



Hochschule Neubrandenburg  
University of Applied Sciences

Fachbereich Agrarwirtschaft

Fachgebiet Landwirtschaftliche Betriebslehre

## **Bachelorarbeit**

### **„Energieeffiziente Sanierung eines Wohngebäudes“**

urn:nbn:de:gbv:519-thesis2013-0984-3

von

Everhard Specker

Februar 2014

Erstprüfer:

Prof. Dr. sc. agr. Clemens Fuchs

Zweitprüfer:

Dr. Joachim Kasten

## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	2
Abbildungsverzeichnis .....	4
Tabellenverzeichnis.....	5
Abkürzungsverzeichnis .....	6
1. Einleitung .....	7
2. Rechtliche Grundlagen .....	8
2.1. Energieeinsparverordnung (EnEV) .....	8
2.2 Energieeinsparungsgesetz.....	8
2.3 Energieausweis .....	9
3. Bauen im Bestand .....	11
3.1. Energieberater.....	11
3.2. Bestandsaufnahme.....	12
3.3. Bestandserfassung.....	14
3.3.1. Thermografisches Verfahren .....	14
3.3.2. Der Blower-Door-Test.....	16
3.4 Fördermittel zur energetischen Gebäudesanierung .....	16
4. Leistungen und Ziele der energieeffizienten Gebäudesanierung .....	18
4.1. Heizkostenabrechnungen.....	22
4.2. Kosten der Sanierung.....	23
5. Heizsysteme.....	24
5.1. Holzvergaserkessel .....	24
5.1.1. Kosten des Holzvergaserkessels.....	26
5.1.2. Heizen mit Holz .....	27

5.2. Solarthermische Anlagen .....	29
5.3. Wärmepumpen .....	32
5.4 Gasheizung .....	36
6. Schlussbetrachtung .....	39
Eidesstattliche Erklärung .....	40
Quellenverzeichnis .....	41

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Energieausweis für ein Wohngebäude.....	10
Abbildung 2 Methodik der Bestandsaufnahme bei Gebäudesanierung.....	13
Abbildung 3 Bauthermografie -Baudiagnostik Wilting .....	14
Abbildung 4 Bauthermografie - Baudiagnostik Wilting .....	15
Abbildung 5 Der Blower-Door-Test.....	16
Abbildung 6 Prüfliste A Projekterfassung .....	19
Abbildung 7 Prüfliste B Rahmenbedingungen.....	20
Abbildung 8 Bestandserfassung des Gebäudes .....	21
Abbildung 9 Holzvergaserkessel HVS Economics 40 KW .....	25
Abbildung 10 Holzgewichte zu Raummetren.....	27
Abbildung 11 Heizwert von Holz .....	28
Abbildung 12 Schematische Darstellung einer Solaranlage .....	30
Abbildung 13 Prinzip der Wärmepumpe .....	33
Abbildung 14 Luft und Erdwärme als Wärmequelle .....	33
Abbildung 15 Preisvergleiche der Brennstoffe .....	37

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Erdgasabrechnung der Jahre 08/10/11 .....	22
Tabelle 2 Investitionskosten der Gebäudesanierung .....	23
Tabelle 3 Tilgungsplan der Investitionskosten der Gebäudesanierung .....	23
Tabelle 4 Investitionskosten Holzvergaserkessel.....	26
Tabelle 5 KfW-Förderung Holzvergaserkessel.....	26
Tabelle 6 Tilgungsplan Holzvergaserkessel .....	27
Tabelle 7 Vergleich der jährlichen Brennstoffkosten .....	28
Tabelle 8 Investitionskosten einer Solaranlage .....	30
Tabelle 9 KfW-Förderung Solaranlage .....	30
Tabelle 10 Tilgungsplan Solaranlage .....	31
Tabelle 11 Investitionskosten Wärmepumpe.....	34
Tabelle 12 KfW-Förderung Wärmepumpe.....	34
Tabelle 13 Tilgungsplan Erdwärmepumpe .....	35
Tabelle 14 Kredit für Gasbrenner,.....	36
Tabelle 15 Jährliche Betriebskosten der Gasheizung .....	37
Tabelle 16 Jährliche Kosten der Heizsysteme im Vergleich .....	38

## Abkürzungsverzeichnis

BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BGF	Bruttogrundfläche
bzw.	beziehungsweise
d.h.	das heißt
EEG	Erneuerbare Energien Gesetz
EnEG	Energieeinsparungsgesetz
EnEV	Energieeinsparverordnung
excl.	Exklusiv
ff.	fortfolgend
incl.	Inklusiv
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
Kg	Kilogramm
kWh	Kilowattstunde
m <sup>3</sup>	Kubikmeter
rm	Raummeter
TS	Trockensubstanz
usw.	und so weiter
Vgl.	Vergleich
z.B.	zum Beispiel

## 1. Einleitung

Die Investition in Immobilien war schon immer eine sichere Kapitalanlage. Nicht nur als Altersvorsorge, sondern auch als inflationssicher und wertstabil wird eine Wertanlage in Immobilien gesehen. Durch Unruhen auf den Aktienmärkten, Währungs- und Wirtschaftskrisen sind Investitionen in das sogenannte „Betongeld“ so begehrt wie nie zuvor geworden.<sup>1</sup>

Wegen der ständig steigenden Energiepreise ist es nun notwendig, den Energieverbrauch zum einen durch bauliche Maßnahmen und zum anderen durch ein effizienteres Heizsystem zu reduzieren, d.h. es soll eine höchstmögliche Energieeffizienz erreicht werden. Dazu sei hier zunächst der Begriff geklärt:

Energieeffizienz ist „so wenig Energie wie möglich zu verbrauchen und zugleich so viel wie möglich aus jedem Tropfen Öl, jedem Kilogramm Kohle, jedem Sonnenstrahl und jeder Windbrise zu gewinnen.“<sup>2</sup>

Durch zu hohe Zinsbelastungen in den 80er Jahren war es zu teuer, hochwertige Produkte in *allen* Baubereichen zu verwenden. Mein Anliegen in dieser Arbeit ist es, mein Elternhaus, welches in den 80er Jahren erbaut wurde und eben diesem Problem Rechnung tragen musste, energieeffizient zu sanieren.

Es sollen diverse Förderungs- und Finanzierungsmöglichkeiten und der Energieausweis erläutert werden, eben so wie die technischen Möglichkeiten der Gebäudesanierung wie z.B. die Dämmung des Daches, neue Kellerfenster und Isolierungsmaßnahmen an den vorhandenen Fenstern und Türen. Mit Hilfe von Informationsmaterial zur energetischen Gebäudesanierung und vorhandener Daten des Ist-Zustandes des Gebäudes sollen Möglichkeiten erklärt werden, wie eine höhere Energieeffizienz erreicht werden kann.

Weitere Gründe das Gebäude zu sanieren sind die Steigerung des Wohnkomforts, die Wertsteigerung der Immobilie und der Beitrag zur Schonung unseres Klimas und unserer Umwelt. Gerade bei renovierungsbedürftigen Gebäuden können sinnvolle und kostengünstige Maßnahmen getätigt werden, sodass 30-50% der gesamten Instandhaltungskosten den energetisch bedingten Zusatzkosten zuzurechnen sind.

Auch die aktuell günstige Zinssituation und Fördermöglichkeiten sollen berücksichtigt werden.

---

<sup>1</sup> Weser-Ems-Manager Wirtschaft. Regional. Spannend. Ausgabe 03/13, S.62

<sup>2</sup> Förderprogramm „Vor-Ort-Beratung“ Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

## 2. Rechtliche Grundlagen

Zunächst einmal sind für dieses Referenzgebäude rechtliche Grundlagen relevant. Die Energieeinsparverordnung (EnEV) ist ein Teil des deutschen Wirtschaftsverwaltungsrechtes. Nach Aussage eines Mitarbeiters des Energieversorgers EWE in Oldenburg, Robert Meyer, basiert die EnEV auf der rechtlichen Grundlage des Energieeinspargesetzes (EnEG), das bautechnische Standardanforderungen zum effizienten Betriebsenergiebedarf jedes zu sanierenden Gebäudes verlangt. „Die EU-Gebäuderichtlinie fordert z.B. in der EnEV 2007 in Deutschland die Einführung eines Energieausweises für alle bestehenden Gebäude in den Mitgliedstaaten.“<sup>3</sup>

### 2.1. Energieeinsparverordnung (EnEV)

„Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden, in der aktuellen Fassung seit Oktober 2009 in Kraft. Die Novellierung hat die Anforderungen an die Energieeffizienz von Gebäuden um ca. 30% verschärft.“<sup>4</sup>

Da mein Elternhaus weit vor Februar 2002 bezogen wurde, gilt für die Umbaumaßnahmen die EnEV 2009. Das bedeutet, dass eine Geschossdecke eingezogen oder die Dachdämmung verbessert werden kann, was aber nicht zwingend ist. Im Sinne der Energieeffizienz erscheint es jedoch sinnvoll die Dachdämmung nachzurüsten. (weitere Ausführungen s. „Maßnahmen“)

### 2.2 Energieeinsparungsgesetz

„Viertes Gesetz zur Änderung des Energieeinsparungsgesetzes vom 04. Juli 2013

Das Energieeinsparungsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 01. September 2005 (...) wird wie folgt geändert: Wer nach dem 31. Dezember 2020 ein Gebäude errichtet, das nach seiner Zweckbestimmung beheizt oder gekühlt werden muss, hat das Gebäude, um Energie zu sparen, als Niedrigstenergiegebäude nach Maßgabe der nach Absatz 2 zu erlassenden Rechtsverordnung zu errichten.“<sup>5</sup>

Wie in der Einleitung beschrieben soll das Referenzgebäude im Sinne größtmöglicher Energieeffizienz auf der Basis des Energieeinsparungsgesetzes saniert werden.

---

<sup>3</sup> Energetische Gebäudesanierung, Martin Pfeiffer, 2008, S.15

<sup>4</sup> Deutsche Energie-Agentur GmbH 2010 (dena) 5. überarbeitete Auflage Modernisierungsratgeber Energie S.53

<sup>5</sup> Viertes Gesetz zur Änderung des Energieeinsparungsgesetzes, 4. Juli 2013, S. 1

## 2.3 Energieausweis

„In diesem deutschen Ausweis wird der energetische Zustand der Gebäudehülle, Heizungsanlage, Lüftung, Warmwasserbereitung und die Art der eingesetzten Energieträger dokumentiert. So wird eine energetische Vergleichbarkeit der Gebäude möglich. Zusätzlich sind in dem Energieausweis auch Empfehlungen für eine Modernisierung enthalten. Wird ein Gebäude oder Gebäudeteil verkauft, verpachtet, vermietet oder neu gebaut, ist Interessenten dieser Ausweis vorzulegen.“<sup>6</sup>

Der Energieausweis für Wohngebäude ist zehn Jahre gültig. Für Gebäude mit weniger als 50 m<sup>2</sup> Wohnfläche oder denkmalgeschützte Gebäude müssen keine Energieausweise erstellt werden. Im Rahmen der Vorbereitung einer möglichen Modernisierung eines Wohngebäudes kann jedoch ein freiwilliger Energieausweis ausgestellt werden. Anspruch auf einen Energieausweis haben Eigentümer und Käufer eines Neubaus. Auch bei wesentlichen Umbauten ist der Energieausweis bereits Pflicht. Dieser wird dem Eigentümer des Objekts vom Architekten oder Bauträger ausgestellt. Mieter jedoch sollten sich den Ausweis bei den Vertragsverhandlungen vom Vermieter vorlegen lassen. Energieausweise müssen seit dem 01. Juli 2009 auch für Nichtwohngebäude im Vermietungs- oder Verkaufsfall ausgestellt werden. In öffentlichen Gebäuden muss er gut sichtbar ausgehängt werden.<sup>7</sup>

Nach der Modernisierung des Referenzgebäudes wird im Sinne eines Nachweises der Wertsteigerung ein freiwilliger Energieausweis beantragt werden.

---

<sup>6</sup> Energetische Gebäudesanierung, Martin Pfeiffer, 2008, S.15

<sup>7</sup> Deutsche Energie-Agentur GmbH(dena) 2010 5.überarbeitete Auflage Modernisierungsratgeber, Energie S.53

Auf dem Energieausweis, ist nicht nur der Typ des Gebäudes (z.B. Ein- oder Mehrfamilienhaus), sondern auch die Anschrift mit Straße und Hausnummer, Wohnfläche in m<sup>2</sup>, Baujahr, Anzahl der Wohnungen oder Anzahl der Zimmer und das Baujahr der Anlagentechnik ersichtlich. Des Weiteren wird der Anlass der Sanierung unter dem Vermerk „Sonstiges“, angeführt. Es folgen unter anderem weitere Hinweise über die energetische Qualität des Gebäudes, wie zum Beispiel dass der Energieausweis auf der Grundlage von Berechnungen des Energiebedarfs und/oder von Auswertungen des Energieverbrauchs durch den Eigentümer und/oder Aussteller gekennzeichnet wird. Die Verwendung eines

10

### 3. Bauen im Bestand

Energieausweises dient lediglich der Information über den Energieverbrauch des Gebäudes. Mit Datum und seiner Unterschrift signiert der Aussteller diesen Ausweis. Der Endenergiebedarf wird auf einer Skala von grün (positiv und geringer Energieverbrauch) bis rot (negativ und hoher Energieverbrauch) in KWh ( $\text{m}^2 \cdot \text{a}$ ) festgelegt. Auf der gleichen Skala wird auch der Primärenergiebedarf in KWh ( $\text{m}^2 \cdot \text{a}$ ) aufgezeichnet. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden in ( $\text{Kg}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$ ) angegeben. Im Endenergiebedarf werden Energieträger wie Strom, Erdgas oder auch Holz mit ihrer Leistung an Warmwasser, Heizung oder Hilfsgeräte aufgeführt. Des Weiteren sind auf dem Energieausweis in einer Skala Idealwerte von bestimmten Gebäuden zu ersehen. Zum Schluss werden Erläuterungen zum Berechnungsverfahren unter der Energieeinsparverordnung gegeben.

### 3. Bauen im Bestand

Da das Bauen im Bestand oft schwieriger umzusetzen ist, als ein energieeffizientes Haus neu zu bauen, müssen wichtige Faktoren berücksichtigt werden, um das Ziel, aus dem 30 Jahre alten Gebäude ein energiebewusstes, umweltverträgliches Haus zu schaffen, zu erreichen.

#### 3.1. Energieberater

Der Begriff 'Energieberater' ist nicht geschützt. Jeder, der im Energie-, Sanitär-, Dachdecker-, Heizungsbau- und Elektrohandwerk tätig war oder ist, kann sich so nennen. Wenn sich ein Eigentümer für eine Beratung entscheidet, ist ihm zu einem „anerkannten staatlich geprüften Gebäudeenergieberater“ zu raten,<sup>9</sup> um unsinnige Sanierungsvorschläge zu vermeiden. Zu den grundlegenden Aufgaben eines Energieberaters zählt zunächst die detaillierte Bestandsaufnahme des Ist-Zustandes eines zu begutachtenden Gebäudes. Im nächsten Schritt wird ein schriftliches Gutachten über Ergebnisse, Maßnahmen der Sanierung und Wirtschaftlichkeit unter Berücksichtigung der Förderung erstellt. Dieses Gutachten muss verständlich sein und eine kurze Einleitung über die Maßnahmen enthalten. In einem abschließendem Gespräch zwischen Energieberater und Eigentümer schlägt der Energieberater vor, wie die baulichen Maßnahmen preiswert umgesetzt werden können. Der Energieberater klärt den Besitzer über Fördermöglichkeiten bei der Umsetzung des Plans auf. Darüber hinaus ist es die Aufgabe des Energieberaters, das Antragsverfahren mit einem Antrag auf einen Zuschuss vor Beginn seiner Beratung beim Bundesamt für Wirtschaft und

---

<sup>9</sup> Fernsehbericht, Drehscheibe Deutschland vom 29.12.2013

### 3. Bauen im Bestand

Ausfuhrkontrolle (BAFA) schriftlich oder online zu beantragen. Anschließend wird dieser Antrag vom BAFA geprüft. Das BAFA zahlt den Zuschuss nach positivem Entscheid direkt nach der Beratung an den Energieberater aus.<sup>10</sup>

Um sich umfassende Hintergrundinformationen zum oben ausgeführten Themenaspekt zu beschaffen, sollte man sich an einen Handwerksmeister seines Vertrauens wenden, der die Anerkennung als Energieberater erworben hat. In Bezug auf das Referenzgebäude war der Auskunft gebende Tischlermeister (anerkannter Energieberater Herr Martin Läken, Inhaber der Firma Läken, Rhede/Ems) Dies kann auch zum Beispiel der Tischlermeister vor Ort sein. Die Ausrüstungen für die Durchführung von thermographischen Messungen und Blower-Door-Testverfahren sind allerdings sehr teuer (ca. 30.000 €) sodass viele Unternehmer diese Tests von Baudiagnostikern durchführen lassen. Dies Kann zum Beispiel ein Baudiagnostiker wie Herr Theo Reuter, aus Elsfleth sein.

#### 3.2. Bestandsaufnahme

Aus den jährlichen Abrechnungen des Energieversorgers unserer Region, der Energieversorgung Weser Ems, lässt sich bezogen auf die letzten drei Jahre ein Mittelwert berechnen. Der Energieverbrauch bezieht sich in diesem Fall auf die Energiebezugsfläche (Wohnfläche, 151,43m<sup>2</sup>). Diese Kennwerte können als Grundlage für die Effektivität der durchgeführten Maßnahmen dienen, auch wenn sich kein direkter Rückschluss mit einer Abrechnung der Energie über die Effizienz ableiten lässt. Mittels einer gut durchgesetzten Bestandsaufnahme vom Ist-Zustand des zu sanierenden Gebäudes kann unter Einbeziehung der Angabe über die Flächenorientierung der Außenbestandteile der Jahresheizwärmebedarf ermittelt werden. Einzelne Bauteile zu betrachten ist durchaus sinnvoll, da diese eher Schwachstellen aufweisen als ganze Baukomponenten. Ferner geben technische Parameter Aufschluss über den Ist-Zustand von Lüftungs- und Wärmeanlagen, Dämmung, Leistungsführung, Betriebstemperatur der Heizungsanlage und den Endenergieverbrauch.<sup>11</sup> Der Unterschied zu einer konventionellen Bestandsaufnahme liegt darin, die zum Teil überlaufenden Daten in ein elektronisches Gebäudeinformationssystem zu verwandeln. Diese Daten werden zu einem Gebäudeinformationssystem (GM-System) zusammengefasst und erlauben weitere operative und strategische Betrachtungen eines Gebäudes. In einer computergestützten, reflektorlosen Tachymetrie werden gemessene und ausgewertete Daten sofort graphisch in CAD- Pläne umgewandelt und mit weiteren Informationen ergänzt. Dieses Messprinzip wird Mittels eines Laserstrahls punktgenau an

---

<sup>10</sup>Förderprogramm Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

<sup>11</sup> Energetische Gebäudesanierung, Martin Pfeiffer, 2008 S. 32/33

### 3. Bauen im Bestand

der Messstelle durchgeführt, ist einfach umzusetzen und die Messung erfolgt schnell. Um die Distanz bestimmen zu können, dient das vom Laserpunkt reflektierte Licht. Das Reflexionsvermögen und die Oberflächenbeschaffenheit sind ausschlaggebend für die Reichweite. Es ist darauf zu achten, dass bei der Auswahl des Aufmaßprogrammes eine Flexibilität besteht, um eventuelle manuelle Eingaben während der Messung durchzuführen. Es sollten zum Beispiel auch Raumhöhen, spezielle Ausstattungen sowie Raumnummern dokumentiert werden. Zu berücksichtigen sind außer dem traditionellen und computergestützten Verfahren die Informationen wie die Erfassung, Verwaltung und Darstellung der Daten sowie die Anlagentechnik des Gebäudes. Des Weiteren sollten Informationen aus Fotografien, Beschriftungen, Videos, Zeichnungen usw. berücksichtigt werden. Das Ziel sollte sein, Informationen digital zu verknüpfen und über bestimmte Schnittstellen in das Gebäudeinformations-System zu integrieren. Die Informationen sind nicht nur in der Bauphase von Bedeutung, sondern dienen auch bei der Nutzung des Gebäudes.<sup>12</sup>



Abbildung 2 Methodik der Bestandsaufnahme bei Gebäudesanierung<sup>13</sup>

<sup>12</sup> Energetische Gebäudesanierung, Martin Pfeiffer, 2008, S.28 ff.

<sup>13</sup> Energetische Gebäudesanierung, Martin Pfeiffer, 2008, S.29

#### 3.3. Bestandserfassung

Die Bestandserfassung ist die Grundlage für den eigentlichen Planungsprozess. Sie entscheidet über Kosten und Nutzen. Die Analyse der Bautechnik und die Bewertung des Ist-Zustandes des zu sanierenden Objektes werden mit der bautechnischen Bestandsaufnahme durchgeführt. Zu dieser Analyse gehören nicht nur Messungen, sondern auch Untersuchungen wie:

- ➔ Ermittlung der Tragfähigkeit des Gebäudes
- ➔ Ultraschallmessungen zur Feststellung von Materialänderungen und Verwitterungstiefen
- ➔ Salzmessungen zur Messung der Gebäudefeuchtigkeit
- ➔ Erfassung von Luftströmung, -temperatur und -feuchtigkeit
- ➔ Feststellung von Material- und Druckfestigkeit von Baustoffen und Oberflächen mittels des Rückprallhammers
- ➔ Verfahren der thermographischen Untersuchung von Bauteilen/Baukonstruktionen (Wärmebrücken/Materialwechsel)
- ➔ Beurteilung der Luftdichte mit dem Blower-Door-Test sowie Thermographie<sup>14</sup>

##### 3.3.1. Thermografisches Verfahren

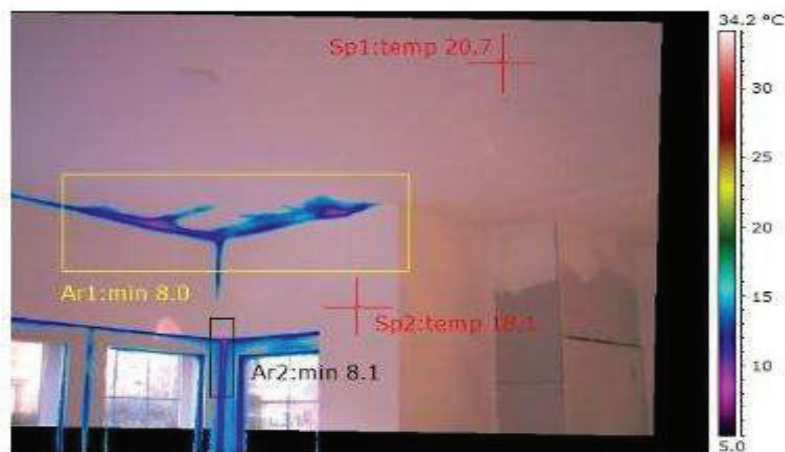


Abbildung 3 Bauthermografie -Baudiagnostik Wilting<sup>15</sup>

<sup>14</sup> Energetische Gebäudesanierung, Marin Pfeiffer, 2008, S. 30 f.

<sup>15</sup> Thermografieaufnahme Baudiagnostik Wilting, Theo Reuter, Elsflath

### 3. Bauen im Bestand

In dem ersten Fall der Thermografie (Bild oben) sind Wärmebrücken an den Fensterecken und an den Deckenecken zum Außenbereich des Hauses. Diese Wärmebrücken sind an den Stellen üblich. Beim zweiten Bild sind während der Thermografieaufnahme deutliche Wärmeverluste im Bereich des Dachbodenaufganges zu erkennen. Hier entweicht ein großer Teil der Wärme.

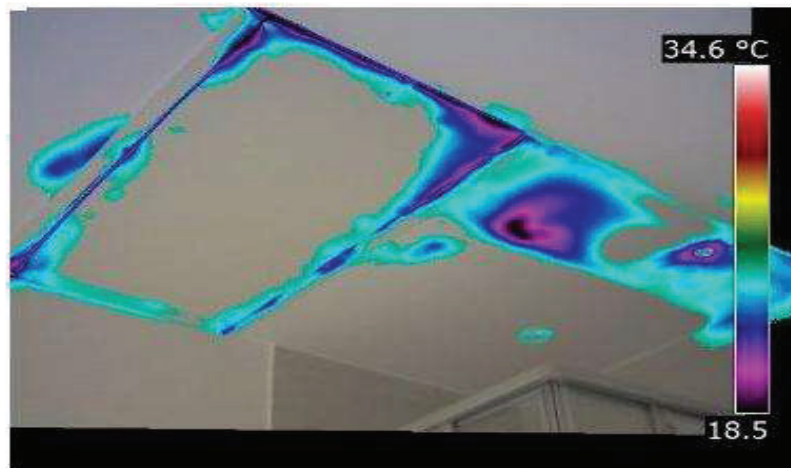


Abbildung 4 Bauthermografie - Baudiagnostik Wilting<sup>16</sup>

Die Thermografie ist ein Verfahren zur Visualisierung und Aufzeichnung von Temperaturverteilungen, mittels der vom Objekt ausgehenden Wärmestrahlung. Auf einem Wärmebild (Thermogramm) erhält man unterschiedliche Farben, die durch langwellige Infrarotstrahlungen zu Stande kommen. Die mit Infrarotdetektoren in CCD- Bauweise arbeitenden Wärmesichtgeräte zur direkten Betrachtung und Untersuchung benötigen kein aufwändiges mechanisches Abtastsystem.<sup>17</sup>

<sup>16</sup> Thermografieaufnahme Baudiagnostik Wilting, Theo Reuter, Elsfleth

<sup>17</sup> Brockhaus Enzyklopädie, Band 22, 18. Auflage, 1993, S.95

#### 3.3.2. Der Blower-Door-Test



Abbildung 5 Der Blower-Door-Test

Den Blower-Door-Test setzt man ein, um die Dichte eines Gebäudes, das heißt, dessen Luftdurchlässigkeit, zu überprüfen.<sup>18</sup>

#### 3.4 Fördermittel zur energetischen Gebäudesanierung

Um das Wohneigentum mit einer guten und soliden finanziellen Unterstützung umbauen zu können, bieten der Bund, die Länder und die Kommunen verschiedene Formen einer Finanzierung an. Die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) und das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) sind hinsichtlich energieeffizienten (Um-)Bauen zu Deutschlands wichtigen Institutionen für dessen Finanzierung. Förderungen werden allerdings nur dann gewährt, wenn bereits vor Beginn des Umbaus die Antragstellung auf energiesparende Modernisierungsmaßnahmen erfolgt ist. Man sollte beachten, dass es keinen Rechtsanspruch auf eine Förderung gibt. Eine Koppelung von mehreren Förderprogrammen wird tendenziell ausgeschlossen. Ausnahmen bedürfen einer sachgemäßen Prüfung durch die Institutionen. Private Bauherren haben die Möglichkeit, einen zinsverbilligten Kredit für einzelne Bauvorhaben oder ganze Maßnahmenpakete von der Kreditanstalt für Wiederaufbau zu erhalten. Zusätzlich können Zuschüsse bei der KfW von Besitzern von Ein- und Zweifamilienhäusern, sowie Besitzern von Eigentumswohnungen für energiesparende Gebäudeinstandsetzung beantragt werden.<sup>19</sup>

<sup>18</sup> Energetische Gebäudesanierung, Martin Pfeiffer, 2008, S.83 ff.

<sup>19</sup> Energetische Gebäudesanierung, Martin Pfeiffer, 2008, S.268

### 3. Bauen im Bestand

Um Effizienzziele sinnvoll im Gebäudesektor umsetzen zu können, bietet der Bund seinen Bürgern und Unternehmen ein gefördertes „Vor- Ort-Beratungsprogramm“ an. Diese Vor-Ort-Beratung beruht auf einer reiflichen Prüfung des Wohngebäudes, anhand derer unter Beachtung eines Wirtschaftlichkeitsangebotes das entsprechende Objekt zu einem Effizienzhaus saniert werden kann. Die durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) entwickelte „Vor-Ort-Beratung“ sieht Zuschüsse für Ein- und Zweifamilienhäuser in einer Höhe von 400€ und für Wohngebäude ab drei Wohneinheiten einen Betrag von maximal 500€ vor. Thermographische Untersuchungen können mit 100€ und Stromeinsparberatungen mit 50€ unterstützt werden. Eine Anbieter unabhängige Vor-Ort-Beratung ist nur förderfähig, wenn die Maßnahmenempfehlungen, auch bei einer schrittweisen Sanierung, zu einem Ergebnis führen, welches im Rahmen des Wirtschaftlichkeitsangebotes als dauerhaft energetisch saniert angesehen werden kann. Der Beratungsempfänger erhält einen schriftlichen Beratungs- Empfehlungs-Bericht über die Sanierung seines Objektes im Sinne der Kreditanstalt für Wiederaufbau. Der Eigentümer wird nun nach Effizienzhausniveau und einer zeitlichen Reihenfolge der Maßnahmen, die ausgeführt werden müssen, beraten. Sollte aber ein förderfähiges KfW- Effizienzhausniveau im Einzelfall nicht wirtschaftlich erreichbar sein, so müssen hierfür zwingende Gründe angegeben werden. Besitzer von Wohngebäuden haben grundsätzlich einen Anspruch auf eine Energiesparberatung, die vor Ort erfolgt, sofern es sich um gesamte Gebäude handelt. Gewerbetreibende selbstständige Unternehmen der freien Wirtschaft, der Wohnungswirtschaft und Agrarbetriebe sind auch berechtigt eine Beratung in Anspruch zu nehmen, sofern gewisse Umsatzsummen nicht überschritten werden und es sich bei der Beratung ausschließlich um Wohngebäude handelt. Die Beratung der zu begutachtenden Gebäude kommt nur in Frage, wenn der Bauantrag vor dem 31.12.1994 gestellt worden ist und sich das Objekt in der Bundesrepublik Deutschland befindet. Zudem müssen mindestens 50% der Gebäudefläche bewohnt werden, oder das Gebäude muss ursprünglich als Wohngebäude geplant und errichtet worden sein.<sup>20</sup> Letzteres trifft auf das Referenzgebäude zu, ebenso wie der Zeitpunkt der Bauantragsstellung. Insofern wäre die Zuhilfenahme einer Energiesparberatung durchaus empfehlenswert.

---

<sup>20</sup>Förderprogramm Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

## 4. Leistungen und Ziele der energieeffizienten Gebäudesanierung

Für jede energieeffiziente Gebäudesanierung ist die Bedarfsplanung nach DIN 18205 erforderlich, die auf drei wesentlichen Zielen basiert: „die Bedürfnisse des Bauherren und wichtiger Beteiligter, wie die Nutzer, an das Wohngebäude systematisch zu ermitteln und zu analysieren, die Bedürfnisse als Bedarf zielgerichtet aufzubereiten und diese in bauliche Anforderungen umzusetzen.“<sup>21</sup>

Probleme bei der Modernisierung liegen oft an einer mangelhaften Bedarfsplanung. Bedürfnisse des Bauherrn werden unzureichend festgestellt und die Haupt-Baufaufgabe wird nicht klar definiert. So ist es von größter Bedeutung, bevor der Umbau beginnt, die Bauaufgabe klar und umfassend zu definieren.<sup>22</sup> Die DIN 18205 - Bedarfsplanung im Bauwesen vom April 1996 ist in zwei Prüflisten aufgeteilt.<sup>23</sup> Prüfliste A beschreibt die Projekterfassung. Sie steht für die frühe Phase der Bedarfsplanung und umschließt allgemein die Art des Projekts. Prüfliste B fokussiert sich auf die Projektorganisation. Die Entwürfe der Planung sollen mit den verfügbaren Mitteln die Ziele offensichtlich anstreben.<sup>24</sup>

---

<sup>21</sup>Energetische Gebäudesanierung, Martin Pfeiffer, 2008, S.24

<sup>22</sup>Energetische Gebäudesanierung Martin Pfeiffer, 2008, S.24/25

<sup>23</sup> Hochschule München, Fakultät 02 Bauingenieurwesen, PDF, S.5/18

<sup>24</sup>Energetische Gebäudesanierung Martin Pfeiffer, 2008, S.25 ff.

Prüfliste und Beispiele	Bemerkungen
<b>A.1 das Projekt</b>	
A.1.1 Projekt, Name, Bezeichnung	-
A.1.2 Standort, Adresse	
A.1.3 Gebäudeart, Nutzungsart	
<b>A.2 Zweck des Projektes</b>	
A.2.1 Hauptursache für das Projekt	Diese generellen Aussagen werden in B.4 und B.6 der Tabelle B.1: Prüfliste B ausführlicher behandelt
A.2.2 Hauptziele des Projektes	
A.3.3 Aufgaben des Bedarfsplanes	s. Anwendungsbereich
<b>A.3 Umfang des Projektes</b>	
A.3.1 Größe	Dieser Abschnitt sollte die Bedürfnisse des Bauherrn allgemein schildern. Die Aussagen werden dann in B.3 und B.6 der Tabelle B.1: Prüfliste B ausführlicher behandelt.
A.3.2 Qualität	
A.3.3 Finanzrahmen	
A.3.4 Zeitraum	
A.3.5 Gegenwärtiger Planungsstand des Projektes	
A.3.6 Zukünftige Veränderungen	
<b>A.4 die Beteiligten</b>	
A.4.1 Bauherr	Bei diesem sowie dem nächsten Abschnitt A.5 sollten zur Erleichterung der Kontaktaufnahme Namen, Adressen, Telefonnummer, Faxnummern aller Organisationen und Personen angegeben werden, die möglicherweise am Projekt beteiligt sind.
A.4.2 Bewohner und Nutzer	
A.4.3 Projektmanager bzw. Verwalter	
A.4.4 Berater für die Bedarfsplanung	
A.4.5 Planer bzw. Gutachter	
A.4.6 Andere Berater	
A.4.7 Baufirmen	
<b>A.5 andere Einflussgruppen</b>	
A.5.1 Regierung	Zusätzlich zu den Beteiligten und denen, die vom Bauherrn für ihre Beteiligung bezahlt werden, gibt es andere Einflussgruppen, die mit gewissen Aspekten des Projektes zu tun haben. Es ist wichtig, dass die Beteiligten über die Rollen und Organisationsformen solcher Gruppen informiert werden.
A.5.2 nationale bzw. internationale Organisationen	
A.5.3 örtliche Verwaltung	
A.5.4 Stadtplanung bzw. Baubehörde	
A.5.5 Finanzierer bzw. Förderer	
A.5.6 Gruppen bzw. Personen mit speziellen Interessen	
A.5.7 Grundstückseigentümer und Pächter	
A.5.8 Nachbarn und ihre Berater	
A.5.9 Medien	
A.5.10 Versicherer	

Abbildung 6 Prüfliste A Projekterfassung<sup>25</sup>
<sup>25</sup> Energetische Gebäudesanierung, Martin Pfeiffer, 2008, S.26

Prüfliste und Beispiele	Bemerkungen
<b>B.1 Projektorganisation</b>	
B.1.1 die Beteiligten (Bauherr; Bewohner bzw. Nutzer; Projektmanager; Berater für Bedarfsplanung; Planer; Gutachter; Baufirmen)	B.1: Zuständigkeit, Verantwortlichkeit, Rollen und Erfahrungen sollten für jede Beteiligungsgruppe dargestellt werden, mit Organisationsdiagrammen und -beziehungen. Verfahren und Zeitplan der Auswahl von weiteren Planern und Beratern sollten dargestellt werden, vgl. B.3.4. Dem organisatorischen Rahmen wurde Priorität gegeben, weil bestimmte Teile der Organisation stehen müssen, bevor der übrige Bedarfsplan entwickelt werden kann. Die allgemeine Organisation des Projektes in seinen frühen Phasen ist wichtig, um zu einer umfassenden und verbindlichen Definition von Bedürfnissen und Zielen des Bauherrn zu gelangen. Das ist wesentlich für gute Kommunikation, Motivation, Koordination und für die effektive Kontrolle von Zeit, Kosten und Qualität. Das allgemeine Management liegt in der Verantwortung des Bauherrn. Es sollte nur unter besonderen Bedingungen vergeben werden und nur mit großer Sorgfalt.
B.1.2 andere Gruppen mit Bedeutung für das Projekt	
B.1.3 Verfahren der Entwurfsbewertung	
B.1.4 Qualitätskontrolle (Verfahren der Kommunikation, Zeit- und Kostenkontrolle; Konstruktion)	
<b>B.2 Gesetze, Normen und Vorschriften</b>	
B.2.1 übergeordnete Planung (nationale, regionale und örtliche Pläne; Zonierung)	B.2: Zur Vereinfachung wurden alle Gesetze, Vorschriften, Normen und andere wichtige äußere Einflüsse in diesem Kapitel zusammengefasst, gleich, ob sie das Grundstück, die Nutzung, die Umgebung oder andere Aspekte des Projekts betreffen.
B.2.2 rechtliche Einschränkungen für Gebäude (Baulasten; Wegerechte)	
B.2.3 Nutzungsverordnungen (Gesundheit bzw. Sicherheit; Arbeitsstätten)	B.2.4: Dieser Titel sollte finanziellen Vorschriften vorbehalten bleiben. Details von Budgets und anderen direkt auf das Projekt bezogenen Vorgängen sollten unter B.3 erfasst werden.
B.2.4 Finanzen (Subventionen; Zuwendungen; Import- bzw. Exportvorschriften; Steuern)	
B.2.5 Baugesetzgebung und -vorschriften, Richtwerte, Normen (international bzw. national bzw. örtlich)	B.2.5: Flächen- und Kostenrichtwerte
B.2.6 Umweltgesetzgebung und -vorschriften, Richtwerte (Luft; Wasser; Schall; Energie; Abfallbeseitigung)	B.2.6: Energieverbrauchsrichtwerte, ökologische Baustoffe und Bauweisen, Umweltverträglichkeitsprüfungen
B.2.7 Politik und Verwaltung (Genehmigungsverfahren; nationales bzw. lokales Interesse am Projekt)	
B.2.8 Soziales und Kultur (Anhörungsverfahren; organisatorische Interessengruppen; andere Einflüsse bzw. Gruppen bzw. Medien)	

Abbildung 7 Prüfliste B Rahmenbedingungen<sup>26</sup>

<sup>26</sup> Energetische Gebäudesanierung, Martin Pfeiffer, 2008, S.27

Nach der umfangreichen Bestandsaufnahme sollte sich der Eigentümer zusammen mit dem Energieberater (3.1) eine Strategie zur Umsetzung der Baumaßnahmen überlegen, um ein klar definiertes Ziel anstreben zu können.

Besonders im Vordergrund sind Ziele, die vorrangig und mittelfristig für das Projekt stehen. Hier geht es darum, den Gebrauchswert von Nutzeinheiten zu erhöhen, allgemeine Verbesserungen des Gebäudes vorzunehmen sowie die Verbesserungen des Wohnkomforts, des Wärmeschutzes und die Gebäudenutzung im Bereich der Gasversorgung anzustreben.<sup>27</sup>

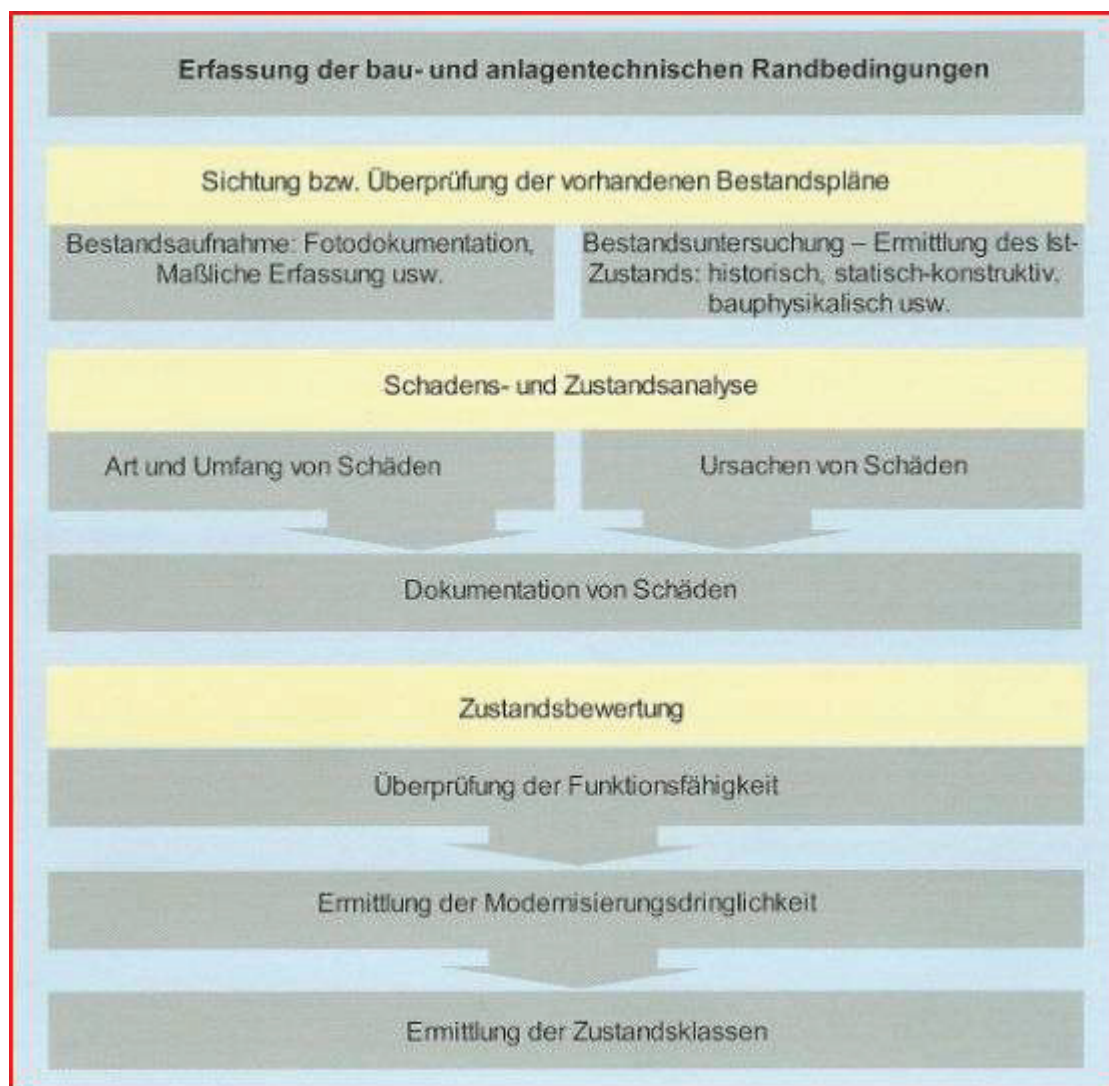


Abbildung 8 Bestandserfassung des Gebäudes<sup>28</sup>

<sup>27</sup> Energetische Gebäudesanierung, Martin Pfeiffer, 2008, S.33

<sup>28</sup> Energetische Gebäudesanierung, Martin Pfeiffer, 2008, S. 28

#### 4.1. Heizkostenabrechnungen

Tabelle 1 Erdgasabrechnung der Jahre 08/10/11<sup>29</sup>

Erdgas		2007/2008					
				Tage	Menge m³	Mwst.	Preis in € je kWh
Abrechnungszeitraum		14.02.2007-14.02.2008		366		19%	0,0451
			alt	neu			
Zählerangaben			46.241	48.603	2.362,34		
		Menge m³	*	Zustandszahl	*	Brennwert kWh/m³	= Verbrauch kWh
Erdgasverbrauch		2.362,34	*	-	*	9,468	= 22366,63512
						Betrag Mwst.	= 191,6596963
						Betrag excl. Mwst.	= 1008,735244
						Betrag incl. Mwst.	= 1200,39494

Erdgas		2009/2010					
				Tage	Menge m³	Mwst.	Preis in € je kWh
Abrechnungszeitraum		21.02.2009-16.02.2010		361		19%	0,0511
			alt	neu			
Zählerangaben			50.910	52.999	2.088,79		
		Menge m³	*	Zustandszahl	*	Brennwert kWh/m³	= Verbrauch kWh
Erdgasverbrauch		2.088,79	*	0,9655	*	9,79	= 19743,75483
						Betrag Mwst.	= 191,6921157
						Betrag excl. Mwst.	= 1008,905872
						Betrag incl. Mwst.	= 1200,597988

Erdgas		2010/2011					
				Tage	Menge m³	Mwst.	Preis in € je kWh
Abrechnungszeitraum		17.02.2010-11.02.2011		360		19%	0,0441
			alt	neu			
Zählerangaben			52.999	55.441	2.441,54		
		Menge m³	*	Zustandszahl	*	Brennwert kWh/m³	= Verbrauch kWh
Erdgasverbrauch		2.441,54	*	0,9655	*	9,788	= 23073,31964
						Betrag Mwst.	= 193,3313453
						Betrag excl. Mwst.	= 1017,533396
						Betrag incl. Mwst.	= 1210,864742

Im Jahresdurchschnitt betragen die Heizkosten (Gasverbrauch) 1203,952 €. Bei einer Ersparnis von 30% (361,20 €) lägen die Jahresdurchschnittskosten bei 842,75 €.

<sup>29</sup> Eigene Darstellung nach Rechnungen des Energieversorgungs Weser-Ems



zu nehmen, da der Sollzinssatz bei lediglich einem Prozent liegt und der Tilgungszuschuss, die zu zahlenden Zinsen um etwa 100 Euro übersteigt.

### 5. Heizsysteme

Das derzeit im Referenzgebäude verwendende Heizsystem besteht aus einem Vaillant Gasbrenner VK 264/8-E ( $P = 14,4/26,6$  kW) für die Heizungswärme und einem Wikora Super 92 ( $P = 9,8$  kW) Wasserboiler zur Aufbereitung des Warmwassers.

Wie aus der Heizkostenabrechnung (4.1) ersichtlich wird, ist dieses Heizungssystem durchaus rentabel. Nach einem intensiven Informationsgespräch mit einem Mitarbeiter der Firma Witte GmbH & Co KG aus Rhede / Ems<sup>32</sup> stellte sich heraus, dass ein Austausch des Gasbrenners gegen einen Holzvergaserkessel (5.1.) nicht rentabel ist – selbst dann nicht, wenn dieses System neben dem vorhandenen Wohnhaus noch einen neu anzubauenden Altenteil versorgen müsste. Im Folgenden werden dennoch drei verschiedene Heizsysteme vorgestellt, unabhängig von der beabsichtigten Nutzung, weil es nachwievor lohnenswert ist sich mit deren Rentabilität auseinanderzusetzen, um auf dem aktuellen Informationsstand zu sein.

Den stellenweise durchaus positiven Berechnungsergebnissen der folgenden Tabellen und Ausführungen zum Trotz bleibt festzuhalten, dass der im Referenzgebäude eingesetzte Gasbrenner effektiv arbeitet. Da er erst vor etwa sieben Jahren eingebaut wurde, wäre es schlicht unrentabel, ihn bereits jetzt wieder durch – wenn auch zunächst kostengünstiger erscheinender – alternative Heizsysteme zu ersetzen. Diese Überlegung sollte zu einem späteren Zeitpunkt aufgegriffen werden, ist jedoch im Rahmen der hier angestrebten Sanierungsziele als eher ineffizient zu erachten.

#### 5.1. Holzvergaserkessel

Der Brennraum funktioniert als Reaktor für die Produktion von Holzgas. Dieses Holzgas wird durch eine Düse nach unten gedrückt und kann dort als definierte Gasflamme Energie mit gleichmäßig hoher Temperatur freisetzen. Dies liefert schon von Beginn an eine gleichbleibend hohe Leistung bei äußerst geringen Emissionswerten. Anders verhält es sich bei herkömmlichem Holzfeuer, das ungleichmäßig je nach Größe, Durchmesser oder Holzsorte verbrennt, wobei die höchste Wärmeleistung schnell erreicht wird und

---

<sup>32</sup> Informationsgespräch mit der Firma Witte GmbH & Co KG, Rhede/Ems

entsprechend nach gewisser Zeit wieder abfällt. Fast parallel verläuft die Kurve der Schadstoffemissionen. Die im Holzvergaserkessel ablaufenden Prozesse müssen regeltechnisch gesteuert werden. Ein Druckgebläse sorgt für den notwendigen Druck und die notwendige Luftzufuhr. Die Lambdasonde misst den Restsauerstoffgehalt im Rauchgasstrom und kann so ein optimales Gemisch aus Luft und dem gasförmigem Brennstoff herstellen. Bei dieser Technik der Holzvergasung wird das Holz mit höchstem Wirkungsgrad und geringsten Emissionen verbrannt. Die dabei freiwerdende Energie bzw. Wärme wird in den Wassermantel abgegeben, der den gesamten Kessel umhüllt. Hier steht es dann als Heizwasser sowohl für die Beheizung von Räumen als auch als Warmwasser zur Verfügung. Wärmeüberschüsse werden in den Pufferspeicher zeitlich zwischengelagert. In der Realität erzeugt der Holzvergaserkessel in der Stufe 1 erst einmal Holzgas. In Stufe 2 bewirkt dieses Holzgas eine gleichbleibende, saubere Verbrennung. Ein 25 KW Holzvergaserkessel kann mit 0,5 m langem Scheitholz bestückt werden. Unten ist die Vergaserkammer. Diese ist mit Schamottemörtel ausgekleidet. Der Düsenspalt besteht aus einer speziellen Keramik. Der Kessel ist mit einem säurebeständigen Kesselstahl mit 6 mm Wandstücken ausgekleidet. Damit der Kessel nicht überhitzt wird, ist eine thermische Ablaufsicherung Pflicht. Am Übergang zum Kamin durchströmt das Rauchgas die Lambdasonde und umströmt einen Temperaturfühler, dessen Impulse für die Regelung von Wichtigkeit sind. Die Rücklaufanhebung ist auch elektronisch gesteuert.<sup>33</sup>

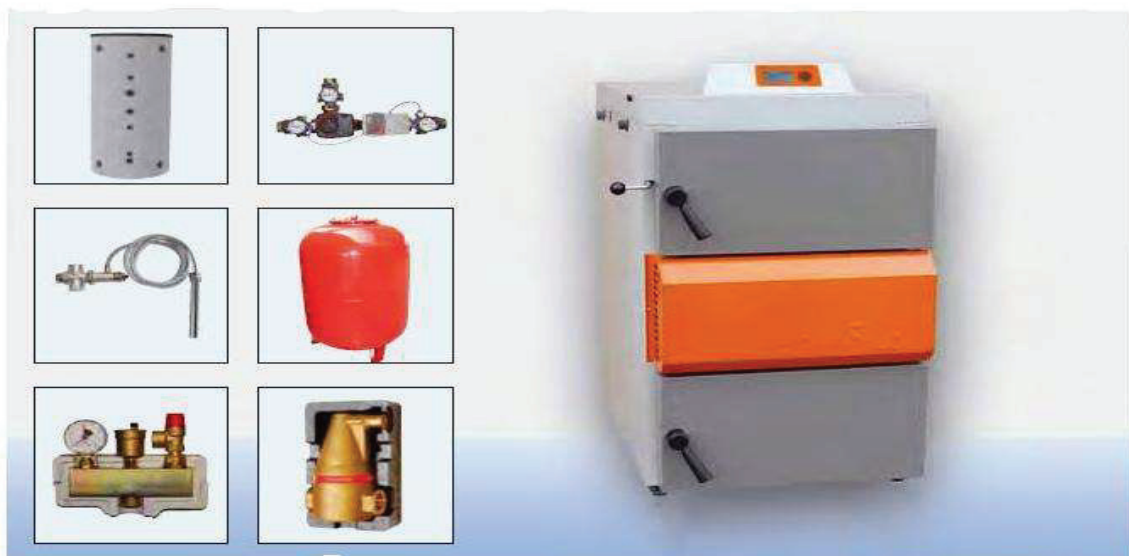


Abbildung 9 Holzvergaserkessel HVS Economics 40 KW<sup>34</sup>

<sup>33</sup>Beschreibung des Holzvergaserkessels nach Preisliste 2013/2014, Solarbayer, S. 40 ff.

<sup>34</sup>Holzvergaserkessel nach Preisliste 2013/2014, Solarbayer, S.42

### 5.1.1. Kosten des Holzvergaserkessels

In der folgenden Tabelle werden ermittelten die Investitionskosten des Holzvergaserkessels in Anlehnung an die Angaben der Firma Solarbayer dargestellt.

**Tabelle 4 Investitionskosten Holzvergaserkessel<sup>35</sup>**

<b>Holzvergaserkessel</b>			
<b>Artikel:</b>	<b>Holzvergaserpakete HVS LambdaControl 40 kW</b>	<b>Variante</b>	<b>Preis in €</b>
HVS LC Set 40-1 A	HVS LC Set 40-1 (Puffervolumen 2200 Liter)	Variante A (Speicher ohne Solartauscher)	8.305,00
HVS Montageset	Reduzierungsverschraubungen für den Vor- und Rücklaufanschluss		50
Kesselpodest	Kesselpodest (passend für HVS 16, HVS 25, HVS 40)		65
Aschenlade	Aschenlade		35
RR 200-Paket Zugbegrenzer	Rauchrohrpaket mit Zugbegrenzer, Ø 200 mm,		260
		Investitionssumme:	8.715,00

**Tabelle 5 KfW-Förderung Holzvergaserkessel<sup>36</sup>**

<b>Aufstellung der KfW-Förderung</b>	<b>Maßnahmen</b>	<b>Kosten in €</b>
Energieeffizient Sanieren (KfW-Effizienzhaus 100 mit 5% Tilgungszuschuss, Höchstbetrag 75.000 € pro Wohneinheit)	s. 4.2.	5265
KfW-Produkt Erneuerbare Energien-Standard (100%ige Finanzierung des Holzvergaserkessels)	s. 5.1.1.	8715
<b>KfW-Förderung gesamt</b>		<b>13980</b>
5% Tilgungszuschuss von 5265€		263,25
<b>Effektiv zurückzahlender Kreditbetrag</b>		<b>13716,75</b>

<sup>35</sup>Eigene Darstellung nach Preisliste 2013/2014, Solarbayer, S. 44

<sup>36</sup>Eigene Darstellung nach aktuellen KfW-Förderprogramm, Energieeffizient Sanieren

## Heizsysteme

Tabelle 6 Tilgungsplan Holzvergaserkessel<sup>37</sup>

Tilgungsplan		Alle Beträge in Euro				
		Jährlich	Tilgung	Zinsen	Kapitaldienst	Restschuld
Kreditprogramm	Holzvergaserkessel					
Kreditbetrag in €	8715	1	0	135,95	135,95	8715
Laufzeit	5 Jahre	2	0	135,95	135,95	8715
Tilgungsfreie Anlaufjahre	2 Jahre	3	2905	135,95	3040,95	5810
Zinsbindung	5 Jahre	4	2905	90,64	2995,64	2905
Zinssatz ab dem Jahr	1	5	2905	45,32	2950,32	0
Sollzins in %	1,56					
Zinszuschlag in %	-					
Sollzinssatz gesamt in %	1,56					
		Gesamtsumme	8715	543,81	9258,81	0
Anfänglicher Tilgungssatz	33,33					
Effektivzins p.a. für Dauer der Zinsbindung	1,56%					
Zinsturnus	jährlich					
Tilgungsturnus	jährlich					

### 5.1.2. Heizen mit Holz



## Holzmaße



**1 Raummeter** = 1 rm ist 1 Kubikmeter geschichtetes Holz inkl. Luftzwischenräume Scheitholz (1 Meter lang)

Bei w = 20%:  
Weichholz ca. 380 kg/rm; Hartholz ca. 570 kg/rm

**Raummeter ofenfertig**  
ist 1 Kubikmeter geschichtetes Holz  
Scheitholz (0,5, 0,33 bzw. 0,25 Meter lang) 1 rm = 0,85 – 0,9 rm ofenfertig

**Schüttraummeter Scheitholz** (0,5, 0,33 bzw. 0,25 Meter lang)  
ist 1 Kubikmeter geschüttetes Holz 1 rm = 1,4 Srm

**Schüttraummeter Hackgut**  
ist 1 Kubikmeter geschüttetes Holzhackgut  
Feinhackgut fein G30 1 rm = 1,75 Srm  
Grobhackgut mittel G50 1 rm = 2,1 Srm

**Festmeter**  
ist 1 Kubikmeter reines (festes) Holz  
Volumenformel  $V [fm] = L \times D^2 \times \pi / 4$

1 rm = 0,7 fm





Heizen mit Holz und Verstand

Abbildung 10 Holzgewichte zu Raummetren<sup>38</sup>

<sup>37</sup> Eigene Darstellung nach aktueller KfW-Förderung, Erneuerbare Energien

<sup>38</sup> Die Umweltberatung, Ing. Gerhard Puchegger, Holzmaße, S.1/25

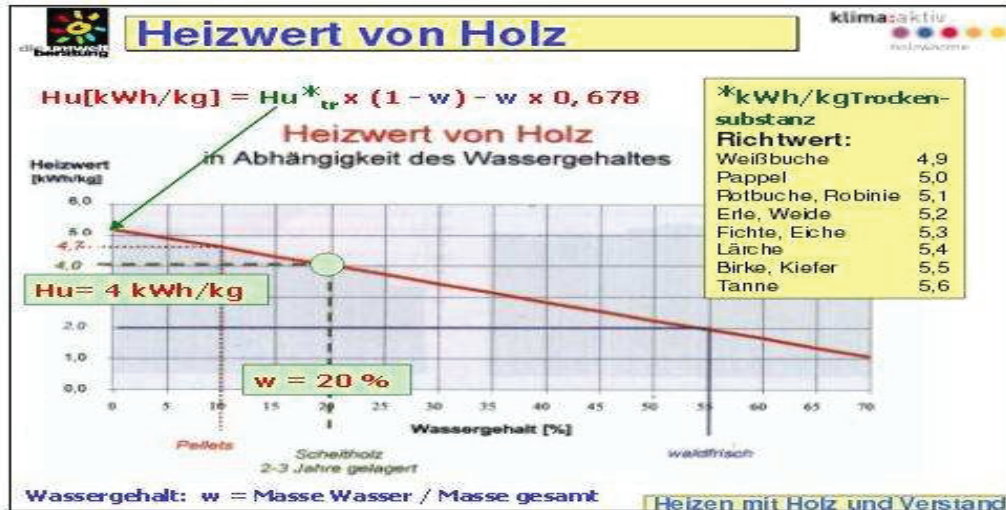


Abbildung 11 Heizwert von Holz<sup>39</sup>

Tabelle 7 Vergleich der jährlichen Brennstoffkosten<sup>40</sup>

Vergleich der Brennstoffkosten p.a.			
	kWh/Jahr	Gaskosten in € Brutto/ Jahr	Holzbrennstoffkosten in € Brutto/ Jahr
Aktueller Gasverbrauch: (2010/2011)	23073,32	1210.87	667,9118947
	Verbrauch in Kg		
Holverbrauch bei 20% Wassergehalt:	4614,664		Kostenersparnis in €/ Jahr
Weichholz mit durchschnittlich 5 kWh/Kg TS Heizwert:			
			542,96 €
	Verbrauch in rm		
1 Raummeter Weichholz wiegt im Durchschnitt 380 Kg	12,14385263		
Fertig zugeschnittenes Weichholz pro rm mit 80% TS kosten:	55 €		

<sup>39</sup> Die Umweltberatung, Ing. Gerhard Puchegger, Holzmaße, S.2/25

<sup>40</sup> Selbst erstellte Grafik in Anlehnung an ein Telefonat mit dem Inhaber des Sägewerks Meijer

In dieser Tabelle wird der aktuelle Gasverbrauch dargestellt. Daraufhin ist das Gas mit dem Holz als Brennstoff substituiert worden. Wenn Holz eingesetzt werden würde, dann ergäbe sich eine Kostenersparnis von 542,96 €. Wie allerdings zuvor erläutert, steht diese Kostenersparnis in keinem Verhältnis zu den Umbaukosten, die durch den Austausch des Heizsystems verursacht würden, zumal die Investition in den Gasbrenner sich noch nicht amortisiert hat.

### 5.2. Solarthermische Anlagen

Die Sonne liefert ca. 1000 kWh Energie pro Quadratmeter. Dieses ist etwa so viel wie 100 m<sup>3</sup> Erdgas oder 100 Liter Heizöl. Sonnenkollektoren, die auf Dächern und Fassaden installiert werden, wandeln die Wärmestrahlung in Wärme um und übertragen diese auf spezielle Solarflüssigkeit. Trinkwasser und Raumheizungen werden dann erwärmt, wenn die erwärmte Solarflüssigkeit an einen Wasserspeicher weitergeleitet wird. Die solarthermischen Anlagen werden im Sommer in der Lage sein, die gesamte Warmwasseraufbereitung zu leisten, in den Wintermonaten jedoch wird die Solaranlage von der konventionellen Heizung unterstützt werden müssen. Nun gilt es herauszufinden, für welchen Solaranlagentyp man sich entscheiden soll. In diesem Zusammenhang werden Flachkollektoren am häufigsten verbaut, da sie durch ihr Preis-Leistungs-Verhältnis überzeugen und sich formschön in Dachflächen integrieren lassen. Die Investitionen sind bei den Röhrenkollektoren höher. Sie zeichnen sich jedoch durch einen höheren Nutzungsgrad und einen geringeren Flächenbedarf bei gleicher Leistung aus. Beide Kollektortypen werden in der Praxis im Bereich Südost und Südwest bei einer Dachneigung von 30°-60° installiert. Für eine Trinkwassererwärmung und Gebäudeheizung werden größere Anlagen benötigt. Für ein Einfamilienhaus (ca. 150 m<sup>2</sup>) wird ein Wasserspeichervolumen von 800 Litern benötigt, wobei die Kollektorfläche mindestens 8 m<sup>2</sup> abdecken sollte. Es ist bei einem Umbau eines Gebäudes durchaus sinnvoll, eine Solaranlage zu installieren, wenn die Heizungsanlage erneuert werden muss und Dämmungsmaßnahmen durchgeführt werden sollen.<sup>41</sup>

---

<sup>41</sup>Sonnige Aussichten für Ihre Heizung, Solarthermische Anlagen, EWE, Infoblatt, S. 2/3

## Heizsysteme

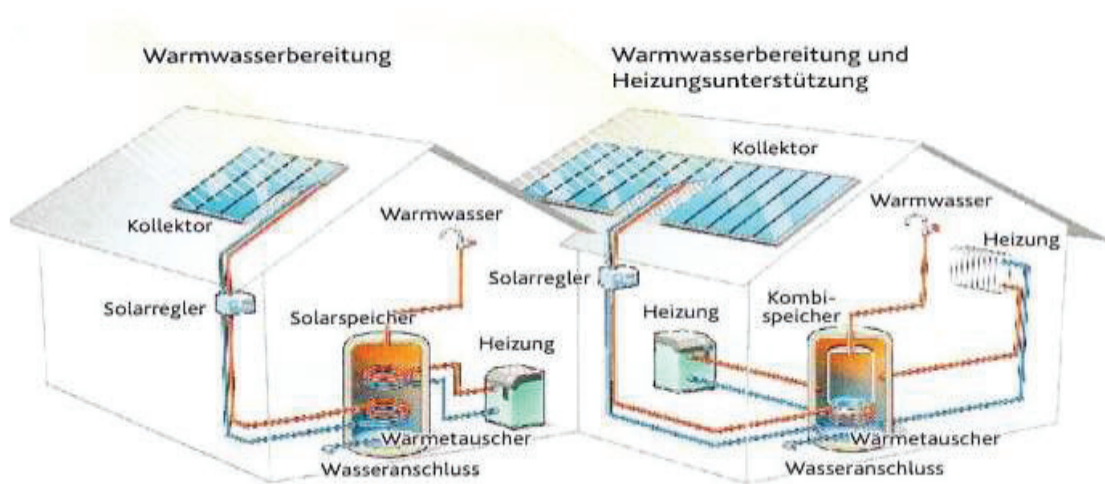


Abbildung 12 Schematische Darstellung einer Solaranlage<sup>42</sup>

Im Folgenden werden die Investitionskosten für eine Solaranlage in Anlehnung an die Angaben der Firma Solarbayer dargestellt.

Tabelle 8 Investitionskosten einer Solaranlage<sup>43</sup>

Solarthermie			
Artikel:	Flachkollektor PremiumPlus AL 2.86 – Solarpakete	Montageart	Preis in €
Plus AL Solarpaket 8	8 Kollektoren; Bruttokollektorfläche 22,88 m <sup>2</sup> (Aperturfläche 21,54 m <sup>2</sup> )	Ziegeldach	7.790,00
Aufdachmontageset Plus 2.86 8 Kollektoren	Aufdachmontageset für 8 Kollektoren Plus 2.86	Ziegeldach	1536
Plus AL Anschlussset	Plus AL Anschlussset		130
Plus Verbinderset	Verbinderset		50
Plus Verbinderisolierung	Plus Verbinderisolierung, Set mit 2 Stück		4,6
Plus AL Verschlussstopfen	Verschlussstopfen Edelstahl		8,5
Plus AL Winkelstück	Winkelstück Edelstahl ¾" AG		22
Plus AL Fühler-T-Stück	Fühler-T-Stück Edelstahl ¾" AG		29
Plus AL Anschlussstück	Anschlussstück Edelstahl ¾" AG		10
Investitionssumme:			9.580,10

Tabelle 9 KfW-Förderung Solaranlage<sup>44</sup>

<sup>42</sup> Sonnige Aussichten für Ihre Heizung, Solarthermische Anlagen, EWE, Infoblatt, S. 2/3

<sup>43</sup> Eigene Darstellung nach Preisliste 2013/2014, Solarbayer, S. 67

<sup>44</sup> Eigene Darstellung nach aktuellen KfW-Förderprogramm, Energieeffizient Sanieren

## Heizsysteme

<b>Aufstellung der KfW-Förderung</b>		<b>Maßnahmen</b>		<b>Kosten in €</b>
Energieeffizient Sanieren (KfW-Effizienzhaus 100 mit 5% Tilgungszuschuss, Höchstbetrag 75.000 € pro Wohneinheit)		s. 4.2.		5265
KfW-Produkt Erneuerbare Energien-Standard (100%ige Finanzierung der Solarthermieanlage)		s. 5.2.		9580
<b>Kfw-Förderung gesamt</b>				<b>14845</b>
5% Tilgungszuschuss von 5265€				263,25
<b>Effektiv zurückzahlender Kreditbetrag</b>				<b>14581,75</b>

Tabelle 10 Tilgungsplan Solaranlage<sup>45</sup>

<b>Tilgungsplan</b>		<b>Alle Beträge in Euro</b>				
		Jährlich	Tilgung	Zinsen	Kapitaldienst	Restschuld
Kreditprogramm	Solaranlage	1	0	149,45	149,45	9580
Kreditbetrag in €	9580	2	0	149,45	149,45	9580
Laufzeit	5 Jahre	3	3193,33	149,45	3342,78	6386,67
Tilgungsfreie Anlaufjahre	2 Jahre	4	3193,33	99,63	3292,96	3193,34
Zinsbindung	5 Jahre	5	3193,33	49,83	3243,16	0
Zinssatz ab dem Jahr	1	Gesamtsumme	9579,99	597,81	10177,8	0
Sollzinssatz in %	1,56					
Zinszuschlag in %	-					
Sollzinssatz gesamt in %	1,56					
Anfänglicher Tilgungssatz	33,33					
Effektivzins p.a. für Dauer der Zinsbindung	1,56%					
Zinsturnus	jährlich					
Tilgungsturnus	jährlich					

Sobald eine Solaranlage in einer richtigen Größe (ca. 3 Quadratmeter Kollektorfläche pro Person) für Warmwasser und zur Heizungsunterstützung installiert ist, liegen die jährlichen

<sup>45</sup> Eigene Darstellung nach aktueller KfW-Förderung, Erneuerbare Energien

Kosten für den Strom, der die Umwälzpumpe betreibt, bei etwa 20 Euro. Weitere Kosten einer Solaranlage fallen für Wartungsarbeiten mit circa 100 Euro an.<sup>46</sup>

### 5.3. Wärmepumpen

Wärmepumpen funktionieren, auch wenn der Name anders vermuten lässt, ähnlich wie Kühlschränke. In einem geschlossenen Kreislauf ist ein Kältemittel vorhanden, das die Wärme vom Inneren eines Raumes aufnimmt und an der kälteren Seite wieder abgibt.

Ein Kompressor bei der Wärmepumpe setzt den Kreislauf in Gang, innerhalb dessen ein Kältemittel Wärmeenergie aus der Umwelt aufnimmt. Unter höherem Druck und höherer Temperatur wird die komprimierte Wärmeenergie an das Heizwasser übertragen. Weil Strom zum Antrieb des Kompressors dient, nennt man sie auch Kompressions-Wärmepumpe. Zurzeit ist die Wärmepumpe das energiesparendste Heizsystem auf dem Markt, denn durch eine Kilowattstunde elektrischer Antriebsenergie werden bis zu vier Kilowattstunden Heizenergie gewonnen. Aber dem geringen Energiebedarf stehen hohe Investitionskosten gegenüber. Experten der EWE empfehlen die Wärmepumpe mit einer Fußbodenheizung zu kombinieren, da diese selbst im Winter nur 30-40°C Heizwassertemperatur benötigt. Demgegenüber braucht ein Heizkörpersystem bis zu 65°C Heizwassertemperatur. Diese kann zwar durchaus erlangt werden, wenn die Antriebsenergie für den Kompressor entsprechend angehoben wird, aber die Relation zwischen Aufwand und Nutzen wird ungünstiger. Die Wärmepumpe kann ihre Umweltenergie aus der Erde, der Luft oder aus dem Grundwasser beziehen. In deutschen Haushalten ist die Erdwärmepumpe mit etwa zwei Dritteln am stärksten vertreten, da diese das ganze Jahr konstant Wärme liefert. Die Erdwärme wird mit einer bis zu 100 Meter langen Wärmesonde oder durch horizontal verlegte Wärmekollektoren über einen geschlossenen Solekreis gewonnen. Für eine geplante Erdwärmepumpe muss allerdings von einem Fachunternehmer ein Genehmigungsantrag gestellt werden. In Wasserschutzgebieten müssen der Unteren Wasserbehörde die Anlagen angezeigt und von ihr genehmigt werden.<sup>47</sup> Sollte man sich für eine Erdwärmesonde entscheiden, so liegen die Kosten für eine Bohrung zwischen 6000 und 12000 €.<sup>48</sup>

---

<sup>46</sup> Solarthermie Wirtschaftlichkeit, Heizsparer.de

<sup>47</sup> Energiesparende Wärme, die aus der Kälte kommt, Wärmepumpen, EWE, Infoblatt S. 2/3

<sup>48</sup> Die Welt, Wirtschaft, Energie, Geothermie, Kosten

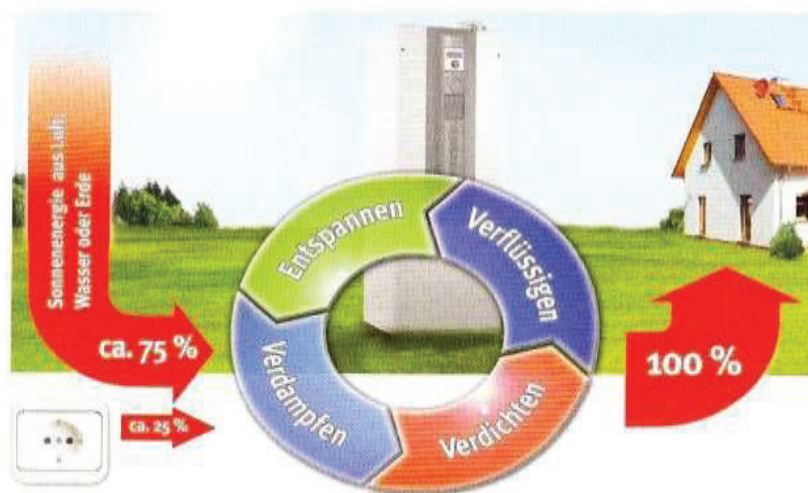


Abbildung 13 Prinzip der Wärmepumpe<sup>49</sup>

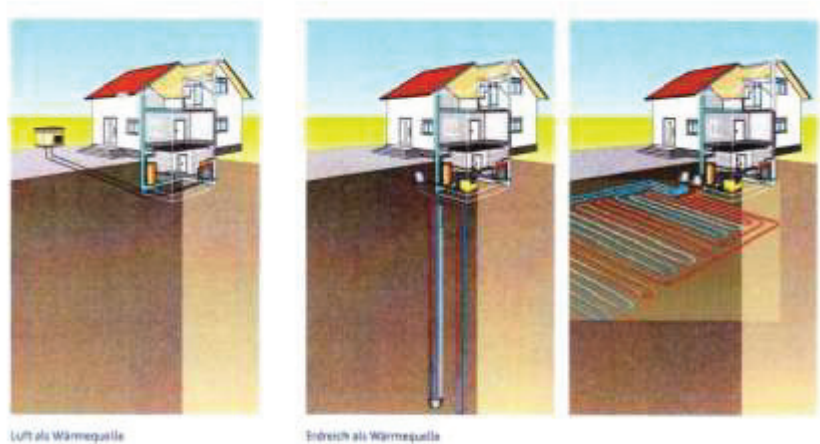


Abbildung 14 Luft und Erdwärme als Wärmequelle<sup>50</sup>

<sup>49</sup>Energie aus dem Erdreich Sonne. Erde. Wärmepumpe. Alphasinotec. Infoblatt S.3

<sup>50</sup>Energiesparende Wärme, die aus der Kälte kommt, Wärmepumpen, EWE, Infoblatt S.3

Tabelle 11 Investitionskosten Wärmepumpe<sup>51</sup>

<b>Wärmepumpe</b>			
Artikel:	Wärmepumpenpakete – HSK-SLS	Variante	Preis in €
WP-HSK Set 4	WP 16 AM – HSK-SLS Set 4	Variante mit HSK-SLS	17100
WP 16 Anschlussbox	Wärmepumpen-Anschlussbox		990
Fühler NTC	Fühler NTC		38
Bohrung für die Erdsonde 50-100m			12000
		Investitionskosten:	30128

Tabelle 12 KfW-Förderung Wärmepumpe<sup>52</sup>

Aufstellung der KfW-Förderung		Maßnahmen		Kosten in €
Energieeffizient Sanieren (KfW-Effizienzhaus 100 mit 5% Tilgungszuschuss, Höchstbetrag 75.000 € pro Wohneinheit)		s. 4.2.		5265
KfW-Produkt Erneuerbare Energien-Standard (100%ige Finanzierung der Erwärmepumpe)		s. 5.3.		30128
<b>KfW-Förderung gesamt</b>				<b>35393</b>
5% Tilgungszuschuss von 5265€				263,25
<b>Effektiv zurückzahlender Kreditbetrag</b>				<b>35129,75</b>

<sup>51</sup>Eigene Darstellung nach Preisliste 2013/2014, Solarbayer, S. 109 ff

<sup>52</sup>ne Darstellung nach aktuellen KfW-Förderprogramm, Energieeffizient Sanieren

Tabelle 13 Tilgungsplan Erdwärmepumpe<sup>53</sup>

Tilgungsplan		Alle Beträge in Euro				
		Jährlich	Tilgung	Zinsen	Kapitaldienst	Restschuld
Kreditprogramm	Erdwärmepumpe					
Kreditbetrag in €	30128	1	0	470	470	30128
Laufzeit	10 Jahre	2	0	470	470	30128
Tilgungsfreie Anlaufjahre	3 Jahre	3	0	470	470	30128
Zinsbindung	10 Jahre	4	4304	470	4774	25824
Zinssatz ab dem Jahr	1	5	4304	402,85	4706,85	21520
Sollzins in %	1,56					
Zinszuschlag in %	-	6	4304	335,71	4639,71	17216
Sollzinssatz gesamt in %	1,56					
Anfänglicher Tilgungssatz	14,29	7	4304	268,57	4572,57	12912
Effektivzins p.a. für Dauer der Zinsbindung	1,56%	8	4304	201,43	4505,43	8608
Zinsturnus	jährlich					
Tilgungsturnus	jährlich	9	4304	134,28	4438,28	4304
		10	4304	67,14	4371,14	0
		Gesamtsumme	30128	3289,98	33417,98	0

Bei der Erdwärmepumpe liegen die jährlichen Kosten in einem mittleren bis hohen Rahmen. Für den Strombedarf des Kompressors, der die Kühlflüssigkeit in die Erdsonde pumpt, fallen je nach Stromtarif und Wirkungsgrad der Anlage Stromkosten in Höhe von 400-1000 € an. Die Wärmepumpen bedürfen zudem einer regelmäßigen Kontrolle des Kühlmittelkreislaufs und des Filters<sup>54</sup>, was zusätzlich Kosten in Höhe von schätzungsweise etwa 300€ verursacht.

<sup>53</sup> Eigene Darstellung nach aktuellen KfW-Förderprogramm, Erneuerbare Energien

<sup>54</sup> Wärmepumpen Kosten –Kosten und Wirtschaftlichkeit einer Wärmepumpe, Heizsparer.de

## 5.4 Gasheizung

Beim Betreiben einer Gasheizung ist der Energieverbrauch der entscheidende Faktor des Gasbrennerbetriebs. Dieser Betrieb hängt von Wärme- und Wasserbedarf sowie der Technik ab. Die Vorlauftemperatur von Gasbrennwertheizungen kann niedriger gehalten werden, wenn man sie mit einer Flächenheizung kombiniert, zudem benötigen sie dann 10% weniger Gas als eine Niedrigtemperaturheizung. Um den Gasverbrauch einer Gasheizung für ein Wohngebäude zu überschlagen, multipliziert man durchschnittlich circa 120 kWh \* m<sup>2</sup> Wohnfläche. Das bedeutet, dass für ein freistehendes Einfamilienhaus mit vier Personen und 150 m<sup>2</sup> Wohnfläche der Gasverbrauch bei 18000 kWh liegt.

Tabelle 14 Kredit für Gasbrenner<sup>55 56</sup>

Kredit nach Emsländischer Volksbank						
Produkt: Gasbrenner		1545			Alle Beträge in Euro	
Buderus Logimaxplus GB 172-24						
			Jährlich	Tilgung	Zinsen	Kapitaldienst
						Restschuld
Kreditprogramm	Gebäudesanierung		1	515	38,625	553,625
						1030
Kreditbetrag in €	1545		2	515	25,75	540,75
						515
Laufzeit	3 Jahre		3	515	12,875	527,875
						0
Tilgungsfreie Anlaufjahre	-					
Sollzins in %	2,5		Gesamtsumme	1545	77,25	1622,25
Zinssatz gesamt in %	2,5					0
Zinsbindung	3 Jahre					
Zinssatz ab dem Jahr	100%					
Zinszuschlag in %	-					
Anfänglicher Tilgungssatz						
Effektivzins p.a. für Dauer der Zinsbindung	2,50%					
Zinstumus	jährlich					
Tilgungstumus	jährlich					

Eine Gasheizung ist unbedingt regelmäßig zu warten, da sie mit einem hochexplosiven Brennstoff arbeitet. Die Dichtigkeit der Gasleitungen und Gasanschlüsse, die Reinigung des Brenners und die Steuerung werden vom Heizungstechniker gewartet und so eingestellt, dass die Emissionswerte möglich gering gehalten werden können. Dieses wird einmal jährlich vom Schornsteinfeger überprüft.<sup>57</sup>

<sup>55</sup> Berechnung nach Telefonat mit einem Mitarbeiter der Emsländischen Volksbank Rhede/Ems

<sup>56</sup> Heizungs Discount 24, Buderus Logamax plus

<sup>57</sup> Gasheizung Betriebskosten, Heisparer.de

Aus der oben angeführten, vergleichenden Berechnungstabelle der Preise verschiedener Brennstoffe lässt sich klar ersehen, dass im Laufe des letzten Jahrzehnts die Preise der verschiedenen gängigen Brennstoffe markant angestiegen sind. Dies lässt sich unter

**Tabelle 15 Jährliche Betriebskosten der Gasheizung<sup>58</sup>**

Kostenart		Vierpersonenhaushalt
		Einfamilienhaus, 150m <sup>2</sup> Wohnfläche
Stromkosten für Umwälzpumpe		circa 50-60€
Wartung		180-200 €
Schornsteinfeger		circa 45€



**Abbildung 15 Preisvergleiche der Brennstoffe<sup>59</sup>**

Aus der oben angeführten, vergleichenden Berechnungstabelle der Preise verschiedener Brennstoffe lässt sich klar ersehen, dass im Laufe des letzten Jahrzehnts die Preise der verschiedenen gängigen Brennstoffe markant angestiegen sind. Dies lässt sich unter anderem zurückführen auf steigende Rohstoffkosten. Folglich bleibt geringfügig zweifelhaft, inwieweit der Einsatz derartiger Brennstoffe auf lange Sicht rentabel ist. Dies gilt es bei der Sanierung anderer Gebäude jeweils individuell zu bedenken.

<sup>58</sup> Gasheizung Betriebskosten, Heizsparer.de

<sup>59</sup> Gasheizung Betriebskosten, Heizsparer.de

Aus der oben angeführten, vergleichenden Berechnungstabelle der Preise verschiedener Brennstoffe lässt sich klar ersehen, dass im Laufe des letzten Jahrzehnts die Preise der verschiedenen gängigen Brennstoffe markant angestiegen sind. Dies lässt sich unter

**Tabelle 16 Jährliche Kosten der Heizsysteme im Vergleich**

Jährliche Kosten der Heizsysteme	(N=15, i=3%)			
	<b>Holzvergaserkessel</b>	<b>Solaranlage</b>	<b>Wärmepumpe</b>	<b>Gasheizung</b>
	AK = 16.000€*Annuitätenfaktor 0,0838	AK=12500€*Annuitätenfaktor 0,0838	AK=35.200€*Annuitätenfaktor 0,0838	AK=2050€*Annuitätenfaktor 0,0838
jährlicher Kapitaldinst in €	1340,8	1047,5	2949,76	171,79
Reparatur /Wartung in €	50 €	ca.40€	ca.40€	200 €
jährliche Brennstoffkosten in €	668 €	-	-	1.211 €
Stromkosten bei 0,28 €/kwh	60 €	160 €	1.615,18 €	60 €
Schornsteinfeger	ca. 100	-	-	45 €
Summe pro Jahr	3.119 €	1.247,50 €	4.604,94 €	1.687,79 €

Wie zuvor tabellarisch vergleichend erläutert, ist der nachträgliche Einbau einer Wärmepumpe in ein vorhandenes Gebäude alles Andere als ratsam, da die Investitionskosten einen viel höheren finanziellen Aufwand als Nutzen bedeuten. Der Einsatz eines Holzvergaserkessels ist hingegen deutlich günstiger, was jedoch auf lange Sicht bedingt durch Brennstoffkosten möglicherweise relativiert wird. Dem Gegenüber ist der Einbau einer Solaranlage vergleichsweise attraktiv mit Blick auf die eher geringen Unterhalts- und Wartungskosten. In finanzieller Hinsicht ist das Heizen eines Gebäudes mittels einer Gasheizung im Mittelfeld anzusiedeln. Bezogen auf das Referenzgebäude ist letztere jedoch empfehlenswert aus den bereits erläuterten Gründen.

## 6. Schlussbetrachtung

Das Anliegen dieser Bachelorarbeit war es, Möglichkeiten, ein etwa dreißig Jahre altes Wohnhaus effizient und kostengünstig zu sanieren, darzustellen. Während der Erstellung dieser Arbeit und den damit verbundenen Konkretisierungen von Ideen und Plänen der Sanierung musste diese mehrfach variiert werden, aufgrund vieler neuer und zum Teil unerwarteter Informationen, die ich nach der Lektüre verschiedener Sekundärmaterialien gewonnen hatte. Ergänzend habe ich weitere Erkenntnisse zu wesentlichen Planungsgrundlagen in persönlichen Gesprächen (2, 3.1, 4.3.) erworben. Auf der Basis aller dieser Informationen gründen sich letztendlich die getroffenen Entscheidungen für die vorliegende Sanierung des Referenzhauses, das wie jedes Haus individuell ist.

Diese Tatsache erforderte eine Schilderung des `Bauens im Bestand` und gleichzeitig (wohl auch gleichwertig) eine allgemein fachlich gültige Schilderung, die der angegebenen Literatur entnommen wurde.

In dieser Arbeit wurden als Informationsgrundlage für individuelle Entscheidungen sowohl Möglichkeiten der Sanierung und deren Vor- und Nachteile aufgezeigt, als auch verschiedene Heizsysteme beschrieben. Allerdings kann im Rahmen der Sanierung im Sinne einer Energieeffizienz das Referenzgebäude betreffend auf einen Austausch des Heizsystems verzichtet werden, sodass in die dargestellten Berechnungen der möglichen Kosten eines Holzvergaserkessels eine Förderung seitens der BAFA nicht eingerechnet wurde. Für die Sanierung anderer Häuser ergibt sich folglich eine geringere, effektive Investitionssumme bezüglich eines Heizsystems mittels eines Holzvergaserkessels, die diesen als sinnvolle Alternative ausweist.

Alle Phasen des vorliegenden Sanierungskonzepts erwiesen sich als spannend und lehrreich. Nach Abschluss aller Recherchen kann ich raten das Dach des Referenzgebäudes zu dämmen und die Holzfenster und -türen zu isolieren. Eben so wenig wie über den Austausch des vorhandenen Heizsystems musste in diesem konkreten Fall über ein Lüftungssystem nachgedacht werden. Bestimmt sind Informationen darüber wissenswert, würden aber den Rahmen dieser Arbeit sprengen.

Im Sinne des politischen Anliegens Klimaschadgase zu minimieren wurde hier aufgezeigt, welche staatlichen Förderungen es gibt und unter welchen Bedingungen ein Bauherr sie erwarten kann. Aber abgesehen davon ist es grundsätzlich wichtig zu bedenken, dass jeder seinen Beitrag zur Schonung unserer Umwelt leisten sollte.

In sofern wurde in dieser Arbeit wurde festgestellt, dass auch mit geringem Material- und folglich bescheidenem finanziellen Einsatz viel erreicht werden kann. Das Wichtigste bei

allem Vorhaben sind meines Erachtens ein klares Ziel, fundiertes Wissen und kompetente Berater als Wegbegleiter.

### **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Ich bin damit einverstanden, dass meine Arbeit in der Hochschulbibliothek eingestellt wird.

Neubrandenburg, den 07. Februar 2014

## Quellenverzeichnis

1. Weser-Ems-Manager Wirtschaft. Regional. Spannend. Ausgabe 03/13, S.62
2. Förderprogramm „Vor-Ort-Beratung“ Bundesministerium für Wirtschaft und Energie  
<http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energieeffizienz-und-Energiesparen/energieeffizienz,did=9790.html>
3. Energetische Gebäudesanierung, Martin Pfeiffer, 2008, S.15
4. Deutsche Energie-Agentur GmbH(dena) 2010 5.überarbeitete Auflage  
Modernisierungsratgeber, Energie S.53
- 5..Viertes Gesetz zur Änderung des Energieeinsparungsgesetzes, 4. Juli 2013, S. 1  
[http://www.enevonline.com/enev\\_praxishilfen/13.07.12\\_eneg\\_2013\\_verkuendet\\_bundesgesetzblatt.pdf](http://www.enevonline.com/enev_praxishilfen/13.07.12_eneg_2013_verkuendet_bundesgesetzblatt.pdf)
6. Energetische Gebäudesanierung, Martin Pfeiffer, 2008, S.15
7. Deutsche Energie-Agentur GmbH(dena) 2010 5.überarbeitete Auflage  
Modernisierungsratgeber, Energie S.54
8. Energieausweis für ein Wohngebäude,  
[http://www.energieausweis-fuer-wohngebaeude.de/energieausweis\\_übersicht.jpg](http://www.energieausweis-fuer-wohngebaeude.de/energieausweis_übersicht.jpg)
9. Fernsehbericht Drehscheibe Deutschland vom 29.12.2013
10. Förderprogramm, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie  
<http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energieeffizienz-und-Energiesparen/energieeffizienz,did=9790.html>
11. Energetische Gebäudesanierung, Martin Pfeiffer, 2008 S. 32/33
12. Energetische Gebäudesanierung, Martin Pfeiffer, 2008, S.28 ff.
13. Energetische Gebäudesanierung, Martin Pfeiffer, 2008, S. 29.
14. Energetische Gebäudesanierung, Martin Pfeiffer, 2008, S.30 f.
15. Thermografieaufnahme Baudiagnostik Wilting, Theo Reuter, Elsfleth  
[http://www.baudiagnostik-wilting.de/unsere\\_standorte.html](http://www.baudiagnostik-wilting.de/unsere_standorte.html)
16. Thermografieaufnahme Baudiagnostik Wilting, Theo Reuter, Elsfleth

## Quellenverzeichnis

[http://www.baudiagnostik-wilting.de/unsere\\_standorte.html](http://www.baudiagnostik-wilting.de/unsere_standorte.html)

17. Brockhaus, Enzyklopädie, Band 22, 18. Auflage, 1993, S.95

18. Energetische Gebäudesanierung, Martin Pfeiffer, 2008, S.83 ff.

19. Energetische Gebäudesanierung, Martin Pfeiffer, 2008, S.268

20. Förderprogramm Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

<http://www.bmwi.de/DE/Themen/Energie/Energieeffizienz-und-Energiesparen/energieeffizienz,did=9790.html>

21. Energetische Gebäudesanierung, Martin Pfeiffer, 2008, S.24

22. Energetische Gebäudesanierung Martin Pfeiffer, 2008, S.24/25

23. Hochschule München, Fakultät 02 Bauingenieurwesen, pdf S.5/18

[ftp://www.bauwesen.fhmuenchen.de/Baubetrieb/clausen/Projektmanagement/StA%20WS%2011\\_12/Gr%205%20Projektmanagement%20Bedarfsplanung.pdf](ftp://www.bauwesen.fhmuenchen.de/Baubetrieb/clausen/Projektmanagement/StA%20WS%2011_12/Gr%205%20Projektmanagement%20Bedarfsplanung.pdf)

24. Energetische Gebäudesanierung, Martin Pfeiffer, 2008, S.25 ff.

25. Energetische Gebäudesanierung, Martin Pfeiffer, 2008, S.26

26. Energetische Gebäudesanierung, Martin Pfeiffer, 2008, S.27

27. Energetische Gebäudesanierung, Martin Pfeiffer, 2008, S.33

28. Energetische Gebäudesanierung, Martin Pfeiffer, 2008, S.28

29. Eigene Darstellung nach Rechnungen der Energieversorgung Weser-Ems

30. Eigene Grafik nach Angeboten und Rechnung

31. Eigene Darstellung nach aktuellen KfW-Förderprogrammen, Energieeffizient Sanieren

[https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilie/Energieeffizient-Sanieren/F%C3%B6rdermittelgeber/?kfwmc=KOM.Adwords.Corporate2013.C\\_KfWBRAND](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilie/Energieeffizient-Sanieren/F%C3%B6rdermittelgeber/?kfwmc=KOM.Adwords.Corporate2013.C_KfWBRAND)

32. Informationsgespräch mit der Firma Witte GmbH & CoKG Rhede/Ems

<http://www.witte-rhede.de/>

33. Beschreibung des Holzvergaserkessels nach Preisliste 2013/2014, Solarbayer, S. 40 ff.

[www.solarbayer.de](http://www.solarbayer.de)

## Quellenverzeichnis

34. Holzvergaserkessel nach Preisliste 2013/2014, Solarbayer, S.42, [www.solarbayer.de](http://www.solarbayer.de)
35. Eigene Darstellung nach Preisliste 2013/2014, Solarbayer, S. 44  
[www.solarbayer.de](http://www.solarbayer.de)
36. Eigene Darstellung nach aktuellen KfW-Förderprogramm, Energieeffizient Sanieren  
[https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilie/Energieeffizient-Sanieren/F%C3%B6rdergeber/?kfwmc=KOM.Adwords.Corporate2013.C\\_KfWBRAND](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilie/Energieeffizient-Sanieren/F%C3%B6rdergeber/?kfwmc=KOM.Adwords.Corporate2013.C_KfWBRAND)
37. Eigene Darstellung nach aktuellen KfW-Förderprogramm, Erneuerbare Energien  
[https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilie/Energieeffizient-Sanieren/F%C3%B6rdergeber/?kfwmc=KOM.Adwords.Corporate2013.C\\_KfWBRAND](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilie/Energieeffizient-Sanieren/F%C3%B6rdergeber/?kfwmc=KOM.Adwords.Corporate2013.C_KfWBRAND)
38. Die Umweltberatung, Ing. Gerhard Puchegger, Holzmaße PDF, S.1/25  
<http://www.holzwaerme.at/images/content/pdfs/holzwaermekurspuch.pdf>
39. Die Umweltberatung, Ing. Gerhard Puchegger, Holzmaße, S.2/25  
<http://www.holzwaerme.at/images/content/pdfs/holzwaermekurspuch.pdf>
40. Selbst erstellte Grafik in Anlehnung an das Angebotes des Sägewerks Meijer  
<http://www.e-prospekte.de/folders/a/alko-meijer-41/Angebot.htm>
41. Sonnige Aussichten für Ihre Heizung, Solarthermische Anlagen, EWE, Infoblatt, S. 2/3
42. Sonnige Aussichten für Ihre Heizung, Solarthermische Anlagen, EWE, Infoblatt, S. 2/3
43. Eigene Darstellung nach Preisliste 2013/2014, Solarbayer, S. 67, [www.solarbayer.de](http://www.solarbayer.de)
44. Eigene Darstellung nach aktuellem KfW-Förderprogramm, Energieeffizient Sanieren  
[https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilie/Energieeffizient-Sanieren/F%C3%B6rdergeber/?kfwmc=KOM.Adwords.Corporate2013.C\\_KfWBRAND](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilie/Energieeffizient-Sanieren/F%C3%B6rdergeber/?kfwmc=KOM.Adwords.Corporate2013.C_KfWBRAND)
45. Eigene Darstellung nach aktueller KfW-Förderung, Erneuerbare Energien  
[https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilie/Energieeffizient-Sanieren/F%C3%B6rdergeber/?kfwmc=KOM.Adwords.Corporate2013.C\\_KfWBRAND](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilie/Energieeffizient-Sanieren/F%C3%B6rdergeber/?kfwmc=KOM.Adwords.Corporate2013.C_KfWBRAND)
46. Solarthermie Wirtschaftlichkeit, Heizsparer.de  
<http://www.heizsparer.de/solar/solarthermie/solarthermie-wirtschaftlichkeit>

## Quellenverzeichnis

47 .Energiesparende Wärme, die aus der Kälte kommt, Wärmepumpen, EWE, Infoblatt S. 2/3

48. Die Welt, Wirtschaft, Energie, Geothermie, Kosten

<http://www.welt.de/wirtschaft/energie/specials/geothermie-erdwaerme/article8796402/Das-kann-die-Nutzung-von-Erdwaerme-kosten.html>

49 .Energie aus dem Erdreich Sonne. Erde. Wärmepumpe. Alphainnotec. Infoblatt S.3

50. Energiesparende Wärme, die aus der Kälte kommt, Wärmepumpen, EWE, Infoblatt S.3

51. Eigene Darstellung nach Preisliste 2013/2014, Solarbayer, S. 109 ff., [www.solarbayer.de](http://www.solarbayer.de)

52. Eigene Darstellung nach aktuellem KfW-Förderprogramm, Energieeffizient Sanieren

[https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilie/Energieeffizient-Sanieren/F%C3%B6rdermittelgeber/?kfwmc=KOM.Adwords.Corporate2013.C\\_KfWBRAND](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilie/Energieeffizient-Sanieren/F%C3%B6rdermittelgeber/?kfwmc=KOM.Adwords.Corporate2013.C_KfWBRAND)

53. Eigene Darstellung nach aktuellem KfW-Förderprogramm, Erneuerbare Energien

[https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilie/Energieeffizient-Sanieren/F%C3%B6rdermittelgeber/?kfwmc=KOM.Adwords.Corporate2013.C\\_KfWBRAND](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestandsimmobilie/Energieeffizient-Sanieren/F%C3%B6rdermittelgeber/?kfwmc=KOM.Adwords.Corporate2013.C_KfWBRAND)

54..Wärmepumpen Kosten – Kosten und Wirtschaftlichkeit einer Wärmepumpe, Heizsparer.de

<http://www.heizsparer.de/heizung/heizungssysteme/waermepumpe/waermepumpen-kosten>

55. Berechnung nach Telefonat mit einem Mitarbeiter der Emsländischen Volksbank Rhede/Ems

56 .Heizungs Discount 24, Buderus Logamax plus,

<http://www.heizungsdiskcount24.de/shop/system/?func=det&artnr=194500&rub1=Gas-Heizung&rub2=Buderus%2CHeizthermen%2CGB172-24&wkid=61472915328098&nocache=1391548942>

57. Gasheizung Betriebskosten, Heizung.de

<http://www.heizsparer.de/heizung/heizungssysteme/gasheizung/gasheizung-betriebskosten>

58/59. Gasheizung Betriebskosten, Heizung.de

<http://www.heizsparer.de/heizung/heizungssysteme/gasheizung/gasheizung-betriebskosten>

