

Studie zur Energieeffizienz von Heizungssystemen für Einfamilienhäuser

Pinkafeld, im Juni 2009

Inhaltsverzeichnis

1.	Allgemeines.....	1
1.1	Grundlagen	1
1.2	Energiebedarf Einfamilienhaus.....	2
1.2.1	Heizenergie	2
1.2.2	Warmwasserbereitstellung.....	4
1.3	Gesamtenergiebedarf.....	5
1.4	Fördersituation im Burgenland	6
2.	Primärenergie	10
2.1	Erdgas.....	10
2.2	Erdöl.....	11
2.3	Pellets	11
2.4	Wärmepumpe.....	13
3.	Heizsysteme.....	16
3.1	Installation und Investitionskosten für die einzelnen Heizsysteme	16
3.2	Energiepreisentwicklung	17
3.2.1	Erdgas.....	17
3.2.2	Heizöl	18
3.2.3	Pellets	18
3.2.4	Strompreis.....	19
3.3	Jahresnutzungsgrade und Jahresarbeitszahl.....	20
3.3.1	Jahresnutzungsgrad.....	20
3.3.2	Jahresarbeitszahl Wärmepumpe.....	21
3.4	Betriebskosten.....	24
3.4.1	Wartungskosten und Kehrkosten	24
3.4.2	Energiekosten	25
3.4.3	Betriebskosten	25
4.	vergleich Heizsysteme.....	26
4.1	Statischer Vergleich	26
4.2	Einfluss und Vergleich Förderung	27
4.3	Dynamischer Vergleich	28
5.	Zusammenfassung	31
6.	Verzeichnisse	33
6.1	Literaturverzeichnis	33
6.2	Abbildungsverzeichnis.....	34
6.3	Tabellenverzeichnis.....	35

1. ALLGEMEINES

1.1 Grundlagen

Im Zuge dieser Studie soll die Effizienz verschiedener Heizungssysteme für die Anwendung in Einfamilienhäusern untersucht werden. In die Betrachtung werden folgende Heizungssysteme einbezogen:

- ◆ Erdgasheizung
- ◆ Erdgasheizung + solare Brauchwasserbereitung
- ◆ Ölheizung
- ◆ Pelletsheizung
- ◆ Pelletsheizung + solare Brauchwasserbereitung
- ◆ Wärmepumpe

Bei der Auswahl der Wärmepumpe erfolgt die Einschränkung auf Erdwärmepumpen (Flächenkollektor), da Luft / Wasser Wärmepumpen eine deutlich niedrigere Jahresarbeitszahl (Verhältnis von thermisch abgegebener Energie zu elektrisch zugeführter Energie) aufweisen. Details zur Luft / Wasserwärmepumpen und deren Jahresarbeitszahl sind im Kap. 3.3.2 Jahresarbeitszahl Wärmepumpe, S. 21 dargestellt. Auch auf Elektrodirektheizung, Kachelöfen, ... usw. wird in dieser Effizienzbetrachtung nicht eingegangen, da diese Heizungssysteme aufgrund hoher Investitions- und/oder Betriebskosten keinen wirtschaftlichen Betrieb erwarten lassen.

Die Betrachtung der Effizienz, die das Verhältnis von Nutzen zu Aufwand darstellt, erfolgt hinsichtlich der Energieeffizienz, die eine der wichtigsten Kenngrößen zur Bewertung von Heizungssystemen darstellt. Folgende Punkte werden in die Bewertung einbezogen:

- ◆ Primärenergieeinsatz
- ◆ Energieeffizienz
- ◆ Wirtschaftlichkeit

Unter Energieeffizienz ist im technischen Sinne ein realistischer Jahresnutzungsgrad zu verstehen. Das heißt ein sparsamer Umgang mit Energie unter der Verwendung von aktuellen technischen Geräten und Kesseln.

Bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung erfolgt auf Basis aktueller Preise eine Vergleichsrechnung für die unterschiedlichen Heizungssysteme. In die

Investitionskosten fließen die Kosten für die Installation des Heizungssystems und die Kosten für ev. benötigte Lagerräume ein. Eine besondere Rolle spielen auch Förderungen, die auf Basis der burgenländischen Förderrichtlinien in die Investitionskosten einfließen. Betriebskosten - auf Preisentwicklungen der letzten Jahre wird zwar hingewiesen, mögliche Preisanstiege oder Preisänderungen im Betrachtungszeitraum werden aber nicht berücksichtigt. Allerdings wird versucht diese Betrachtung möglichst ganzheitlich zu gestalten, d.h. auch Wartungskosten, Kosten für Rauchfangkehrer ... usw. zu berücksichtigen.

Der Primärenergieeinsatz spielt bei der Betrachtung des Gesamtwirkungsgrades eines Heizungssystems auch eine Rolle. Hier muss berücksichtigt werden, dass es sich z.B. bei elektrischem Strom um keine Primärenergie handelt.

1.2 Energiebedarf Einfamilienhaus

1.2.1 Heizenergie

Die Richtlinien lt. bgl. Wohnbauförderung sehen für Neubauten eine gestaffelte Energiekennzahl vor, die vom Oberflächen-Volumen-Verhältnis (A / V) abhängt. In der folgenden Tabelle wird die Staffelung dargestellt:

Tabelle 1 Energiekennzahl - Wohnbauförderung (Wohnbaufibel Burgenland, 2009)

A / V- Verhältnis	HWB _{BGF} in kWh/m ² ,a
≤ 0,2	30
0,3	31,67
0,4	33,33
0,5	35,00
0,6	36,67
0,7	38,33
≥ 0,8	40

Basis für den Vergleich der unterschiedlichen Heizungssysteme ist ein Einfamilienhaus mit einer Bruttogeschossfläche von 150 m². Bei einer durchschnittlichen Energiekennzahl von 35 kWh/m²a bedeutet das einen jährlichen theoretischen Energiebedarf für die Heizung von 5.250 kWh oder 18.900 MJ.

In der Praxis ist der Energieverbrauch aber in der Regel etwas höher, da der Energieausweis standortbereinigt ist. Das bedeutet, dass alle Energiekennzahlen auf einen „theoretischen Standort“ bezogen werden, damit ein Vergleich auch bei unterschiedlichen Standorten möglich ist. Auch in der Literatur findet man immer wieder vermerke auf Abweichungen:

◆ Energieausweis.at:

„Der spezifische Heizwärmebedarf (die eigentliche Energiekennzahl) ist der gebräuchlichste Vergleichswert, um die thermische Qualität der Gebäudehülle zu beschreiben. Diese Energiekennzahl wird in kWh/m².a angegeben (sprich: Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr). Sie sagt aus, wieviel Energie Ihr Haus pro Quadratmeter Fläche im Jahr für die Raumwärme benötigen würde, wenn es am Referenzstandort stehen würde (also auf Basis eines Referenzklimas, nicht am tatsächlichen Standort). Damit ist dieser Wert zum Vergleich der thermischen Qualität von Häusern sehr gut geeignet.“

„Dieser Heizwärmebedarf beschreibt den zu erwartenden Energieverbrauch bei Ihrem Haus. Je nach Ihrem Benutzerverhalten (energiesparendes Verhalten) kann Ihr tatsächlicher Verbrauch auch abweichen.“

◆ Österreichischer Verband der Immobilientreuhänder (www.ovi.at):

„Energiebedarf ist nicht gleich Energieverbrauch: Die Berechnung der Kennzahlen basiert auf nutzungsunabhängigen Kenngrößen bei vordefinierten Rahmenbedingungen. Ähnlich dem Typenschein für ein Auto, wo der Verbrauch bei einer normierten Geschwindigkeit angegeben wird, ist auch im Energieausweis der Verbrauch unter vorgegebenen Normbedingungen (z. B. unter Annahme einer konstanten Innenraumtemperatur und einem Referenzklima) dargestellt. Der tatsächliche Energieverbrauch kann daher abhängig vom Nutzerverhalten deutlich höher oder niedriger sein, als die im Energieausweis ausgewiesenen Kennzahlen. Eine Familie mit Kleinkindern, die sich viel zu Hause aufhält und eine höhere Raumtemperatur als 20 Grad C bevorzugt, wird in der selben Wohnung einen höheren Energieverbrauch haben als ein Single, der seine Wohnung nur wenig benützt. Ausdrücklich findet sich daher auch im Energieausweis der Hinweis, dass die Energiekennzahlen ausschließlich der Information dienen. Aufgrund der idealisierten Eingangsparameter, die für die Berechnung herangezogen werden, können bei tatsächlicher Nutzung erhebliche Abweichungen auftreten. Differenzen können sich bereits bei unterschiedlich gelegenen Nutzungseinheiten innerhalb des Gebäudes aus Gründen der Geometrie und der Lage ergeben.“

◆ Landesenergieverein Steiermark (www.lev.at):

„Ähnlich dem Typenschein für ein Auto, wo der Verbrauch bei einer normierten Geschwindigkeit angegeben wird, ist auch im Energieausweis der Verbrauch unter vorgegebenen Normbedingungen (z. B. Annahme einer konstanten Innenraumtemperatur) dargestellt. Der tatsächliche Energieverbrauch kann natürlich in Abhängigkeit der Gebäudenutzer und ihres Verhaltens von diesem errechneten Energiebedarf abweichen.“

Da im Burgenland der Energieverbrauch bei den meisten Gebäuden etwas höher als die errechnete Energiekennzahl anzusetzen ist, wird der errechnete Wert um 20 % erhöht, um ein möglichst praxisnahes Bild wiederzugeben.

Für den Heizenergieverbrauch werden daher folgende Energieverbräuche angenommen: 6.300 kWh/a (= 22.680 MJ/a).

1.2.2 Warmwasserbereitstellung

Zusätzlich zur Heizung muss auch noch der Energiebedarf für die Warmwasserbereitung berücksichtigt werden, der in den folgenden Tabellen ermittelt wird.

Tabelle 2 Energiebedarf Warmwasser (Haidenbauer, 1999)

Warmwasserbedarf pro Person (niedere Ansprüche)	35 l/d
Wassertemperatur	55 °C
Kaltwassertemperatur	10 °C

$$Q = m * c * \Delta t$$

Q ... Wärmeenergie

c ... Spez. Wärmekapazität Wasser (4,19 kJ/kgK)

Δt ... Temperaturdifferenz

Maßgeblich für die Ermittlung des Energiebedarfs zur Warmwasserbereitung ist die Anzahl der Personen pro Haushalt. 2007 hatte ein durchschnittlicher österreichischer Haushalt 2,32 Personen, ein burgenländischer Haushalt hatte im Durchschnitt 2,53 Personen (Statistik Austria, 2008). Für die Ermittlung werden 3 Personen angenommen.

◆ Energiebedarf Warmwasser:

Tabelle 3 Jährlicher Energiebedarf Warmwasser

Personen	3
Energie	7.226 MJ
	2.007 kWh

1.3 Gesamtenergiebedarf

Für die Heizungssysteme Erdgas, Ölheizung, Pellets, Wärmepumpe ergibt sich daraus ein Jahresenergiebedarf für Heizung und Warmwasserbereitung aus der Summe der beiden Energieverbräuche:

Tabelle 4 Gesamtenergiebedarf ohne solare Brauchwasserbereitung

Heizung	Warmwasser	Gesamt
6.300 kWh	2.007 kWh	8.307 kWh
22.680 MJ	7.226 MJ	28.016 MJ

Für die Bereitstellung des Brauchwassers mittels solarer Brauchwasserbereitung wird eine Simulation zur Ermittlung des solaren Anteils durchgeführt.

Diese wurde in vereinfachter Form mit der Online-Simulation von Valentin durchgeführt, die in der folgenden Abbildung gezeigt wird.

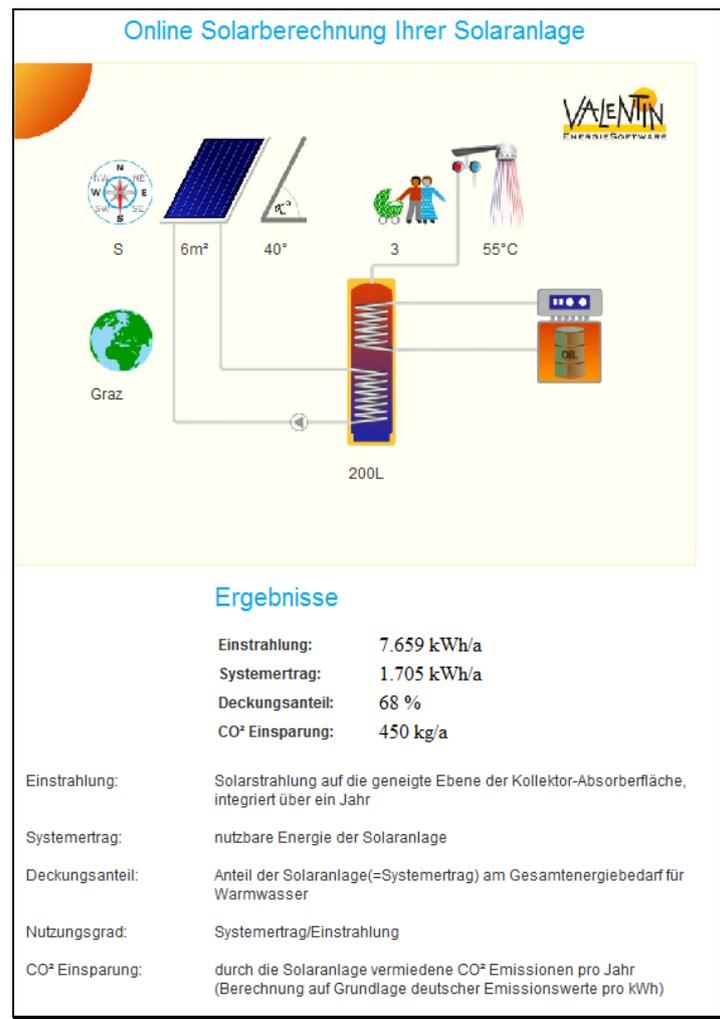


Abbildung 1 Simulation Solaranlage (Valentin, 2009)

Bei einem Deckungsanteil von 68 % der Warmwasserbereitung bedeutet das für den Gesamtenergieverbrauch folgendes:

Tabelle 5 Gesamtenergiebedarf mit solarer Brauchwasserbereitung

Heizung	Warmwasser	Anteil Solar (68%)	Gesamt Heizung	Einsparung durch Solar
6.300 kWh	2.007 kWh	1.365 kWh	6.942 kWh	11%
20.790 MJ	7.226 MJ	4.914 MJ	23.102 MJ	

1.4 Fördersituation im Burgenland

Je nach Heizungssystem gibt es im Burgenland einen „Nichtrückzahlbaren Zuschuss für Alternativenergieanlagen und Anlagen zur Einsparung von Energie und elementaren Ressourcen“, der in folgender Tabelle dargestellt wird:

Tabelle 6 Fördermaßnahmen Heizungssystem Burgenland (Wohnbaufibel Burgenland, 2009)

Maßnahme	% ¹	bis €
Warmwasserbereitung mit einer Wärmepumpe	15	850
Warmwasserbereitung mit Solarenergie	30	1.700
Hauszentralheizung mit fossiler Energie in Verbindung mit einer Kraft-Wärme-Kopplung	15	1.800
Hauszentralheizung über Erd-, Luft- oder Wasserwärmepumpe	15	2.500
Hauszentralheizung über Solareinbindung	30	2.800
Hauszentralheizung über Biomasse	30	2.800
Hauszentralheizung mit erneuerbarer Energie in Verbindung mit einer Kraft-Wärme-Kopplung	30	4.000
Sonstige Anlagen zur Abdeckung des Raumwärmebedarfs auf Basis erneuerbarer Energie	30	1.500
Anschluss an ein Fernheizwerk auf Basis erneuerbarer Energie	30	3.700
Nachträglicher Einbau einer Kraft-Wärme-Kopplung zu einer Heizanlage auf Basis erneuerbarer Energie	30	1.200
Mechanisch kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung	30	2.000
Photovoltaikanlagen mit einer Kapazität von 300 bis 500 Watt peak	30	1.500
Regenwassernutzungsanlagen	30	1.800

¹ Förderhöhe in % der Investitionssumme

Eine Beschränkung auf eine der Fördermaßnahmen ist in der Wohnbaufibel nicht vorgesehen, es können daher auch mehrere Maßnahmen, wie in diesem Fall bei Pellets + Solar, zum Tragen kommen. Diese vom Land Burgenland gewährte Förderung stellt einen nicht rückzahlbaren Zuschuss dar.

Für die einzelnen Systeme bedeutet das folgendes:

- ◆ Erdgasheizung ← keine weiteren Förderungen
- ◆ Erdgasheizung + solare Brauchwasserbereitung
Förderhöhe 30 % | max. EUR 1.700,-
- ◆ Ölheizung ← keine weiteren Förderungen
- ◆ Pelletsheizung ← Förderhöhe 30 % | max. EUR 2.800,-
- ◆ Pellets + solare Brauchwasserbereitung:
Pelletsheizung ← Förderhöhe 30 % | max. EUR 2.800,-
Solare Brauchwasserbereitung ← Förderhöhe 30 % | max. EUR 1.700,-
- ◆ Wärmepumpe ← Förderhöhe 15 % | max. EUR 2.500,-

Der Förderanteil solarer Brauchwasserbereitungsanlagen ist im Burgenland im Bundesländervergleich am höchsten (Annahme der Vergleichsrechnung 6 m², 300 l Speicher), wie folgende Abbildung zeigt:



Abbildung 2 Vergleich Förderungen solare Brauchwasserbereitung (Solarwärme.at, 2009)

Bei den Förderungsrichtlinien gibt es im „Antrag zur Förderung von Alternativenergieanlagen 2009“ allerdings noch folgendes zu beachten:

◆ Solare Brauchwasserbereitung:

Mindestdeckungsgrad von 60% des Warmwasserwärmebedarfs durch die Solaranlage gegeben:
 ja nein (Berechnung mit geeigneter Software)
 Ergebnis der Berechnung: % Mindestdeckungsgrad
 Verwendete Software für die Berechnung:
 Leistungsüberwachung gewährleistet: ja nein durch:
 (durch z.B. Wärmemengenzähler oder Ausgabe der erzeugten Wärmemenge durch die Steuerung)

Abbildung 3 Auszug aus solarer Brauchwasserbereitung "Antrag zur von Förderung von Alternativenergieanlagen 2009" (EABGld, 2009)

Der Mindestdeckungsgrad von 60 % muss erreicht und nachgewiesen werden!

◆ Erdwärmepumpe:

4 Hauszentralheizung mit Erd-Luft- oder Wasserwärmepumpe

Förderungsgeber(in): Standort d. Anlage:

Art der Wärmepumpe: Luft/Wasser Wasser/Wasser Sole/Wasser
 Direktverdampfer Sonstige.....

modulierend (auch WP mit 2 oder mehr Kompressoren) nicht modulierend

4.1 Erdwärmepumpe-Fabrikat/Type:
 Heizleistung: kW
 Tiefenbohrung: m
 Erdkollektor: m²

4.2 Luftwärmepumpe-Fabrikat/Type:
 Heizleistung: kW

4.3 Wasserwärmepumpe-Fabrikat/Type:
 Heizleistung: kW

Anmerkung: Die Jahresarbeitszahl für Heizungswärmepumpen muss mindestens 4,0 betragen. Bei integrierter Brauchwasseraufbereitung können die Mindestwerte um 0,2 unterschritten werden. In begründeten Ausnahmefällen kann die Jahresarbeitszahl unter 4 betragen, jedenfalls ist eine Jahresarbeitszahl von 3 zu erreichen. Die Jahresarbeitszahl ist rechnerisch zu ermitteln, z.B. nach der Richtlinie VDI 4650.

Berechnete Jahresarbeitszahl:
 Berechnung Jahresarbeitszahl nach: (z.B. VDI 4650)

Ergebnis der Heizlastberechnung für das Objekt: kW Normheizlast
 Berechnung der Heizlast nach: (z.B. ÖNORM EN 12831)
 Ausstellungsdatum der Heizlastberechnung:

Anmerkung: Liegt die Nennwärmeleistung von nicht modulierenden Wärmepumpenanlagen um mehr als 10% über der Gebäudeheizlast, so ist ein Pufferspeicher mit einem Fassungsvermögen von mindestens 30 Liter je kW Nennwärmeleistung der Wärmepumpenanlage erforderlich.

Abbildung 4 Auszug aus Hauszentralheizung mit Erd-Luft- oder Wasserwärmepumpe "Antrag zur von Förderung von Alternativenergieanlagen 2009" (EABGld, 2009)

Bei einer Erdwärmepumpe muss, um die Förderung zu erhalten, eine Jahresarbeitszahl von 3,8 bei Berücksichtigung der Warmwasserbereitung erreicht werden. Die Energiekennzahl muss zwar bei einer geförderten Anlage mitgemessen werden (Wärmemengenmessung, Stromverbrauchsmessung), eine Überprüfung ist allerdings nicht vorgesehen.

In 3.3.2 Jahresarbeitszahl Wärmepumpe, S. 21 befindet sich ein Vergleich verschiedener Feldtests und Literaturstellen, der zeigt, dass für Luft-Wärmepumpen realistische Jahresarbeitszahlen um 2,5 und für Erd-Wärmepumpen von 3,5 erreicht werden.

◆ Pellets

<p>6.2 <input type="checkbox"/> Pellets <input type="checkbox"/> Hackschnitzel</p> <p>Fabrikat/Type: <input type="text"/></p> <p>Kesselnennleistung: <input type="text"/> kW Heizleistung modulierend von <input type="text"/> bis <input type="text"/> kW</p> <p>Wirkungsgrad bei Volllast: <input type="text"/> % (mindestens 85%)</p> <p>Wirkungsgrad bei Normheizlast des Gebäudes: <input type="text"/> % (mindestens 85%)</p> <p>Ergebnis der Heizlastberechnung für das Objekt: <input type="text"/> kW Normheizlast</p> <p>Berechnung der Heizlast nach: <input type="text"/> (z.B. ÖNORM EN 12831)</p> <p>Ausstellungsdatum der Heizlastberechnung: <input type="text"/></p> <p>Formel zur Berechnung ob ein Pufferspeicher erforderlich ist: (Berechnungsbeispiel in den Richtlinien) Gebäudeheizlast*0,6 = kleiner als die kleinste Teilleistung des Kessels: Pufferspeicher erforderlich Gebäudeheizlast*0,6 = größer/gleich als die kleinste Teilleistung des Kessels: Pufferspeicher nicht erforderlich</p> <p>Pufferspeicher mit mindestens 500 Liter ist laut Formel erforderlich: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p> <p>Pufferspeicher wurde installiert: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Volumen: <input type="text"/> Liter</p> <p>BESTÄTIGUNG</p> <p>Das befugte Unternehmen bestätigt gem. den Richtlinien die ordnungsgemäße Montage und Inbetriebnahme der Biomasseheizungsanlage und die Verwendung fachgerechter Komponenten. Sämtliche Unterlagen zur Dokumentation der Erfüllung der technischen Voraussetzungen sind 5 Jahre aufzubewahren und der Förderbehörde auf deren Verlangen vorzulegen.</p>

Abbildung 5 Auszug aus Hauszentralheizung mit Biomasse "Antrag zur von Förderung von Alternativenergieanlagen 2009" (EABgld, 2009)

Bei der Pelletsheizung ist die Notwendigkeit eines Puffers zu beachten!

2. PRIMÄRENERGIE

2.1 Erdgas

Erdgas hat mit 20,6 % (Energieflussdiagramm Österreich, Stand 2005) am österreichischen Primärenergieaufkommen den zweitgrößten Anteil nach Erdöl. Im Bereich Raumheizung / Klimaanlage / Warmwasser liegt Erdgas mit einem Anteil von über 28 % mit Heizöl etwa gleich auf. Die Winter 2005/06 bzw. 2008/09 haben die Bedeutung dieses Energieträgers sehr gut aufgezeigt. Durch Lieferengpässe die z.B. durch eine Krise zwischen der Ukraine und Russland aufgetreten sind, ist die Bedeutung dieses Energieträgers bzw. dessen Herkunft und Transport den mitteleuropäischen Ländern verdeutlicht worden. Um die Auswirkungen durch die bereits zweimalig aufgetretenen Konflikte zwischen der Ukraine und Russland zu verringern, ist eine weitere Leitung aus Georgien über die Türkei („Nabucco Pipeline“) geplant. Baubeginn ist für 2011 vorgesehen, die Leitung soll in einer ersten Ausbaustufe ab 2014 in Betrieb gehen. Bereits nach Auftreten der ersten Gaskrise im Winter 2005/06 wurde der Ausbau von Unterspeichern (Porenspeicher, Kavernenspeicher, ausgeförderte Erdgaslagerstätten, ehemalige Bergwerke) weiter vorangetrieben. Mit einer Gesamtspeicherkapazität von etwa 4 Mrd. Kubikmetern kann Österreich derzeit etwa die Hälfte seines Jahresbedarfs an Erdgas einlagern, was in Europa einen Spitzenwert darstellt. Der Speicher Schönkirchen-Tief (Speicherhorizont in 2800 bis 2900 m Tiefe) mit rund 2 Mrd. Kubikmetern ist in Bau, die Fertigstellung in zwei Ausbaustufen ist bis 2011 und 2015 geplant. Für Österreich ist die letzte Erdgaskrise so verlaufen, dass aufgrund ausreichender Speicherkapazitäten und eigene Lagerstätten im Winter 2008/09 kein Versorgungsengpass gegeben war.

Neben den Importen gibt es bei Erdgas auch inländische Vorkommen in Oberösterreich im Raum Sattledt. Wie der Vergleich der Energieflussbilder von 2005 und 2007 zeigt, kann hier ein Anstieg der inländischen Produktion von 14,7 auf 16,3 % am Primäraufkommen von Erdgas verzeichnet werden. Betrachtet man rein den Bereich Heizung / Klimaanlage / Warmwasser, so könnten auf Basis des Energieflussdiagramms 2005 63,4 % des benötigten Erdgases in diesem Bereich mit inländischen Vorkommen abgedeckt werden, nicht berücksichtigt in dieser Überlegung sind die Erdgasmengen, die im Bereich Industrie, Stromerzeugung, Dampferzeugung, usw. benötigt werden.

Erdgasreserven: In der Literatur und im Internet finden sich unterschiedliche Angaben über die verbleibenden Reserven, 70 Jahre und mehr werden häufig als untere Grenze angegeben.

2.2 Erdöl

Erdöl ist weltweit der wichtigste Energieträger. Wie Recherchen in der Literatur und im Internet gezeigt haben, werden die derzeit bekannten Reserven bei vorsichtigen Schätzungen auf 40 Jahre angegeben. In Österreich ist Erdöl der wichtigste Primärenergieträger mit einem Anteil von fast 39 % am österreichischen Primärenergieaufkommen. Im Bereich Heizung hat Heizöl einen Anteil von rd. 28 %. Das entspricht in etwa jenem Anteil von Erdgas (Energieflussdiagramm 2005). Heizöl ist aufgrund der stärkeren Schwankungen des Erdölpreises im Vergleich mit anderen Energieträgern von den Betriebskosten deutlich schwieriger zu bewerten, wie Kap. 3.2 Energiepreisentwicklung zeigt.

2.3 Pellets

Bei Pellets ist der Primärenergieträger eigentlich das Sonnenlicht, das durch Photosynthese in Biomasse umgewandelt wird. Für die weitere Herstellung von Pellets werden bis zu 3 % der enthaltenen Energie benötigt. Betrachtet man den kompletten Weg von der Schlägerung bis zur Lieferung, so wächst der Anteil auf bis zu 17 %. Damit haben Holzpellets einen teilweisen, versteckten Anteil an fossiler Energie.

Primärenergieträger für Pellets ist Holz, das nach derzeitigen Prognosen ausreichend vorhanden ist:

- ◆ Generell lässt sich feststellen, dass in Österreich sowohl die Waldfläche als auch der Holzvorrat trotz steigender Nutzung in den letzten Jahren zugenommen hat. Bis zum Jahr 2020 soll auch bei Nutzung des prognostizierten Mehrpotentials der Holzvorrat um weitere 160 Millionen Festmeter auf über 1,2 Milliarden Festmeter steigen.
- ◆ Laut Holz- und Biomassestudie im Auftrag des Lebensministeriums soll die Holznutzung in einem solchen Umfang erfolgen, dass der Gesamtholzvorrat bis 2020 gleich bleibt und nur der Zuwachs genutzt wird. Insgesamt liege das Potenzial für die Gesamtnutzung sowohl für Nutzholz als auch Biomasse bei 24,8 Millionen Erntefestmeter bis 2020.
- ◆ Derzeit werden 17,2 Millionen Erntefestmeter genutzt, davon 11,8 Millionen Erntefestmeter für Nutzholz und 5,4 Millionen Erntefestmeter für Biomasse. Das Mehrpotenzial, das bis 2020 zur Verfügung steht, liegt somit bei 7,6 Millionen Erntefestmeter.

(Lebensministerium.at, 2008)

Eine aktuelle Studie (Holz- und Biomassenaufkommensstudie: Zusammenschau und Schlussfolgerungen, Mannsberger, G. 2009: HOBI-Studie: Zusammenschau und Schlussfolgerungen. BFW-Praxisinformation 18, 20 – 21) zeigt allerdings, dass aufgrund weiterer Zunahmen aufgrund von Biomassekraftwerken, der Holzüberschuss in den nächsten Jahren stärker als erwartet abnehmen wird.

- ◆ Die Österreichische Energieagentur gibt in einer Studie den energetischen Mehrbedarf, bezogen auf das Jahr 2005, mit bis zu 5,2 Millionen Erntefestmetern bis zum Jahr 2010 an und bis zu 10,9 Millionen Erntefestmetern bis 2020.
- ◆ Univ.-Prof. Peter Schwarzbauer von der Universität für Bodenkultur prognostiziert den stofflichen Mehrbedarf in einer Studie mit (bis zu) 1,7 Millionen Erntefestmetern für 2010 und (bis zu) 6,9 Millionen Erntefestmeter für 2020.

Bei der derzeitigen Pelletsproduktion kann der Bedarf abgedeckt werden, wie die folgenden Produktions- und Bedarfszahlen zeigen:

- ◆ Der aktuelle Jahresverbrauch von Pellets liegt bei rd. 510.000 Tonnen. Österreich zählt damit zu Pelletsexporteurern, die Produktion liegt über 600.000 Tonnen pro Jahr.

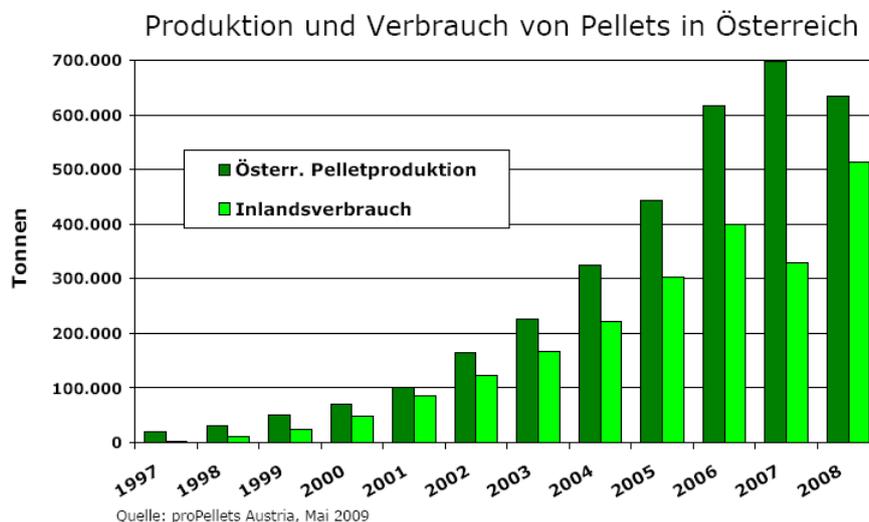


Abbildung 6 Pelletsproduktion und -bedarf Österreich

2.4 Wärmepumpe

Bei einer Erd-Wärmepumpe ist die zugeführte Energie die Sonnenenergie, die das Erdreich erwärmt, und die elektrische Energie für den Kompressor. Da die Anteile bei der Stromerzeugung je nach Stromanbieter unterschiedlich sind, wird der gesamtösterreichische Erzeugermix für eine Betrachtung herangezogen. Wie die folgende Abbildung zeigt stammen 65 % der verbrauchten Energie aus erneuerbaren Energieträgern. Österreich nimmt hier im EU-Vergleich eine Spitzenposition ein, es verbleibenden aber 35 % an fossilen Energieträger (Öl, Erdgas, Kohle) im Jahresdurchschnitt. Dieses Verhältnis von Wasserkraft zu fossilen Energieträgern schwankt im Jahresvergleich, wie folgende Grafik zeigt:

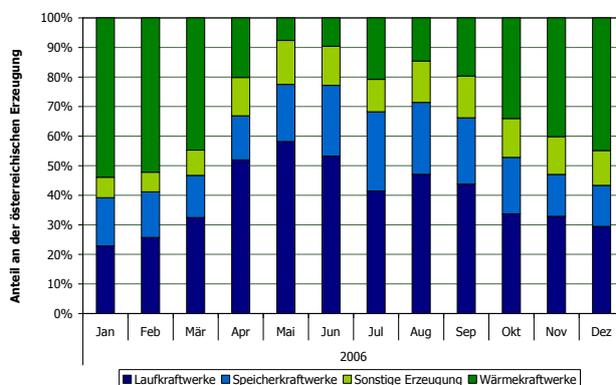


Abbildung 7 Anteile an der Stromerzeugung in Österreich für 2006 (E-Control, 2008)

In der Heizsaison (Oktober – April) ist der Anteil an Wasserkraft am niedrigsten. Zusätzlich zu den monatlichen Schwankungen, wird die Produktion durch tageszeitliche Schwankungen überlagert, die in folgender Abbildung dargestellt werden:

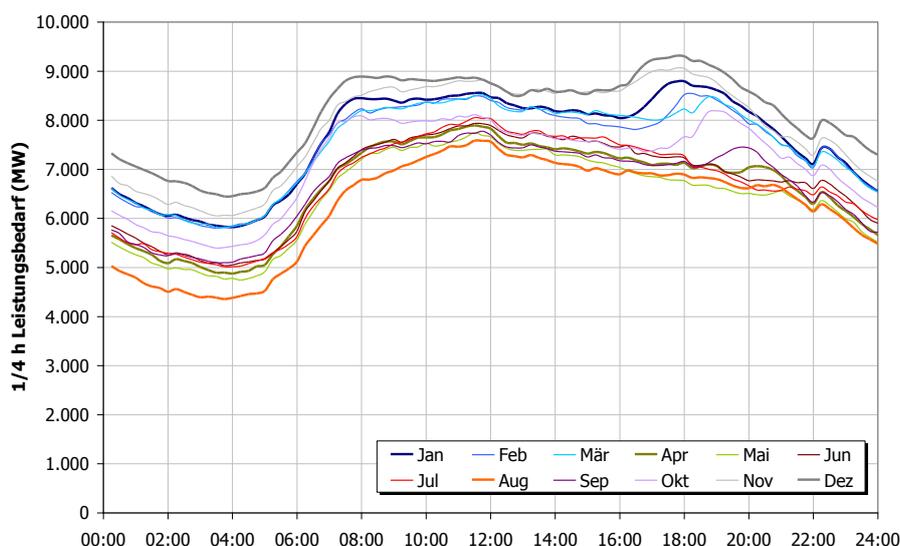


Abbildung 8 Leistungsbedarf 1/4 h Werte - Werktag 2007 (E-Control, 2008)

Der viertelstündliche Leistungsbedarf schwankte im Tagesgang von 2007 im

- ◆ Dezember (höchster Verbrauch): 6.400 – 9.300 MW
- ◆ August (niedrigster Verbrauch): 4.400 – 7.600 MW

Wenn man Verbrauch und Erzeugung vergleicht, liegt im Jahresvergleich der Verbrauch etwas über der Erzeugung. Je nach Wasserstand und Erträgen in der Wasserkraft, wurde Österreich bereits zum Stromimporteur.

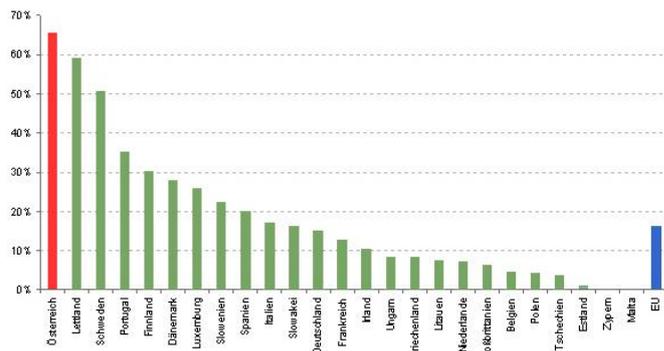


Abbildung 9 Anteil erneuerbarer Energieträger am österreichischen Stromverbrauch (E-Control, 2009)

Die Wärmepumpe führt zu zunehmenden Stromverbräuchen in den Wintermonaten, in denen der Anteil an erneuerbaren Energieträgern – zum Großteil Wasserkraft – am niedrigsten ist.

In der folgenden Tabelle wurde der notwendige Energieeinsatz an fossilen Energieträgern zur Erzeugung von 1 kWh an thermischer Energie mit Hilfe einer Wärmepumpe ermittelt:

Tabelle 7 Anteil fossile Energieträger Wärmepumpe bezogen auf österreichischen Strommix

Thermische Energie	1,00 kWh
Jahresarbeitszahl	3,5
Elektrische Energie	0,29 kWh
Verteilverluste	6%
Erzeugte Energie	0,30 kWh
Anteil thermische Erzeugung (Jänner)	53%
davon fossile Energieträger	79,9%
Fossil erzeugter Strom	0,13 kWh
Anteil Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)	73%
Anteil thermische Kraftwerke	27%
Durchschnittlicher Wirkungsgrad thermisches Kraftwerk	35%
Durchschnittlicher Wirkungsgrad KWK	60%
Einsatz fossile Energieträger	0,26 kWh
Anteil fossiler Energieträger bei Wärmepumpe	26%

Wie die Berechnung zeigt, entfällt bei der Wärmepumpe in den (wasserarmen) Wintermonaten ein Anteil von 26 % auf fossile Energieträger (Gas / Öl / Kohle). Das

Argument, dass Strom eine sehr saubere Energieform ist, trifft gerade in den Wintermonaten weniger zu.

Da die Wärmepumpe auch als zusätzlicher Stromverbraucher gesehen werden muss wird in der folgenden Tabelle die Überlegung angestellt, was aufgrund des Imports (100 % thermische Kraftwerke) an fossiler Energie zur Bereitstellung der Raumwärme benötigt wird:

Tabelle 8 Anteil fossile Energieträger Wärmepumpe aus Stromimporte

Thermische Energie	1,00 kWh
Jahresarbeitszahl	3,5
Elektrische Energie	0,29 kWh
Verteilverluste	6%
Erzeugte Energie (benötigte, importierte Energie)	0,30 kWh
Durchschnittlicher Wirkungsgrad thermisches Kraftwerk	35%
Einsatz fossile Energieträger	0,87 kWh
Anteil fossiler Energieträger bei Wärmepumpe	87%

Basierend auf der Überlegung, dass es sich beim Strom für die Wärmepumpe um zusätzliche importierte Energie aus thermischen Kraftwerken handelt, erhöht sich der Anteil an fossiler Energie auf 87 %.

3. HEIZSYSTEME

3.1 Installation und Investitionskosten für die einzelnen Heizungssysteme

Zur Ermittlung der Investitionskosten werden die Kosten für die Installation, Lagerraum, Kollektoren, Förderungen, usw. zusammengefasst. Für die Solaranlage finden sich in der Literatur Werte von EUR 600,- bis EUR 700,- je m². Annahme für die Solaranlage sind 6 m² zu EUR 650,- je m², was für die Brauchwasserbereitung von 3 Personen eine günstige Lösung darstellt. Die Höhe und der Vergleich der Investitionskosten erfolgt für die Installation der Heizungsanlage und der Warmwasserbereitung, nicht berücksichtigt sind die Investitionen für das Verteilsystem (Fußbodenheizung, Radiatoren, Trinkwasserinstallationen).

Weitere Investitionskosten sind der Hausanschluss und die Lagerräume, die für Heizöl bzw. Pellets notwendig sind.

- ◆ Erdgas-Anschluss: EUR 1.500,- (Burgenland, 2009)
- ◆ Kellerraum – durchschnittliche Errichtungskosten: EUR 450,- je m²
- ◆ Lagerraum Öl: 5 m²
- ◆ Lagerraum Pellets: 0,9 m³ je kW Heizlast (ÖkoFen, 2009), typische Lagerraumgröße: 2,0 x 3,0 m → 6 m²
- ◆ Investition Erdwärmepumpe inkl. Flächenkollektor: EUR 18.000,-

Tabelle 9 Investitionskosten

	Erdgas	Erdgas + solare BWB	Heizöl	Pellets	Pellets + solare BWB	Wärmepumpe
Installation	€ 5.000	€ 5.000	€ 8.000	€ 13.000	€ 13.000	€ 18.000
Solaranlage		€ 3.900			€ 3.900	
Förderung		-€ 1.170		-€ 2.800	-€ 3.970	-€ 2.700
Hausanschluss	€ 1.500	€ 1.500				
Lagerraum			€ 2.250	€ 2.700	€ 2.700	
Gesamt	€ 6.500	€ 9.230	€ 10.250	€ 12.900	€ 15.630	€ 15.300

Die Ermittlung der Investitionskosten erfolgte nach Rücksprache mit facheinschlägigen Unternehmen.

3.2 Energiepreisentwicklung

Bei den Energiepreisen werden die Kundenendpreise inkl. Abgaben für Netz, Steuern, Energie, usw. verglichen.

3.2.1 Erdgas

Die folgende Grafik zeigt die Erdgasimportpreisentwicklung. Der derzeitige Importpreis entspricht jenem von 2006. Wie der Vergleich mit Abbildung 11 - Heizölpreisentwicklung (Fastenergy, 2009) zeigt, wirken sich Ölpreiserhöhungen mit einer Nachlaufzeit von ca. 6 Monaten auch auf den Erdgaspreis aus.

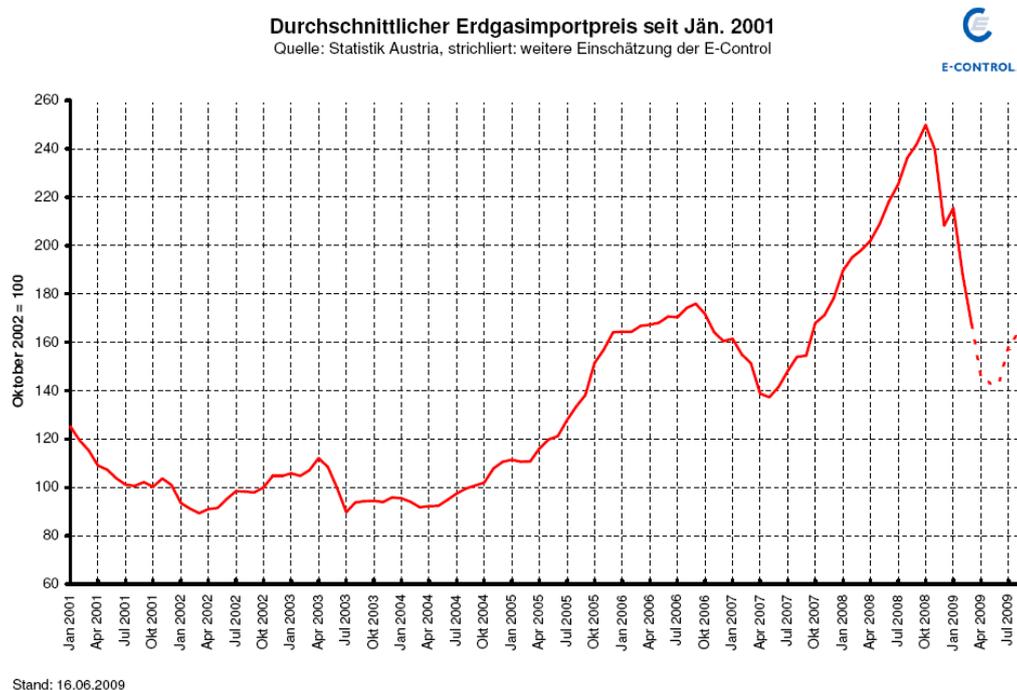


Abbildung 10 Erdgas-Preisentwicklung (E-Control, 2009)

Die zwischenzeitliche Spitze im Energiepreis ist nicht ganz so groß, wie bei Heizöl (siehe Abbildung 11). Lt. Auskunft der BEGAS ist der derzeitige Stand (gültig ab 1. April 2009) folgendermaßen (verbrauchsabhängig):

- ◆ Erdgasheizung inkl. Brauchwasserbereitung
Jahresenergieverbrauch 8.307 kWh / a: 6,88 cent / kWh
- ◆ Erdgasheizung + solare Brauchwasserbereitung
Jahresenergieverbrauch 6.942 kWh / a: 7,05 cent / kWh

3.2.2 Heizöl

Im Zeitraum von 2006 bis jetzt (Mai 2009) ist der Heizölpreis von EUR 0,70 auf EUR 0,60 gefallen. Zwischenzeitlich ist der Preis aber auf EUR 1,05 je Liter Heizöl EL angestiegen.



Abbildung 11 Heizölpreisentwicklung (Fastenergy, 2009)

Bezogen auf den Heizwert eines Liter Heizöls mit 39,1 MJ/l (DIN 51603-1) bedeutet das eine Entwicklung von 7,60 cent / kWh (2006) → 6,52 cent / kWh (aktuell); Spitzenwert 2008: 11,40 cent / kWh (+ 75 %)

3.2.3 Pellets

Wie die folgende Grafik zeigt, ist bei Pellets seit Ende 2006 ein Preisrückgang zu verzeichnen Ende 2006: 5,31 cent / kWh → Mai 09: 4,13 cent / kWh

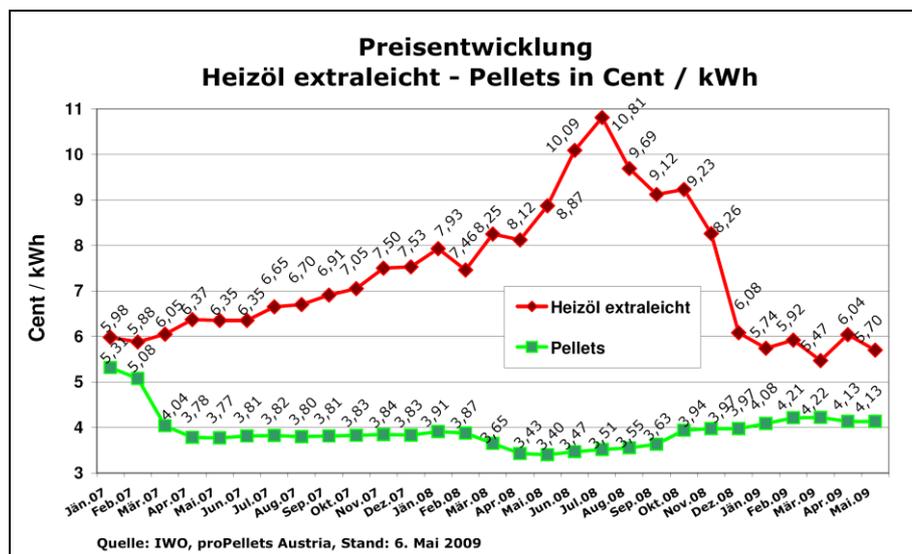


Abbildung 12 Pelletpreisentwicklung

3.2.4 Strompreis

Für Wärmepumpen liegt der Strompreis (Heizstrom) etwas unter dem Normalstrom. Beim Normalstrom war in den letzten Jahren eine deutliche Zunahme zu verzeichnen. Bis Ende Dezember 08 hat der Strompreis in Österreich 0,17 € / kWh betragen. Im Jänner erfolgte ein weiterer Anstieg auf 0,202 € / kWh (Auskunft BEWAG). Im Vergleich dazu hat 2005 eine Kilowattstunde noch € 0,14 im Burgenland gekostet. In ähnlicher Form ist auch der Heizstrom-Tarif angestiegen. Der Tarif ist vom Verbrauch abhängig und liegt mit Stand Mai 2009 zwischen 0,15 und 0,16 €/kWh, im Einfamilienbereich sind 0,157 €/kWh typisch (tel. Auskunft BEWAG). Grundlage für diesen Preis ist der Tarif Optima Plus, das Tarifblatt dazu findet sich auf der Homepage der BEWAG:

BEWAG Energievertrieb GmbH & Co KG

Vertragsinfo- und Preisblatt Privatstrom
Gültig ab 1. Februar 2009

 **BEWAG Tarif Optima Plus.**
Der Tarif Optima Plus ist der optimale Zusatztarif für alle, die eine E-Heizung, Warmwasserbereitung, Raumklimatisierung oder Wärmepumpe über einen eigenen Stromzähler betreiben. Der Allgemeinverbrauch wird mit den Tarifen Optima Basis, Optima Komfort oder Optima Premium (eigener Zähler) verrechnet.

Energiepreise* (exkl. Steuern und Abgaben)		Gesamtpreise** (Energie- u. Netzkosten, Abgaben, 20% MWSt.)	
Arbeitspreis HT (6:00 - 22:00 Uhr) Cent/kWh	Arbeitspreis NT (22:00 - 06:00 Uhr) Cent/kWh	Arbeitspreis HT (6:00 - 22:00 Uhr) Cent/kWh	Arbeitspreis NT (22:00 - 06:00 Uhr) Cent/kWh
7,49	7,29	14,68	13,86

Netznutzungs- und Netzverlustebene 7. Unterbrechbarer Energieverbrauch mit nicht gemessener Leistung.
* Die angeführten Preise sind reine Energiepreise und enthalten den Mehraufwand nach §19 Ökostromgesetz.
** Die angeführten Gesamtpreise enthalten:
Entgelt für Energie: Arbeitspreis HT 7,49 Cent/kWh; Arbeitspreis NT 7,29 (inkl. Mehraufwand nach §19 Ökostromgesetz);
Entgelt für Netznutzung: HT/NT 2,80/2,32 Cent/kWh, Netzverluste 0,44 Cent/kWh;
Gesetzliche Abgaben: Elektrizitätsabgabe 1,50 Cent/kWh
Preise exkl. USt.

Nicht im Preis enthalten sind: Entgelt für Messleistung 3,20 Euro/Monat (Vierleiter-Doppeltarifzähler und Rundsteuerempfänger); Zählpunktpauschale 1,25 Euro/Monat. Preise exkl. USt.

Über allfällige Vertrags- und Preisänderungen werden Sie in einem individuell adressierten Schreiben informiert.

Stromkennzeichnung des Lieferanten – 100 % atomstromfrei
Die BEWAG KG liefert den Kunden ausschließlich reine Energie.
DIE BEWAG KG weist im Zeitraum 1.10.2007 bis 30.9.2008 folgenden Energiemix aus: Wasserkraft 92,40 %, Windenergie 3,41 %, Biomasse fest 3,23 %, Biogas 0,86 %, Biomasse flüssig 0,07 % und Photovoltaik 0,03 %.

Zusatzinformationen zum Tarif BEWAG Optima Plus
Von der BEWAG KG bekommen sie auf Grundlage der Tarife für den Allgemeinverbrauch neben der reinen Energie auch noch optimales Service.

Informationen zu Ihren Vorteilen erhalten Sie unter 0800/888 9000, dem kostenfreien Kundentelefon, in unseren 7 Kundencentern oder unter www.bewag.at

Abbildung 13 Tarif Optima Plus, BEWAG

3.3 Jahresnutzungsgrade und Jahresarbeitszahl

3.3.1 Jahresnutzungsgrad

In der Vorarlberger Studie „Ökologischer Vergleich von Wärmepumpen mit Öl- und Gasheizungen“ der Austrian Energy Agency wurden die in folgender Tabelle angeführten Jahresnutzungsgrade ermittelt. Die Literaturstudie zeigte, dass die Bandbreite relativ groß ist (Gasbrennwert: 87 – 99 %). Die umfangreichste Studie ist jene nach Wolf (Literaturstelle 14), hier wurden 60 Geräte verglichen. Deshalb wird dieser Wert (Jahresnutzungsgrad 96 %) herangezogen. Wie die Studie auch zeigte, kommt es durch die Warmwasserproduktion zu einer Reduktion des Jahresnutzungsgrades um 2 %. Aus diesem Grund werden folgende Jahresnutzungsgrade angenommen:

- ◆ Erdgas – Brennwertgeräte:

Erdgas – Brennwertgerät: 94 %

Erdgas – Brennwert + solare Brauchwasserbereitung: 96 %

Tabelle 10 Jahresnutzungsgrade Kesselanlagen (Simader et. al, 2009)

Kesselsysteme	Jahresnutzungsgrade bezogen auf Hu/Ho *)				
	Leistung	GEMIS 4.3 (nur Hu)	Recknagel [Lit 13] **)	Wolff [Lit 14]	FAGO Studie [Lit 28] ***)
Gasbrennwert-Kessel	10–100 kW (15 kW)	87 % (Hu)	97,0 (Hu)	96,4 (Hu) / 86,8 % (Ho)	Winter: 99 (Hu) Sommer: 92 (Hu)
NT-Gaskessel (mit Gebläse)	10–100 kW (15 kW)	77 % (Hu)	92,0 (Hu)	83,4 (Hu) / 75,3 % (Ho)	
Ölbrennwert	Bis 50 kW		91,0 (Hu)		Winter: 93 (Hu) Sommer: 84 (Hu)
NT-Ölkessel (HEL) (mit Gebläse)	10–100 kW (15 kW)	80 % (Hu)	90,0 (Hu)		

*) Ho steht für oberer Heizwert (auch Brennwert genannt), Hu ist die Abkürzung für unterer Heizwert

**) Die angeführten Standardwerte für die Jahresnutzungsgrade gelten für Niedertemperatur- und Brennwertkessel bei Heizungsauslegungstemperaturen von 75/60 °C. Bei Vorlauftemperaturen unter 60 °C kann der tabellierte Wert für den Jahresnutzungsgrad $\Delta\eta = 0,03$ erhöht werden.

***) Die Fago-Studie differenziert zwischen Nutzungsgraden in der Winterperiode und für die Sommerperiode (vorwiegend Warmwasser-Bereitstellung).

- ◆ Ölkessel:

Wie in Tabelle 10 dargestellt schwankt der Jahresnutzungsgrad von Ölkesseln bzw. Ölbrennwertgeräten zwischen 84 % (Sommerbetrieb) und 93 % (Winterbetrieb). Öl-Brennwertgeräte liegen mittlerweile am eher am oberen Grenzwert. Für die Vergleichsrechnung wird ein Jahresnutzungsgrad von 92 % angenommen.

- ◆ Pelletskessel:

Die Angaben bei Pelletskesseln sind unterschiedlich, sie schwanken zwischen 80 % (Holzenergie.net) – „Gute Pellets-Heizkessel erreichen einen Jahresnutzungsgrad zwischen 85 und 90 % (Mittelwert 87,5 %).“ (Pellets-Heizungen - Neuer Schub für

einen klassischen Energieträger, Klaus E. Mann) – und 90%. Für die Berechnungen wird ein Jahresnutzungsgrad von 85 % angenommen.

3.3.2 Jahresarbeitszahl Wärmepumpe

Der Höhe der Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe ist vom Temperaturniveau der Wärmequelle abhängig. Erd-Wärmepumpen haben eine höhere Jahresarbeitszahl, da das Erdreich ein höheres Temperaturniveau als die Umgebungsluft hat.

Luft-Wasser Wärmepumpen

In der Literatur findet man Werte zwischen 2,5 (Simader et. al, 2009) und 2,8. Erdwärmezeitung-Online (www.erdwaerme-zeitung.de) führte von Oktober 2006 – September 2007 eine Feldmessung an 33 verschiedenen Wärmepumpen unterschiedlicher Typen durch. Dabei wurden folgende Jahresarbeitszahlen (JAZ) erreicht: JAZ 2,83 bei Fußbodenheizung / 2,3 bei Radiatoren (siehe Abbildung 15). Im Zuge dieser Messung wurden 13 Anlagen mit Luft-Wasser-Wärmepumpen untersucht. Herstellerseitig finden sich teilweise höhere Arbeitszahlen, die allerdings von der Lufttemperatur abhängig sind, wie die folgende Abbildung auch zeigt. Für den Betrieb ist es ungünstig, dass bei niedrigen Außen- und Lufttemperaturen (= größter Heizenergiebedarf) die niedrigsten Leistungszahlen auftreten.

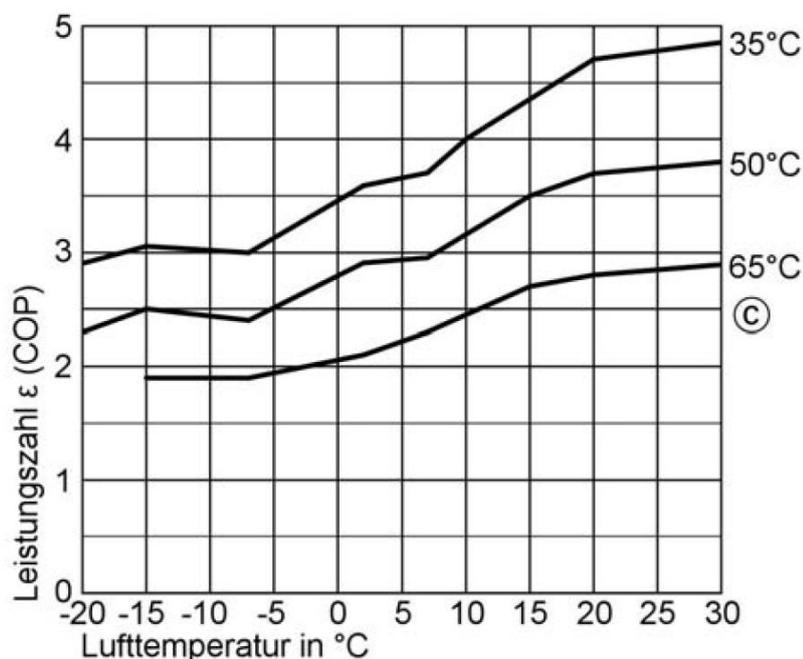


Abbildung 14 Leistungszahl Viessmann Vitocal 350-A, Leistung 10,6-18,5 kW (Viessmann, 2009)

Erd-Wärmepumpen

In der Erdwärmezeitung-Online wurden in den bereits angeführten Feldmessungen folgende Jahresarbeitszahlen ausgewiesen: Erd-Wärmepumpen: JAZ = 3,38 bei Fußbodenheizung / 3,3 bei Radiatoren. Im Zuge dieser Messung wurden 11 Anlagen untersucht. Die Feldmessungen sind in Abbildung 15 dargestellt.

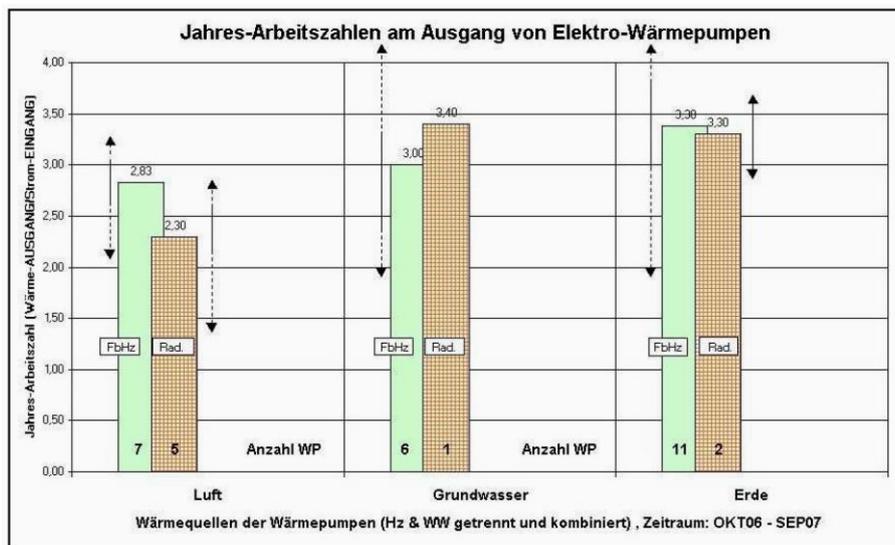


Abbildung 15 Jahresarbeitszahlen Wärmepumpen (Auer, 2008)

Im „Ökologischer Vergleich von Wärmepumpen mit Öl- und Gasheizungen“ (Simader et. al, 2009) wurde ein sehr umfangreicher Vergleich der Jahresarbeitszahl von Wärmepumpen durchgeführt. Haupteinflussfaktor auf die Jahresarbeitszahl ist die Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Wärmesenke, die in folgender Abbildung angeführt ist.

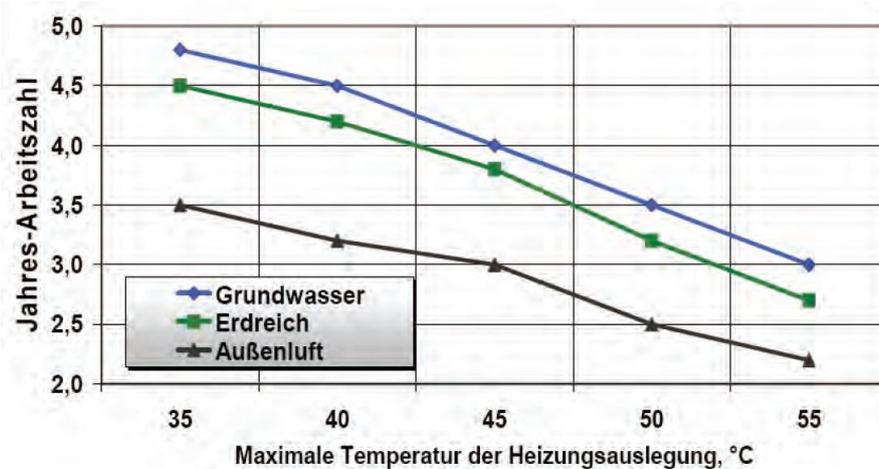


Abbildung 16 Leistungsfähigkeit von Heizungs-Wärmepumpen basierend auf den Temperaturen der Wärmequellen (Grundwasser, Erdreich, Außenluft) in Abhängigkeit von der Vorlauftemperatur der Wärmenutzungsanlage (Faninger, 2006)

In der angeführten Studie wurde auch eine umfangreiche Literaturstudie hinsichtlich Jahresarbeitszahlen von Wärmepumpen durchgeführt, die in folgender Tabelle dargestellt sind.

Tabelle 11 Jahresarbeitszahlen für Heizungs-Wärmepumpen (Simader et. al, 2009)

Wärmepumpe / Literatur	Wasser/-Wasser	Erdreich (Sole)/ Wasser	Erdreich (Direktverdampfer)/ Wasser	Außenluft/Wasser	Außenluft/Luft ****)
FAWA, 2004 [Lit 6]	3,4 *)	3,4	3,7 *)	2,6	-
Faninger, 2006 [Lit 8] **)	3,8–4,5	2,8–3,2	3,0–4,2	2,6–3,5	2,5–2,9
European Heat Pump Association, 2006 [Lit 9]	4,0–4,5	3,5 ($\leq 55\text{ °C}$) – 4,0 ($\leq 40\text{ °C}$)	3,7 ($\leq 55\text{ °C}$) – 4,2 ($\leq 40\text{ °C}$)	3,0–3,5 (klimatisch abhängig)	-
Arsenal Reseach/-VEÖ [Lit 10]	-	-	4–5,5 Mittelwert: 4,7	-	-
Mindeststandards klima:aktiv Wärmepumpe ****)	4,2 (3,7)	4,0 (keine Differenzierung) (3,5)		3,5 (keine Differenzierung) (3,0)	
GEMIS (Version 4.3)	3,3–4,2	2,7–3,9 (keine Differenzierung)		2,35–3,70	-

*) Die Stichprobenmenge für diese Wärmepumpen-Typ wird von Seiten der Autoren als nicht repräsentativ eingestuft.

**) Mittelwert aller Ende 2005 in Österreich betriebenen Wärmepumpen. Die höheren JAZ-Werte gelten für günstige Einsatzbedingungen; dies sind Niedrigenergiegebäude mit Niedertemperatur-Heizungsauslegung. (unter $40\text{ °C}/30\text{ °C}$)

****) Luft/Luft-Wärmepumpe mit im Erdreich vorgewärmter Außenluft (für den Einsatz zur kontrollierten Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung, Passivhäuser)

*****) Bei gleichzeitiger Warmwasserbereitung wird von einem Abschlag bis zu 0,5 je nach System und Benutzerverhalten ausgegangen.

Als besonders aussagekräftig wurde die Literaturstudie FAWA (Feldanalyse von Wärmepumpen-Anlagen, Berner Fachhochschule) in der angeführten Studie bewertet:

„Belastbare Aussagen hinsichtlich erzielter Jahresarbeitszahlen basierend auf repräsentativ durchgeführten Feldtests liegen auch für Österreich nur sehr bedingt vor. Aus diesem Grund wird für die Emissionsvergleiche vorwiegend auf die Schweizer FAWA Studie zurückgegriffen.“ (Simader et. al, 2009)

Weiters wirkt sich die Brauchwasserbereitung etwas dämpfend auf die Jahresarbeitszahl aus:

- ◆ Wird die Heizungs-Wärmepumpe weiters für die Warmwasserbereitstellung verwendet, so werden üblicherweise Temperaturniveaus von rund/über 50 °C für den Speicher benötigt. Im Ganzjahresbetrieb kommt es in diesem Fall zu einer Reduktion der Jahresarbeitszahl. Weiters sollte darauf hingewiesen werden, dass aus hygienischen Gründen die Warmwassertemperatur auf 65 bis 70 °C erhöht werden muss.
- ◆ Die FAWA-Studie geht für diesen Anwendungsfall von einer JAZ von $3,6$ für eine Erdwärmepumpe aus.

In anderen Literaturstellen finden sich Reduktionsfaktoren von $0,5$ für die Brauchwasserbereitung, was etwas hoch erscheint.

Weiters wurde im Zuge dieses Vergleichs auch die Auswertung einer Anlage im Südburgenland durchgeführt. Diese Anlage – bestehend aus einer Luft-Wasser Wärmepumpe zur Warmwasserbereitung und einer Erd-Wärmepumpe zur Heizung, installiert in einem Einfamilienhaus – erreicht für die Heizung eine Jahresarbeitszahl von 3,5 und für die Brauchwasserbereitung eine Jahresarbeitszahl von 1,9. Berücksichtigt man die unterschiedlichen Energieverbräuche für Warmwasserbereitung und Heizung, ergibt sich daraus eine Gesamt-Jahresarbeitszahl von 3,3.

Wie Feldtest und Literaturrecherche zeigen, befinden sich realistische Jahresarbeitszahlen zwischen 3,3 und 3,6. Für den Effizienzvergleich wird eine Jahresarbeitszahl von 3,5 (inkl. Warmwasserbereitung) angenommen.

Wie die Vergleichsmessungen zeigten, erreichen Erd-Wärmepumpen in der Praxis die für die Förderung notwendig Jahresarbeitszahl von 3,8 nicht.

3.4 Betriebskosten

Die Betriebskosten setzen sich aus Wartungskosten, Kosten für das Kehren des Rauchfanges und den Energiekosten zusammen.

Sämtliche Investitions- und Betriebskosten sind inkl. Umsatzsteuer und etwaiger Abgaben.

3.4.1 Wartungskosten und Kehrkosten

Die Recherche und Rückfrage bei einem burgenländischen Rauchfangkehrer hat gezeigt, dass für Gas-Brennwertgeräte keine Kehrkosten mehr anfallen. Realistisch können folgende Werte angenommen werden:

- ◆ Erdgas: Hier sieht das Burgenländische Kehrgesetz 2006 - Bgld. KehrG 2006 §4 folgendes vor: „Bei Abgasanlagen, in die ausschließlich Verbrennungsgase gasförmiger Brennstoffe eingeleitet werden, entfällt die Kehrpflicht, wenn ein Brennwertgerät verwendet wird.“ → keine Kehrkosten
- ◆ Heizöl EL: € 90,-
- ◆ Pellets: € 120,-

Die Gebühren wurden auch mit Angaben der Rauchfangkehrerfibel der AK NÖ verglichen und entsprechen diesen Werten in etwa.

Wartungskosten:

Nach Rücksprache mit einem örtlichen Installateur fallen bei jährlicher Wartung folgende Wartungskosten an:

- ◆ Erdgas: 135,- €/a
- ◆ Heizöl: 240,- €/a
- ◆ Pellets: 300,- €/a
- ◆ Wärmepumpe: 50,- €/a

Die Wartungskosten berücksichtigen Anfahrtszeit, Arbeitszeit, Ersatzteile, etc. und sind inkl. USt.

3.4.2 Energiekosten

Für die einzelnen Energieträger fallen unter Berücksichtigung der einzelnen Jahresnutzungsgrade und Jahresarbeitszahlen folgende jährliche Energiekosten an:

Tabelle 12 Energiekosten Heizungssysteme

	Erdgas	Erdgas + solare BWB	Heizöl	Pellets	Pellets + solare BWB	Wärmepumpe
Energieverbrauch	8.307 kWh	6.942 kWh	8.307 kWh	8.307 kWh	6.942 kWh	8.307 kWh
Jahresnutzungsgrad	94%	96%	92%	85%	85%	
Jahresarbeitszahl						3,50
Energiekosten (cent/kWh)	6,88	7,05	6,52	4,13	4,13	15,70
Energiekosten jährlich	€ 608	€ 510	€ 589	€ 404	€ 337	€ 373

3.4.3 Betriebskosten

Aus Energiekosten, Kehr- und Wartungskosten ergeben sich folgende jährliche Betriebskosten:

Tabelle 13 Betriebskostenvergleich

	Erdgas	Erdgas + solare BWB	Heizöl	Pellets	Pellets + solare BWB	Wärmepumpe
Energiekosten	€ 608	€ 510	€ 589	€ 404	€ 337	€ 373
Wartungskosten	€ 135	€ 135	€ 240	€ 300	€ 300	€ 50
Kehrkosten			€ 90	€ 120	€ 120	
Betriebskosten jährlich	€ 743	€ 645	€ 919	€ 824	€ 757	€ 423

4. VERGLEICH HEIZSYSTEME

4.1 Statischer Vergleich

Im folgenden statischen Kostenvergleich (Investitionskosten- und Betriebskosten) werden alle fünf Heizungssysteme für einen Betrachtungszeitraum von 15 Jahren unverzinst gegenübergestellt. Sämtliche zeitlichen Vergleiche werden für eine Dauer von 15 Jahren durchgeführt, das entspricht in etwa der Lebensdauer und liegt über der Abschreibung (gesetzliche Nutzungsdauer je nach Ausführung – Sanierung oder Neubau – 10 bzw. 20 Jahre)

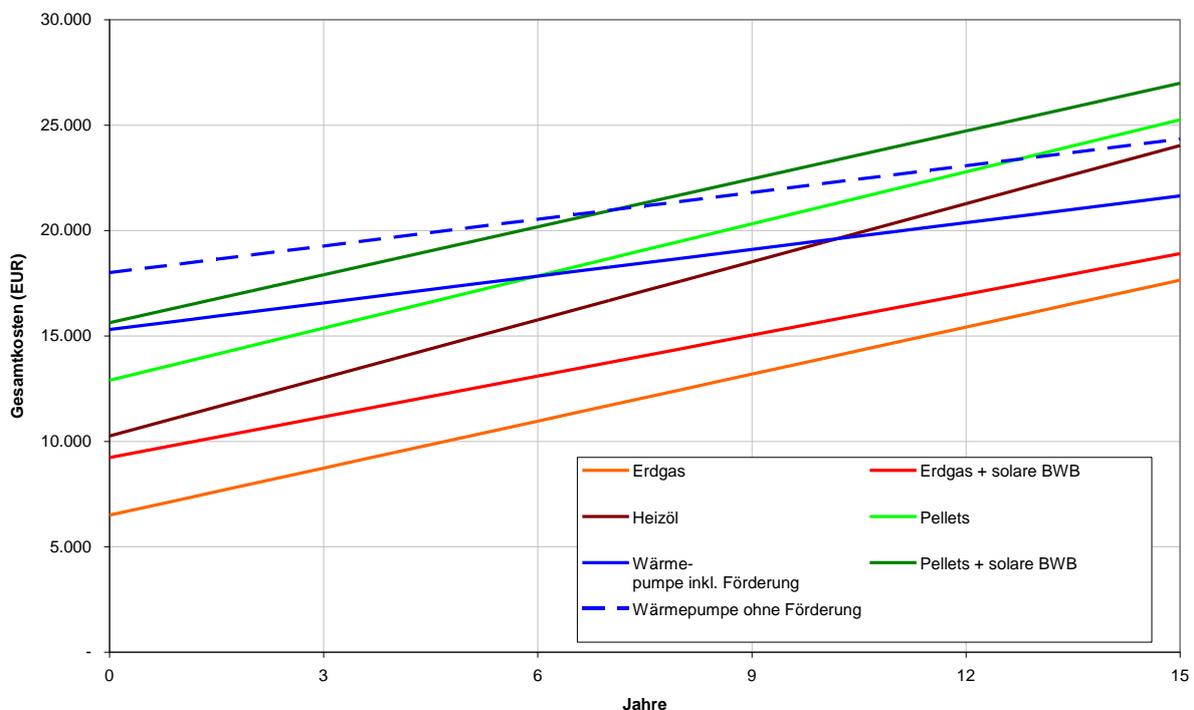


Abbildung 17 Kostenvergleich Investitionskosten + Betriebskosten (15 Jahre)

Wie der Vergleich in Abbildung 17 zeigt, schneiden Erdgas bzw. Erdgas + solare Brauchwasserbereitung am besten ab. Besonders positiv wirken sich die niedrigen Investitionskosten aus. Da die Wärmepumpe zwar meistens gefördert wird, obwohl die geforderten Jahresarbeitszahlen von 3,8 bzw. 4 in der Praxis nicht erreicht werden, wurde die Wärmepumpe sowohl mit als auch ohne Förderung in den Vergleich hinzugefügt.

4.2 Einfluss und Vergleich Förderung

Wie der statische Vergleich bereits bei der Wärmepumpe gezeigt hat, spielen Förderungen bei der Wirtschaftlichkeit eine wichtige Rolle. In der folgenden Grafik sind die einzelnen Förderungen gegenübergestellt:

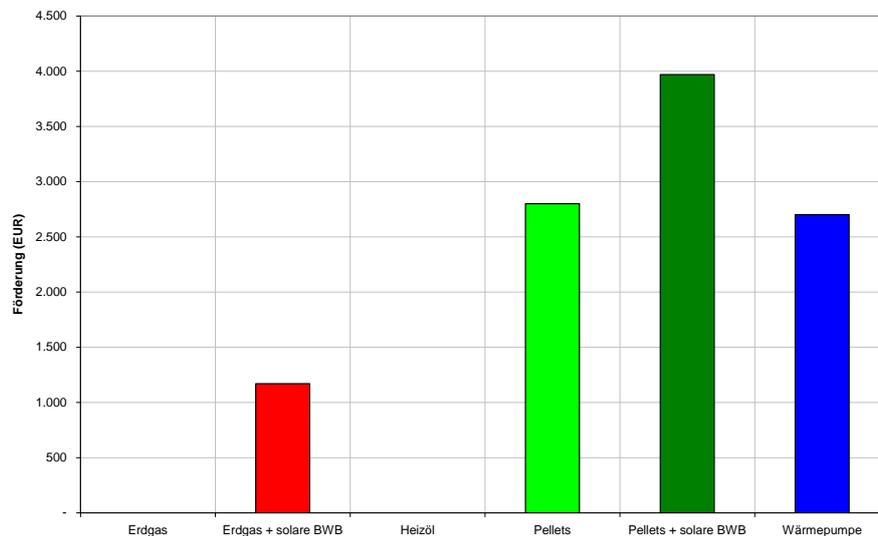


Abbildung 18 Vergleich Förderungen

In Abbildung 17 sind die einzelnen Heizsysteme bereits inkl. Förderungen (statisch) verglichen. In der folgenden Abbildung zeigt eine Gegenüberstellung ohne Berücksichtigung der Förderungen, dass eine Erdgasheizung im Vergleich mit den anderen Systemen auf einen Betrachtungszeitraum von 15 Jahren förderungsbereinigt noch günstiger ist.

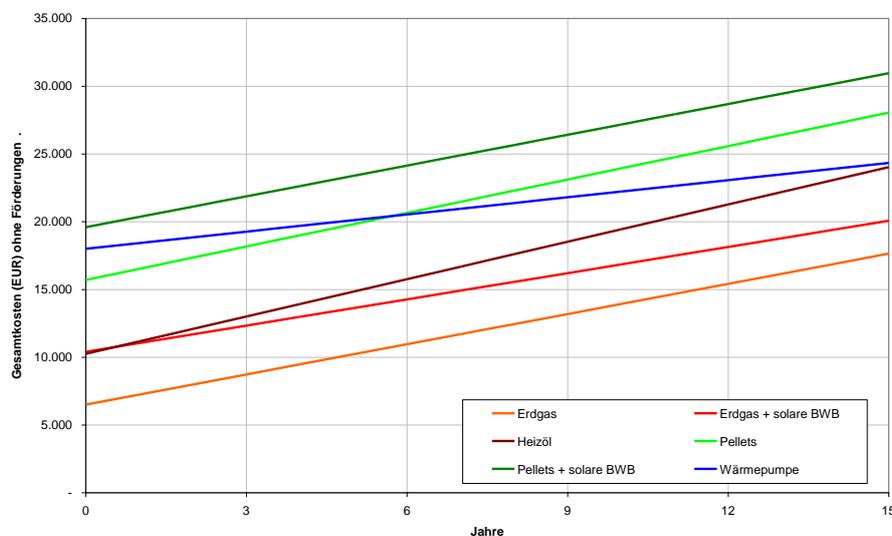


Abbildung 19 Vergleich Heizsysteme ohne Förderung

4.3 Dynamischer Vergleich

Beim dynamischen Vergleich werden zwei unterschiedliche Vergleiche durchgeführt:

- ◆ Investitionskosten fix, Betriebskosten (Stand Mai 2009): jährlicher Anstieg 2 %
- ◆ Investitionskosten mit 6 % verzinst, Betriebskosten fix (Stand Mai 2009)

Die Berücksichtigung des 2 % Anstiegs der Energiepreise führt zu einem geringfügig besseren Abschneiden der Wärmepumpe und der Pelletsheizung, da bei diesen beiden Heizsystemen die Investitionen am höchsten sind, die Energiepreise am niedrigsten. Trotzdem ist die Erdgasheizung noch immer am mit Abstand am günstigsten (siehe Abbildung 20). Bei jenen Heizsystemen, die auch mit solarer Brauchwasserbereitung kombiniert wurden, zeigt sich, dass sich diese zusätzliche Investition etwas früher amortisiert.

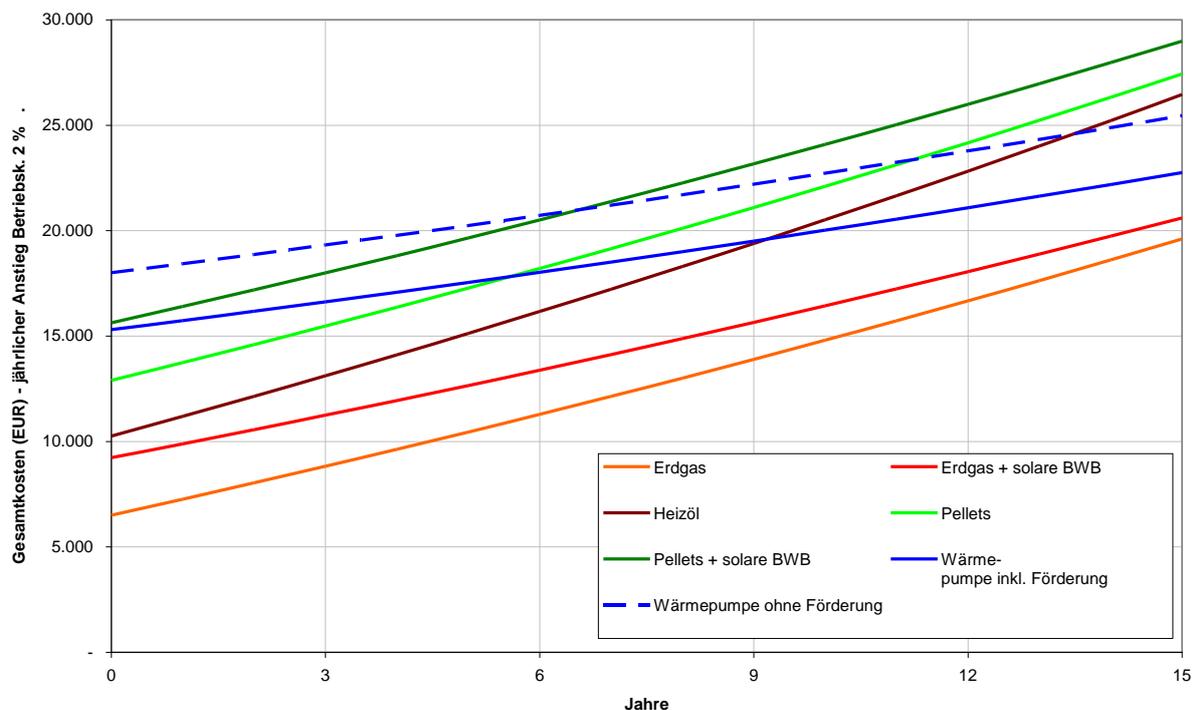


Abbildung 20 Vergleich Heizsystem bei 2 % Anstieg der Energiekosten

Vergleicht man die Investitionskosten mit 6 % verzinst bei fixen Betriebskosten, so ergeben sich die in Tabelle 14 dargestellten Werte, die auch in Abbildung 21 gegenübergestellt werden. Die günstigste Variante ist die Erdgasheizung. Bei einem Betrachtungszeitraum von 15 Jahren fallen jährliche Kosten in der Höhe von EUR 1.412,- an. Die beiden teuersten Heizungssysteme sind die Pelletsheizung und die Wärmepumpe. Bei einer Pelletsheizung ohne solare Brauchwasserbereitung sind

die jährlichen Kosten EUR 2.152,- mit solarer Brauchwasserbereitung EUR 2.367,-.
Eine geförderte Erdwärmepumpenheizung kostet jährlich EUR 1.998,-.

- ◆ Investitionskosten mit 6 % Verzinsung:

Tabelle 14 Vergleich Heizsysteme bei 6 % Verzinsung

	Erdgas	Erdgas + solare BWB	Heizöl	Pellets	Pellets + solare BWB	Wärmepumpe inkl. Förderung	Wärmepumpe ohne Förderung
Investition (€)	6.500	9.230	10.250	12.900	15.630	15.300	18.000
Laufzeit	15 Jahre						
Zinssatz	6%						
Jährliche Rückzahlung Investition (€)	669	950	1.055	1.328	1.609	1.575	1.853
Rückzahlung insgesamt (€)	10.039	14.255	15.831	19.923	24.140	23.630	27.800
Verhältnis Investition/ Rückzahlung (€)	1,54						
Betriebskosten jährlich	743	645	919	824	757	423	423
Gesamtkosten jährlich (€)	1.412	1.595	1.974	2.152	2.367	1.998	2.276

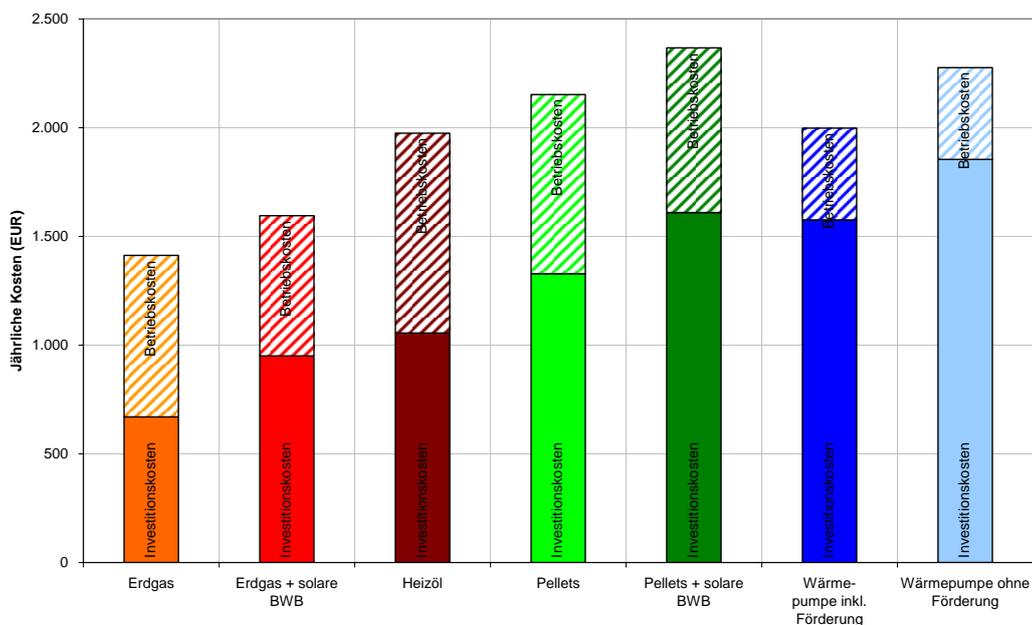


Abbildung 21 Vergleich Heizsysteme bei 6 % Verzinsung der Investitionskosten + Betriebskosten (Stand Mai 2009)

Bei den günstigeren Heizsystemen haben die Investitionskosten einen verhältnismäßig niedrigen Anteil von rd. der Hälfte, während bei Pellets oder Wärmepumpen die Investitionskosten einen Anteil von 65 % bzw. 80 % haben. In der folgenden Tabelle wurden daher die Betriebsdauern ermittelt, bei der die Kosten von Erdgas mit jenen der anderen Energieträger sich schneiden (Kostengleichheit).

Tabelle 15 Vergleich Erdgas mit anderen Heizsystemen - Amortisationszeiten

Amortisationszeit	Erdgas	Erdgas + solare BWB	Heizöl	Pellets	Pellets + solare BWB	Wärmepumpe inkl. Förderung	Wärmepumpe ohne Förderung
ohne Zinsen	Basis	28 Jahre	k.A.	k.A.	k.A.	27 Jahre	36 Jahre
6 % verzinst	Basis	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
k.A. = keine Amortisation der Mehrkosten gegenüber einer Erdgasheizung							

Wie der Vergleich zeigt, ist unverzinst eine Wärmepumpe ab 27 Jahren Betriebsdauer günstiger, gefolgt von der Kombination Erdgas + solare Brauchwasserbereitung mit 28 Jahren. Sämtliche anderen Heizsysteme amortisieren sich gar nicht oder in Zeiträumen, die über die Lebensdauer der Anlagen hinausgehen.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Im Zuge dieser Studie wurden Erdgasheizung, Erdgasheizung mit solarer Brauchwasserbereitung, Ölheizung, Pelletsheizung, Pelletsheizung mit solarer Brauchwasserbereitung und Erd-Wärmepumpenheizungen verglichen. Basis für den Vergleich ist das Einfamilienhaus. Dabei wurde auch die Brauchwasserbereitung für einen 3-Personen-Haushalt berücksichtigt. Schwerpunkte des Vergleichs sind der Primärenergieeinsatz, die Energieeffizienz und die Wirtschaftlichkeit dieser unterschiedlichen Heizungssysteme, nicht berücksichtigt sind Kosten für das Wärmeverteilsystem (Radiatoren, Fußbodenheizung) und die Trinkwasserinstallation.

Grundlage für den Effizienzvergleich stellt eine umfangreiche Recherche zu den einzelnen Primärenergieträgern dar. Bei Erdgas sind noch ausreichende Reserven vorhanden und durch vermehrte inländische Förderung, den Ausbau von Speichern und den Bau der Nabucco Leitung ist eine hohe Versorgungssicherheit gegeben. Bei Erdöl fallen die Prognosen hinsichtlich der weltweiten Reserven bereits deutlich niedriger aus. Bei Pellets ist durch einen weiteren Anstieg an KWK Anlagen mit einer Verknappung des Rohstoffs Holz rechnen. Die Wärmepumpe nutzt als Energieträger elektrischen Strom. Bezogen auf den österreichischen Erzeugermix im Winter hat die Wärmepumpe einen Anteil von 26 % an fossiler Energie bezogen auf die Raumwärme, die zur Stromerzeugung benötigt wird. Da gerade im Winter aufgrund der Wärmepumpe weitere Stromimporte – aus fossilen, thermischen Kraftwerken – notwendig sind, kann man davon ausgehen, dass der zusätzliche Strombedarf mit Importen abgedeckt wird. Ausgehend von zusätzlich notwendigem Importstrom erhöht sich der Anteil an fossiler Energie bezogen auf die Raumwärme bei der Wärmepumpe auf 87 %.

Die Fördersituation im Burgenland bevorzugt erneuerbare Energieträger. In den Investitionskosten wurden die Förderungen für solare Brauchwasserbereitung, Pelletsheizung und Wärmepumpe berücksichtigt. Besondere Beachtung sollte hier die Wärmepumpe finden. Lt. den burgenländischen Förderrichtlinien muss eine Erd-Wärmepumpe, die auch zur Warmwasserbereitung verwendet wird, eine Jahresarbeitszahl von 3,8 erreichen. Eine Überprüfung durch den Fördergeber, ob die erforderliche, berechnete Jahresarbeitszahl erreicht wurde, ist nicht vorgesehen. Wie der Vergleich von Feldtests, unterschiedlicher Literaturstellen und eine Messung gezeigt haben, wird allerdings nur eine Jahresarbeitszahl von maximal 3,5 erreicht. Im Wirtschaftlichkeitsvergleich wurde deshalb auch die Wärmepumpe mit und ohne Förderungen verglichen.

Für den Wirtschaftlichkeitsvergleich wurden Investitionskosten und Betriebskosten ermittelt. In den Investitionskosten sind auch Kosten für Brennstofflagerraum, Flächenkollektor, Hausanschlusskosten usw. enthalten, die Betriebskosten

berücksichtigen auch Wartungs- und Kehrkosten. Der zunächst durchgeführte statische Vergleich der einzelnen Heizsysteme hat gezeigt, dass eine Erdgasheizung auf einen Betrachtungszeitraum von 15 Jahren am günstigsten ist, Pellets mit solarer Brauchwasserbereitung am teuersten. Berücksichtigt man bei den Investitionskosten eine Verzinsung von 6 %, so fallen für die günstigste Heizung – Erdgas – jährliche Gesamtkosten von EUR 1.412,- für die beiden teuerste Systeme Pellets inkl. solarer Brauchwasserbereitung: EUR 2.367,- / Wärmepumpe EUR 1.998,- inkl. Förderung bzw. EUR 2.276,- ohne Förderung an.

6. VERZEICHNISSE

6.1 Literaturverzeichnis

Arbeiterkammer Tirol (2005): Rauchfangkehrer - Wissenswertes über Kehrtarif, Kehrfristen, Gebührenabrechnungen und Reklamation, veröffentlicht auf http://wien.arbeiterkammer.at/bilder/d29/rauchfangkehrer_20051.pdf, abgerufen am 21. Mai 2009

Auer, F. (2008): Feldtest Elektro – Wärmepumpen, Nicht jede Wärmepumpe trägt zum Klimaschutz bei, veröffentlicht auf www.erdwaerme-zeitung.de, abgerufen am 3. Juni 2009

bios-bioenergy.at, (2009): Pellets - Ein stark wachsender Markt in Österreich, Europa und weltweit, veröffentlicht auf www.bios-bioenergy.at, abgerufen am 3. Juni 2009

E-Control, (2008): veröffentlicht auf <http://www.e-control.at>, abgerufen am 3. April 2008

E-Control, (2009): veröffentlicht auf <http://www.e-control.at>, abgerufen am 21. Mai 2009

EABgld, (2009): Antrag zur Förderung von Alternativenergieanlagen 2009, veröffentlicht auf <http://www.eabgld.at>, abgerufen am 1. Juni 2009

Faninger, G. (2006): Die Wärmepumpentechnik in Österreich, Klagenfurt

Fastenergy, (2009): veröffentlicht auf <http://www.fastenergy.at>, Heizöl-Charts, abgerufen am 23. Mai 2009

Haidenbauer, H. (1999): Sanitär- und Klimatechnik, Jugend & Volk, 1. Auflage

Lebensministerium.at, (2008): Österreichs Forstwirtschaft / Basisinfos, veröffentlicht auf <http://forst.lebensministerium.at>, abgerufen am 3. Juni 2009

ÖkoFan (2009): Lagerraum Holzpelletslager, veröffentlicht auf www.pelletsheizung.at, abgerufen am 25. Mai 2009

Simader, G., Jamek, A., Ritter, H., Benke, G. (2009): Ökologischer Vergleich von Wärmepumpen mit Öl- und Gasheizungen, Veröffentlichung des Energieinstituts Vorarlberg unter <http://www.energieinstitut.at/?sID=155>, abgerufen am 21. Mai 2009

Solarwärme.at, (2009): Einfamilienhaus – Förderungen, veröffentlicht auf <http://www.solarwaerme.at/EFH/Foerderungen/>, abgerufen am 1. Juni 2009

Statistik Austria (2008): Privathaushalte nach Haushaltsgröße, Bundesländern und Alter der Haushaltsreferenzperson - Jahresdurchschnitt 2007, veröffentlicht auf <http://www.statistik.at>, abgerufen am 1. Mai 2008 um

Valentin (2009): Online Solarberechnung von Thermischen Solaranlagen, durchgeführt unter <http://www.valentin.de/calculation/thermal/system/ww/de> am 21. Mai 2009

Viessmann (2009): Vitacal 350-A Luft/Wasser-Wärmepumpe, veröffentlicht auf <http://www.viessmann.de>, abgerufen am 22. Juni 2009

Wagner, A. (2006): Photovoltaik Engineering – Handbuch für Planung, Entwicklung und Anwendung, Springer Verlag, 2. Auflage

Wohnbaufibel Burgenland (2009): Bauen-Wohnen-Sanieren Wohnbauförderung im Burgenland, Die Richtlinien der Burgenländischen Wohnbauförderung 2008, veröffentlicht auf <http://www.e-government.bglld.gv.at/wbf/downloads/wohnbaufibel.pdf>, abgerufen am 21. Mai 2009

6.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Simulation Solaranlage (Valentin, 2009).....	5
Abbildung 2 Vergleich Förderungen solare Brauchwasserbereitung (Solarwärme.at, 2009).....	7
Abbildung 3 Auszug aus solarer Brauchwasserbereitung "Antrag zur von Förderung von Alternativenergieanlagen 2009" (EABgld, 2009)	8
Abbildung 4 Auszug aus Hauszentralheizung mit Erd-Luft- oder Wasserwärmepumpe "Antrag zur von Förderung von Alternativenergieanlagen 2009" (EABgld, 2009).....	8
Abbildung 5 Auszug aus Hauszentralheizung mit Biomasse "Antrag zur von Förderung von Alternativenergieanlagen 2009" (EABgld, 2009).....	9
Abbildung 6 Pelletsproduktion und -bedarf Österreich	12
Abbildung 7 Anteile an der Stromerzeugung in Österreich für 2006 (E-Control, 2008) .	13
Abbildung 8 Leistungsbedarf 1/4 h Werte - Werktag 2007 (E-Control, 2008).....	13
Abbildung 9 Anteil erneuerbarer Energieträger am österreichischen Stromverbrauch (E-Control, 2009)	14
Abbildung 10 Erdgas-Preisentwicklung (E-Control, 2009).....	17

Abbildung 11 Heizölpreisentwicklung (Fastenergy, 2009)	18
Abbildung 12 Pelletpreisentwicklung	18
Abbildung 13 Tarif Optima Plus, BEWAG	19
Abbildung 14 Leistungszahl Viessman Vitocal 300-A, Leistung 3-9 kW (Viessmann, 2009).....	21
Abbildung 15 Jahresarbeitszahlen Wärmepumpen (Auer, 2008)	22
Abbildung 16 Leistungsfähigkeit von Heizungs-Wärmepumpen basierend auf den Temperaturen der Wärmequellen (Grundwasser, Erdreich, Außenluft) in Abhängigkeit von der Vorlauftemperatur der Wärmenutzungsanlage (Faninger, 2006)	22
Abbildung 17 Kostenvergleich Investitionskosten + Betriebskosten (15 Jahre).....	26
Abbildung 18 Vergleich Förderungen	27
Abbildung 19 Vergleich Heizsysteme ohne Förderung.....	27
Abbildung 20 Vergleich Heizsystem bei 2 % Anstieg der Energiekosten	28
Abbildung 21 Vergleich Heizsysteme bei 6 % Verzinsung der Investitionskosten + Betriebskosten (Stand Mai 2009).....	29

6.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Energiekennzahl - Wohnbauförderung (Wohnbaufibel Burgenland, 2009)	2
Tabelle 2 Energiebedarf Warmwasser (Haidenbauer, 1999).....	4
Tabelle 3 Jährlicher Energiebedarf Warmwasser	4
Tabelle 4 Gesamtenergiebedarf ohne solare Brauchwasserbereitung	5
Tabelle 5 Gesamtenergiebedarf mit solarer Brauchwasserbereitung	6
Tabelle 6 Fördermaßnahmen Heizungssystem Burgenland (Wohnbaufibel Burgenland, 2009)	6
Tabelle 7 Anteil fossile Energieträger Wärmepumpe bezogen auf österreichischen Strommix.....	14
Tabelle 8 Anteil fossile Energieträger Wärmepumpe aus Stromimporte	15
Tabelle 9 Investitionskosten	16
Tabelle 10 Jahresnutzungsgrade Kesselanlagen (Simader et. al, 2009).....	20
Tabelle 12 Jahresarbeitszahlen für Heizungs-Wärmepumpen (Simader et. al, 2009)...	23
Tabelle 13 Energiekosten Heizungssysteme.....	25
Tabelle 14 Betriebskostenvergleich	25



Tabelle 15 Vergleich Heizsysteme bei 6 % Verzinsung.....	29
Tabelle 16 Vergleich Erdgas mit anderen Heizsystemen - Amortisationszeiten	30