wärmepumpe und der Solaranlage erzeugte Wärme wird in Relation zu dem eingesetzten Strom für die Wärmepumpe und Solaranlage (Umwälzpumpen im Kollektor- und Speicherkreis) gesetzt.

**Effizienz eines Wärmepumpen-Solar-Systems**

**Jahres-Systemarbeitszahl:**

**Wärmeerzeugung**  
(Wärmepumpe & Solaranlage)

/

**Stromeinsatz**  
(Wärmepumpe & Solaranlage)

$(Q_{\text{WP}} + Q_{\text{Sol}}) / (\text{Strom}_{\text{WP}} + \text{Strom}_{\text{Sol}})$

**Abb. 3: Kennzeichnung von Wärmepumpe-Solar-Kombisystemen /4/**

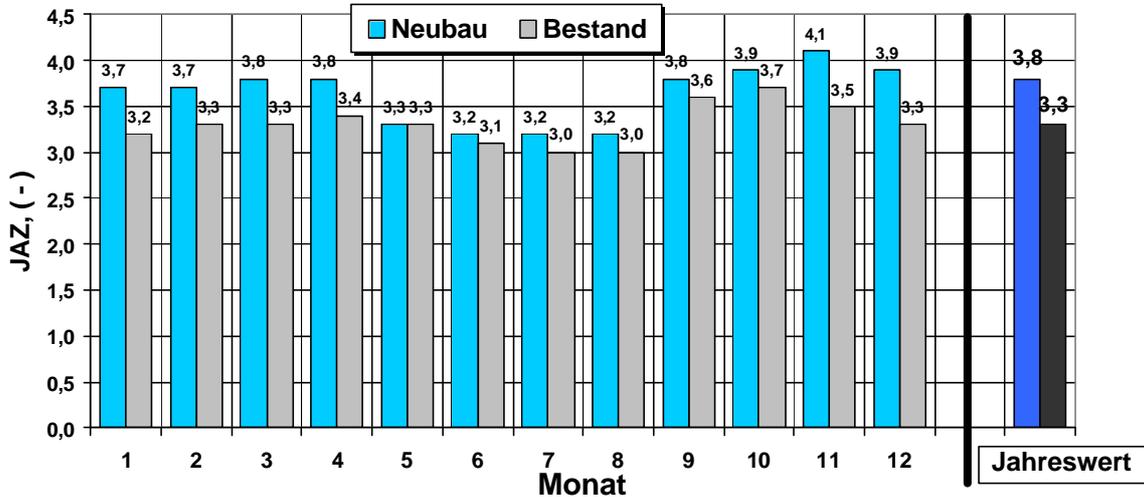
Die in den Produktdatenblättern ausgewiesenen COP- und ggf. auch SPF/JAZ-Werte berücksichtigen nicht Wärmeverluste im Heizungssystem (Verteilerleitungen und Speicher) sowie auch Verluste im Betrieb (z.B. bei Ein-/Ausschaltzeiten). Die Kennwerte gelten nur für Heizbetrieb und nicht für eine zusätzliche Warmwasserbereitung auf einem höheren Temperaturniveau. Die in der Praxis erreichbaren COP- und JAZ-Werte liegen deshalb immer unter den im Laborversuch ermittelten Kennwerten.

Im günstigen Fall einer Grundwasser- und auch Erdreich-Wärmepumpe sind nach den Datenblättern COP-Werte von 4,2 zu erreichen. In der Praxis liegen die Werte zwischen 3,5 und 4. In einem umfangreichen Wärmepumpen-Feldtest von Sole/Wasser- und Luft/Wasser-Wärmepumpen in Deutschland liegt der Mittelwert (44 bzw. 34 Anlagen) der im Betrieb erreichten Jahresarbeitszahlen bei Sole/Wasser-Wärmepumpen bei 3,8 (Neubau) bzw. 3,3 (Bestand). Bei Luft/Wasser-Wärmepumpen wurde als Mittelwert von 34 Anlagen eine Jahresarbeitszahl von 2,6 erreicht /2/.

**Tafel 2: Wärmepumpen-Kenndaten nach Prüfzeugnis**

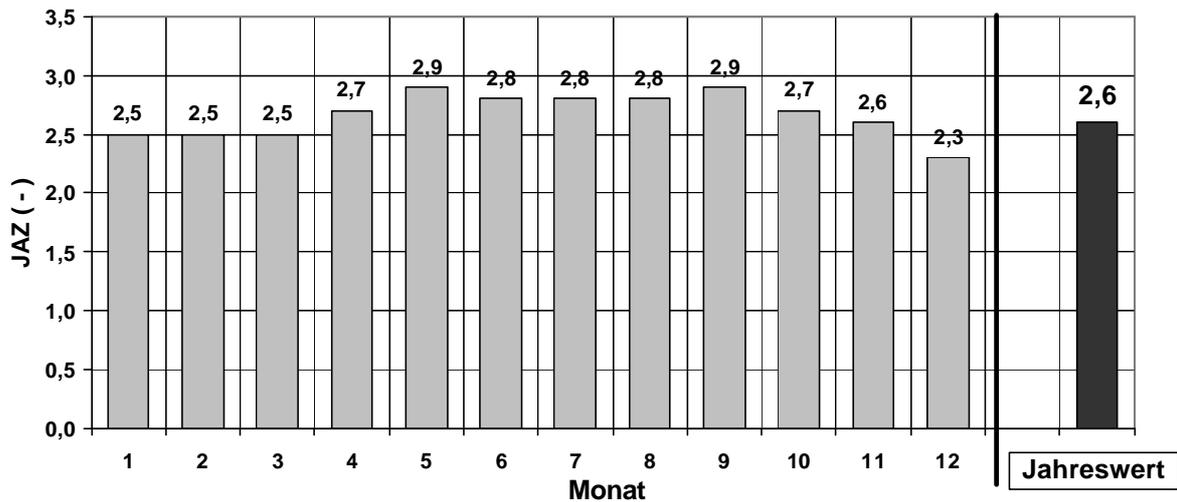
COP-Werte von Sole/Wasser- und Luft/Wasser-Wärmepumpen nach Prüfzeugnis (Beispiele)					
	BOW35	BOW45	BOW55		
<b>Sole/Wasser-Wärmepumpe</b> Herz Energietechnik	4,2	3,6	2,7		
	A7/W35	A2W35	A7W45	A-7W35	A-7W55
<b>Luft/Wasser-Wärmepumpe</b> Ochsner Wärmepumpen	4,7	2,9	3,6	2,6	2,9
Quelle: Wärmepumpen-Prüfzentrum Buchs, Schweiz <a href="http://www.wpz.ch">www.wpz.ch</a>					

### Jahresarbeitszahlen JAZ von Wärmepumpen-Heizungssystemen Sole/Wasser-Wärmepumpen



Hans-Martin Henning, Marek Miara: Wärmepumpen-Feldtest 2008.  
Fraunhoferinstitut für Solare Energiesysteme. Freiburg/Deutschland  
Untersucht wurden 44 (Neubau) und 34 (Bestand) Anlagen

### Jahresarbeitszahlen JAZ von Wärmepumpen-Heizungssystemen Luft/Wasser-Wärmepumpen



Hans-Martin Henning, Marek Miara: Wärmepumpen-Feldtest 2008.  
Fraunhoferinstitut für Solare Energiesysteme. Freiburg/Deutschland  
Untersucht wurden 34 (Bestand) Anlagen

**Abb. 4: Jahresarbeitszahlen von Sole/Wasser- und Luft/Wasser-Wärmepumpen im Betrieb**

## 2.2 Einflussfaktoren auf die Effizienz von Wärmepumpe-Solar-Systemen

Für die Effizienz von Wärmepumpe-Solar-Kombiheizungen sind viele Faktoren maßgebend. Diese beziehen sich auf die Auslegung des Heizungssystems, auf die angestrebte Raumtemperatur, auf die für den Einsatz einer Wärmepumpe maßgebenden Einsatzbedingungen, auf die Auslegung der thermischen Solaranlage und auf die Betriebsweise. Für optimale Bedingungen eines effizienten und ökologisch vertretbaren Wärmepumpe-Solar-Systems sind Planung, Auswahl der Komponenten, Ausführung und Benutzerverhalten verantwortlich.

<b>Einflussfaktoren auf die Effizienz von Wärmepumpe-Solar-Kombisystemen</b>
<b>Auslegung des Heizungssystems:</b> Vorlauf- und Rücklauf-Temperatur
<b>Gewünschte Raumtemperatur:</b> 20 °C oder höher
<b>Einsatzbedingungen:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Hohe und möglichst konstante Quellentemperatur</li><li>- Geringer Heizwärme- und Warmwasser-Bedarf<ul style="list-style-type: none"><li>- Niedrige Speicher- und Verteilverluste</li><li>- Effizientes Wärmepumpen-Aggregat</li></ul></li><li>- Temperaturerhöhung der Wärmepumpe bei Normbedingungen</li><li>- Differenz Speichertemperatur und Vorlauftemperatur Heizung</li><li>- Garantierte Warmwassertemperatur (ohne und mit Elektro-Heizstab)</li></ul>
<b>Auslegung der thermischen Solaranlage</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Nur für Warmwasser oder für Warmwasser und Heizung</li></ul>
<b>Betriebsweise und Systemauslegung</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Heizung, Heizung und Warmwasser</li><li>- Heizungs- und Warmwasserspeicher</li><li>- Elektrische Zusatzheizung (Warmwasser, Heizung)</li><li>- Garantierte Warmwassertemperatur mit Elektro-Heizstab</li><li>- Steuerungs- und Regelungskonzept (Energiemanagement, Ein- und Ausschaltzeiten).</li></ul>

Eine Wärmepumpe-Heizung kann nur dann als effizient und ökologisch bewertet werden, wenn die CO<sub>2</sub>-Bilanz im Vergleich zu einem modernen Öl- oder Gas-Kessel (Brennwertgeräte) signifikante Emissionsvorteile erreicht.

Eine hohe Jahresarbeitszahl des Gesamtsystems ( $JAZ_{\text{System}}$ ) ist die Bedingung, um Energieeffizienz und Klimaschutzziele durch Nutzung der erneuerbaren (und lokal anfallenden) Umweltwärme zu erreichen. Für den Konsumenten sichert eine hohe System-Arbeitszahl nachhaltig niedrigere Betriebskosten.

Für die Ökobilanz des Wärmepumpe-Heizungssystems ist auch der eingesetzte Strom mit entscheidend. Mit Strom aus Erneuerbarer Energie (Wasserkraft, PV- und Wind-Strom) lässt sich eine CO<sub>2</sub>-freie Wärmeversorgung erreichen.

Die vielfältigen Einflussfaktoren auf die Effizienz einer Wärmepumpe-Solar-Kombiheizung erschweren Abschätzungen der im Betrieb zu erzielenden System-Arbeitszahlen.

## **2.3 Berechnungsprogramm zur Abschätzung von System-Arbeitszahlen von Wärmepumpe-Solar-Kombiheizungen**

Eine Abschätzung der Effizienz von Wärmepumpe-Heizungssystemen kann über das in der Praxis erprobte und mit Betriebsdaten verifizierte Berechnungsverfahren JAZcalc vorgenommen werden; /13/.

Im Rechentool „JAZcalc“ werden der Wärmebedarf des Gebäudes und die Wärmeabgabe der Wärmepumpe in Abhängigkeit von der Außentemperatur ermittelt und mit der Summenhäufigkeit gewichtet. Dabei sind nur solche Eingabedaten erforderlich, die bei einer Baueingabe normalerweise auch verfügbar sind. Die Gebäudecharakteristik wird dabei mit dem Heizwärmebedarf und den Transmissions- und Lüftungswärmeverlusten erfasst. Für die Beschreibung des Wärmepumpenverhaltens ist ausschließlich der Norm-Messpunkt erforderlich.

Tafel 3 enthält ein Berechnungsbeispiel. Tafel 3a für eine (Erdreich-)Wärmepumpe-Solar-Kombiheizung und Tafel 3b für eine (Außenluft-) Wärmepumpe-Solar-Kompaktanlage.

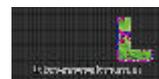
Für Wärmeverluste im Heizungssystem, Auslegung des Heizwärmeverteilung, COP der Wärmepumpe, Wärmeentzugsleistung von Erdreich-Flächenkollektoren und Erdsonden sowie Leistung von Förderpumpen werden Vorgaben (Defaults) empfohlen; Tafel 4.

Das in der Schweiz entwickelte Rechenprogramm wurde für österreichische Verhältnisse adaptiert (Energieinstitut Vorarlberg) und wird von der Österreichischen Qualitätsgemeinschaft Wärmepumpe an Interessenten kostenlos weitergegeben. [info@guetesiegel-erdwaerme.at](mailto:info@guetesiegel-erdwaerme.at).

Das aktuelle Berechnungstool (Juli 2009) ist für die Kombination einer Wärmepumpe mit einer Solaranlage zur ausschließlichen Warmwasserbereitung abgestimmt. Für kombinierte Solaranlagen für Warmwasser und Raumheizung werden derzeit Adaptierungen vorgenommen, welche bis Ende 2012 abgeschlossen sein sollen.

## Tafel 3a: Berechnungsbeispiel für eine (Erdsonden)-Wärmepumpe-Solar-Kombianlage

### Wärmepumpen - Berechnungsblatt JAZcalc



<b>Projekt:</b>		<b>Installateur / Planer:</b>		JAZcalc_6.3 / Juli 09
Name (Bauherr/GU):	Gerhard Faninger	Name:		
Strasse:		Strasse:		
Ort:	Klagenfurt	Ort:		
Tel.:		Tel.:		
<b>Gebäudedaten</b>		Bundesland: Kärnten ▼		
Klimastation		Klagenfurt ▼		
Gebäudekategorie		Einfamilienhäuser ▼		
Energiebezugsfläche EBF (gemäß Energieausweis)	A <sub>E</sub>	m <sup>2</sup>	206	
Heizwärmebedarf (gemäß Energieausweis)	Q <sub>h</sub>	kWh/m <sup>2</sup> a	41	
Transmissionswärmeverluste (gemäß Energieausweis)	Q <sub>T</sub>	kWh/m <sup>2</sup> a	48	
Lüftungswärmeverluste (gemäß Energieausweis)	Q <sub>V</sub>	kWh/m <sup>2</sup> a	30	
Heizung: Zusätzliche Verteilverluste		%	15%	
Sperrzeiten für Wärmepumpe		h/d	2	
Heizleistungsbedarf ohne Warmwasser bei -16°C	Vorschlagswert: 6,7	kW	9	
Warmwasserbedarf	Q <sub>ww</sub>	kWh/m <sup>2</sup> a	14,3	
Warmwasser: Zusätzliche Speicher- und Verteilverluste		%	12%	
<b>Wärmepumpen-Anlage</b>				
Name und Typ der Wärmepumpe:		Erdsonden-Wärmepumpe ▼		
Wärmequelle:		Heizung + Warmwasser ▼		
Einsatz (Heizung oder Warmwasser):		mit Heizungs - Speicher ▼		
Heizungsspeicher		monovalenter Betrieb Heizung ▼		
Betriebsweise der Wärmepumpen-Anlage:				
Elektrische Leistungsaufnahme Sondenpumpe:		W	380	
Sondenanzahl:	(Sondenbelastung = 48,9 W/m)	-	2	
Länge pro Erdwärmesonde:	(Sondenbelastung = 29,9 kWh/m)	m	95	
Auslegungs-Sondentemperatur (optional, aus externer Berechnung in Beilage)	0,2	°C		
COP bei Normtemperatur (B0 / W50):		-	3	
Leistungszahl COP (B0 / W35):		-	4,7	
Heizleistung bei (B0 / W35):		kW	11,8	
Grösse Heizungsspeicher		Liter	1500	
Temperaturerhöhung in der Wärmepumpe bei Normbedingungen	dT Nutzer	°C	5	
Vorlauftemperatur der Heizung:	T VL	°C	35	
Rücklauftemperatur der Heizung:	T RL	°C	30	
Differenz Speichertemperatur - Vorlauftemperatur Heizung	dT Speicher	°C	5	
elektrische Zusatzheizung Warmwasser:		Elektroeinsatz zur Nachwärmung ▼		
garantierte Warmwassertemperatur ohne Elektroheizstab:		°C	52	
Warmwassertemperatur mit Elektro - Nachwärmer Q <sub>ww</sub> :		°C	57	
WW-Speicher-Inhalt		Liter	500	
<b>Solaranlage:</b>		Sonnenkollektoren für Heizung und Warmwasser ▼		
Absorberfläche		m <sup>2</sup>	16,0	
Kollektorausrichtung	Azimet [°]: 0	Neigung [°]: 45		
Nettoertrag pro m <sup>2</sup> Absorberfläche	265,8	kWh/m <sup>2</sup> a	260	
Höhe über Meer des Standortes		m.ü.M.	500	
Solarer Deckungsgrad Warmwasser	70,0%	%		
Solarer Deckungsgrad Heizung	23,2%	%		
<b>Resultate</b>				
Elektro-Anteil für das Warmwasser	e =	0,0%	kWh =	96
Laufzeit der Wärmepumpe		3,2%	h / a	769
Anteil und JAZ (ohne Elektrozusatz) der WP für die Heizung mit Solaranlage		76,8%	JAZ <sub>Heizung</sub> =	4,92
Anteil und JAZ (ohne Elektrozusatz) der WP für Warmwasser mit Solaranlage		26,8%	JAZ <sub>Warmwasser</sub> =	9,72
Gewichtungsfaktor Heizung w <sub>h</sub> :			-	0,77
Gewichtungsfaktor Warmwasser w <sub>ww</sub> :			-	0,23
JAZ (ohne Elektrozusatz) für Heizung + Warmwasser ohne / mit Solaranlage:	3,53		-	5,56
JAZ mit Solaranlage (inkl. Elektrozusatz) für Heizung + Warmwasser:			JAZ =	5,36

## Tafel 3b: Berechnungsbeispiel für eine (Außenluft)-Wärmepumpe-Solar-Kompaktanlage

### Wärmepumpen - Berechnungsblatt JAZcalc



<b>Projekt:</b>		<b>Installateur / Planer:</b>		JAZcalc: 6.3 / Juli 09
Name (Bauherr/GU):	Gerhard Faninger	Name:		
Strasse:		Strasse:		
Ort:	Klagenfurt	Ort:		
Tel.:		Tel.:		
<b>Gebäudedaten</b>		Bundesland:	Kärnten	▼
Klimastation			Klagenfurt	▼
Gebäudekategorie			Einfamilienhäuser	▼
Energiebezugsfläche EBF (gemäß Energieausweis)	A <sub>E</sub>	m <sup>2</sup>	206	
Heizwärmebedarf (gemäß Energieausweis)	Q <sub>h</sub>	kWh/m <sup>2</sup> a	41	
Transmissionswärmeverluste (gemäß Energieausweis)	Q <sub>T</sub>	kWh/m <sup>2</sup> a	48	
Lüftungswärmeverluste (gemäß Energieausweis)	Q <sub>V</sub>	kWh/m <sup>2</sup> a	30	
Heizung: Zusätzliche Verteilverluste		%	15%	
Sperrzeiten für Wärmepumpe		h/d	0	
Heizleistungsbedarf ohne Warmwasser bei -16°C	Vorschlagswert: 6,7	kW	9	
Warmwasserbedarf	Q <sub>ww</sub>	kWh/m <sup>2</sup> a	14,3	
Warmwasser: Zusätzliche Speicher- und Verteilverluste		%	12%	
<b>Wärmepumpen-Anlage</b>				
Name und Typ der Wärmepumpe:				
Wärmequelle:	Luft - Wärmepumpe ▼			
Einsatz (Heizung oder Warmwasser):	Heizung + Warmwasser ▼			
Heizungsspeicher	mit Heizungs - Speicher ▼			
Betriebsweise der Wärmepumpen-Anlage:	mit elektrischer Zusatzheizung ▼			
Steuerung des Elektro-Heizeinsatzes	Elektro-Einsatz im Speicher ▼			
COP bei Normtemperatur 7 °C / 50°C (A7 / W50):		-	3,5	
COP bei Normtemperatur -7 °C / 35°C (A-7 / W35):		-	3	
Heizleistung bei Normtemperatur -7 °C (A-7 / W35):		kW	6,5	
COP bei Normtemperatur +2 °C (A2 / W35):		-	3,5	
Heizleistung bei Normtemperatur +2 °C (A2 / W35):		kW	8	
COP bei Normtemperatur +7 °C (A7 / W35):		-	4	
Heizleistung bei Normtemperatur +7 °C (A7 / W35):		kW	10	
Grösse Heizungsspeicher		Liter	1500	
Temperaturerhöhung in der Wärmepumpe bei Normbedingungen	dT Nutzer	°C	5	
Vorlauftemperatur der Heizung:	T VL	°C	35	
Rücklauftemperatur der Heizung:	T RL	°C	30	
Differenz Speichertemperatur - Vorlauftemperatur Heizung	dT Speicher	°C	5	
elektrische Zusatzheizung Warmwasser:	Elektro-einsatz zur Nachwärmung ▼			
garantierte Warmwassertemperatur ohne Elektroheizstab:		°C	52	
Warmwassertemperatur mit Elektro - Nachwärmer Q <sub>ww</sub> :		°C	57	
WW-Speicher-Inhalt		Liter		
<b>Solaranlage:</b>	Sonnenkollektoren für Heizung und Warmwasser ▼			
Absorberfläche		m <sup>2</sup>	16,0	
Kollektorausrichtung	Azimet [°]:	0	Neigung [°]:	45
Nettoertrag pro m <sup>2</sup> Absorberfläche		kWh/m <sup>2</sup> a	260	
Höhe über Meer des Standortes		m.ü.M.	500	
Solarer Deckungsgrad Warmwasser		%	70,0%	
Solarer Deckungsgrad Heizung		%	23,2%	
<b>Resultate</b>				
Elektro-Anteil für die Heizung	e =	7,1%	kWh =	826
Elektro-Anteil für das Warmwasser	e =	3,2%	kWh =	96
Laufzeit der Wärmepumpe		h/a		1.094
Anteil und JAZ (ohne Elektrozusatz) der WP für die Heizung mit Solaranlage		JAZ <sub>Heizung</sub> =		4,01
Anteil und JAZ (ohne Elektrozusatz) der WP für Warmwasser mit Solaranlage		JAZ <sub>Warmwasser</sub> =		10,99
Gewichtungsfaktor Heizung w <sub>h</sub> :		-		0,77
Gewichtungsfaktor Warmwasser w <sub>ww</sub> :		-		0,23
JAZ (ohne Elektrozusatz) für Heizung + Warmwasser ohne / mit Solaranlage:		3,13	-	4,70
JAZ mit Solaranlage (inkl. Elektrozusatz) für Heizung + Warmwasser:			JAZ =	3,84

**Tafel 4: Richtwerte für die Berechnung nach JAZcalc**

<b>Heizwärmebedarf und Heizungsauslegung</b>			
Heizwärmebedarf, kWh/(m <sup>2</sup> , Jahr)	15 - 30	30 - 45	Größer 45
Vorlauftemperatur TVL min (°C)	32	35	40
Rücklauftemperatur TRL min (°C)	27	30	35

<b>Wärmeverluste im Wärmeverteilsystem</b>		
<b>Gebäude</b>	Armaturen, Pumpen, Leitungen nach Standard gedämmt	Armaturen, Pumpen, Leitungen nur teilweise gedämmt oder ungedämmt
Neubau EFH	1% - 3%	3% - 10%
Neubau MFH	5% - 10%	10% - 20%
Bestand EFH	3% - 20%	5% - 15%
Bestand MFH	10% - 20%	15% - 25%

<b>Warmwasser: Speicher- und Verteilverluste in %</b>				
<b>Gebäudekategorie</b>	<b>Dämmung im System und Verteilungskonzept</b> Speicher, WW-Leitungen, Pumpen, Armaturen sind:	<b>Verteilungsverluste in % bei Warmwasserbedarf</b>		
		Hoch	Durchschnittlich	Niedrig
<b>Einfamilien-Wohnhaus ohne WW-Zirkulation</b>	Sehr gut	5	5	5
	Standard	15	10	10
	Mittel	20	15	12
	Schlecht	25	20	15
<b>Mehrfamilien-Wohnhaus ohne WW-Zirkulation</b>	Sehr gut	20	15	15
	Standard	35	25	25
	Mittel	50	35	30
	Schlecht	70	50	40
<b>Mehrfamilien-Wohnhaus mit WW-Zirkulation</b>	Sehr gut	30	25	25
	Standard	45	40	35
	Mittel	70	55	50
	Schlecht	100	90	80

<b>COP von Wärmepumpen</b>		
Angaben nach zertifizierten Prüfberichten		
<b>Wärmepumpen-Typ</b>	Heizleistung, kW	5 - 10 kW
	<b>COP</b>	
	BOW35	BOW50
Sole/Wasser	4,3	2,9
Wasser/Wasser	4,8	3,3
Luft/Luft	3,7	2,5
Abluft/Wasser Ablufttemperatur: 20°C	Normtemperatur, °C	COP
	7°C/50°C	2,61
	-7°C/35°C	4,03
	2°C/35°C	4,03

Wärmepumpentestzentrum WPZ Buchs, [www.wpz.ch](http://www.wpz.ch)

<b>Stromeinsatz für Förderpumpen von Wärmepumpen</b>	
Beispiel: Einfamilien-Wohnhaus	
<b>Wärmepumpen-Typ</b>	Elektrische Leistungsaufnahme, W
Sole/Wasser	
Erdkollektor	380
Sonden	380
Wasser/Wasser	300
Luft/Wasser	250
Abluft/Wasser	250

<b>Erd-Flächenkollektor</b>	
Spezifische Entzugsleistung, W/m <sup>2</sup>	
<b>Boden</b>	W/m <sup>2</sup>
trockener, sandiger Boden	10 - 15
feuchter, sandiger Boden	15 - 20
trockener, lehmiger Boden	20 - 25
feuchter, lehmiger Boden	25 - 30
Wasser gesättigter Boden	35 - 40

<b>Wärmeentzugsleistung von Erdsonden</b>	
Sondenbelastung, W/m	40 - 50
Wärmeentzug, kWh/m	60 - 70

## 2.4 Ergebnisse einer Variantenanalyse

Die Möglichkeiten zur Verbesserung der Effizienz von Wärmepumpe-Solar-Kombiheizungen werden in Tafel 5 und Abb. 5 illustriert, ermittelt nach dem Rechenverfahren JAZcalc. Betrachtet werden Niedertemperatur- und Mitteltemperatur-Heizungen, Erdsonden- und Außenluft-Wärmepumpe, jeweils ohne und mit thermischer Solaranlage (Warmwasser und Warmwasser & Heizung). Als Beispiel wird ein Einfamilien-Wohnhaus in Niedrigenergiehaus-Baustandard herangezogen.

Die Ergebnisse der Simulationen führen zu dem Ergebnis, dass Jahresarbeitszahlen von 4 von Wärmepumpen für Heizung und Warmwasser in der Praxis nicht zu erreichen sind, auch von Erdreich-Wärmepumpen. Dies wäre nur der Fall, wenn Wärmepumpen in der Arbeitstemperatur auf max. 40 °C begrenzt werden, wie im Falle von ausschließlicher Heizung mit einem Niedertemperatur-Heizungssystem.

Eine Kombination einer Wärmepumpe mit einer solarthermischen Anlage (für ausschließlich Warmwasser oder für Warmwasser & Heizung) führen zu System-Arbeitszahlen über 4, auch mit Außenluft-Wärmepumpen.

Aus den Ergebnissen der Abschätzung lässt sich die Schlussfolgerung ziehen, dass eine Kombination von Wärmepumpe und thermischer Solaranlage die Effizienz des Heizungssystems entscheidend erhöht und auch Außenluft-Wärmepumpen nach den Kriterien Energieeffizienz eingesetzt werden können, vor allem dann, wenn Erdreich- und Grundwasser-Wärmepumpen aus Gründen des Umweltschutzes (Grundwasser- und Naturschutz) nicht eingesetzt werden können. Auch im Rahmen der Althaus-Sanierung werden Luft-Wärmepumpen einfacher zu realisieren sein.

Die Heizwasserverteilung sollte im Neubau auf Niedertemperatur (33°C/28°C oder 35°C/30°C) und im Altbau auf zumindest 40°C/35°C ausgelegt werden. Im Falle von Neubauten damit Fußboden- und/oder Wandheizungen, im Falle der Althausanierung – der einfacher zu realisierende - Austausch von Mitteltemperatur-Radiatoren mit Niedrigtemperatur-Radiatoren.

Mit der Kombination von Wärmepumpe und Solaranlage wurde der Weg geebnet, die erneuerbaren Energieträger Solarwärme und Umweltwärme gemeinsam in die Wärmeversorgung von Gebäuden einzubringen. Bisher liegt allerdings noch kein Ansatz zur gesamtheitlichen Betrachtung nach primär-energetischen, ökologischen und ökonomischen Kriterien vor, es fehlt an entsprechenden Standards und Normen zur Beschreibung und Bewertung und auch an aussagekräftigen Betriebsdaten. Derzeit befasst sich ein Forschungsprojekt der Internationalen Energieagentur im Rahmen des IEA Solar Heating and Cooling Programme mit dieser Thematik: *Projekt Solar and Heat Pump Systems, IEA SHC Task 44 /5/*. In einer Marktstudie werden derzeitige Lösungsansätze für die Kombination von Solarthermie und Wärmepumpe gesammelt und vorliegende Betriebsdaten dokumentiert und bewertet /2/.

Zur Bewertung und Analyse der energetischen, ökologischen und ökonomischen Vorteile von Wärmepumpe-Solar-Kombisystemen werden derzeit von diversen Herstellern und Forschungseinrichtungen Feldtests durchgeführt /6/, /7/. Aktuelle Ergebnisse der Feldtests zeigen, dass eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse – auch bei ähnlichen Einsatzbedingungen – nur begrenzt möglich ist. Wesentliche Einflussgrößen auf die System-Effizienz – ausgedrückt durch die System-Jahresarbeitszahl – sind einerseits die temperatursensible Interaktion von

Wärmepumpe, Speicher und Solaranlage und andererseits die Strategie der Enteisung/Abtauung des Wärmetauschers (Heißgas-Bypass oder Kreislauf-Umtrieb), die erforderliche Hilfsenergie für Umwälzpumpen, Ventilator und Steuerung, Größe der Kollektorfläche und des Speichervolumens, Vorlauftemperatur des Heizungssystems und Temperaturbegrenzung der Warmwasserbereitung, sowie auch der Anteil von Warmwasser an der Wärmeversorgung. Auch die Qualität der Installation und ganz besonders der Inbetriebnahme und Betriebsführung hat einen massiven Einfluss auf die Systemeffizienz.

Bei Heizungssystemen mit Erdreich-Wärmepumpen wurden System-Jahresarbeitszahlen von 4,9 bis 5,8 ermittelt und bei Luft-Wärmepumpen von 2,7 bis 2,9. Ohne Koppelung mit einer Solaranlage liegen die Jahresarbeitszahlen von Erdreich-Wärmepumpen bei 3,9 und von Luft-Wärmepumpen bei 2,5.

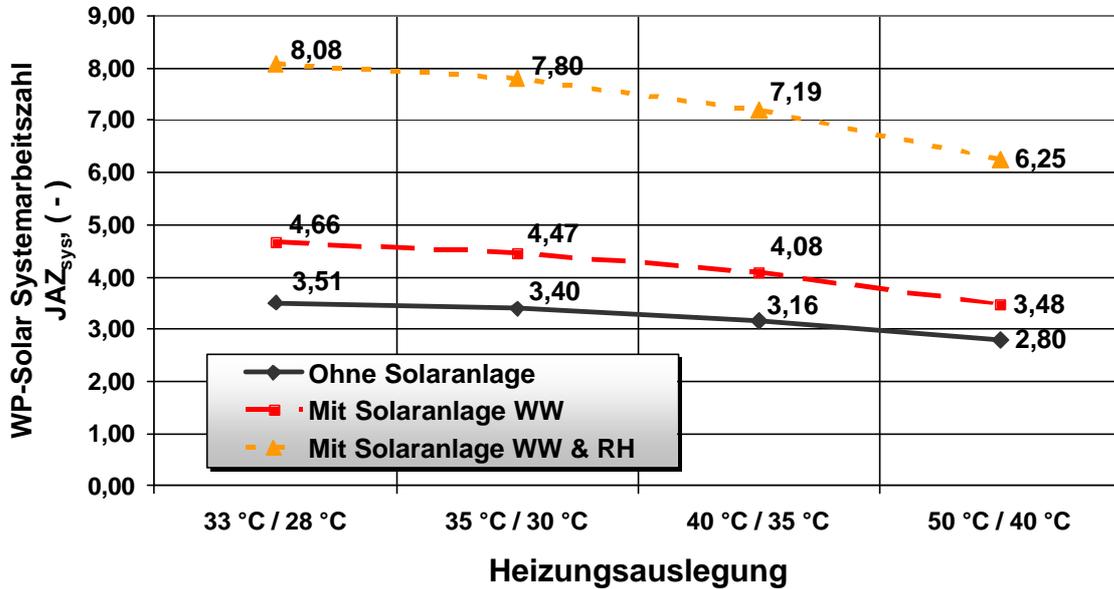
**TAFEL 5**  
**Ermittlung der Wärmepumpe-Solar-System-Arbeitszahl**  
*Berechnungsprogramm JAZcalc*  
*(Version 1.0 (Juli 2009) Qualitätsgemeinschaft Wärmepumpe \*)*

<b>Effizienz von Wärmepumpe-Solar-Kombiheizungen</b>	
<b>Wärmepumpe / Solar - System-Jahresarbeitszahl JAZ<sub>System</sub></b>	
<b>Beispiel</b>	
Klimastation	Klagenfurt
Gebäudekategorie	Einfamilien-Wohnhaus
Energie-Bezugsfläche EBF, m <sup>2</sup>	206
Heizwärmebedarf, kWh/(m <sup>2</sup> , Jahr)	35
Transmissions-Wärmeverlust, kWh/(m <sup>2</sup> , Jahr)	45
Lüftungs-Wärmeverlust, kWh/(m <sup>2</sup> , Jahr)	28
Warmwasserbedarf, kWh/(m <sup>2</sup> , Jahr)	14,3
Speicher- und Verteilverluste, %/Jahr	30
Vorlauf-Temperatur Heizung T <sub>VL</sub> , °C	35
Rücklauf-Temperatur Heizung T <sub>RL</sub> , °C	30
Garantierte Warmwasser-Temperatur, °C	55
Elektrische Zusatzheizung für Warmwasser	E-Patrone

<b>Erdsonden-Wärmepumpe</b>				
<b>Wärmepumpe-Solar-System-Arbeitszahl, JAZ<sub>Sys</sub></b>				
Heizungsauslegung, T <sub>VI</sub> / T <sub>RI</sub>	33°C/28°C	35°C/30°C	40°C/35°C	50°C/40°C
<b>Wärmepumpe-System</b>	<b>WP-Solar-System - JAZ<sub>System</sub></b>			
Ohne Solaranlage	3,51	3,40	3,16	2,80
Mit Solaranlage WW 8 m <sup>2</sup> , 500 Liter Speicher	4,66	4,47	4,08	3,48
Mit Solaranlage WW & RH 16 m <sup>2</sup> , 1.500 Liter Speicher	8,08	7,80	7,19	6,25

<b>Außenluft-Wärmepumpe</b>				
<b>Wärmepumpe-Solar-System-Arbeitszahl, JAZ<sub>Sys</sub></b>				
Heizungsauslegung, T <sub>VI</sub> / T <sub>RI</sub>	33°C/28°C	35°C/30°C	40°C/35°C	50°C/40°C
<b>Wärmepumpe-System</b>	<b>WP-Solar-System - JAZ<sub>System</sub></b>			
Ohne Solaranlage	3,06	2,95	2,72	2,36
Mit Solaranlage WW 8 m <sup>2</sup> , 500 Liter Speicher	3,91	3,73	3,37	2,81
Mit Solaranlage WW & RH 16 m <sup>2</sup> , 1.500 Liter Speicher	7,06	6,77	6,15	5,24

### Effizienz von Wärmepumpe-Solar-Kombiheizungen Erdsonden- Wärmepumpe



### Effizienz von Wärmepumpe-Solar-Kombiheizungen Außenluft - Wärmepumpe

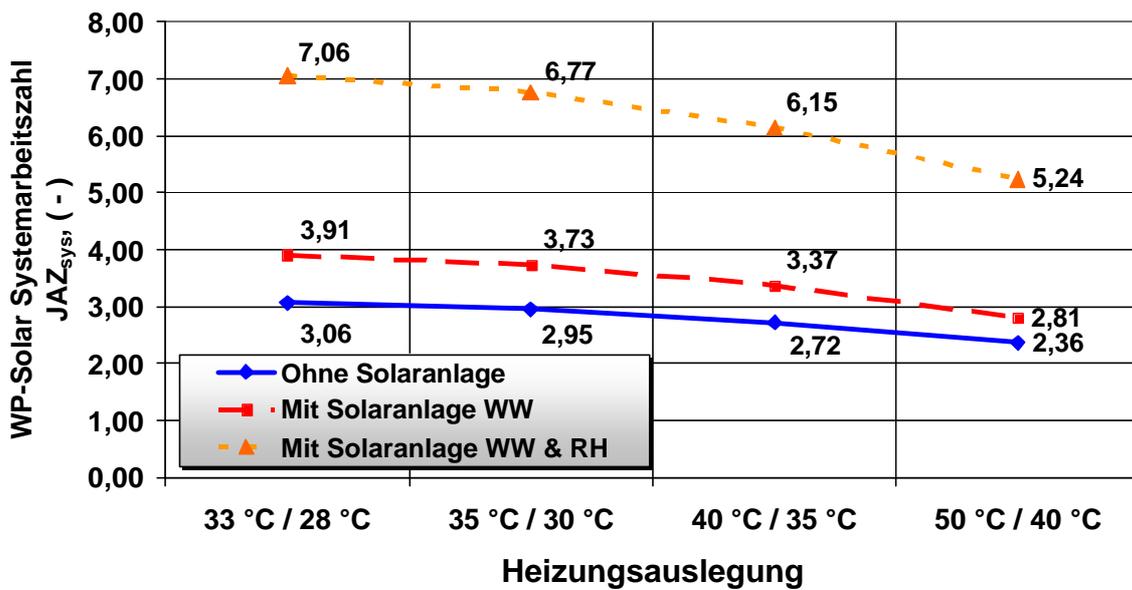


Abb. 5: Effizienz von Wärmepumpe-Solar-Kombiheizungen in Abhängigkeit von der Heizungsauslegung

## 2.5 Kombination mit einer PV-Anlage

Mit einer gebäude-integrierten Photovoltaikanlage lässt sich der Strom zum Antrieb der Wärmepumpe – und auch für Hilfsstrom, Haushaltsgeräte und Beleuchtung – teilweise und auch darüber abdecken. Damit lassen sich *PLUSEnergie*-Gebäude realisieren; /8/. Ein *Plus-Energie-Hauskonzept* für Wohnbauten wurde in Weiz/Steiermark realisiert: sechs Häuser mit insgesamt zweiundzwanzig Reihenhaus-Wohnungen. Die Mehrfamilien-Wohnhäuser wurden im Passivhaus-Standard errichtet. Die Wärmeversorgung erfolgt über eine Luft/Luft-Wärmepumpe in Kombination mit einer kontrollierten Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung. Die Warmwasserbereitung über einen Elektroboiler. Die Wohnanlage ist mit einer 110 kW<sub>peak</sub>-Photovoltaikanlage ausgestattet, welche gleichmäßig den Wohnblöcken zugeordnet wird (14,85 kW<sub>peak</sub> pro Wohnblock). Überschüssiger Strom wird ins öffentliche Netz gespeist; Tafel 6.

**Tafel 6: Mit Wärmepumpe und Photovoltaikanlage zum *PLUSEnergie*-Gebäude /8/**



<b>Plus Energie-Wohnanlage Weiz</b>			
<b>Gebäude</b>	Einfamilien-Wohnblock mit 5 Wohneinheiten		
Brutto-Geschossfläche BGF, m <sup>2</sup>	338		
<b>Stromeinsatz für Heizung und Warmwasser, kWh/Jahr</b>			
Heizung	3.935	Warmwasser **)	1.213
<b>Heizungssystem</b>			
Wärmepumpe	Luft/Wasser	Jahresarbeitszahl, JAZ	2,6
Solaranlage	Warmwasser	Kollektorfläche, m <sup>2</sup>	16
PV-Anlage *)	Netzgekoppelt	Leistung	15 kW <sub>peak</sub>
Planer/Architekt	Architekt Erwin Kaltenegger		
*) anteilig für Wohnblock		**) Solaranteil Warmwasser, 70%/Jahr	
<b>Stromeinsatz im Gebäude, kWh/Jahr</b>			
<b>Heizung</b>			3.935
<b>Warmwasser</b>			4.044
<b>Hilfsstrom</b>			666
<b>Haushaltsgeräte &amp; Beleuchtung</b>			2.976
<b>Stromeinsatz gesamt</b>			<b>11.621</b>
<b>Stromerzeugung mit PV-Anlage</b>			<b>17.820</b>
<b>Strom ins Netz</b>			<b>6.199</b>
<b>Jahresanteil PV-Strom am Stromeinsatz, %/Jahr *)</b>			<b>153,34</b>
*) Bezogen auf Strom vom Netz			

Mit dem Konzept *Solar-Wärmepumpen-Heizungssystem & PV-Anlage* bietet sich eine realistische Möglichkeit für eine „Energiewende“ im Gebäudebereich an.

### 3. Die Österreichische Energiestrategie

Um den globalen Temperaturanstieg aufgrund des Klimawandels auf 2 °C zu begrenzen, forderte der Rat der Europäischen Union (2009) alle Verhandlungsparteien der Klimakonferenz in Kopenhagen auf, sich das 2 °C Ziel zu eigen zu machen. Bis zum Jahre 2050 müssten die Industrieländer ihre Treibhausgas-Emissionen um mindestens 80 % bis 95 % gegenüber dem Niveau von 1990 absenken. Dies impliziert den Ausstieg aus der fossilen Energieversorgung.

Die wesentlichen Herausforderungen der Österreichischen Energie- und Klimapolitik sind langfristiger Natur und gehen über den Zeithorizont der bereits beschlossene Energiestrategie 2020 der Österreichischen Bundesregierung hinaus /9/. Deshalb braucht es neben mittelfristig umsetzbaren und überprüfbareren Zielen eine langfristige Vision. *„Eine Vision, die einen größtmöglichen Selbstversorgungsgrad bis hin zur Energieautarkie anstrebt. Wichtige Entscheidungen der nächsten Jahre haben nachhaltige Konsequenzen, denn sie stellen die Weichen für die Erreichung der visionären Ziele. Sie müssen so getroffen werden, dass die hohe Versorgungssicherheit gewährleistet bleibt, eine CO<sub>2</sub>-Entlastung (Dekarbonisierung) des Energiesystems vorangetrieben wird, die soziale Tragfähigkeit erhalten bleibt und die Wettbewerbsfähigkeit Österreichs gestärkt wird. Eine nachhaltige Energieversorgung ist von existenzieller Bedeutung und eine zentrale Voraussetzung für die hohe Lebensqualität in Österreich.“*

Die Energiestrategie Österreich zielt darauf ab, einen Handlungsrahmen für eine Vielzahl unterschiedlicher Umsetzungsvorschläge aufzuzeigen. Die dazu nötigen Untersuchungsschwerpunkte reichen von einer Analyse der Problemlagen über die Formulierung der generellen energiepolitischen Ziele, bis hin zu den Strategiefeldern und dem konkreten Handlungsrahmen.

Unterstützt wird die Umsetzung der Österreichischen Energiestrategie mit dem Forschungs- und Technologieprogramm „*Neue Energien 2020*“, welches über den Klima- und Energiefonds abgewickelt wird. Bis Ende 2011 wurden in fünf Ausschreibungen rund 500 Projekten mit Fördergeldern in der Höhe von 138 Mio. Euro gefördert und damit entscheidende und richtungweisende Impulse gesetzt.

#### **Zielvorgaben der Österreichischen Energiestrategie 2050**

Das angestrebte Ziel der langfristigen Österreichischen Energiestrategie ist es, bis zum Jahre 2050 ohne fossile und nukleare Energieträger auszukommen: *Energieautarkie*. Als Energieträger kommen dann nur in Frage:

Wärme:	Biowärme, Solarwärme, Umweltwärme, Geothermische Wärme.
Strom:	Wasserkraft, Bio-Strom, Solar (PV)-Strom, Windstrom.
Mobilität:	Bio-Treibstoffe, Strom, Wasserstoff (erzeugt aus erneuerbarer Energie).

Biogene Energieträger auf der Basis von Brennholz, Hackgut, Pellets aus der Forstwirtschaft und aus Produkten des Ackerbaus (Elefantengras, Stroh etc.) sind weiter ausbaubar, werden aber in Zukunft weniger für Biowärme als einer effizienteren Nutzung in den Bereichen Mobilität (Biosprit) und Stromerzeugung vorbehalten sein.

Strom aus Wasserkraft ist – unter Berücksichtigung ökologischer Aspekte - nur noch begrenzt über Effizienzsteigerungen bei der Umwandlung ausbaubar und muss über Bio-Strom, PV-Strom und Windstrom abgedeckt werden. Potenziale sind vorhanden.

Die auch unter wirtschaftlichen Aspekten ausbaubaren erneuerbaren Energieträger sind somit in ihrem Potential begrenzt. Das hochgesteckte langfristige Ziel einer Energieautarkie kann damit nur in Verbindung mit Maßnahmen im Bereich der Energie-Effizienz erreicht werden.

#### **4. Wachstumspotenziale für Erneuerbarer Energie in der Energiestrategie Österreich 2020**

Die Nutzungspotenziale für Erneuerbare Energie bis zum Jahre 2020 werden wie folgt abgeschätzt /10/.

##### **4.1 Wärmeerzeugung**

Der größte Zuwachs an erneuerbarer Energie bis 2020 ist im Wärmebereich zu realisieren: bis zu 97 PJ Zuwachs. Dazu tragen bei: Biomasse 50 PJ, Solarwärme 24 PJ und Umweltwärme 23 PJ; Abb. 6.

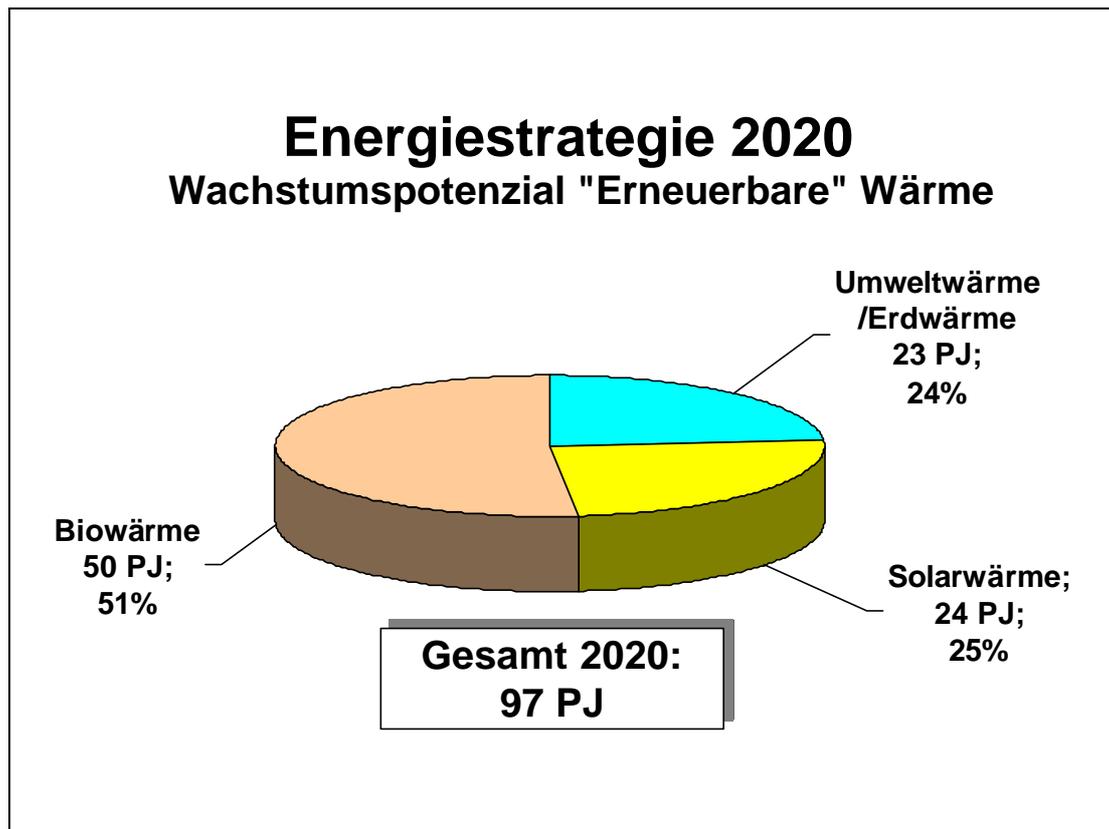
Erneuerbare Energie, die im Wärmebereich eingesetzt wird, hat den Vorteil, dass sich diese direkt positiv in der Treibhausgasbilanz niederschlägt.

Die Verwendung von Biomasse im Wärmebereich ist aufgrund der effizienten Umwandlung (mehr als 90% werden genutzt) besonders vorteilhaft.

Bis 2020 bedeutet das Zusatzpotenzial im Wärmebereich von bis zu 97 PJ:

- In den Jahren 2004 – 2007 war die Entwicklung dieses Bereichs mit Wachstumsraten von durchschnittlich 4,3% sehr gut.
- Bei Fortschreibung einer annähernd guten Entwicklung bis 2020 ist das Zusatzpotenzial im Wärmebereich realisierbar. Bezogen auf die 142 PJ im Jahr 2005 wäre das ein Zuwachs von 68% bzw. eine jährliche Steigerung um ca. 3,5%.
- Die guten Wachstumsraten hatten vereinfacht folgende Gründe: Steigende Energiepreise; das Vertrauen in die fossilen Energieträger als Dauerlösung ist zerbrochen; Marktaktivierungsprogramm *klima:aktiv* und Förderungen der Bundesländer im Rahmen der Wohnbauförderung.

Um das Ziel für 2020 zu erreichen, sind die Förderaktivitäten und Marktunterstützungsprogramme konsequent weiterzuführen und je nach Marktentwicklung auch auszubauen.



**Abb. 6: Wachstumspotenzial „Erneuerbare Wärme“  
in Österreich bis 2020 /10/**

Als wichtige Handlungsfelder werden ausgewiesen:

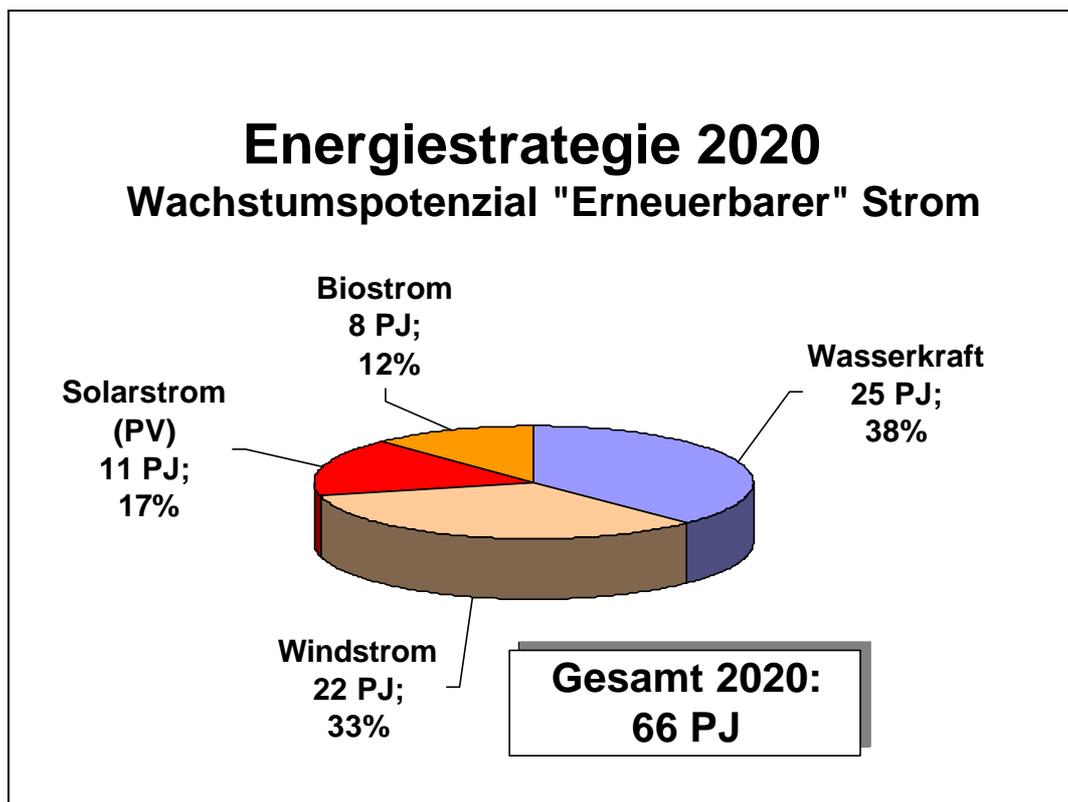
- (1) Biomasse wird vorrangig in die reine Wärmebereitstellung in hocheffizienten Biomassekesseln eingesetzt. Nur dort, wo auch ein hoher (Prozess)Wärmebedarf gegeben ist, soll Biomasse zur gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung in KWK-Anlagen eingesetzt werden. Damit wird sichergestellt, dass der Gesamtwirkungsgrad von Biomasse in KWK-Anlagen ein möglichst hoher ist.
- (2) Um das Potenzial von zusätzlich 97 PJ zu realisieren, müssen zusätzlich auch die Potenziale im Bereich Solarwärme und Erdwärme stark ausgebaut werden.
- (3) Der Kesseltausch von fossilen Brennstoffen auf Biomasse in Kombination mit Solaranlage ist ein wichtiges Handlungsfeld.
- (4) Wärmepumpen sind schwerpunktmäßig im Bereich der besonders energieeffizienten Gebäude zu forcieren.
- (5) Mittelfristig sollte der Energieverbrauch im Raumwärmebereich deutlich sinken und der Anteil Erneuerbarer stark zunehmen.

## 4.2 Stromerzeugung

Im Bereich der Stromerzeugung wird ein Steigerungspotenzial von bis zu 66 PJ bis 2020 gesehen. Bis 2020 bedeutet das Zusatzpotenzial im Strombereich von bis zu 66 PJ, Abb. 7:

- In den Jahren 2004 – 2007 war die Entwicklung dieses Bereichs mit Wachstumsraten von durchschnittlich 3% sehr gut.

- Bei Fortschreibung einer annähernd guten Entwicklung bis 2020 ist das Zusatzpotenzial im Strombereich realisierbar. Bezogen auf die 151 PJ im Jahr 2005 wäre das ein Zuwachs von 44% bzw. eine jährliche Steigerung um ca. 2,4%.
- Die guten Wachstumsraten hatten vereinfacht folgende Gründe: Umsetzung von Anlagen im Rahmen des ersten Ökostromgesetzes 2002 sowie der Verstromung von „sonstige biogene Energieträger“
- Gute, langfristig planbare Rahmenbedingungen für Strom aus Erneuerbaren notwendig.



**Abb. 7: Wachstumspotenzial „Erneuerbarer Strom“  
in Österreich bis 2020 /10/**

Wichtige Handlungsfelder sind:

- (1) Attraktive, langfristig planbare Rahmenbedingungen für Strom aus Erneuerbaren.
- (2) Weiterer Ausbau der Wasserkraft unter Einhaltung der ökologischen Rahmenbedingungen.
- (3) Deutlicher Ausbau der Windenergiekapazitäten: Im Bereich der Windenergie ist bis 2020 eine Steigerung der Stromerzeugung von gegenwärtig 7 auf 26 PJ (+270%) notwendig. Das entspricht einem jährlichen Produktionszuwachs von ca. 12%. Aufgrund der zu erwartenden Steigerung der Leistung pro Windanlage und dem Ersatz bestehender kleinerer Anlagen durch größere würde sich die Anzahl der Anlagen nicht um 270%, sondern nur um rund 80% lediglich auf rund 1100 Stück (derzeit ca. 620) erhöhen.
- (4) Photovoltaik: hier sind sicher die größten Anstrengungen erforderlich. Derzeit sind schätzungsweise etwas über 30 MW (0,1 PJ) in Betrieb. Die Umsetzung der 7 PJ erfordert die Installation von jährlich rund 160 MW, für die 11 PJ sind es 254 MW/Jahr. Ein Blick nach Deutschland zeigt den Effekt des Erneuerbaren-Energie-Gesetzes: Ende 2007 waren knapp 4.000 MW mit einer Jahreserzeugung von fast 13 PJ in Betrieb. Ähnlich die Situation in Spanien.

(5) Biomasse: Nachdem die Biomasse vorrangig für die Wärmebereitstellung (ausschließliche Wärmeerzeugung oder gekoppelte Erzeugung von Strom und (Prozess)Wärme) verwendet wird, ist das Wachstumspotenzial bei der Stromerzeugung aus Bioenergie mit 4 – 8 PJ vergleichsweise moderat. Derzeit werden gut 13 PJ Strom aus Bioenergie erzeugt.

### 4.3 Mobilität

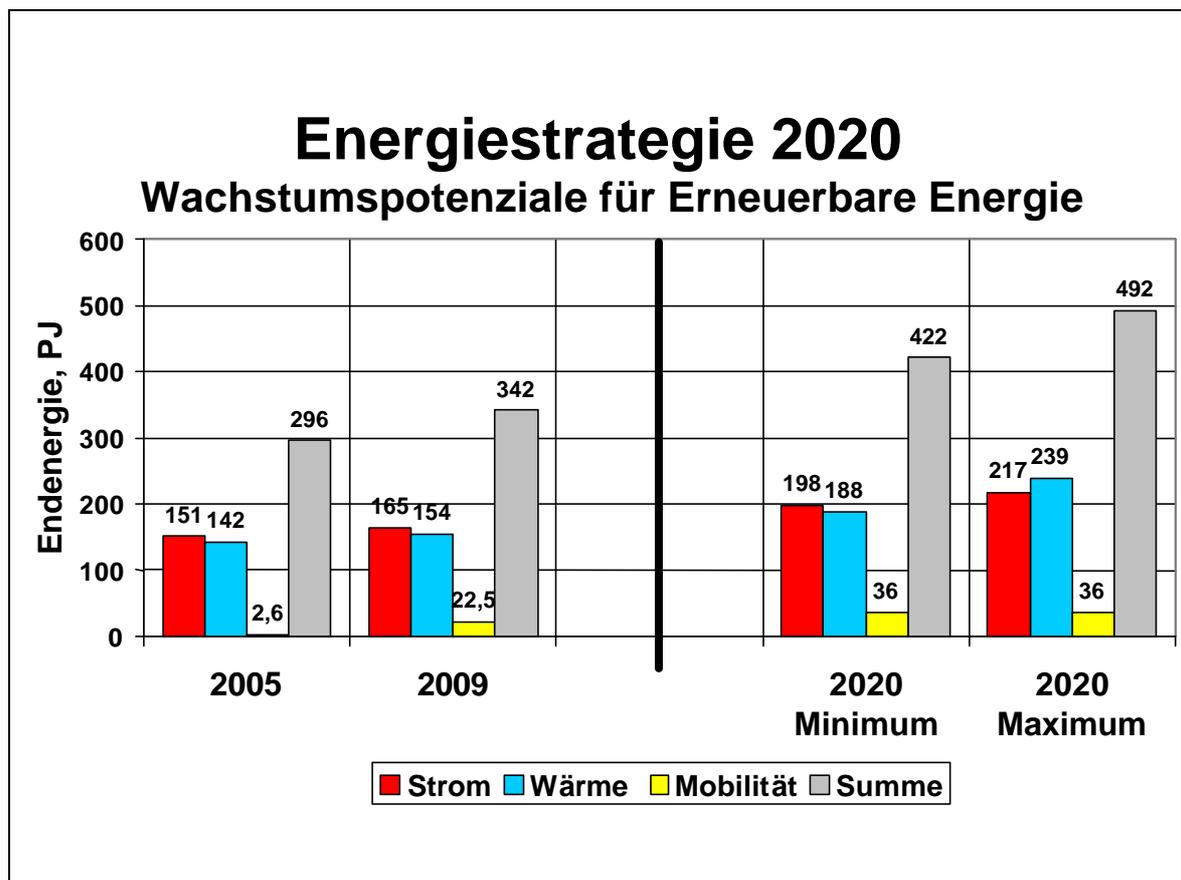
Der Einsatz von erneuerbarer Energie im Bereich des Verkehrs nimmt eine gewisse Sonderstellung ein, da für diesen Bereich ein eigenes Teilziel des Einsatzes von zumindest 10% an erneuerbarer Energie im gesamten Verkehrsbereich 2020 besteht.

- Durch die Höhe des Ziels von 10% im Jahr 2020 - verbunden mit der Möglichkeit der Zielerfüllung nicht ausschließlich durch Biokraftstoffe, sondern auch durch Strom aus erneuerbarer Energie für Bahn und E-Fahrzeuge sowie der Verabschiedung von Nachhaltigkeitskriterien für den Anbau der Biomasse zur Biokraftstoffproduktion - kann davon ausgegangen werden, dass die breite Akzeptanz dieses Ziels in der Öffentlichkeit zukünftig gegeben sein müsste.
- Die Zielerreichung im Jahr 2020 erscheint jedenfalls gegeben, insbesondere, da in Österreich bereits im Vergleich zu anderen Mitgliedsstaaten eine hohe Menge an Biokraftstoffen eingesetzt wird. Voraussetzung dafür ist der Ausbau der Beimischung von Biokraftstoffen, deren Reinverwendung vor allem in Fahrzeugflotten, die Forcierung der Elektromobilität sowie die für alle Maßnahmen erforderliche Sicherstellung steuerlicher Anreize und Fördermittel.
- Für die Beimischung von Bioethanol kann grob davon ausgegangen werden, dass die notwendigen Rohstoffe bis zu einer Beimischung von 10% aus Österreich aufgebracht werden können, wobei Benzin im Vergleich zu Diesel in Österreich nur einen Anteil von etwa 24% hat.
- Die notwendigen Mengen an pflanzlichen oder tierischen Ölen zur Produktion von Biodiesel können auch in Zukunft nur zu einem geringen Anteil in Österreich aufgebracht werden. Derzeit besteht in Österreich bereits eine genügend große Anlagenkapazität für die Verarbeitung der pflanzlichen und tierischen Öle zu Biodiesel in der Höhe der derzeitigen Beimischung von Biodiesel.
- Gegenüber 2007 mit 10,5 PJ erneuerbarer Energie im Verkehr gemäß den Berechnungen der *Statistik Austria* müssen im Sinne der Zielerreichung 2020 etwa 36 PJ erreicht werden, was einer Steigerung von 25,5 PJ entspricht. Mit der Anhebung der Beimischung von Biodiesel auf rd. 7% und ähnlichem Anteil an Reinverwendung wie 2007 ist für 2009 etwa mit einem Anteil an erneuerbare Energie im Straßenverkehr von bereits rund 20 PJ zu rechnen.
- Die Zielerreichung ist allein mit der Beimischung von Biodiesel und Bioethanol von jeweils knapp 10% 2020 nicht zu erreichen, was zusätzlich zur Beimischung die Forcierung der Reinverwendung von Biokraftstoffen (wie z.B. 100 % Biodiesel bzw. E85, Biogas) durch die Förderung von Fuhrparkumrüstungen einerseits und die Etablierung und Förderung von Elektromobilität andererseits jedenfalls notwendig macht.
- Den weitaus überwiegenden Anteil am 10% Ziel werden auch 2020 die Biokraftstoffe der ersten Generation haben, da aus heutiger Sicht auch 2020 nicht mit hohen Mengen von Biokraftstoffen der zweiten Generation zu rechnen ist. Ebenso wird der Anteil der Elektromobilität durch die gegebenen langen Einführungsphasen einer neuen Technologie noch keinen Hauptanteil am 10% Ziel haben.

Wichtigste Handlungsfelder sind: Rechtliche Umsetzung der Erhöhung des Biokraftstoffanteils; Förderungsmaßnahmen; Bereitstellung der Infrastruktur für Bio-Treibstoffe und E-Mobilität.

Bei Ausschöpfung der Wachstumspotenziale für Erneuerbare Energie ergeben sich die folgenden Beiträge Erneuerbarer Energie zum Energieaufkommen 2020 in Österreich; Abb. 8:

- Wärmeerzeugung: 198 – 217 PJ
- Stromerzeugung: 188 – 239 PJ
- Mobilität: um 36 PJ
- GESAMT: 420 – 492 PJ



**Abb. 8: Wachstumspotenziale für „Erneuerbare Energie“ in Österreich bis 2020 /10/**

## 5. Die Rolle der Wärmepumpe-Solar-Kombisysteme in der Österreichischen Energiestrategie

Der Vorteil einer Wärmepumpe-Solar-Kombiheizung im Vergleich zu Heizungssystemen mit fossilen Brennstoffen (Öl und Gas) sowie zu Elektro-Direktheizungen liegt in der Verminderung von Brennstoffen und Strom, einer Reduktion des Primärenergie-Einsatzes zur Wärmeerzeugung und einer Reduktion Energiebedingter CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Im Falle von *Neubauten* bedeutet dies eine Verringerung in der *Zunahme*, aber nicht zur Reduktion der aktuellen Daten betreffend Heizenergie, Primärenergie und CO<sub>2</sub>-Emission. Um die energiepolitisch geforderte Reduktion insbesondere von Energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen zu erreichen und außerdem fossile Energieträger zu substituieren, müssen Maßnahmen im *Altbestand* gesetzt werden. Der Altbau-Sanierung – Gebäude und Wärmeversorgung – kommt somit eine besondere Bedeutung zu.

Energie-effiziente Gebäude (*Niedrigenergie-Gebäude und Passiv-Häuser*) bieten gute Voraussetzungen für den Einsatz von Wärmepumpen zur Raumheizung, im Allgemeinen in Verbindung mit der Warmwasserbereitung und ggf. auch zur Raumklimatisierung in den Sommermonaten. Warmwasser- und Luft-Heizungssysteme kommen für Wärmepumpen-Anlagen in Betracht, letztere in Verbindung mit kontrollierter Wohnraumlüftung und Wärmerückgewinnung: „*Passiv-Häuser*“.

Die Vielfalt von Wärmepumpen-Systemen - Wärmequellenanlage, Wärmeverteilung, Hydraulik- und Regelungskonzept – bietet die Möglichkeit, ein dem Standort und Einsatzzweck „*Energie-Optimiertes*“ Wärmepumpen-Heizungssystem zu planen und auszuführen. Entscheidend für einen energie-effizienten Betrieb ist aber auch die Betriebsweise und das Anforderungsprofil von Seiten des Betreibers: Erwünschte Raumtemperatur, Temperaturabsenkungen, Ein- und Ausschaltzeiten.

Die Effizienz bzw. Leistungsfähigkeit der Wärmepumpen-Anlage wird durch die *Jahresarbeitszahl* beschrieben und wird wesentlich von der Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Arbeitstemperatur (Heizwärme und Warmwassertemperatur) bestimmt („*Wärmesenke*“). Neubauten werden heute im Allgemeinen in energie-effizienter Bauweise errichtet und Altbau-Sanierungen lassen sich in Niedrigenergie-Bauweise realisieren. Damit ergeben sich optimale Voraussetzungen für einen energie-effizienten Einsatz von Wärmepumpen. Die Auslegung der Warmwasser-Heizung sollte unter eine maximale Vorlauftemperatur (Auslegungstemperatur der Wärmeverteilung) von 40 °C im Falle der Althaus-Sanierung und unter 33 °C bei Neubauten sein.

## **6. Bewertung und Zuordnung von Wärmepumpen in einer mittel- und langfristigen Energiestrategie**

Für eine neutrale Bewertung von Energiesystemen nach Energetischen und Umweltbezogenen Aspekten sind die folgenden Kriterien von Bedeutung: Primärenergie-Einsatz, Energiebedingte Treibhausgas-Emissionen, insbesondere CO<sub>2</sub>; Nutzbarmachung einer Erneuerbaren Energiequelle (Solarwärme, Umweltwärme, Biowärme). Für eine wirtschaftliche Bewertung sind charakteristisch: Betriebswirtschaftliche Gesamtrechnung (Investition und Betrieb). Das Bewertungsmodell wird in /11/ beschrieben. Die Berechnung erfolgt nach dem „*TOOL-Gebäude*“. Zielvorgabe des Bewertungs-Tools ist, die (Vor-) Planung von Wohngebäuden mit hoher Energie-Effizienz (Wärmeschutz des Gebäudes, effiziente Wärmeversorgung - Raumheizung und Warmwasser - sowie mit Stromsparenden Elektrogeräten (Umwälzpumpen, Ventilatoren, Haushaltsgeräte, Beleuchtung) und mit einem hohen Beitrag Erneuerbarer Energie zur Wärmeversorgung (Solarwärme, Biowärme, Umweltwärme) und Stromversorgung (Solarstrom/PV) zu unterstützen. Das Bewertungstool soll die Methoden zur Ausstellung des Energieausweises für Wohngebäude nicht ersetzen, der Projektbearbeitung im Anfangsstadium aber die Möglichkeit bieten - unter Verwendung von ersten Planungsdaten - unterschiedliche Konzepte für Gebäudeplanung und Haustechnik über eine Variantenanalyse nach den Kriterien der „Nachhaltigkeit“ und Wirtschaftlichkeit zu bewerten.

## 6.1 Bewertung von Heizungssystemen nach Primärenergie und CO<sub>2</sub>-Emission

Die Energetische und Ökologische vergleichende Bewertung von Energieträgern erfordert die Berücksichtigung des Energieaufwandes für die Bereitstellung des Energieträgers. Dazu zählen der Energieeinsatz und die damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen in der Vorkette des Energieträgers, wie Förderung, Verarbeitung und Transport. Die Systemgrenzen müssen bei der Bewertung vorgegeben werden. Da diese von den Bezugsländern bestimmt werden (Öl- und Gas-Import) gibt es keine einheitlichen Systemgrenzen, sodass es auch verschiedene Ansätze zur Ermittlung der Umrechnungsfaktoren in der Literatur gibt. Mit den Umrechnungsfaktoren (Konversionsfaktoren) wird der „Kumulierte Energieverbrauch“ (**Primärenergie-Faktor PEF**) bzw. die „Kumulierte CO<sub>2</sub>-Emission“ ermittelt: Energieeinsatz und CO<sub>2</sub>-Emission in den „Vorketten“ des Energieträgers zur Bereitstellung von 1 kWh Brennstoff bzw. 1 kWh Strom aus Kraftwerken.

### **Primärenergie-Faktor, PEF:**

Verhältnis von Primärenergie (kWh<sub>primär</sub>) zu Endenergie (kWh<sub>end</sub>).

### **CO<sub>2</sub>-Faktor:**

Umweltrelevante CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emission: g CO<sub>2</sub>/kWh<sub>end</sub>

Im Forschungsprojekt der Internationale Energieagentur, Forschungsprogramm „Solar Heating and Cooling- Task 28“ werden die von GEMIS ausgewiesenen Umrechnungsfaktoren verwendet. GEMIS ist ein im Jahre 1987 entwickeltes und in den laufenden Jahren immer wieder adaptiertes Rechenmodell zur Ableitung von Primärenergie- und CO<sub>2</sub>-Faktoren für Energieträger. GEMIS bedeutet *Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme*. GEMIS berücksichtigt nicht nur den Energieaufwand von Aufbringung bis Einsatz, sondern auch die Erneuerbarkeit der Energieträger. Dies bedeutet, dass sich Primärenergie und CO<sub>2</sub>-Emission nur auf nicht-erneuerbare Energieträger beziehen. Allerdings wird der Energieeinsatz für die Bereitstellung eines Erneuerbaren Energieträgers (z.B. Holz, Hackgut, Pellets) berücksichtigt.

Der Energieeinsatz für die Herstellung der Energiesysteme („Graue Energie“) sowie auch der Energiebedarf zum Antrieb der Energiesysteme (Hilfsstrom) werden bei der Ableitung von Primärenergie und CO<sub>2</sub>-Emission nicht berücksichtigt. Der Hilfsstrom fällt in die Bewertung des Stromeinsatzes.

### **Externe Kosten der Wärme- und Stromversorgung**

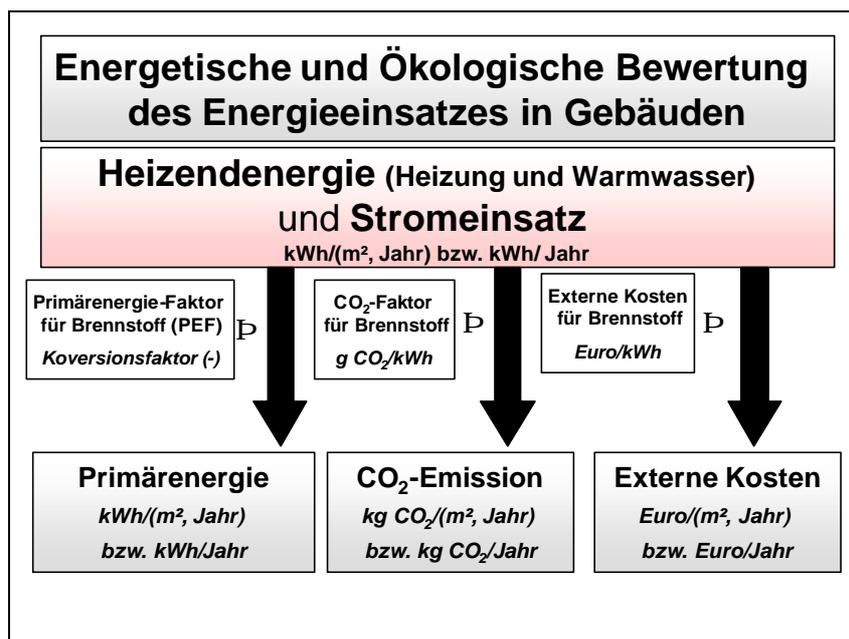
Externe Kosten sind Kosten, die nicht vom Verursacher (Produzent, Käufer bzw. Nutzer), sondern von der Allgemeinheit (d.h. aus den Steuer- bzw. Abgabeneinnahmen der öffentlichen Hand) getragen werden müssen. Verursacht werden diese Kosten durch Schäden, die durch Herstellung, Nutzung und Entsorgung von Produkten entstehen. Als Maßzahlen für den Beitrag von Produkten / Dienstleistungen zu den genannten Umwelteffekten werden die so genannten Ökopotenziele herangezogen. Die erforderlichen Ökopotenziele sind sowohl in Bezug auf Definition als auch Berechnungsmethodik internationaler Stand der Technik, die entsprechenden Datenbanken werden laufend erweitert und aktualisiert.

Die hier verwendeten Datensätze stammen aus der Aktualisierung 2001 der *Ökologischen Baustoffdatenbank des Österreichischen Instituts für Baubiologie und Bauökologie (ibo)*. (<http://www.iswb.at/ecobuilding/bmwa/externekosten.htm>).

Die Externen Kosten werden aus der Heizendenergie und dem Stromeinsatz abgeleitet.  
 Externe Kosten: Bezogen auf Endenergie kWh<sub>end</sub> .

Mit „Externen Kosten“ kann eine *Betriebswirtschaftliche* Bewertung in eine *Volkswirtschaftliche* Bewertung übergeführt werden.

Die Ableitung von Primärenergie, CO<sub>2</sub>-Emission und Externe Kosten erfolgt aus der Heizendenergie und aus dem Stromeinsatz.



Im *TOOL-Gebäude* /11/ werden die Konversionsfaktoren für Brennstoffe und Strom gemäß Tafel 7 verwendet.

**Tafel 7: Konversionsfaktoren zur Primär-energetischen und Ökologischen Bewertung von Heizungssystemen**

<b>Konversionsfaktoren für Brennstoffe und Strom</b>			
Quelle: IEA SHC Task 28, mit Datensätzen von GEMIS und eigene Berechnungen für Strom-Österreich-Mix			
<b>Energieträger</b>	Primärenergiefaktor PEF kWh <sub>primär</sub> /kWh <sub>end</sub> ( - )	CO <sub>2</sub> -Faktor g CO <sub>2</sub> /kWh <sub>end</sub>	Externe Kosten €/kWh <sub>end</sub>
Heizöl	1,13	311	0,015
Erdgas	1,14	247	0,012
Pellets	0,14	43	0,002
Strom *)	1,30	156	0,014

\*) Österreich-Mix 2010

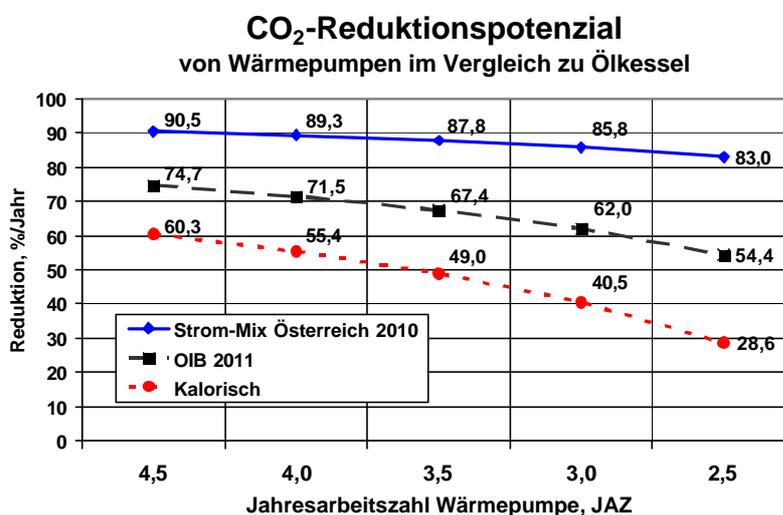
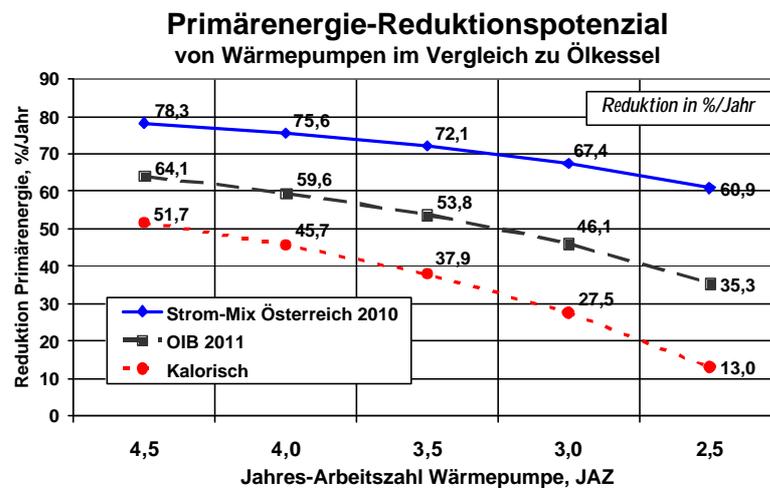
## 6.2 CO<sub>2</sub>-Reduktionspotenzial von Wärmepumpen im Vergleich zu Ölheizungen

Wärmepumpen-Heizungssysteme weisen ein hohes Reduktionspotenzial für Primärenergie und CO<sub>2</sub>-Emissionen im Vergleich zu fossil betriebenen Heizkesseln auf. Je höher die Jahresarbeitszahl des Wärmepumpen-Heizungssystems, desto höher das Reduktionspotenzial.

In Tafel 8 ergeben sich zwar Unterschiede in den Ergebnissen auf Grund anderer Ansätze bei der Ableitung der Konversionsfaktoren für Strom, mit Jahresarbeitszahlen ab 3,5 liegt das Reduktionspotenzial bei allen Konversionsfaktoren über 50%.

**Tafel 8: Reduktionspotenzial von Wärmepumpen im Vergleich zu Ölheizungen**

Primärenergie- und CO <sub>2</sub> -Reduktionspotenzial von Wärmepumpen im Vergleich zu Ölkessel (Jahresnutzungsgrad = 85%)						
Konversionsfaktoren	Strom-Mix Österreich 2010		OIB 2011		Kalorisch	
WP-Jahresarbeitszahl, JAZ	Primärenergie	CO <sub>2</sub> -Emission	Primärenergie	CO <sub>2</sub> -Emission	Primärenergie	CO <sub>2</sub> -Emission
4,5	78,3	90,5	64,1	74,7	51,7	60,3
4,0	75,6	89,3	59,6	71,5	45,7	55,4
3,5	72,1	87,8	53,8	67,4	37,9	49,0
3,0	67,4	85,8	46,1	62,0	27,5	40,5
2,5	60,9	83,0	35,3	54,4	13,0	28,6



### 6.3 Bewertung eines Wohnhauses

Das Bewertungsmodell wird an einem Beispiel illustriert: Tafel 9a und Tafel 9b.

#### Tafel 9a: *TOOL*-Gebäude: Konzept zur Bewertung

### Energetische, Umweltbezogene und Wirtschaftliche Bewertung von Wohngebäude und Energieversorgung

<b>BAUKÖRPER</b>	⌘	Heizwärme-Bedarf
<b>WÄRMEVERSORGUNG</b>	⌘	Heizenergie-Bedarf
<b>ERNEUERBARE ENERGIE</b>	⌘	Solarwärme
	⌘	Biowärme
	⌘	Umweltwärme
<b>STROMEINSATZ</b>	⌘	Wärmeversorgung
	⌘	Haushaltsstrom
	⌘	Beleuchtung
<b>STROMERZEUGUNG</b>	⌘	PV-Stromertrag
<b>BEWERTUNG</b>	⌘	Primärenergie
	⌘	CO <sub>2</sub> -Emission
	⌘	Externe Kosten
	⌘	Investitionskosten
	⌘	Betriebskosten

## Tafel 9b: Ergebnisse der Bewertung



Symbolfoto (© Christian Fink)

Klimadaten	
Heizgradtage, HGT kd	3,675
Heiztage, d	210
Norm-Außentemperatur, °C	-16
Soll-Innentemperatur, °C	20

Baukörper	
Brutto-Geschossfläche BGF, m <sup>2</sup>	206,00
Netto-Geschossfläche NGF, m <sup>2</sup>	164,80
Energiebezugsfläche A <sub>EB</sub> , m <sup>2</sup>	206,00
Beheiztes Brutto-Raumvolumen V <sub>B</sub> , m <sup>3</sup>	674,90
Gebäudehülle A <sub>B</sub> , m <sup>2</sup>	489,73
Charakteristische Länge l <sub>c</sub> , m	1,38
Mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient U <sub>m</sub> , W/(m <sup>2</sup> , K)	0,24
LEK-Wert (-)	21,50
A/V-Verhältnis, 1/m	0,73

<b>Energiesystem</b>	
<b>Wärmeerzeuger</b>	Solar-Wärmepumpe-Kombiheizung (Kompaktsystem)
<b>Wärmepumpe</b>	
<b>Variante 1: Erdsonden-Wärmepumpe</b>	
<b>Variante 2: Außenluft-Wärmepumpe</b>	
<b>Thermische Solaranlage</b>	
Kollektorfläche, m <sup>2</sup>	16
Kollektortyp	Flachkollektor
Speichervolumen, m <sup>3</sup>	1
Neigung/Orientierung	0
Spez. Kollektorertrag, kWh/(m <sup>2</sup> , Jahr)	220
<b>Photovoltaikanlage</b>	
Solarzelle	Polykristallin
Installierte Leistung, kW <sub>peak</sub>	3
Neigung/Orientierung	45/Süd
Spez. Stromertrag, kWh/kW <sub>peak</sub>	1.100
<b>Kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung</b>	
Wärmerückgewinnungsgrad, %/Jahr	0

<b>Energiebilanz Gebäude</b>		
	kWh/Jahr	kWh/(m <sup>2</sup> , a)
Transmissions-Wärmeverluste Q <sub>T</sub>	9.958	48,34
Lüftungs-Wärmeverluste Q <sub>L</sub>	6.251	30,34
Passive Solargewinne Q <sub>S</sub>	5.725	27,79
Interne Wärmegewinne Q <sub>i</sub>	2.180	10,58
Freie Wärme Q <sub>F</sub> (Q <sub>F</sub> = Q <sub>S</sub> + Q <sub>i</sub> )	7.905	38,38
Nutzbare Wärmegewinne Q <sub>G</sub>	7.792	37,83
<b>Heizwärme Q<sub>H</sub>, kWh</b>	<b>8.417</b>	<b>40,86</b>

	kW	kW/m <sup>2</sup>
<b>Heizlast</b>	<b>4,073</b>	<b>15,737</b>

<b>Warmwasser, Wärmeverluste und Solarwärme</b>		
	kWh/Jahr	kWh/(m <sup>2</sup> , a)
<b>Warmwasser Q<sub>WW</sub></b>	<b>2.038</b>	<b>9,89</b>
<b>Wärmeverluste Q<sub>sys</sub></b>	<b>1.568</b>	<b>7,61</b>
<b>Aktive Solarwärme Q<sub>SOL</sub></b>	<b>3.520</b>	<b>17,09</b>
<b>Heizwärme Gesamt</b>	<b>12.023</b>	<b>58,36</b>
<i>Heizung &amp; Warmwasser &amp; Wärmeverluste</i>		

## Variante 1: Erdsonden-Wärmepumpe-Solar-Kombisystem

Heizendenergie		
	kWh/Jahr	kWh/(m <sup>2</sup> , a)
Raumwärme & Warmwasser $Q_{\text{Heiz, RH\&WW}}$ (Heizwärme Gesamt - Solarwärme)	2.126	10,32

Energieträger für Heizung & Warmwasser		
	kWh/Jahr	Anteil, %/Jahr
Erdgas, Heizöl/Fernwärme, kWh/Jahr	2.126	0,00
Strom (Direkt) $Q_{\text{Strom}}$ , kWh/Jahr	0	0,00
Strom (Wärmepumpe) $Q_{\text{Strom}}$ , kWh/Jahr	2.126	17,68
Solarwärme $Q_{\text{SOL}}$ , kWh/Jahr	3.520	29,28
Umweltwärme $Q_{\text{U}}$ , kWh/Jahr	6.377	53,04
Biowärme, $Q_{\text{BIO}}$ , kWh/Jahr		
<b>Energieträger, Gesamt</b>	<b>12.023</b>	<b>100,00</b>

System-Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe-Solar--Kombiheizung	5,59
---	------

Stromeinsatz im Gebäude		
	kWh/Jahr	kWh/(m <sup>2</sup> , a)
Heizung & Warmwasser	2.126	10,32
Hilfsstrom	350	1,70
Haushaltsgeräte & Beleuchtung	2.946	14,30
<b>Stromeinsatz-Gesamt</b>	<b>5.721</b>	<b>27,77</b>
<b>Stromertrag PV-Anlage</b>	<b>3.300</b>	16,02
<b>Strom vom Netz</b>	<b>2.421</b>	11,75

Primärenergie und CO <sub>2</sub> -Emission		
	Primärenergie kWh/(m <sup>2</sup> , a)	CO <sub>2</sub> -Emission kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> , a)
Heizung & Warmwasser & Lüftung	13,41	1,61
Hilfsstrom, Stromgeräte & Beleuchtung	14,30	1,83
<b>GESAMT</b>	<b>27,71</b>	<b>3,44</b>
<b>Mit Gutschrift PV-Anlage</b>	<b>6,89</b>	<b>0,94</b>

Anteil Erneuerbarer Energieträger			
Wärmeversorgung, %/Jahr		Stromversorgung, %/Jahr	
Solarwärme	13,41	PV-Strom	57,68
Biowärme	0,00	<i>Bezogen auf gesamten Stromeinsatz</i>	
Umweltwärme	53,04	PV-Strom	118,89
<b>GESAMT</b>	<b>82,32</b>	<i>Bezogen auf Stromeinsatz Heizung &amp; Warmwasser</i>	

## Variante 2: Außenluft-Wärmepumpe-Solar-Kompaktsystem

Heizendenergie		
	kWh/Jahr	kWh/(m <sup>2</sup> , a)
Raumwärme & Warmwasser $Q_{\text{Heiz, RH\&WW}}$ (Heizwärme Gesamt - Solarwärme)	3.037	14,74

Energieträger für Heizung & Warmwasser		
	kWh/Jahr	Anteil, %/Jahr
Erdgas, Heizöl/Fernwärme, kWh/Jahr	3.037	0,00
Strom (Direkt) $Q_{\text{Strom}}$ , kWh/Jahr	0	0,00
Strom (Wärmepumpe) $Q_{\text{Strom}}$ , kWh/Jahr	3.037	25,26
Solarwärme $Q_{\text{SOL}}$ , kWh/Jahr	3.520	29,28
Umweltwärme $Q_{\text{U}}$ , kWh/Jahr	5.466	45,46
Biowärme, $Q_{\text{BIO}}$ , kWh/Jahr		
<b>Energieträger, Gesamt</b>	<b>12.023</b>	<b>100,00</b>

System-Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe-Solar--Kombiheizung	3,93
---	------

Stromeinsatz im Gebäude		
	kWh/Jahr	kWh/(m <sup>2</sup> , a)
Heizung & Warmwasser	3.037	14,74
Hilfsstrom	350	1,70
Haushaltsgeräte & Beleuchtung	2.946	14,30
<b>Stromeinsatz-Gesamt</b>	<b>6.632</b>	<b>32,20</b>
<b>Stromertrag PV-Anlage</b>	<b>3.300</b>	16,02
<b>Strom vom Netz</b>	<b>3.332</b>	16,18

Primärenergie und CO <sub>2</sub> -Emission		
	Primärenergie kWh/(m <sup>2</sup> , a)	CO <sub>2</sub> -Emission kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> , a)
Heizung & Warmwasser & Lüftung	19,16	2,30
Hilfsstrom, Stromgeräte & Beleuchtung	14,30	2,52
<b>GESAMT</b>	<b>33,46</b>	<b>4,82</b>
<b>Mit Gutschrift PV-Anlage</b>	<b>12,64</b>	<b>2,32</b>

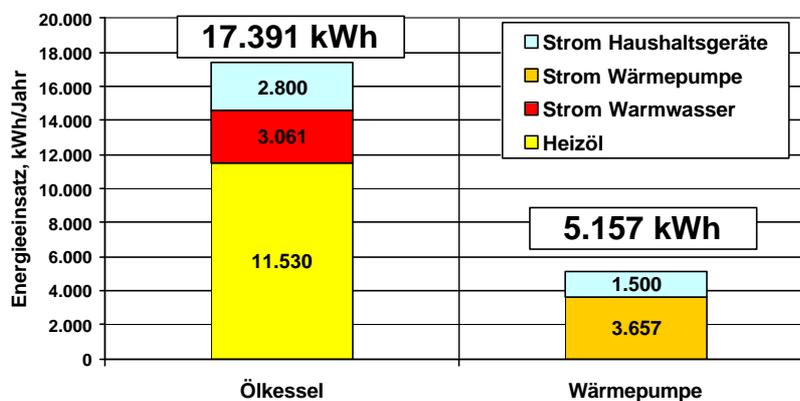
Anteil Erneuerbarer Energieträger			
Wärmeversorgung, %/Jahr		Stromversorgung, %/Jahr	
Solarwärme	19,16	PV-Strom	49,76
Biowärme	0,00	<i>Bezogen auf gesamten Stromeinsatz</i>	
Umweltwärme	45,46	PV-Strom	89,51
<b>GESAMT</b>	<b>74,74</b>	<i>Bezogen auf Stromeinsatz Heizung &amp; Warmwasser</i>	

## 6.4 Umstieg von einer Ölheizung auf eine Wärmepumpe-Solar-Kombiheizung

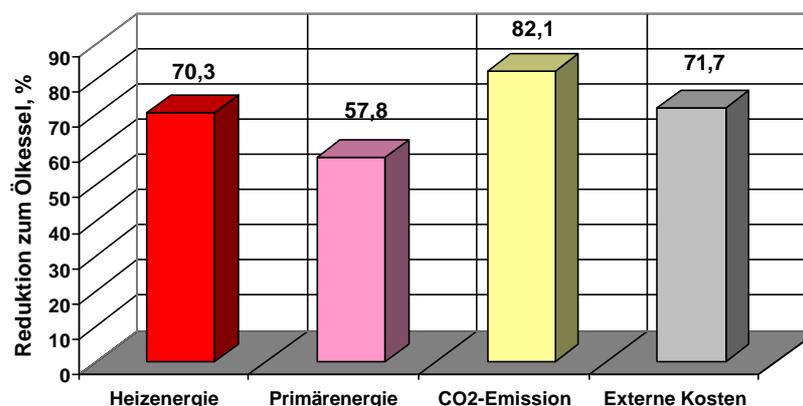
Die Vorteile einer Wärmepumpe-Solar-Kombiheizung im Vergleich zu einer Ölheizung werden in Abb. 10 illustriert. Der Umstieg von einem Ölkessel und einem Warmwasser-Elektroboiler auf ein Wärmepumpe-Solar-Kombisystem führt zu einer deutlichen Reduktion an Heizenergie (70%), Primärenergie (58%), CO<sub>2</sub>-Emission (82%) und Externen Kosten (72%). Mit der Stromersparung bei der Warmwasserbereitung und bei Haushaltsgeräten und Beleuchtung (stromeffiziente Produkte) wird der Einsatz einer Elektro-Wärmepumpe gerechtfertigt.

### Energieeinsatz in einem Einfamilien-Wohnhaus Vergleich Ölkessel und E-Warmwasserboiler und Wärmepumpe mit Solaranlage für Warmwasser

Heizwärme: 9.800 kWh/Jahr; Warmwasser: 3.000 kWh/Jahr  
 Jahres-Nutzungsgrad Ölkessel: 85%; Nutzungsgrad E-Boiler: 98%  
 Jahresarbeitszahl Wärmepumpe (Heizung und Warmwasser): 3,5



### Energetische und Umweltbezogene Vorteile eines Wärmepumpe-Solarsystems mit einem Ölkessel und Elektro-Boiler für Warmwasser



**Abb. 10: Energetischer und Umweltbezogener Vergleich einer Wärmepumpen-Solar-Kombiheizung mit einem Ölkessel in Verbindung mit einem E-Boiler zur Warmwasserbereitung in einem Einfamilien-Wohnhaus**

## 6.5 Bewertung von Wärmepumpen-Heizungssystemen

Die Bewertung von Wärmepumpen-Heizungen – mit und ohne thermische Solaranlage – erfolgt in Tafel 10 und in Abb. 11, Abb. 12 und Abb. 13. Die Berechnungen beziehen sich auf ein Einfamilien-Wohnhaus mit einem Heizwärmebedarf HWB von 35 kWh/(m<sup>2</sup>, Jahr) und einer Niedertemperatur-Heizung (35°C/ 30°C) sowie einem täglichen Warmwasserbedarf von 120 Liter (50°C). Im Falle der Erdreich- und Außenluft-Wärmepumpe wird eine solarthermische Solaranlage zur Warmwasserbereitung (8 m<sup>2</sup> Kollektorfläche) angenommen. Eine größere Kollektorfläche zur Heizungsunterstützung (16 m<sup>2</sup> Kollektorfläche) führt zu einem Überschuss von Solarwärme in den Sommermonaten und verringert die Wirtschaftlichkeit. Wesentlich ist, dass die Solaranlage außerhalb der Heizsaison die Warmwasserbereitung weitgehend übernimmt, und die Wärmepumpe außer Betrieb bleibt.

Abb. 11 illustriert die Anteile der Energieträger bei der Wärmeaufbringung für Heizung und Warmwasser.

Die Kombination einer Wärmepumpe mit einer solarthermischen Anlage erhöht die Effizienz bei der Wärmeversorgung. Diese wird durch die System-Arbeitszahl ausgedrückt. Mit solar unterstützten Außenluft-Wärmepumpen lassen sie Systemarbeitszahlen über 3,5 erreichen, bei einer Arbeitszahl der Wärmepumpe unter 2,5; Abb.12.

In Abb. 13 erfolgt ein wirtschaftlicher Vergleich von Wärmepumpe-Solar-Kombiheizungen. Die Jahreskosten (Investition, Brennstoff, Wartung) sind vergleichbar. Wärmepumpe-Solar-Kombisysteme mit geringeren Brennstoffkosten reduzieren das Haushaltsbudget und sind damit als „Investition für die Zukunft“ einzustufen.

Erdreich- (und auch Grundwasser-) Wärmepumpen sind Außenluft-Wärmepumpen nach Energetischen und Ökologischen Kriterien (CO<sub>2</sub>-Emission und Externe Kosten) überlegen. Der Einsatz von Energieoptimierten Wärmepumpe-Solar-Kompaktsystemen (in Verbindung mit einer Außenluft-Wärmepumpe) wäre aus ökologischen Gründen gerechtfertigt, vor allem dann, wenn die Installation von Erdsonden oder Erdreich-Flachkollektoren) nicht möglich ist.

Wärmepumpen-Heizungen werden heute als „effizient“ und förderungswürdig eingestuft, wenn Arbeitszahlen über 4 zu erreichen sind. Dies lässt sich nur mit Erdreich- und Grundwasser-Wärmepumpen erreichen. Da die Installation von Erdsonden und Erdreich-Flachkollektoren aus baulichen Gründen begrenzt ist und Grundwasser nicht überall – auch aus ökologischen Gründen – verfügbar ist, wird ein vollständiger Umstieg von fossilen Energieträgern auf Erneuerbare Energie bei der Wärmeversorgung von Gebäuden nur mit gleichzeitigem Einsatz von Außenluft für Wärmepumpen-Heizungen zu erreichen sein. Als Bewertungskriterium bietet sich die erreichbare System-Arbeitszahl an, welche mit Außenluft-Wärmepumpe Kombisystemen über 3 liegen sollte. Neu entwickelte Wärmepumpe-Solar-Kompaktsystemen – derzeit nur für Einfamilien-Wohnhäuser konzipiert – könnten bei einem optimierten Energiemanagement auch System-Arbeitszahlen bis 4 (und vielleicht auch darüber) ermöglichen. An diesem Ziel wird derzeit in Forschung und Entwicklung gearbeitet.

**Tafel 10: Bewertung von Wärmepumpe-Solar-Kombiheizungen**

<b>Projektdaten</b>	
Objekt	Einfamilien-Wohnhaus
Energiebezugsfläche, m <sup>2</sup> (BGF)	206
Klimadaten	Referenzklima (HGT 3.400)
Heizwärme HWB, kWh/(m <sup>2</sup> , Jahr)	35
Warmwasserbedarf, kWh/Jahr	2.038
Wärmeverluste (RH & WW), %/Jahr	30
<b>Investitionsförderung, €</b>	
Solaranlage für Warmwasser	1.500
Sole-Wärmepumpe	2.000
Wärmepumpe-Solar-Kompaktsystem	3.000

<b>Bewertung von Wärmepumpe-Solar-Kombiheizungen</b>						
Kriterium	Sole-WP		Luft/Wasser-WP		WP-SOLAR-Kompaktheizung	
Jahres-Arbeitszahl	4,00		2,50		2,80	
Thermische Solaranlage	Warmwasser 8 m <sup>2</sup> Kollektor		Warmwasser 8 m <sup>2</sup> Kollektor		Warmwasser & Heizung 16 m <sup>2</sup> Kollektor	
Endenergie (RH & WW)	kWh/Jahr	%/Jahr	kWh/Jahr	%/Jahr	kWh/Jahr	%/Jahr
Strom	2.014	<b>18,8</b>	3.223	<b>30,1</b>	2.564	<b>24,0</b>
Solarwärme	2.640	<b>24,7</b>	2.640	<b>24,7</b>	3.520	<b>32,9</b>
Umweltwärme	6.043	<b>56,5</b>	4.835	<b>45,2</b>	4.614	<b>43,1</b>
<b>Gesamt</b>	<b>10.697</b>	<b>100,0</b>	<b>10.698</b>	<b>100,0</b>	<b>10.698</b>	<b>100,0</b>
<b>Jahres-Systemarbeitszahl</b>	<b>5,25</b>		<b>3,29</b>		<b>4,13</b>	
Primärenergie, kWh <sub>primär</sub> /(m <sup>2</sup> , Jahr)	12,71		20,34		16,18	
CO <sub>2</sub> -Emission, kg/Jahr	1,53		2,44		1,94	
Investition, € <sup>*)</sup>	Ohne Förderung	Mit Förderung	Ohne Förderung	Mit Förderung	Ohne Förderung	Mit Förderung
	26.796	23.296	20.520	22.824	23.520	20.520
Jahres-Investition, €/Jahr	1.601	1.457	1.392	1.313	1.460	1.328
Brennstoffkosten, €/Jahr	533	533	775	755	643	643
Wartung, €/Jahr	100	100	100	100	100	100
Jahres-Gesamtkosten, €/Jahr	2.234	2.090	2.267	2.168	2.203	2.071

\*) Inklusive Installation und 20% MwSt.

<b>Bewertung von Wärmepumpen-Heizungen ohne thermische Solaranlage</b>				
Kriterium	Erdreich-Wärmepumpe		Aussenluft-Wärmepumpe	
Jahres-Arbeitszahl	<b>3,50</b>		<b>2,30</b>	
Endenergie (RH & WW)	kWh/Jahr	%/Jahr	kWh/Jahr	%/Jahr
Strom	3.057	<b>28,6</b>	4.651	<b>43,5</b>
Solarwärme	0	<b>0,0</b>	0	<b>0,0</b>
Umweltwärme	7.641	<b>71,4</b>	6.047	<b>56,5</b>
<b>Gesamt</b>	<b>10.698</b>	<b>100,0</b>	<b>10.698</b>	<b>100,0</b>
<b>Jahres-Systemarbeitszahl</b>	<b>3,50</b>		<b>2,30</b>	
Primärenergie, kWh <sub>primär</sub> /(m <sup>2</sup> , Jahr)	19,29		29,35	
CO <sub>2</sub> -Emission, kg/Jahr	2,31		3,52	
Investition, € <sup>*)</sup>	Ohne Förderung	Mit Förderung	Ohne Förderung	Mit Förderung
	21.396	19.396	15.120	
Jahres-Investition, €/Jahr	1.379	1.279	1.160	
Brennstoffkosten, €/Jahr	741	741	1.060	
Wartung, €/Jahr	100	100	100	
<b>Jahres-Gesamtkosten, €/Jahr</b>	<b>2.220</b>	<b>2.120</b>	<b>2.320</b>	

\*) Inklusive Installation und 20% MwSt.

### Anteile der Energieträger zur Wärmeversorgung Endenergie für Heizung und Warmwasser

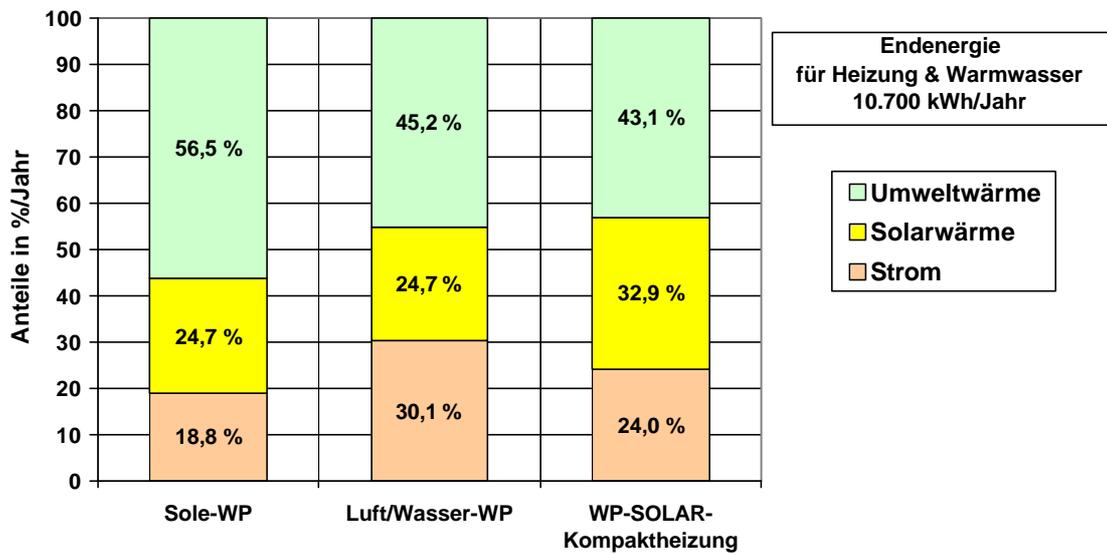


Abb. 11: Anteile der Energieträger bei der Wärmeversorgung eines Einfamilien-Wohnhauses mit Wärmepumpe-Solar-Kombiheizungen

### Effizienz von Wärmepumpen-Heizungen Wärmepumpe-Arbeitszahl und Systemarbeitszahl

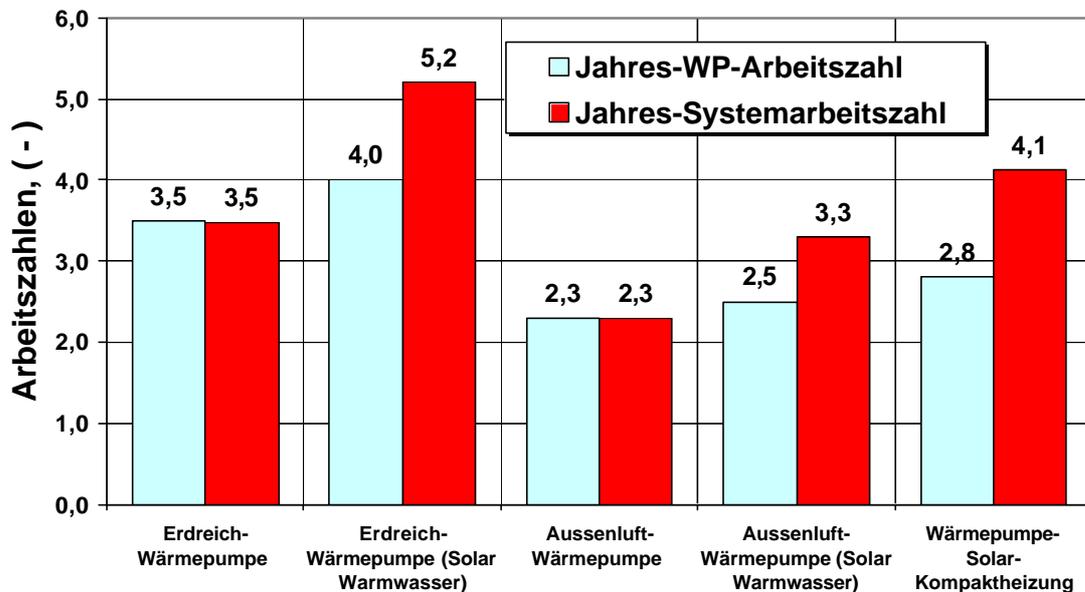
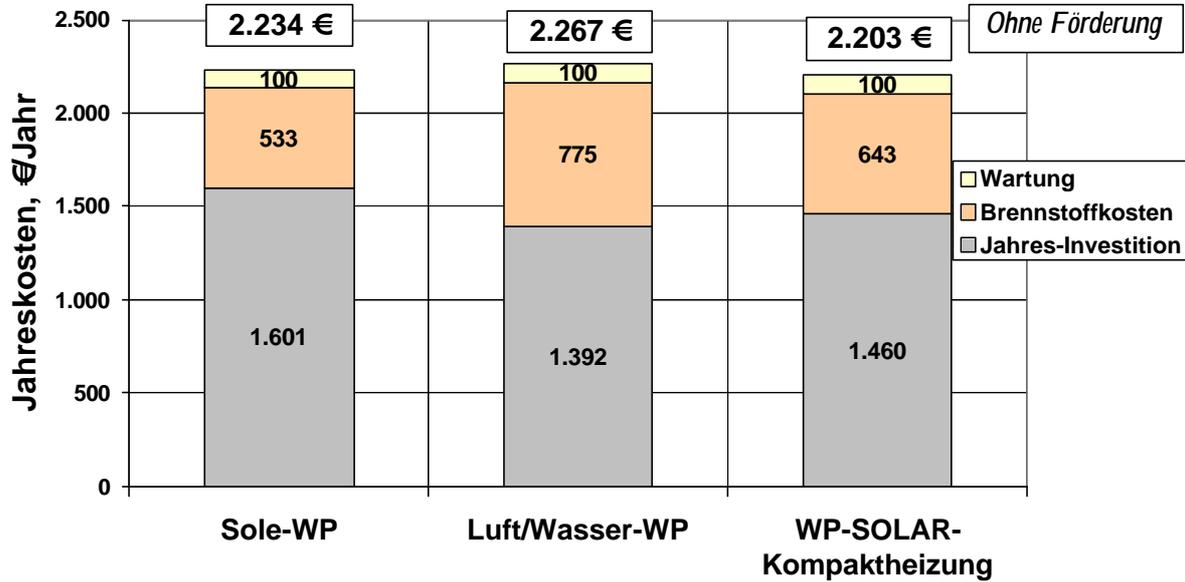
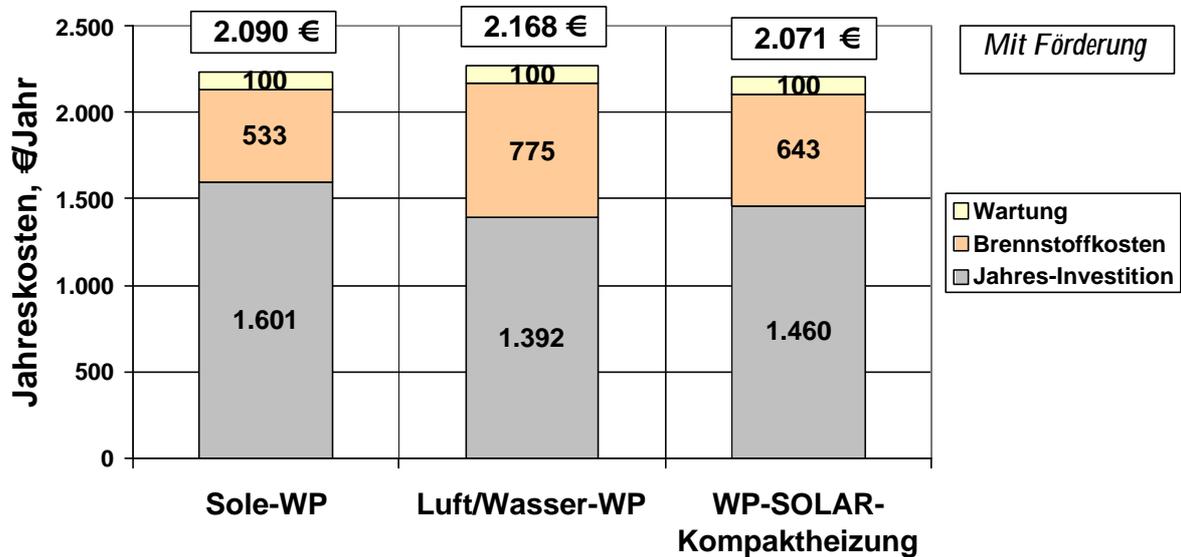


Abb. 12: Effizienz von Wärmepumpen-Heizungssystemen

## Wirtschaftlicher Vergleich von Wärmepumpe-Solar-Kombiheizungen



## Wirtschaftlicher Vergleich von Wärmepumpe-Solar-Kombiheizungen



**Abb. 13: Wirtschaftlicher Vergleich von Wärmepumpe-Solar-Heizungen  
Ohne und mit Förderung**

## 6.6 Bewertung von Öl-, Gas- und Wärmepumpen-Heizungen

Die Energetischen und Ökologischen Vorteile von Wärmepumpe-Solar-Kombisystemen im Vergleich zu Öl- und Gas-Heizungen sind in Tafel 11 und in Abb. 14, Abb. 15 und Abb. 16 dokumentiert. Die Berechnungen beziehen sich auf ein Einfamilien-Wohngebäude mit den Projektdaten in Tafel 10. Bewertungskriterien sind Heizenergie, Primärenergie, CO<sub>2</sub>-Emission und Externe Kosten. Ein wirtschaftlicher Vergleich von Wärmepumpe-Solar-Kombisystemen (ohne und mit Förderung) mit Öl- und Gas-Heizungen führt mit den derzeitigen Marktangeboten bereits zu akzeptablen Ergebnissen, insbesondere im Falle von Förderungen; Abb. 15. Vorteilhaft wirken sich die Brennstoffeinsparungen aus. Investitionen in energieeffiziente Heizungen sind damit eine interessante Zukunftsvorsorge. Abb. 17a und Abb. 17b fassen die Ergebnisse der Bewertung zusammen; Energetische und Ökologische Kenndaten und Jahres-Brennstoffkosten in Vergleich zu einer Ölheizung.

**Tafel 11: Bewertung von Heizungssystemen**

Projektdaten	
Heizwärme, kWh/Jahr	12.000
Warmwasser, kWh/Jahr	3.000
Solaranlage (Warmwasser), kWh/Jahr	2.400
Solaranlage (Warmwasser & Heizung), kWh/Jahr	4.500
Heizwärme - Solarwärme (Warmwasser), kWh/Jahr	12.600
Heizwärme - Solarwärme (Warmwasser & Heizung), kWh/Jahr	10.500

Solaranlage für WW: 8 m<sup>2</sup> Kollektorfläche  
Solaranlage für WW & RH: 16 m<sup>2</sup> Kollektorfläche

Jahres-Nutzungsgrad Kessel und Jahres-Arbeitszahl Wärmepumpe <sup>*)</sup>	
Ölkessel und Solar Warmwasser	0,85
Gaskessel und Solar Warmwasser	0,90
Pelletsessel und Solar (Warmwasser & Heizung)	0,80
Erdreich-Wärmepumpe und Solar (Warmwasser)	4,00
Wärmepumpe-Solar-Kombisystem	3,80

\*) Heizung & Warmwasser (abzüglich Solarwärme)

Brennstoffeinsatz			
Heizungssystem	Brennstoff	Brennstoff, kWh/Jahr	Brennstoffkosten, €/Jahr
Ölkessel	Heizöl	17.647	1.588
Ölkessel und Solar Warmwasser	Heizöl	14.824	1.334
Gaskessel	Erdgas	16.667	1.000
Gaskessel und Solar Warmwasser	Erdgas	14.000	840
Pelletsessel und Solar (Warmwasser & Heizung)	Pellets	13.125	788
Erdreich-Wärmepumpe und Solar (Warmwasser)	Strom	3.150	630
Wärmepumpe-Solar-Kombisystem	Strom	3.947	789

Brennstoffkosten

Stromkosten, €/kWh	0,200
Heizöl, €/kWh	0,090
Erdgas, €/kWh	0,060
Pellets, €/kWh	0,060

Wirtschaftlicher Vergleich von Wärmepumpe-Solar-Kombisystemen (ohne Förderung)			
Heizungssystem	Investitionskosten, € <sup>*)</sup>	Jahreskosten, €/Jahr	Gesamtkosten, €/Jahr <sup>*)</sup>
Ölkessel	10.800	603	2.191
Ölkessel und Solar Warmwasser	18.000	1.026	2.360
Gaskessel	9.600	571	1.571
Gaskessel und Solar Warmwasser	16.860	994	1.834
Pelletsessel und Solar (Warmwasser & Heizung)	26.124	1.512	2.142
Erdreich-Wärmepumpe und Solar (Warmwasser)	26.800	1.612	2.242
Wärmepumpe-Solar-Kombisystem	23.520	1.464	2.253

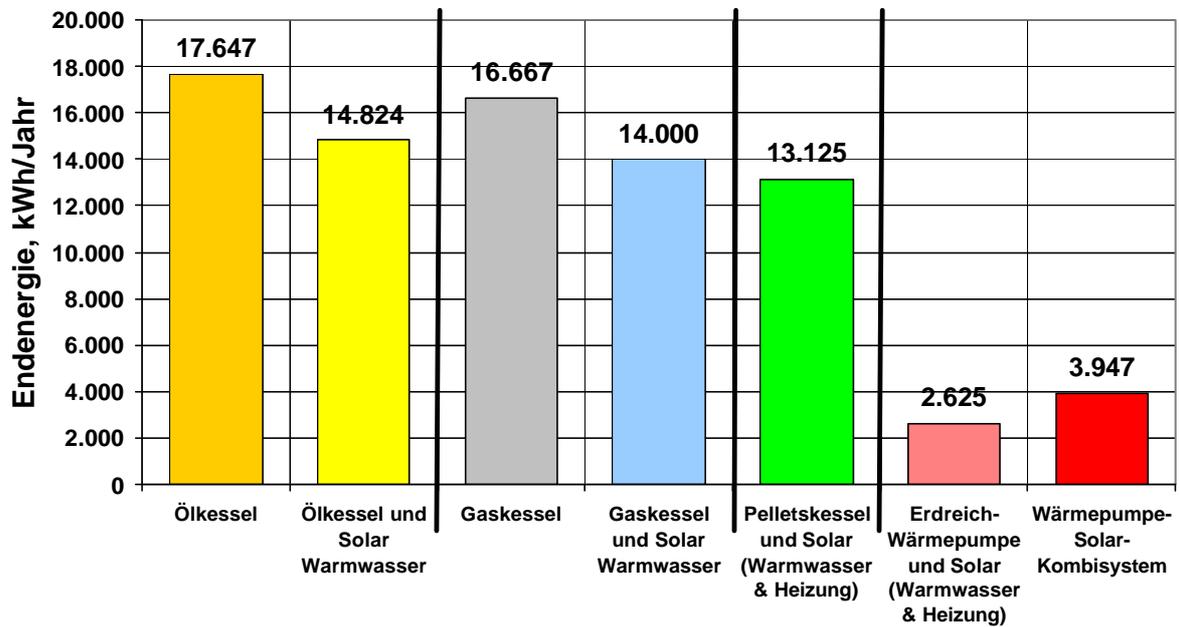
Wirtschaftlicher Vergleich von Wärmepumpe-Solar-Kombisystemen (mit Förderung)			
Heizungssystem	Investitionskosten, € <sup>*)</sup>	Jahreskosten, €/Jahr	Gesamtkosten, €/Jahr <sup>*)</sup>
Ölkessel und Solar Warmwasser	16.500	951	2.285
Gaskessel und Solar Warmwasser	15.360	919	1.759
Pelletsessel und Solar (Warmwasser & Heizung)	22.124	1.309	2.097
Erdreich-Wärmepumpe und Solar (Warmwasser)	23.300	1.800	2.430
Wärmepumpe-Solar-Kombisystem	20.520	1.314	1.944

<sup>\*)</sup> Jahres-Investition & Jahres-Stromkosten

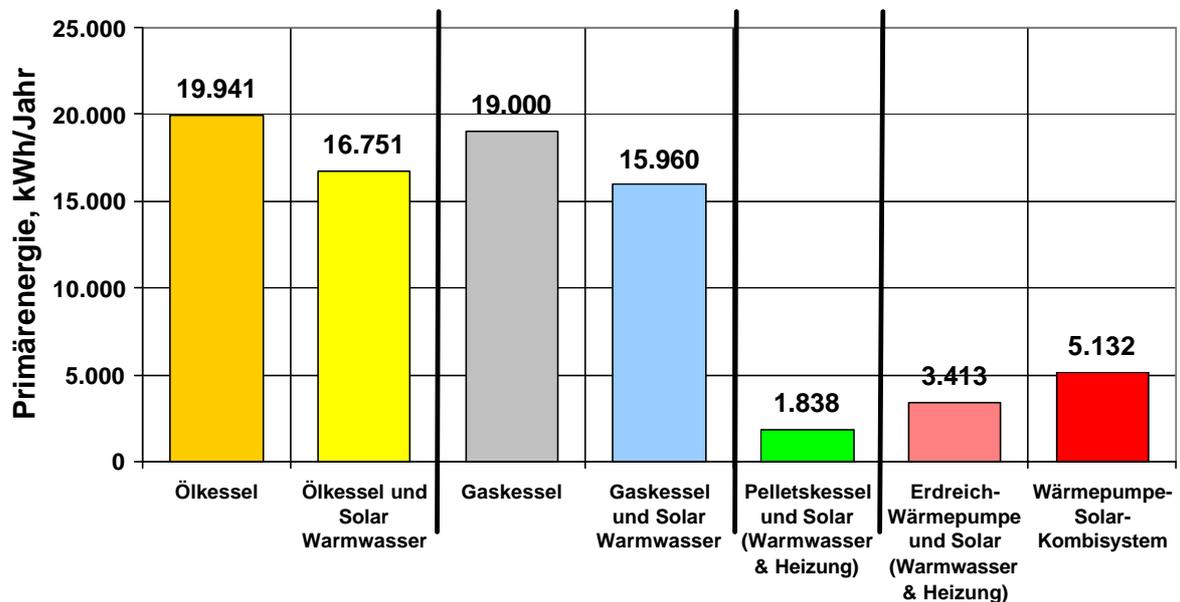
Förderungen

Förderungen, €	
Solaranlage Warmwasser	1.500
Solaranlage Warmwasser & Heizung	2.000
Pelletsessel	2.000
Erdreich-Wärmepumpe	2.000
(Luft)-Wärmepumpe-Solar-Kombiheizung	3.000

**Energetischer und Ökologischer Vergleich von Heizungssystemen**  
**Endenergie (Heizung & Warmwasser)**

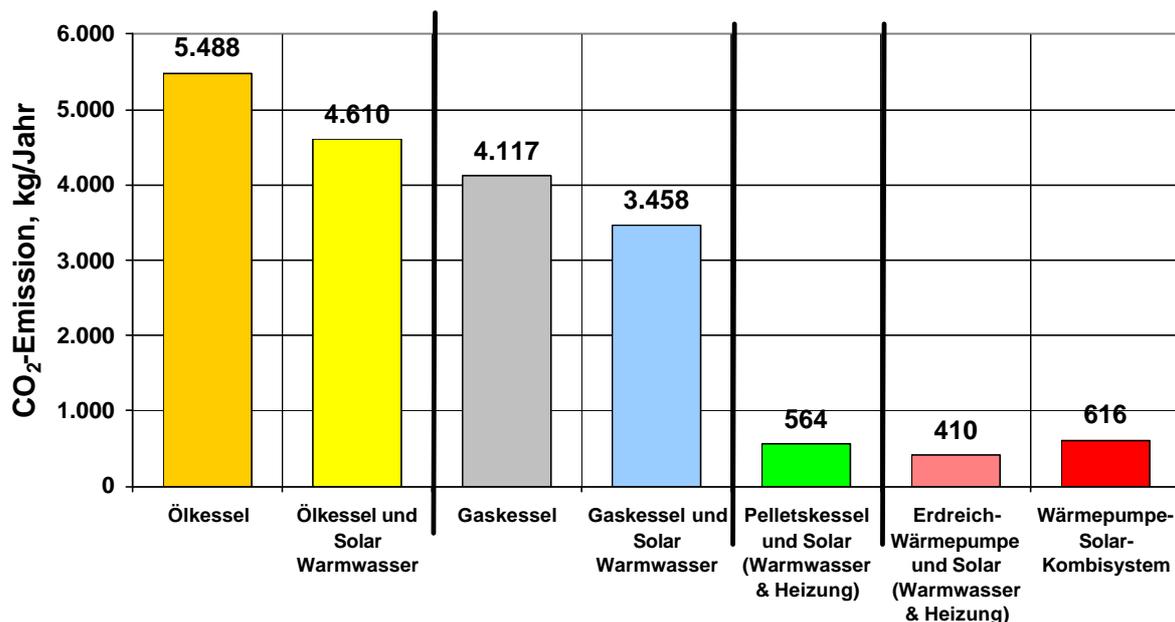


**Energetischer und Ökologischer Vergleich von Heizungssystemen**  
**Primärenergie (Heizung & Warmwasser)**

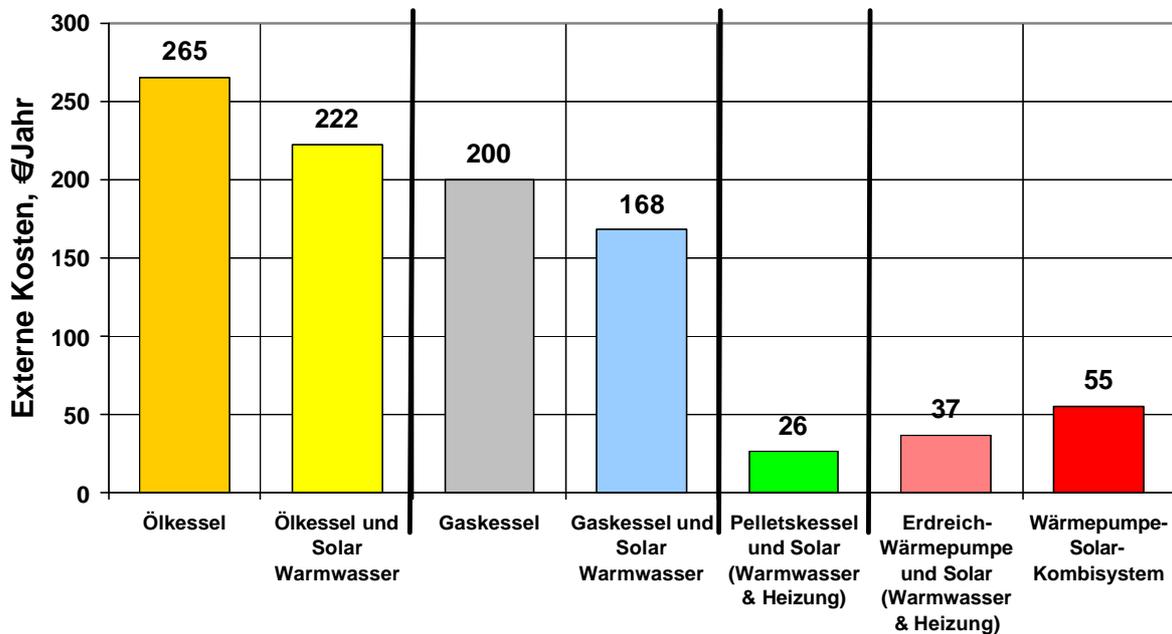


**Abb. 14: Energetischer Vergleich von Heizungssystemen**  
**Heizenergie und Primärenergie**

**Energetischer und Ökologischer Vergleich von Heizungssystemen  
CO<sub>2</sub>-Emission (Heizung & Warmwasser)**

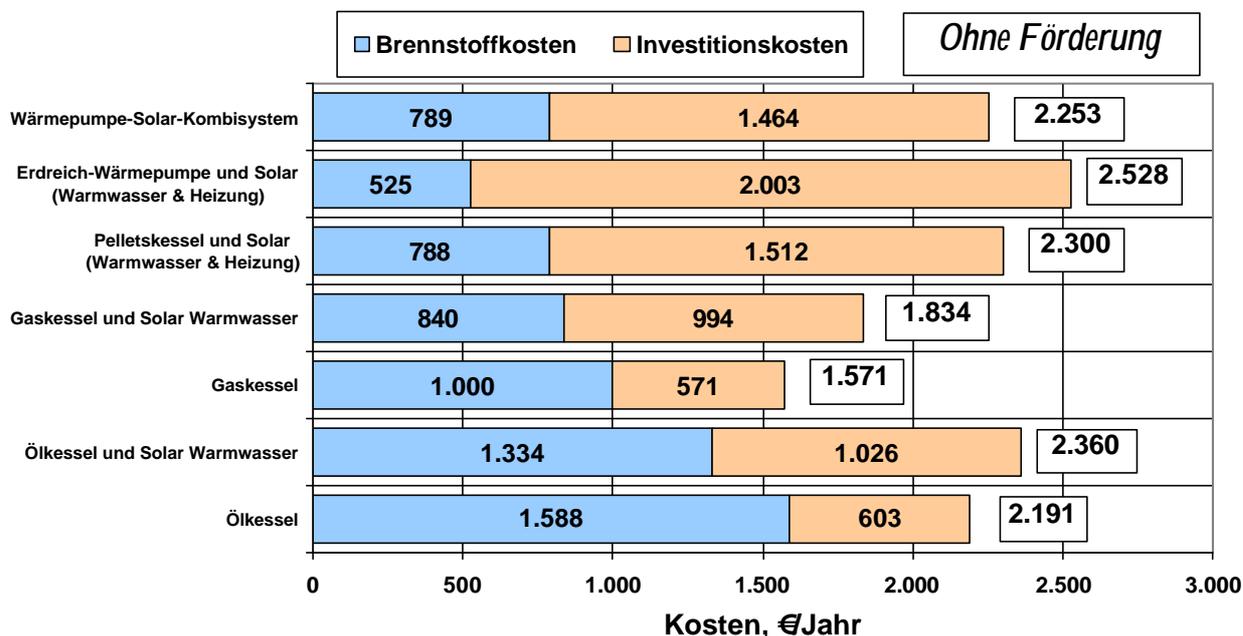


**Energetischer und Ökologischer Vergleich von Heizungssystemen  
Externe Kosten (Heizung & Warmwasser)**

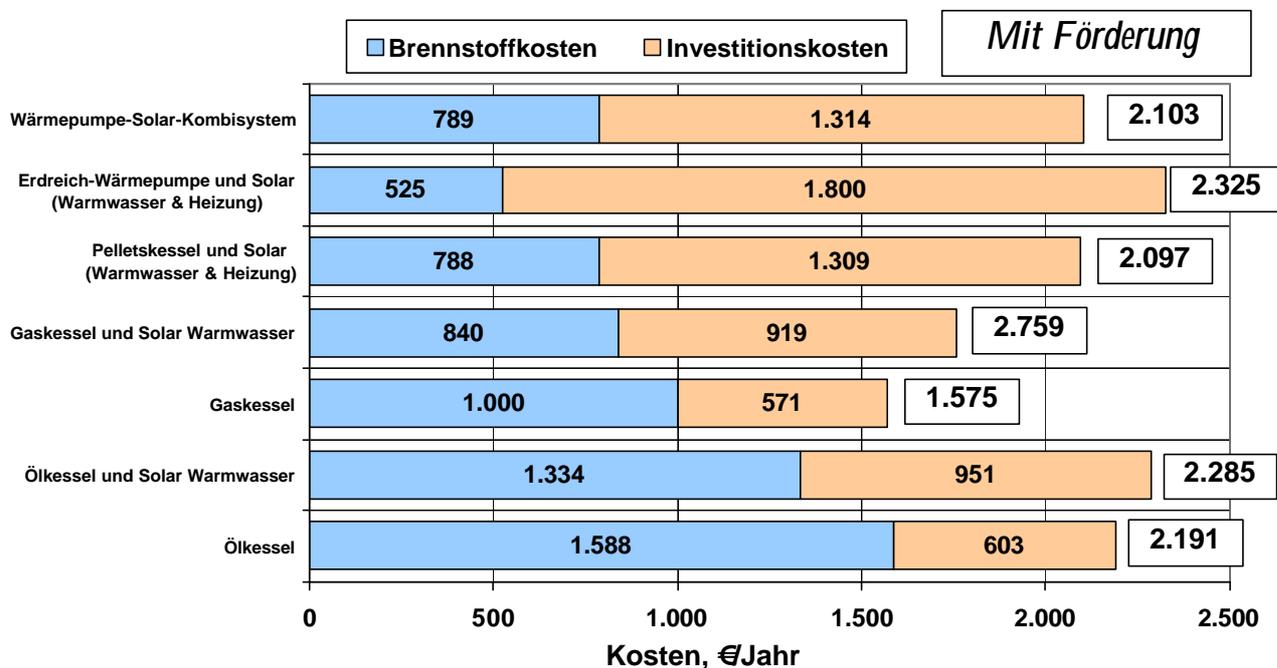


**Abb. 15: Ökologischer Vergleich von Heizungssystemen  
CO<sub>2</sub>-Emission und Externe Kosten**

## Wirtschaftlicher Vergleich von Heizungssystemen Jahres-Investitionskosten und Brennstoff-Kosten



## Wirtschaftlicher Vergleich von Heizungssystemen Jahres-Investitionskosten und Brennstoff-Kosten



**Abb. 16: Wirtschaftlicher Vergleich von Heizungssystemen  
Ohne und mit Förderung**

### Energetischer und Ökologischer Vergleich von Solar-Kombisystemen mit einer Ölheizung

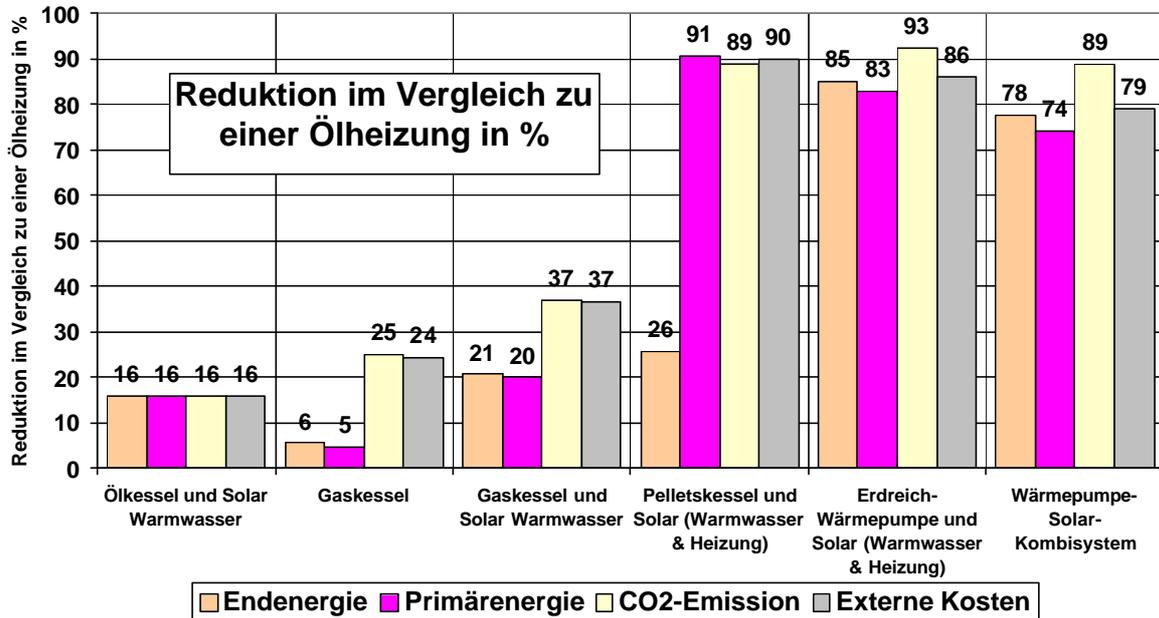


Abb. 17a: Energetische und Ökologische Kenndaten von Heizungssystemen im Vergleich zu einer Ölheizung

### Jahres-Brennstoffkosten von Solar-Kombisystemen im Vergleich zu einer Ölheizung

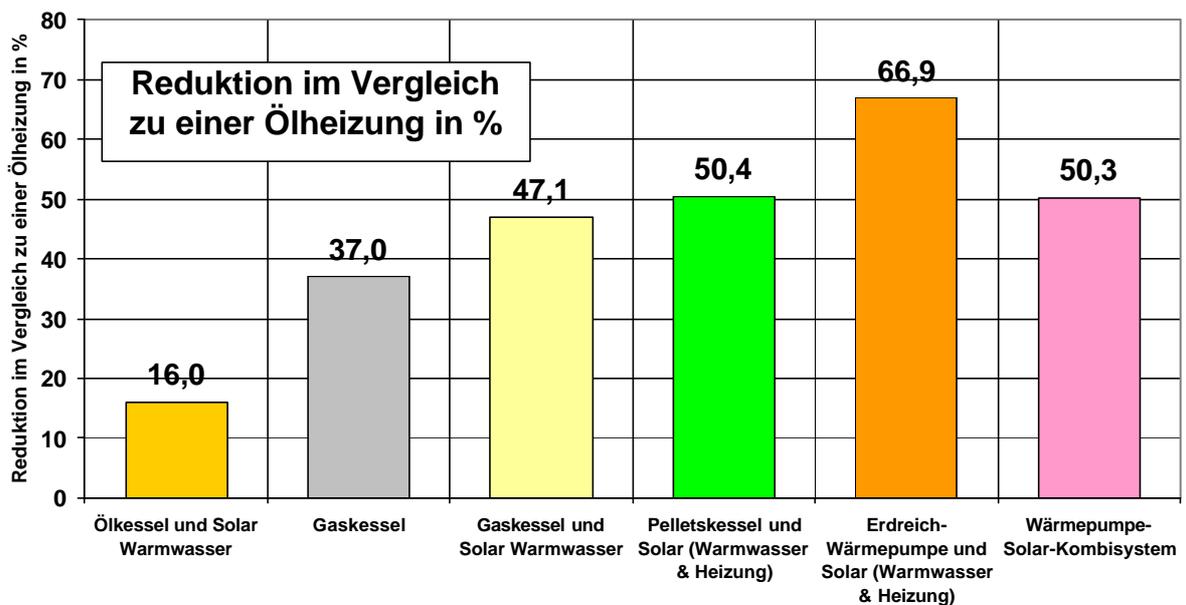


Abb. 17b: Jahres-Brennstoffkosten von Heizungssystemen im Vergleich zu einer Ölheizung

## **7. Möglicher Beitrag von Solarthermischen Anlagen und Wärmepumpen zur Wärmeversorgung von Gebäuden im Jahre 2050**

Die Wärmepumpe in Verbindung mit einer Solarthermischen Anlage hat das Potential, die Vorgaben der Energiestrategie 2050 im Bereich des Gebäudesektors zu realisieren. Dazu müsste der Wärmepumpen- und Solarmarkt um 3% jährlich wachsen, bezogen auf die im Jahre 2010 installierten Heizungs-Wärmepumpen bzw. Kollektorfläche. Gleichzeitig müsste der Wärmebedarf im Gebäudesektor durch Energieeffizienz-Maßnahmen am Baukörper und in der Haustechnik reduziert werden: um 20% bis 2020, um 30% bis 2030 und um 35% bis 2050, jeweils bezogen auf den Endenergiebedarf für Raumwärme und Warmwasser von 2010.

In einem Szenario für die Entwicklung des Wärmepumpen- und Solarmarktes in Österreich wird von einem mittleren Jahreszuwachs von 1%, 3% und 5% ausgegangen; Abb. 18. Bei einem bis 2050 mittleren Jahreszuwachs von 3% könnten Solarthermische Anlagen 13% und Wärmepumpen 25%, zusammen 38% am derzeitigen Wärmebedarf von Gebäuden abdecken; Abb. 19, Abb. 20 und Abb. 21.

Bei einem bis 2050 mittleren Jahreszuwachs von 3% könnten Wärmepumpen 36% und Solarthermische Anlagen 19%, zusammen 55% am derzeitigen Heizendenergiebedarf von Gebäuden abdecken.

Die Kombination von Wärmepumpe (Umweltwärme) und Solarthermie (Solarwärme) ermöglicht, dass Biomasse für Mobilität und Industrie bereitgestellt werden kann; Abb. 22.

In einer Zukunftsvision der Wärme- und Stromversorgung von Gebäuden ist auch der Stromeinsatz zu reduzieren und für den Einsatz von (Elektro-) Wärmepumpen freizuhalten; Abb. 23. Dies wird erreicht durch die Umstellung von Elektro-Heizungen und Elektro-Boiler zur Warmwasserbereitung auf Wärmepumpen und thermischen Solaranlagen sowie durch die Reduktion des Stromeinsatzes für Haushaltsgeräte, Raumklimatisierung und Beleuchtung mit stromeffizienten Geräten. Mit diesen Maßnahmen kann ein weiterer starker Anstieg im Stromverbrauch vermieden werden.

Mit Gebäudeintegrierten Photovoltaik-Anlagen sollte der Strombedarf im Gebäude weitgehend „erneuerbar“ abgedeckt werden (2 bis 3 kW<sub>peak</sub> Anlage).

Die Wärmepumpe in Verbindung einer Solarthermischen Anlage hat das Potential, die Vorgaben der Österreichischen Energiestrategie 2050 zu realisieren.

## 8. Zukunftsvision zur Wärmeversorgung von Gebäuden im Jahre 2050

Mit den Annahmen zur

- Reduktion des Wärmebedarfes von Gebäuden durch Energieeffizienz-Maßnahmen am Baukörper und bei der Energieversorgung (Wärme und Strom) von zumindest 20% bis 2020, 30% bis 2030 und 35% bis 2050, jeweils bezogen auf das Jahr 2010,
- einem weiteren Ausbau solarthermischer Anlagen und Wärmepumpen um durchschnittlich 3% Jahreszuwachs der Jahreskapazität von 2010,
- einer Umstellung von Elektroheizungen sowie Elektroboiler für Warmwasserbereitung auf thermische Solaranlagen und Wärmepumpen,
- Ausschöpfung des Strom-Einsparpotentials bei Haushaltsgeräten, Klimatisierung, Beleuchtung und Umwälzpumpen im Heizungssystem,
- Ausbau von im Gebäude integrierten PV-Anlagen

erscheint das für 2050 angestrebte Ziel zur Wärmeversorgung von Gebäuden ausschließlich über Erneuerbare Energie erscheint realisierbar; Abb. 221. (Zu ähnlichen Ergebnissen führt auch die eine Feasibility-Studie zum selben Thema /12/.)

Das für 2050 angestrebte Ziel zur Wärmeversorgung von Gebäuden ausschließlich über Erneuerbare Energie erscheint realisierbar. Dazu müsste der Wärmebedarf für Heizung und Warmwasser durch Effizienzmaßnahmen im Bereich Gebäude und Haustechnik im Vergleich zum Jahr 2009 um 35% reduziert werden. Das Einsparpotential ist gegeben. Der Stromeinsatz im Gebäude ist zu reduzieren im Bereich Elektro-Direktheizungen inklusive Elektroboiler zur Warmwasserbereitung: Einsatz von Wärmepumpen und thermischen Solaranlagen. Mit im Gebäude integrierten Photovoltaik-Anlagen sollte der Strombedarf im Gebäude größtenteils abgedeckt werden (2 bis 3 kW<sub>peak</sub> Anlage).

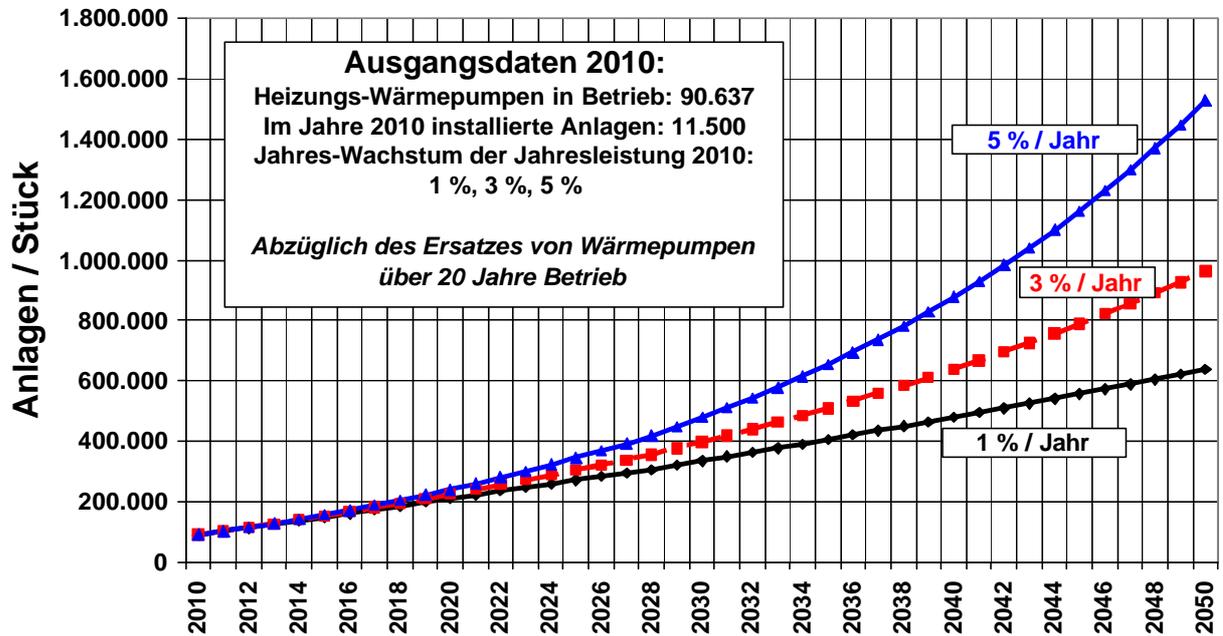
Die Annahmen zur Marktdurchdringung von Wärmepumpen und solarthermischen Anlagen im Gebäudebereich bis zum Jahre 2050 sind moderat gehalten. Von den derzeitigen etwa 3, 5 Millionen Hauptwohnsitzen würden im Jahre 2050 um 0,993 Millionen Wohnungen mit einer Wärmepumpe (28%) und 2,6 Millionen Wohnungen mit einer Solaranlage (73%) - mit einer durchschnittliche Kollektorfläche von 10 m<sup>2</sup> pro Wohnung ausgestattet sein. In optimistischen Szenarien wird davon ausgegangen, dass alle Wohnungen mit einer Solaranlage und zusätzlich zumindest 50% der Wohnungen mit einer Wärmepumpe ausgestattet sind.

**Das vorliegende Szenario zur Substitution fossiler Energieträger im Gebäudebereich durch Erneuerbare Energie sollte bis zum Jahre 2050 umsetzbar sein.**

### Wärmeversorgung von Gebäuden HEUTE und Prognose 2050

Der derzeitige Endenergieeinsatz im Gebäudebereich liegt bei 317 PJ/Jahr und wird abgedeckt durch die Energieträger: 82 PJ Heizöl (25,9%), Erdgas 86 PJ (27,1%), Biomasse 103 PJ (32,5%), Solarwärme 6,85 PJ (2,2%), Umweltwärme 4,97 PJ (1,6%) und Strom 34,39 PJ (10,8%). Nach der Prognose für 2050 ergibt sich ein Endenergiebedarf von 206 PJ. Dieser wird wie folgt abzudecken sein: Biomasse 85 PJ (41,2%), Solarwärme 38,24 PJ (18,5%), Umweltwärme 51,2 PJ (24,8%) und Strom 32,11 PJ (15,6%); Abb. 22 und Abb. 23.

## Szenario für Wärmepumpen-Markt in Österreich



## Szenario für Solarthermie-Markt in Österreich Flachkollektoren und Vakuumrohr-Kollektoren

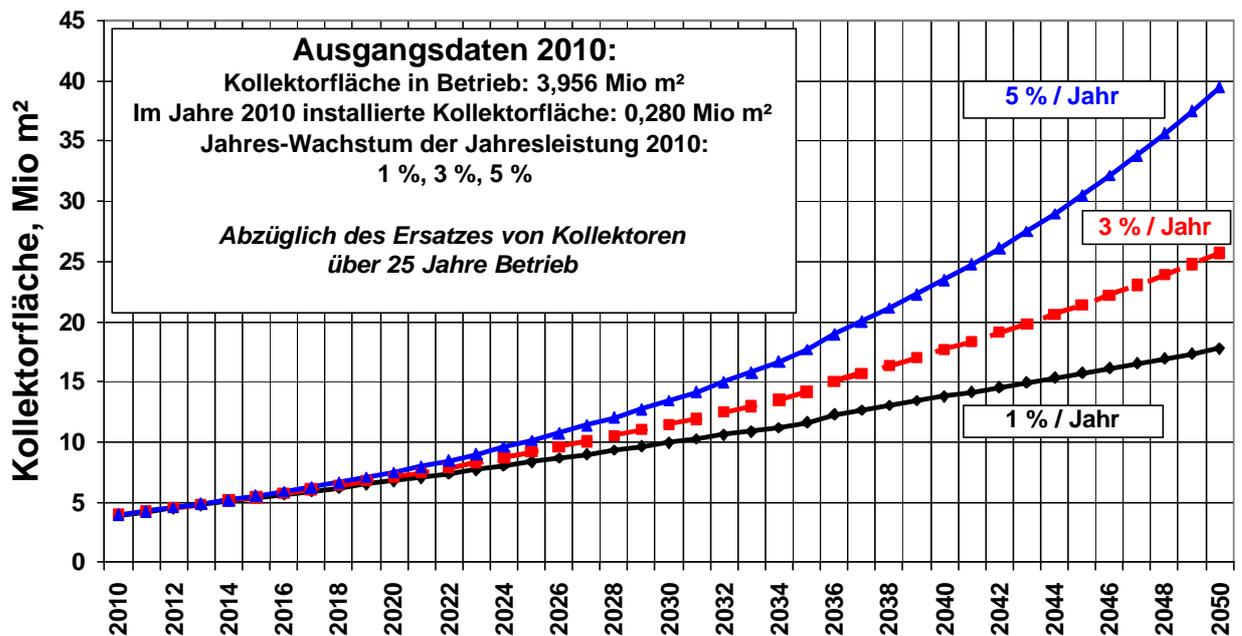


Abb. 18: Szenario 2050 zum Wärmepumpen- und Solarmarkt

Szenario Wärmepumpen-Markt 2010 P 2020 P 2030 P 2050						
Anlagen in Betrieb	Anlagen / Stück	Installierte Leistung	Erzeugte Wärme	Genutzte Umweltwärme	Antriebsstrom	Elektrische Leistung
		MW <sub>thermisch</sub>	GWh <sub>thermisch</sub>	GWh <sub>thermisch</sub>	GWh <sub>elektrisch</sub>	MW <sub>thermisch</sub>
<b>2010</b>	96.637	1.250	1.960	1.381	579	365
Steigerung der Produktions-Kapazität, %/Jahr		Installierte Heizungs-Wärmepumpen 2010			11.500	
2020	1%	209.231	2.699	4.247	2.992	795
	3%	223.502	2.883	4.537	3.196	849
	5%	239.590	3.091	4.864	3.426	910
2030	1%	334.888	4.320	6.798	4.789	1.273
	3%	397.417	5.127	8.068	5.683	1.510
	5%	478.408	6.171	9.712	6.841	1.818
2050	1%	637.682	8.226	12.945	9.119	2.423
	3%	992.995	12.810	20.158	14.200	3.773
	5%	1.528.524	19.718	31.029	21.858	5.808

Szenario Wärmepumpen-Strom 2010 P 2020 P 2030 P 2050			
Anlagen in Betrieb	Anlagen / Stück	Antriebsstrom	Anteil am
		GWh <sub>elektrisch</sub>	Inlandsstromverbrauch 2009, %
<b>2010</b>	96.637	579	1,00
Kapazitätssteigerung, %/Jahr		Inlandsstromverbrauch 2009, GWh <sup>*)</sup>	57.916
2020	1%	1.255	2,17
	3%	1.341	2,32
	5%	1.438	2,48
2030	1%	2.009	3,47
	3%	2.385	4,12
	5%	2.870	4,96
2050	1%	3.826	6,61
	3%	5.958	10,29
	5%	9.171	15,84

\*) inklusive Netzverluste & Eigenbedarf Netz und Erzeugung

### Szenario: Wärmepumpen-Beitrag zur Wärmeversorgung von Gebäuden in Österreich

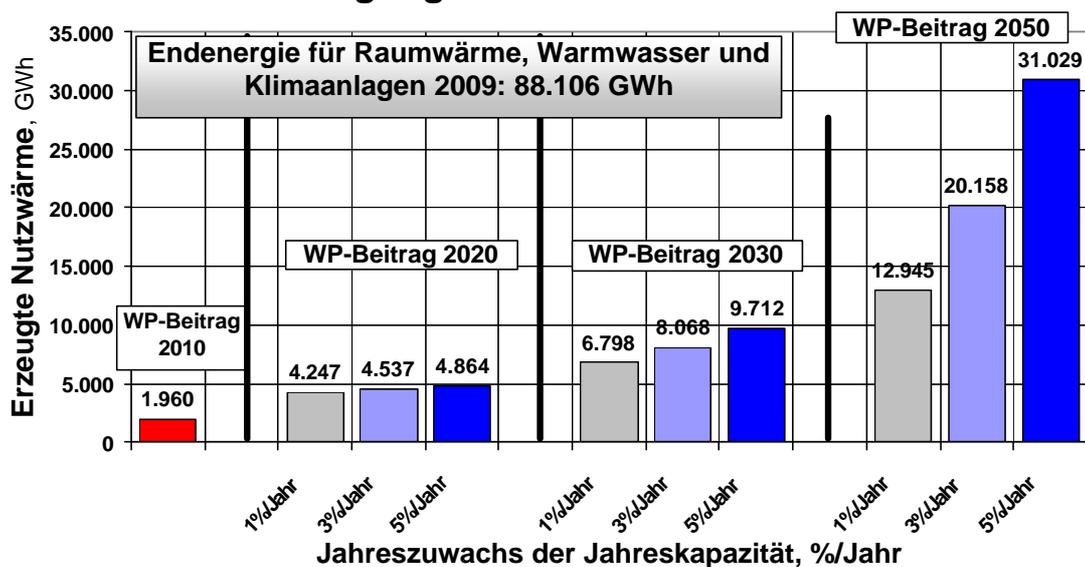


Abb. 19: Szenario zum Wärmepumpen-Beitrag zur Wärmeversorgung von Gebäuden 2050

<b>Szenario: Solarthermie-Markt 2010 P 2020 P 2030 P 2050</b>					
Anlagen in Betrieb	Kollektorfläche Mio m <sup>2</sup>	Installierte Leistung	Erzeugte Wärme	Antriebsstrom	
		MW <sub>thermisch</sub>	GWh <sub>thermisch</sub>	GWh <sub>elektrisch</sub>	
<b>2010</b>	<b>4,600</b>	<b>3.191</b>	<b>1.904</b>	<b>86</b>	
<b>Kapazitätssteigerung, %/Jahr<sup>*)</sup></b>		<b>Installierte Kollektorfläche 2010, m<sup>2</sup></b>		<b>0,28</b>	
<b>2020</b>	1%	6,754	4.728	2.789,402	127
	3%	7,101	4.971	2.933	133
	5%	7,493	5.245	3.095	140
<b>2030</b>	1%	9,946	6.962	4.108	186
	3%	11,468	8.028	4.736	215
	5%	13,440	9.408	5.551	252
<b>2050</b>	1%	17,781	12.447	7.344	333
	3%	25,702	17.991	10.615	482
	5%	39,471	27.630	16.302	740

\*) Steigerung der Jahres-Produktionskapazität in %/Jahr, beginnend mit der im Jahre 2010 installierten Kollektorfläche

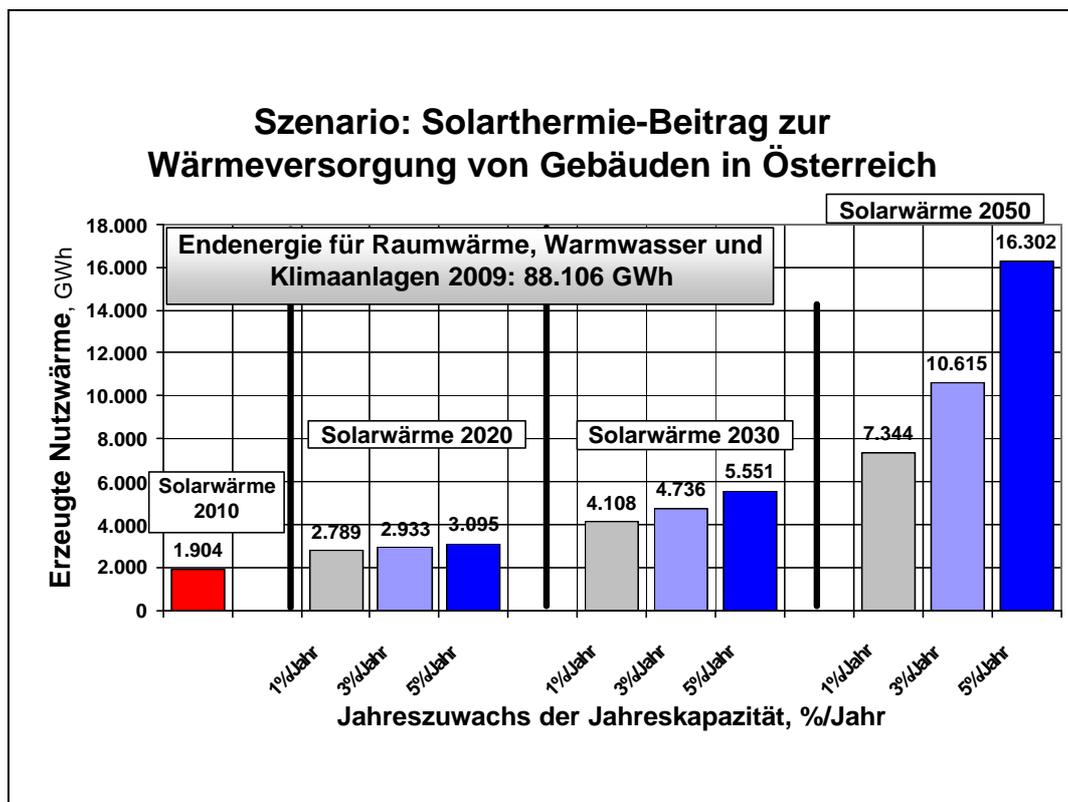
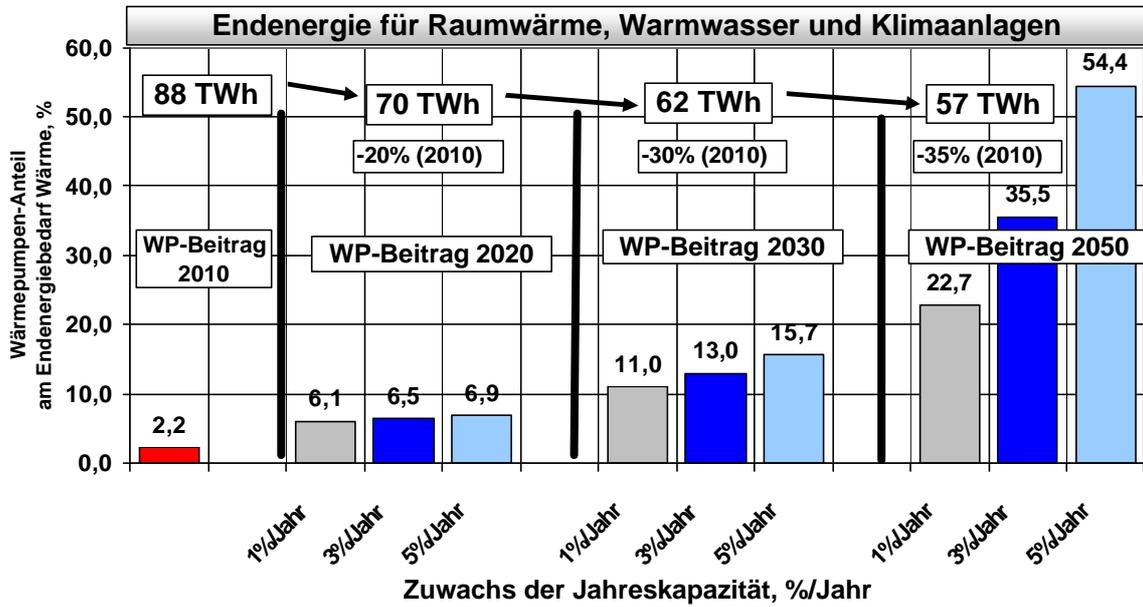


Abb. 20: Szenario zum Solarthermie-Beitrag bei der Wärmeversorgung von Gebäuden 2050

Anteil der Wärmepumpe zur Wärmeversorgung von Gebäuden:  
Raumwärme, Warmwasser, Klimaanlage



Anteil der Solarthermie zur Wärmeversorgung von Gebäuden:  
Raumwärme, Warmwasser, Klimaanlage

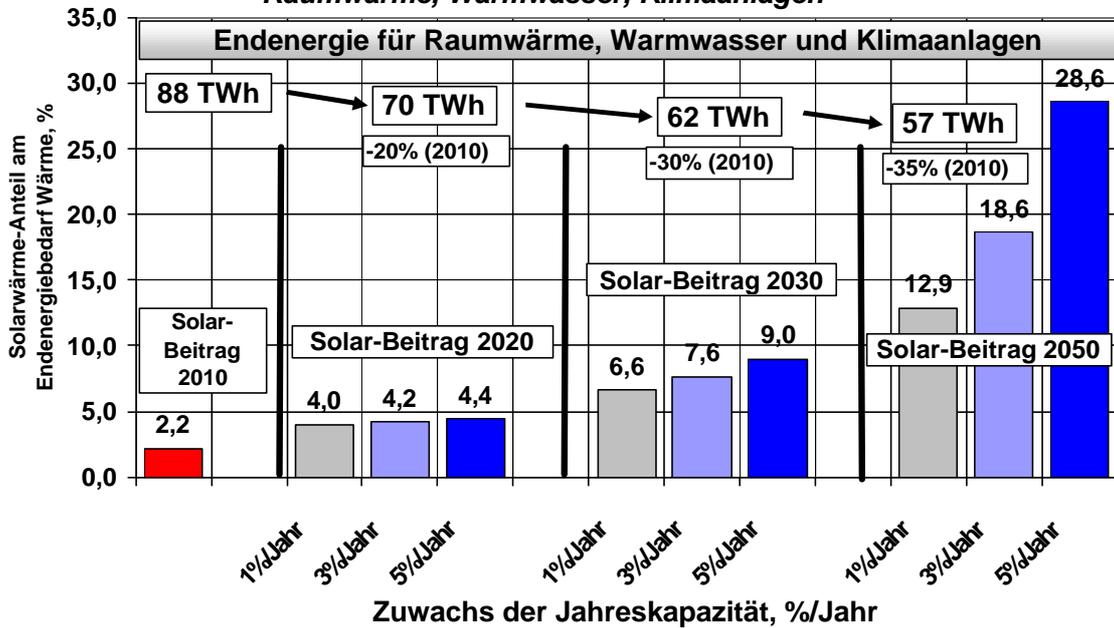
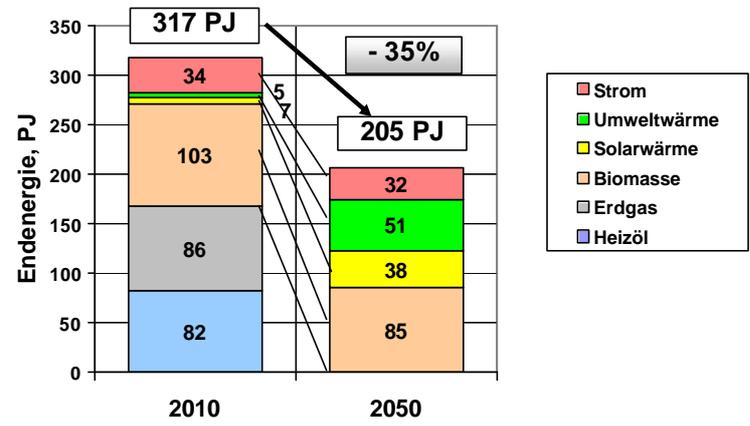
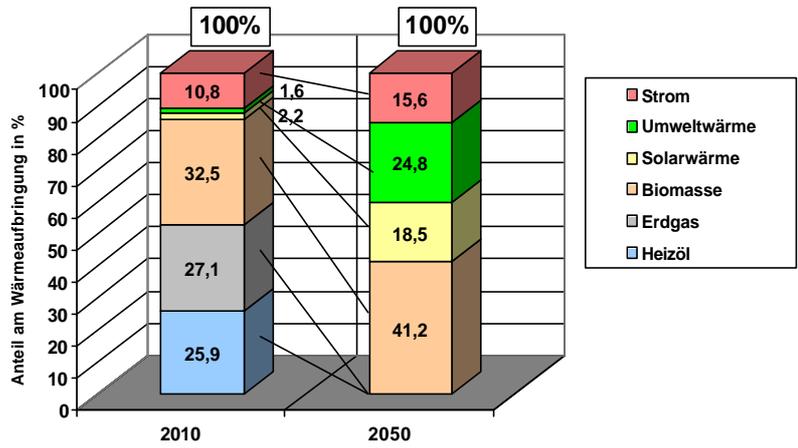


Abb. 21: Szenario zum Anteil Solarthermie und Wärmepumpe an der Wärmeversorgung von Gebäuden im Jahre 2050  
(Bezogen auf Endenergie Raumheizung & Warmwasser 2009)

### Wärmeversorgung von Gebäuden in Österreich IST-Zustand 2009 → Energieautarkie 2050

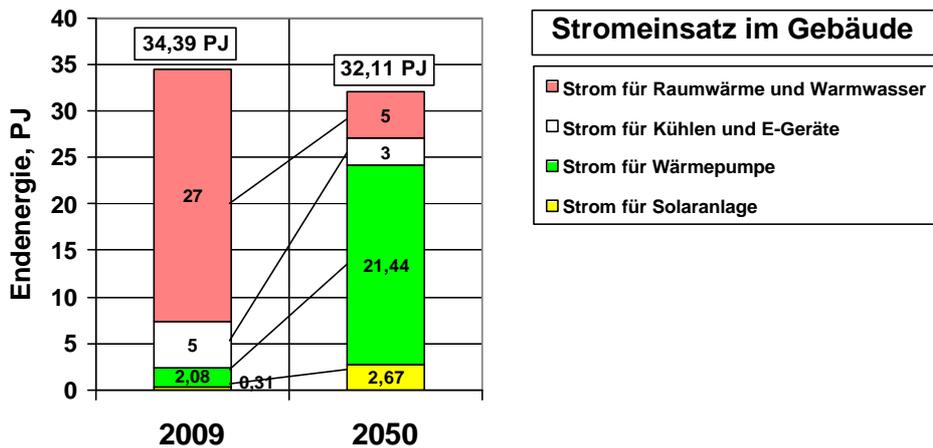


### Anteil der Energieträger an der Wärmeversorgung von Gebäuden

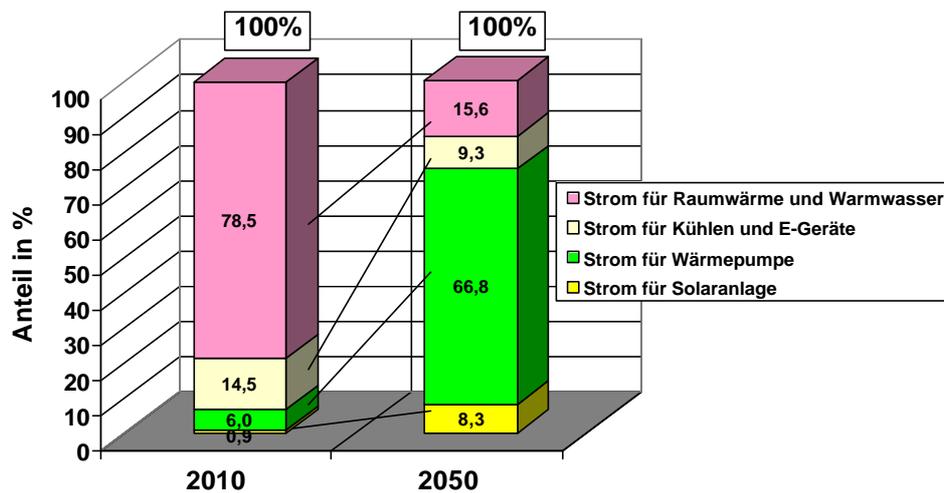


**Abb. 22: Zukunftsvision Erneuerbare Energie zur Wärmeversorgung von Gebäuden: *Energieträger***

### Wärmeversorgung von Gebäuden in Österreich IST-Zustand 2009 → Energieautarkie 2050



### Stromeinsatz zur Wärmeversorgung von Gebäuden



**Abb. 23: Zukunftsvision Erneuerbare Energie zur Wärmeversorgung von Gebäuden: *Stromeinsatz***

## 9. Schlussfolgerung und Ausblick

Wärmepumpen-Anlagen mit Nutzung der erneuerbaren und lokal anfallenden Wärmequelle „Umweltwärme“ (Solarwärme und Geothermie) besitzen ein hohes Potential, fossile Energieträger bei der Wärmeversorgung (Warmwasserbereitung und Raumheizung) zu substituieren und die Energiebedingten umweltrelevanten CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren. Dies trifft nicht nur für Neubauten in Niedrigenergie-Bauweise, sondern auch für die Althausanierung zu. Um eine möglichst hohe Effizienz von Wärmepumpenanlagen bei der Wärmeversorgung zu erreichen, sind bestimmte Randbedingungen für die Einsatzbereiche zu beachten.

Als Heizungssystem in Passiv-Gebäuden wird die Wärmepumpe den zukünftigen Gebäude-Markt wesentlich mitbestimmen. Mit Umschichtung von Biomasseprodukten aus dem Wärmemarkt zur Herstellung von Bio-Kraftstoffen und Bio-Strom wird die Wärmepumpe Marktanteile dazu gewinnen. Zusammen mit thermischen Solaranlagen könnte um 60% der Wärmeversorgung der Gebäude im Jahre 2050 abgedeckt werden. Mit Einsatz einer PV-Anlage wäre auch der Strom für die Wärmepumpe solar zu erzeugen.

Bei allen Wärmepumpe-Solar-Kombisystemen müssen die Heizungs-Vorlauftemperaturen (Auslegungstemperatur) maximal bei 40°C liegen, möglichst bei 35°C bis 33°C. Letztere werden sich in Neubauten mit Niedrigenergie-Heizungssystemen (Fußboden- und Wandheizung) realisieren lassen. Neben Erdreich- und Grundwasser-Wärmepumpen werden in Zukunft auch Außenluft-Wärmepumpen eingesetzt werden müssen, wenn Energieautarkie im Gebäudebereich erreicht werden soll. Mit einer solaren Unterstützung ist die Effizienz der Wärmepumpen-Heizungen deutlich zu steigern. Charakteristische Kennzahl für die Effizienz der Wärmepumpe-Solar-Kombiheizung ist die System-Arbeitszahl.

Für Wärmepumpe-Solar-Kombisysteme als Kompaktgeräte für Einfamilien-Wohnhäuser liegen derzeit noch keine aussagekräftigen Betriebsdaten und Erfahrungen vor. Die Angaben beziehen sich noch auf Ergebnisse von Simulationsrechnungen. Wesentlich wird allerdings das über Regelungssysteme organisierte Energiemanagement sein. Besondere Beachtung sind Maßnahmen zum Lärmschutz des Wärmepumpen-Aggregates zu schenken.

## Quellennachweis:

- /1/ „Innovative Energietechnologien in Österreich: Marktentwicklung 2011“  
(Peter Biermayer et. al), herausgegeben vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, BMVIT. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 26/2012. (Daten bis 2006: Gerhard Faninger)  
Kostenloses Download unter: [www.nachhaltigwirtschaften.at/iea/marktentwicklung2010](http://www.nachhaltigwirtschaften.at/iea/marktentwicklung2010).
- /2/ Kombination Solarthermie und Wärmepumpe: Lösungsansätze, Chancen und Grenzen  
Hans-Martin Henning, Marek Miara. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg, Deutschland [www.ise.fraunhofer.de](http://www.ise.fraunhofer.de); [www.iea-shc.org/task44/](http://www.iea-shc.org/task44/)
- /3/ Integrierte Systemlösungen für Bestand und Neubau als Weg zum Erreichen der Klimaziele  
Ulrich Leibfried. Consolar Solare Energiesysteme GmbH, Gewerbestr. 7, 79539 Lörrach  
21. Symposium Thermische Solarenergie, Bad Staffelstein, Mai 2011
- /4/ Die KIOTO-Solarheizung. [www.kioto.com](http://www.kioto.com)  
und Sonnenkraft Solar-Compleet-System. [www.solar-aktivhaus.com](http://www.solar-aktivhaus.com)
- /5/ Forschungsprojekt „Solar and Heat Pump Systems“, IEA SHC, Task 44.  
Internationale Energieagentur IEA/OECD, Solar Heating and Cooling Programme SHC  
[www.iea-shc.org/task44/](http://www.iea-shc.org/task44/)
- /6/ Solare Wärmepumpensysteme in Einfamilienhäusern:  
Eine Modellbasierte Analyse von Feldtests.  
Jörn Ruschenberg, Andreas Palzer, Danny Günther und Marek Miara.  
Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, D-79110 Freiburg. [www.ise.fraunhofer.de](http://www.ise.fraunhofer.de)  
Vortrag im Rahmen des 22. OTTI-Symposium-Thermische Solarenergie im Mai 2012
- /7/ Ein Jahr Feldmessung von sechs Solar-Kombianlagen mit Wärmepumpen  
Alexander Thür, Martin Vukits, Walter Becke, Andreas Heinz, Werner Lerch.  
AEE Institut für Nachhaltige Technologien. A-8200 Gleisdorf. [www.aee-intec.at](http://www.aee-intec.at)  
Vortrag im Rahmen des 22. OTTI-Symposium-Thermische Solarenergie im Mai 2012
- /8/ Architekt Dipl.-Ing. Erwin Kaltenecker, A 8162 Passail. Daten: Hausverwaltung SG Elin.
- /9/ Energie Strategie Österreich  
Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und  
Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend. März 2010  
[www.energiestrategie.at](http://www.energiestrategie.at)
- /10/ Erneuerbare Energie 2020: Potenziale und Verwendung in Österreich  
Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft  
(Lebensministerium). März 2009
- /11/ Nachhaltige Gebäude: Bewertungskriterien und Bewertungsmodell  
Gerhard Faninger  
Zeitschrift für Erneuerbare Energie, AEE Gleisdorf, Dezember 2009  
<http://www.aee-intec.at>
- /12/ Energieautarkie für Österreich 2050. Feasibility Study  
W. Streicher et al. Dezember 2010. Im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und  
Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
- /13/ Rechentool Wärmepumpen JAZcalc. Österreichischen Qualitätsgemeinschaft  
Wärmepumpe. TOOL wird an Interessenten kostenlos weitergegeben.  
[info@guetesiegel-erdwaerme.at](mailto:info@guetesiegel-erdwaerme.at)