



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology

DIPLOMARBEIT
Master Thesis

Betrachtung der Wirtschaftlichkeit von energetischen Standards bei Einfamilienhäusern im Neubau anhand eines praktischen Beispiels

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades
eines Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Thomas Bednar
und
Univ.Ass. Dipl.-Ing. Dr.techn. Azra Korjenic

E 206
Institut für Hochbau und Technologie
Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz

Eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Michael Prade
Matr.Nr.: 0304089
Schweizerstraße 76 A
6850 Dornbirn

Dornbirn, August 2010

Unterschrift

Danksagung

Dank gebührt meinem Betreuer Herrn Ao.Univ.Prof.Dipl.Ing.Dr. Thomas Bednar sowie allen Mitarbeitern des Forschungsbereiches für Bauphysik und Schallschutz. Wobei die Frau Marianne Rebel für ihre Geduld und Freundlichkeit noch gesondert zu erwähnen ist

Besonderen Dank gebührt meiner Familie, meinen Eltern Helene und Dietmar, die mich in jeder Lebenslage immer unterstützt haben, sowie auch André, Christian, Markus und Inés, welche mich über die meiste Zeit meines Studiums in Wien begleitet haben.

Ebenfalls Dank verdient Herr Tasim für die kulinarische Bewirtung und Unterhaltung.

Danke

Kurzfassung

Betrachtung der Wirtschaftlichkeit von energetischen Standards, bei Einfamilienhäusern im Neubau, anhand eines praktischen Beispiels

Wirtschaftlicher Neubau von Einfamilienhäusern auf hochwertigem Niveau, mit akzeptablen Energiestandards ist möglich. Es bedarf lediglich einer guten Vorausplanung und individuellen Abstimmung des Objektes mit dem Endnutzer. Dieses Ergebnis wird anhand eines praktischen Beispiels aufgezeigt.

Mit der Bestrebung eine Optimierung zwischen bauphysikalischen Maßnahmen und deren Kostenauswirkungen zu erzielen, werden dabei besonders die auftretenden Kosten bewertet, welche durch die Maßnahme der Reduzierung von Wärmeverlusten entstehen.

Das Kernstück der Arbeit, bildet jedoch der Vergleich, unter den aktuellen Wärmebereitstellungssystemen, zu marktüblichen Preisen. Dabei werden die unterschiedlichen Szenarien interpretiert, die aus variablen Energiepreissteigerungen und unterschiedlichen Nutzungsdauern resultieren. Im Vordergrund steht diesmal nicht der ökologische Gedanke sondern mehr die Bestrebung nach einer finanzwirtschaftlich optimalen Lösung

Abstract

Considering the cost effectiveness of energy standards for single family homes in the new building, with a practical example

Economic construction of new single-family homes in a high-quality level with acceptable energy standards is possible. It needs a good advance planning and coordination of the object with the individual end user.

The aspiration to achieve an optimization between physical building measures and their cost implications, in case of reducing heat loss, determined the content of the scientific work.

Main task of this master work are forms of comparison between the current heat supply systems, at market prices. The different scenarios are resulting from variable energy price increases and different useful lives. This time the focus is not the ecological concept but rather the striving for a financially cost-effective solution.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Grundlagen	3
2.1. Bauphysikalische Berechnungen	3
2.2. Systeme für die Energiebereitstellung	10
2.2.1. Begriffsdefinitionen	12
2.2.2. Gas – Brennwertkessel	14
2.2.3. Heizöl - Brennwertkessel	15
2.2.4. Wärmepumpen	16
2.2.5. Solarkollektoren	21
2.2.6. Wärmerückgewinnung durch kontrollierte Belüftungsanlagen	22
2.2.7. Biomasseanlagen beim Einfamilienhaus	24
2.3. Energiekosten und Preissteigerungen	26
2.4. Grundlagen der Analyse der Wirtschaftlichkeit	30
2.4.1. Methoden zur Bestimmung der Wirtschaftlichkeit	31
3. Das Projekt.....	40
3.1. Projektübersicht	40
3.1.1. Lage des Projekts	40
3.2. Entwurf und Planung.....	42

3.3.	Erstellung des Energieausweises	47
3.4.	Ausführung der Gebäudehülle	50
3.4.1.	Wandkonstruktion	52
3.4.2.	Deckenkonstruktion	53
3.4.3.	Fußbodenkonstruktion	54
4.	Förderungen	56
4.1.	Förderungen im Neubau	56
4.2.	Darlehensförderung	57
4.2.1.	Basisvoraussetzungen.....	57
4.2.2.	Exkurs Baunutzungszahl vs. Nutzflächenzahl	60
4.2.3.	Förderstufen.....	61
4.3.	Einmalige Förderungen im Neubau	64
4.3.1.	Solaranlagen.....	64
4.3.2.	Wärmepumpe	66
4.3.3.	Lüftungsanlagen	67
4.3.4.	Biomasse Kleinanlagen	67
4.3.5.	Einmalige Förderbeiträge des Projekts	68
5.	Vergleich der Systeme für die Energiebereitstellung	69
5.1.	Basiswerte für die Kostenaufstellung	69
5.2.	Die verwendeten Systeme im Detail	70
5.2.1.	Grundlagen für die Raumheizung	70
5.2.2.	Grundlagen für die Wasseraufbereitung	70

5.2.3.	Daten zum Erdgas Brennwertkessel.....	71
5.2.4.	Daten zum Erdöl Brennwertkessel.....	72
5.2.5.	Daten zur Erdwärmepumpe	73
5.2.6.	Daten zur Luftwärmepumpe.....	75
5.2.7.	Daten zur Biomasseheizung	76
5.2.8.	Daten zur Solaren Unterstützung der Warmwasseraufbereitung	77
5.2.9.	Daten zur Solaren Unterstützung der Warmwasseraufbereitung und Raumheizung	78
5.2.10.	Daten zur kontrollierten Be- und Entlüftungsanlage.....	80
5.3.	Kostenaufstellung	82
5.3.1.	Annuitätische Kosten	82
5.3.2.	Verbrauchsgebunden Kosten.....	83
5.3.3.	Betriebsgebundene Kosten.....	84
5.3.4.	Beispielrechnung	86
5.4.	Vergleich der Ergebnisse	94
5.4.1.	Variante mit einer Nutzungsdauer von 20 Jahren.....	94
5.4.2.	Variante mit einer Nutzungsdauer von 25 Jahren.....	98
5.4.3.	Variante mit einer Nutzungsdauer von 30 Jahren.....	103
6.	Vergleiche der Ergebnisse mit bestehender Literatur	108
7.	Betrachtung der Primärenergie.....	111
7.1.1.	Gegenüberstellung der Gesamtkosten	114

8. Zusammenfassung und Ausblick	116
9. Verzeichnisse	120
9.1. Abbildungsverzeichnis	120
9.2. Tabellenverzeichnis	124
10. Literatur.....	126
11. Anhang	129

1. EINLEITUNG

Auch in wirtschaftlich schwierigen Zeiten gilt es, dass menschliche Grundbedürfnis des Wohnens zu befriedigen. Besonders in der ländlichen Gegend und in Kleinstädten ist immer noch der Wunsch verbreitet, dass Wohnbedürfnis durch ein eigenes Einfamilienhaus zu erfüllen. Damit dieser Wunsch auch erfüllt werden kann, versuchen die Länder schon seit einiger Zeit, durch gezielte Förderungen im Wohnbau den Bürger zu unterstützen.

Die Auswirkungen der Wirtschaftskrise der letzten beiden Jahre und der immer noch angespannten Lage des Finanzwirtschaftsmarktes, sind dafür verantwortlich, dass die Situation für die Vergabe von Bankkrediten für den Hausbau noch heikler geworden ist, als sie ohnehin schon war. Diese Kredite sind meist nur durch ein ausreichend großes Eigenkapital verbunden mit einer guten Bonität möglich. Andernfalls wird der Kreditnehmer mit Rückzahlungsraten konfrontiert, die nicht aufzuwenden sind.

Somit steht dem Wunsch nach einem Eigenheim in Gestalt eines Einfamilienhauses, ein sehr geringes Kapital gegenüber. Um den Traum des Einfamilienhauses doch zu erfüllen, müssen zusätzlich zu den Förderungen auch Maßnahmen der Baubranche gesetzt werden, welche zur Optimierung einer ökonomischen und umweltverträglichen Bauweise beitragen.

Die grundlegende Fragestellung dieser Arbeit beschäftigt sich mit genau dieser Problematik des kleinen Grundkapitals als Ausgangslage für den Wohnhausbau.

Im Zuge dieser Arbeit wird ein reales Einfamilien - Wohnhausprojekt untersucht und unter finanzwirtschaftlichen, ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten optimiert. Dazu gehört die Betrachtung der Planungs- und Entwurfsphase, eine kontrollierte und den lokalen Gegebenheiten angepasste Flächenausnutzung sowie eine genaue Detailplanung der Konstruktion und der Aufbauten. Zusätzlich zu den relevanten bauphysikalischen Berechnungen für den Energie- und Gebäudeausweis werden unter Betrachtung der derzeit vorherrschenden Marktbedingungen diverse Systeme für die Energiebereitstellung untersucht, miteinander kombiniert und die Auswirkung auf die Kostenstelle analysiert.

Dies stellt auch den Kernpunkt dieser Arbeit dar. Welche Veränderungen bringt die Verwendung unterschiedlicher Heizsysteme und Heiztechniken mit sich und wie beeinflusst der neue Trend zum ökologischen Bauen die Auswahl dieser Energiesysteme? Betrachtungen zu den Anschaffungskosten, den jährlichen Folgekosten und den Wartungskosten werden getroffen und die Vorteile und Nachteile einander gegenübergestellt.

Zusätzlich werden die Maßnahmen und Förderungen von der Politik und deren Landesvertretern betrachtet und zu den Ergebnissen hinzugezogen.

Als Standort für das Projekt wird ein Wohngebiet mitten in Dornbirn, Vorarlberg gewählt. Weiters wird darauf geachtet, ein Wohnhaus in typischer Geometrie und Kubatur zu entwerfen, um zukünftig für andere Projekte einen Vergleich zu bekommen. Zur Durchführung der energetischen Berechnungen werden verschiedene einschlägige Bauphysik Programme eingesetzt und teilweise selbst zusätzliche Berechnungen und notwendige Tabellenkalkulationen durchgeführt.

2. GRUNDLAGEN

2.1. Bauphysikalische Berechnungen

Die Berechnung des Heizenergiebedarfs erfolgte nach der EN ISO 13970 „Energieeffizienz von Gebäuden - Berechnung des Heizenergiebedarfs.“

Hier werden drei verschiedene Berechnungsverfahren (Monats-, Stunden- und Simulationsverfahren) unterschieden. Da in Österreich das monatsbezogene Verfahren zur Ermittlung des Energiebedarfs für die Heizung und die Kühlung standardisiert wurde, kommt dieses Verfahren auch in dieser Arbeit zur Anwendung.

Heiz und Kühlperiode

Dies sind Perioden eines Jahres, in denen ein signifikanter Heizwärme- bzw. Kühlbedarf besteht. Die Länge dieser Perioden wird durch die Anzahl der Tage bzw. Stunden der Monate bestimmt in denen der Heizwärmebedarf oder der Kühlbedarf über Null liegt.

Monatsbilanzverfahren:

Für jeden einzelnen Monat eines Jahres, werden separat unterschiedliche Randbedingungen (lt. EN ISO 13970) berücksichtigt und anschließend durch Aufsummierung aller zwölf Monate auf das Jahr bilanziert.

Durch die temporär veränderlichen Wärmeverluste, welche aus Transmission und Lüftung resultieren, sowie den solaren und inneren Gewinnen entsteht aus dem Bedürfnis die Raumtemperaturen in einem angenehmen Bereich zu halten, die Notwendigkeit ein Gebäude oder ein Objekt in bestimmten Jahresabschnitten zu heizen oder zu kühlen.

Der **Heizwärmebedarf** (HWB) ist die Wärmemenge, die dem Gebäude im Laufe eines Jahres zugeführt werden muss, um eine minimale Raumtemperatur einzuhalten. [RIC08]

Wenn in bestimmten Zeitabschnitten nicht ausreichende Gewinne vorhanden sind, um die Verluste abzudecken entsteht ein Heizwärmebedarf. Dieser Energiebedarf ist durch den Gesamtwärmetransfer und die mittels eines Ausnutzungsgrades abgeminderten Wärmeeinträge definiert. Somit errechnet sich lt. EN ISO 13970 der Heizwärmebedarf wie folgt:

$$Q_{NH} = Q_{L,H} - \eta_{G,H} \cdot Q_{G,H}$$

Q_{NH} Heizwärmebedarf des Gebäudes [MJ]

$Q_{L,H}$ der Gesamtwärmetransfer für den Heizbetrieb [MJ]

$Q_{G,H}$ die Gesamtheit der Wärmeeinträge für den Heizbetrieb [MJ]

$\eta_{G,H}$ Ausnutzungsgrad der Einträge [dimensionslos]

Der **Kühlbedarf** (KB) ist die Wärmemenge, die dem Gebäude im Laufe des Jahres zugeführt werden muss, um eine minimale Raumtemperatur einzuhalten. [RIC08]

Bei dem zu untersuchenden Projekt handelt es sich um ein zweigeschossiges Einfamilienhaus in Massivbauweise situiert in der Klimaregion West Österreich. Somit sind keine zusätzlichen Energieaufwendungen zur Kühlung des Gebäudes zu erwarten und werden somit auch nicht in dieser Arbeit berücksichtigt.

Zoneneinteilung

Bei größeren Bauvorhaben ist es von Vorteil das Gebäude in verschiedene Zonen mit unterschiedlicher Konditionierung, Nutzung und allgemein relevanten Energiekennwerten einzuteilen. Auf diese Unterteilung kann verzichtet werden, wenn die Solltemperaturen für das Heizen sowie das Kühlen der Räume nicht um mehr als 4 K abweichen, die Energieversorgung nicht von verschiedenen Anlagen erfolgt und der sich der Umfang der Raumlüftung innerhalb des Normbereichs befindet. Somit wird in dieser Arbeit auf die Mehrzonenberechnung verzichtet und ausschließlich nach der Einzonenberechnung vorgegangen.

Gesamtwärmetransfer und Gesamtheit der Wärmeeinträge

Der Gesamtwärmetransfer Q_{ht} setzt sich aus Transmission und Lüftung zusammen:

$$Q_L = Q_T + Q_V$$

Q_T der Gesamtwärmetransfer durch Transmission [MJ]

Q_V der Gesamtwärmetransfer durch Lüftung [MJ]

Die Gesamtheit der Wärmeeinträge Q_{gn} setzt sich aus solaren Gewinnen, Personen und Geräten zusammen:

$$Q_G = Q_I + Q_S$$

Q_I die Summe der inneren Wärmeeinträge [MJ]

Q_S die Summe der solaren Gewinne [MJ]

Gesamtwärmetransfer durch Transmission

Die Transmissionsverluste werden mit Hilfe der Transmissionsleitwerte und des Monatsmittelwerts der Außentemperatur und der Innentemperatur ermittelt.
[RIC08]

$$Q_{ve} = L_V \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot t$$

$$Q_{tr} = L_T \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot t$$

L_T Transmissionsleitwert [kW/K]

θ_i Monatsmittelwert der Innentemperatur [°C]

θ_e Monatsmittelwert der Außentemperatur [°C]

t Zeitdauer des Monats [h]

Der Transmissionsleitwert wird durch die Zerlegung des Gebäudes in einzelne Flächen definiert, welche jeweils an ein anderes Medium angrenzen (erdberührte Flächen, Pufferräume, Außenluft).

$$L_T = L_e + L_u + L_g + L_\psi + L_\chi$$

L_e Leitwert der außenluftberührten Konstruktion [W/K]

L_u Leitwert über unkonditionierte Räume [W/K]

L_g Leitwert der erdberührten Konstruktion [W/K]

L_ψ Leitwertzuschlag für linienförmige Wärmebrücken [W/K]

L_χ Leitwertzuschlag für punktförmige Wärmebrücken [W/K]

Wärmedurchgangskoeffizient

Der Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) gibt an, wie viel Wärme pro Zeiteinheit und Flächeneinheit im stationären Zustand durch einen Bauteil fließt. [RIC08]

Dieser Wert lässt sich aus der Summe der Übergangswiderstände und der Wärmedurchlasswiderstände beschreiben:

$$U = \frac{1}{R_T}$$

$$R_T = R_{Si} + \sum_{i=1}^n R_i + R_{se}$$

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

R_T	gesamter Wärmedurchgangswiderstand $[(m^2K)/W]$
R_{Si}	Wärmedurchgangswiderstand an der Bauteilinnenseite $[(m^2K)/W]$
R_{Se}	Wärmedurchgangswiderstand an der Bauteilaußenseite $[(m^2K)/W]$
R_i	Wärmedurchgangswiderstand einer homogenen Schicht $[(m^2K)/W]$
d	Dicke einer Schicht [m]
λ	der Nennwert der Wärmeleitfähigkeit $[W/(mK)]$

Wenn ein Bauteil aus mehreren homogenen Schichten besteht, bildet sich der Wärmedurchlasswiderstand aus der Summe der einzelnen Widerstände jeder Schicht.

Bei inhomogenen Konstruktionen erfolgt die Berechnung etwas aufwendiger. Bei der Berechnung nach EN ISO 6946 „Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient - Berechnungsverfahren“ wird hier eine obere und untere Grenze festgelegt. Der Wärmedurchgangswiderstand ergibt sich dann aus dem Mittelwert dieser beiden Grenzen.

Die Ermittlung des Wärmedurchgangskoeffizienten bei Fenstern und Türen wird von der unmittelbaren Abhängigkeit von den Parametern: Verglasung, Rahmen und Abstandshalter beeinflusst:

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + l \cdot \psi + A_g \cdot U_g}{A_w}$$

U_w	U-Wert des Fensters $[W/(m^2K)]$
A_f	Fläche des Rahmens $[m^2]$

U_f	U-Wert des Rahmens [W/(m ² K)]
l	Länge des Randverbundes Verglasung/Rahmen [m]
ψ	längenbezogener Leitwert für den Abstandhalter [W/(mK)]
A_g	Fläche der Verglasung [m ²]
U_g	U-Wert der Verglasung [W/(m ² K)]
A_w	Fläche des Fensters [m ²]

Wärmebrücken

Grundsätzlich wird eine Unterteilung in die geometrischen Wärmebrücken (z.B. Ecken) und die stofflichen Wärmebrücken (verschiedene Materialien) vorgenommen. Desweiteren werden auch noch zwischen linienförmigen und punktförmigen Wärmebrücken unterschieden. Diese Effekte werden näherungsweise mit Leitwertzuschlägen berücksichtigt.

Spezifischer Transmissionswärmedurchgangskoeffizient

Hier wird die Unterscheidung zwischen dem spezifischen Transmissionswärmedurchgangskoeffizient über das Erdreich welche in der Önorm EN ISO 13370 geregelt ist und dem spezifischen Transmissionswärmedurchgangskoeffizient durch unkonditionierte Räume getroffen.

Solare Warmegewinne

Diese werden in der EN ISO 13790 geregelt und hängen im wesentlichen von folgenden Faktoren ab:

- o Verschattung der verglasten Bauteile
- o Jahreszeit und Tageszeit

- o Standort und Seehöhe
- o Wetter (Trübung, Bewölkung und Nebel)
- o Horizont
- o Nachbarbebauung sowie aufragende Bauteile und Fenstersrücksprünge
- o Intensität der Strahlung
- o Energiedurchlässigkeit der Außenhülle

Gebäudezeitkonstante

Ist auch unter der Bezeichnung „Trägheit des Gebäudes“ bekannt und bezeichnet das Auskühlen und Aufwärmen eines Gebäudes, während keine Gewinne oder Verluste vorhanden sind.

2.2. Systeme für die Energiebereitstellung

Damit die Temperatur im Gebäude konstant gehalten werden kann und die auftretenden Wärmeverlusten oder Überwärmungen zu kompensieren, besteht die Notwendigkeit ein Heiz- bzw Kühlsystem einzusetzen. Wärmeenergie ist eine Erhaltungsgröße, welche durch Leitung, Strahlung oder Konvektion einen Ausgleich von Bereichen höherer Temperatur und Bereichen niedriger Temperatur anstrebt.

Um somit ein konstantes und behagliches Temperaturniveau in den Wohnräumen zu bekommen, muss Energie durch ein Heizungssystem aufgewendet werden. Hierbei zu unterscheiden ist nach dem Ort der Wärmeerzeugung, nach der Art der Wärmeerzeugung, sowie nach der Art dem jeweiligen Energieträger. Beim Neubau von Einfamilienhäuser wird für die Wärmebereitstellung meist eine Zentralheizung eingesetzt. Der Einsatz von

Einzelraumheizungen ist nur noch im altbestand zu finden oder kommt als Zusatzheizung in Form einer Stückholzheizung im Wohnbereich zum Einsatz. Etagenheizungen werden im Wohnbau fast ausschließlich nur bei mehrgeschossigen Objekten und Wohnanlagen verwendet. Die Möglichkeit zum Einsatz einer Fernwärmeheizung wird gerade im ländlichen Bereich noch durch das begrenzte Angebot eingeschränkt.

Eine weitere Charakterisierung von Heizungsanlagen ist die Art der Wärmeerzeugung, welche durch Verbrennung oder ohne Verbrennung bestimmt wird. Die beim Verbrennungsvorgang eingesetzten Energieträger bestehen aus Fossilen Brennstoffen wie Öl, Gas, Kohle bzw. regenerativen Brennstoffen wie Biomasse aus Stückgut, Hackschnitzel oder Pellets. Die Energiequelle für die Wärmeerzeugung ohne Verbrennung ist bei der Wärmepumpe der elektrische Strom bzw. können auch regenerative Umweltenergien wie geothermische Energie oder bei Solaranlagen die Sonnenenergie genutzt werden.

Die Wärmeabgabe an den Raum kann durch Radiatoren, Konvektoren, Luftheizungen und Flächenheizungen im Fußboden, der Wand oder der Decke erfolgen. Wobei bei neuen Wohnbauten meist Fußbodenflächenheizungen oder Luftheizungen zum Einsatz kommen. Eine Kombination beider Systeme wird auch ausgeführt.

2.2.1. Begriffsdefinitionen

Aperturfläche

Fläche (Glasfläche) eines Solarkollektors. durch welche die Solarstrahlung eintreten kann [OEN10]

Ausnutzungsgrad

Verhältnis der tatsächlichen zu der theoretisch möglichen Ausnutzung von haustechnischen Systemen [OEN10]

Kesselwirkungsgrad

Der Kesselwirkungsgrad ist definiert als Verhältnis der vom Wärmeträgermedium abgeführten Wärmeenergie zur zugeführten

Brennstoffenergie. Dabei werden somit zusätzlich zu den beim feuerungstechnischen Wirkungsgrad berücksichtigten Abgasverlusten, auch noch die Strahlungs- und Rostverluste berücksichtigt. Letztere entstehen durch unverbrannte Rückstände in der Asche. [KAL09]

Nutzungsgrad

Es muss zwischen dem Nutzungsgrad des Kessels (bei Teil- bzw. Volllast) und dem Nutzungsgrad der gesamten Anlage unterschieden werden. Der Nutzungsgrad ist definiert als Verhältnis der abgeführten Wärmeenergie zur zugeführten Brennstoffenergie. Dabei wird ein längerer Zeitraum (z.B. ein Kalenderjahr) betrachtet. Es werden somit nicht nur die Betriebsverluste, sondern auch die Bereitschaftsverluste und gegebenenfalls die Speicher- bzw. Wärmeverteilungsverluste berücksichtigt. [KAL09]

Normnutzungsgrad

Um eine Vergleichbarkeit zwischen den verschiedenen Kesseln zu ermöglichen, wird an Prüfständen die Ermittlung eines Normnutzungsgrades durchgeführt.

Leistungszahl

Ist definiert aus dem Verhältnis zwischen der abgegebenen Nutzwärmeleistung und zur benötigten elektrischen Energie. Im Fall einer elektrischen Wärmepumpe ist das der COP Wert (Coefficient of Performance)

Bei Verbrennungsmotorwärmepumpen spricht man dabei von der Heizzahl.

Leistungszahl Wärmepumpe COP

Verhältnis von abgegebener Wärmeleistung zu aufgenommener Antriebsleistung der Wärmepumpe [OEN10]

Arbeitszahl

Ist definiert aus dem Verhältnis zwischen einer temporär abgegrenzten Nutzwärme zu der im selben temporären Bereich aufgenommenen Antriebsenergie. Diese Jahresarbeitszahl ist von besonderer Bedeutung für die Klassifizierung von Wärmepumpen.

Betriebsweisen

Praktisch werden zwei Betriebsweisen unterschieden. Die taktende Betriebsweise beschreibt eine variable Leistung durch das Ein- und Ausschalten des Wärmeerzeugers (bei konstanter Leistung). Im Gegensatz dazu steht die modulierende Betriebsweise, bei welcher durch die Dosierung der Brennstoffzufuhr, die Leistung an den benötigten Wärmebedarf angepasst wird.

gleitende Betriebsweise von Heizkessel bzw. Wärmepumpen

Betriebsweise von Heizkessel bzw. Wärmepumpen, bei der die Heizmediumtemperatur den variablen Anforderungen

stufenlos angepasst wird [OEN10]

Hilfsenergie

Energie, die nicht zur unmittelbaren Deckung des Heizwärmebedarfes bzw. der Warmwasserbereitung eingesetzt wird, jedoch für den Betrieb der Anlagen erforderlich ist. Als Hilfsenergieträger wird in der Regel elektrischer Strom eingesetzt. [OEN10]

Pufferspeicher

Heizungswasserspeicher, der die überschüssige Energiemenge (aus der Differenz zwischen Wärmeleistung des Heizkessels und der an das Heizsystem abgegebenen Leistung) aufnimmt und diese bei Bedarf wieder an das Heizsystem abgibt [OEN10]

rückgewinnbare Verluste

Anteil der Energieverluste, die zur Verminderung des Energiebedarfs unter Berücksichtigung eines Ausnutzungsgrades genutzt werden [OEN10]

2.2.2. Gas – Brennwertkessel

Hier wird zwischen der Gas-Brennwerttechnik und Niedertemperaturgeräte. Die konventionellen Geräte kommen beim Neubau eines Einfamilienhauses kaum mehr zum Einsatz. Ebenso die Niedertemperaturgeräte, da in beiden Fällen nur der Heizwert des Gases als Brennstoff genutzt werden kann. Im Gegensatz zur Brennwerttechnik, die es ermöglicht auch die latente Wärme aus den Abgasen zu nutzen. Mittlerweile werden Brennwertkessel in 3 Generationen unterschieden. Die Grundsätzliche Funktionsweise eines Brennwertkessels besteht darin, dass der Brennstoff unter Luftzufuhr verbrannt wird und mittels eines Wärmetauschers Heizwasser erwärmt wird. Ein zweiter Wärmetauscher wird dabei vom rücklaufenden Heizwasser durchströmt und bringt die Abgase unter den Kondensationspunkt. Durch diese latente Wärmezufuhr kann das Heizwasser vorgewärmt werden. Nachteil dieser Variante ist der zusätzlich

benötigte Abgasventilator, um einen Abtransport der Gase zu gewährleisten. Auch das anfallende Wasserkondensat muss abgeführt werden.

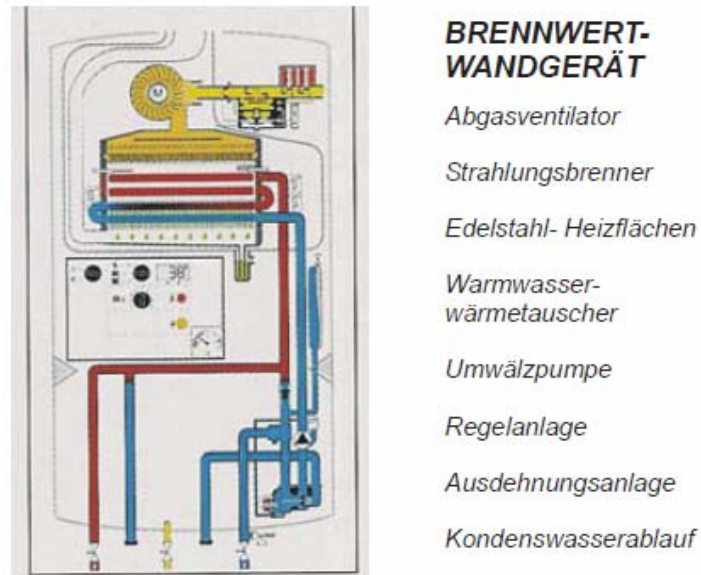


Abb 1 Funktionsschema eines Brennwertgeräts [JEN10]

Die Geräte der zweiten Generation kommen mittlerweile mit nur einem Wärmetauscher aus, welcher beide Funktionen übernimmt. Grundsätzlich gilt, dass der Kesselwirkungsgrad höher wird, je niedriger die Rücklauftemperatur ist.

Die Geräte der dritten Generation sind speziell aufgrund der stetigen Nachfrage nach Niedrigenergiehäusern entwickelt worden und im kombinierten Heiz- und Warmwasserbetrieb Jahresnutzungsgrade an die 100% reichen.

2.2.3. Heizöl - Brennwertkessel

Im Vergleich zu Holzfeuerungsanlagen ist der Platzbedarf für die Brennstofflagerung geringer. Es wird dabei jedoch der Einsatz von Sicherheitseinrichtungen erforderlich, um auch bei möglichen Gebrechen an Heizölversorgungsanlagen jede Verunreinigungen von Erdreich zu vermeiden. Heizölversorgungsanlagen müssen deshalb in öldicht ausgeführten Auffangwannen angeordnet werden, die bei Heizölaustritt die einzulagernde

Heizölmenge aufnehmen können. Darüber hinaus kommen Warneinrichtungen zum Einsatz, welche Heizölaustritt in Auffangwannen registrieren. Zur Vermeidung unerwünschter Wärmeabgabe von Heizkesseloberflächen an Heizräume werden Heizkessel mit wärmedämmenden Umhüllungen ausgerüstet. [JEN]

Die Funktionsweise des Brennwertkessels ist die gleiche wie beim Brennstoff Gas jedoch mit anderen Kondensationstemperaturen. Das System bleibt jedoch gleich.

2.2.4. Wärmepumpen

Der Einsatz von Wärmepumpen als Heizungssystem hat die letzten Jahre besonders bei Einfamilienhäuser mit niedrigem Energiebedarf stark zugenommen und sich bis heute auch sehr bewährt. Der Betrieb dieser Pumpen erfolgt in der Regel mit elektrischer Energie, kann aber auch mit Gas- oder Dieselmotoren betrieben werden. Bei den elektrisch betriebenen Wärmepumpe erfolgt die Einteilung über die Wärmeträgermedien. Dabei wird zuerst das Wärmeträgermedium für den Außenwärmetauscher der Wärmequelle und an zweiter Stelle das Medium für den Innenwärmetauscher auf der Wärmenutzungsseite angeführt.

Es wird grundsätzlich zwischen Kompression.- und Sorptionswärmepumpen unterschieden. Dabei erfolgt bei Kompressionspumpen der Antrieb des Verdichters über Elektro- und Verbrennungsmotoren. Sorptionspumpen weisen anstelle des eines mechanischen einen thermischen Verdichter auf, dessen Energie aus einem Verbrennungsprozess von Gas oder Öl gewonnen wird. Zusätzlich besteht die Möglichkeit bei Kombination mit einer Solaranlage, die durch die Sonne gewonnen solaren Energie, zum Teilbetrieb der Anlage zu nutzen.

Eine Kompressionswärmepumpe setzt sich prinzipiell aus einem Verdampfer, einem Verdichter und einem Verflüssiger (Kondensator). Es kann als ein Kreisprozess beschrieben werden. Der Verdampfer führt dem verwendeten Kältemittel die gewonnene Wärme des Wärmetauschers zu (Wärmequelle: Luft, Wasser oder Erdreich). Aufgrund der unterschiedlichen Siedepunkte (das Kältemittel hat einen sehr niedrigen Siedepunkt), erfolgt eine Verdampfung, mit einer anschließenden Verdichtung des Dampfes durch den Kompressor. Die dabei entstehende Wärme im Kondensator wird abgegeben und es kommt wieder zu einer Verflüssigung wobei der Prozess dann durch die Druckreduzierung mittels eines Expansionsventils wieder von neuem beginnt. Dabei wird das Kältemittel teilweise verdampft.

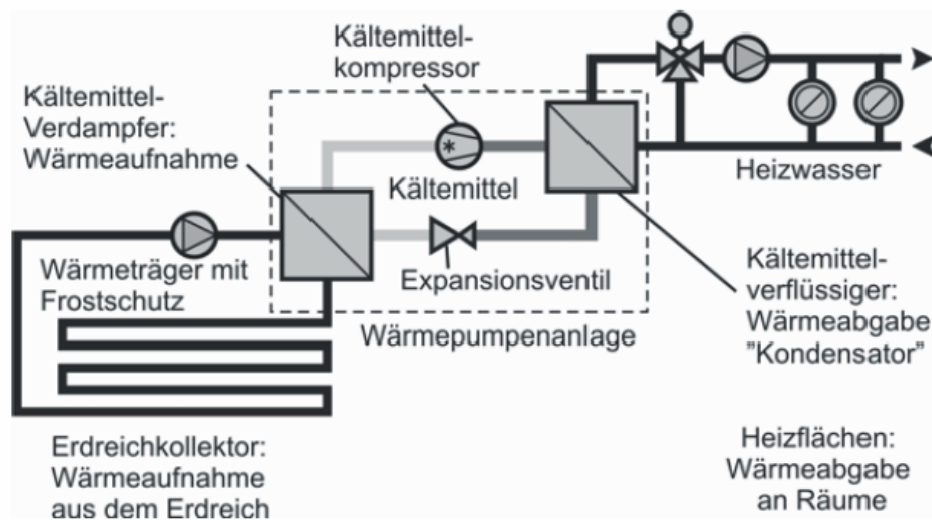
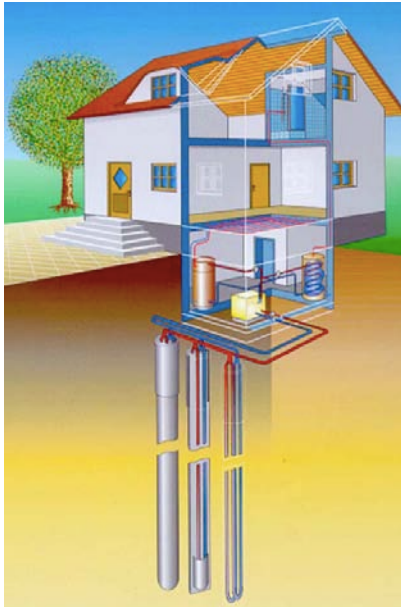


Abb 2 Funktionsprinzip einer Wärmepumpe [JEN10]

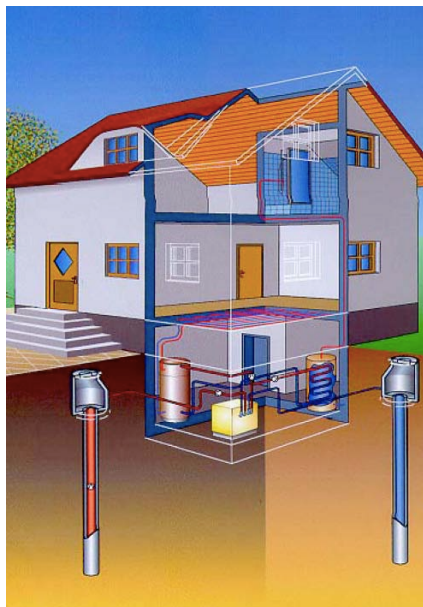
Erdwärmesonden



Großer Vorteil ist der geringe Flächenbedarf. Die Sonden können bis zu 300m tief in den Boden reichen. Meist wird Sole als Wärmeträgermedium verwendet. Die letzten Monate zeigen jedoch einen Trend hinzu der Verwendung von Direktverdampfern mit Ammoniak als Arbeitsmittel.

Abb 3 Erdsonden Wärmepumpe Schemaskizze [DOR07]

Grundwasser Wärmepumpe



Der große Vorteil beim Einsatz von Grundwasserpumpen besteht im konstanten Temperaturniveau des Wassers, welches zwischen $+7^{\circ}$ und $+12^{\circ}$ pendelt. Voraussetzung hierfür ist allerdings das Vorhandensein von Grundwasser in ausreichender Menge.

Abb 4 Grundwasser Wärmepumpe Schemaskizze [DOR07]

Erdkollektor Wärmepumpe

Die Erde ist ein guter Wärmespeicher und bietet im Winter relativ konstante



Temperaturen. Diese Ausführung ist jedoch nur beim Neubau interessant, da die Installationen gleich mit den ohnehin anfallenden Erdarbeiten verbunden werden können. Dabei werden in ausreichender Tiefe (Frostgrenze) horizontale Rohrschlangen verlegt, in welchen die Wärme flüssigkeit, in einem geschlossenen Kreislauf zirkuliert und der für die Wärmeaufnahme zuständig ist. Wenn höhere Jahresarbeitszahlen erzielt werden wollen, wird die Sole als Wärmeträgermedium durch einen Direktverdampfer ersetzt.

Abb 5 Erdkollektor Wärmepumpe Schemaskizze [DOR07]

Energiepfähle

Wenn zur Gewährleistung der Standsicherheit des Gebäudes Gründungspfähle benötigt werden, bietet es sich an, Wärmeübertragungsrohre gleich in diese Gründungspfähle mit einzubinden und sich so die sonst anfallenden Bohrkosten zu sparen. Einzig die Tatsache, dass beim Einfamilienhausbau immer noch vorwiegend Holzpfähle für die Gründung verwendet werden, da diese eindeutig kostengünstiger sind als Beton, macht den Einsatz von Energiepfählen nur dann sinnvoll, wenn entsprechende Auflagen vorliegen.

Luftwärmepumpen

Die Nutzung der Umgebungsluft als Wärmequelle ist eine besonders unkomplizierte Lösung. Behördliche Genehmigungen sind nicht notwendig. Auch der Aufwand für die Erschließung ist gering, da Arbeiten die das Erdreich betreffen oder notwendige Bohrungen entfallen.

Kapazitäten der Wärmepumpenarten

Die folgende grafische Darstellung gibt Auskunft über die Verteilung der Wärmequellenarten und wie sie bis 2001 in Vorarlberg am meisten eingesetzt wurden.

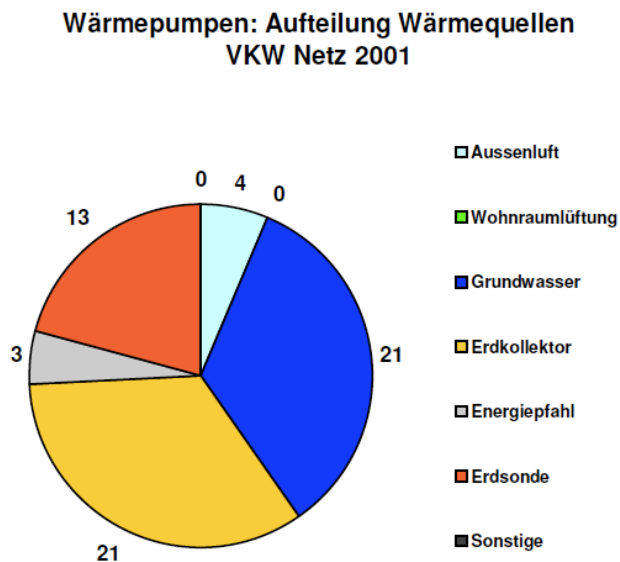


Abb 6 Aufteilung nach Einsatz von Wärmequellen in Vorarlberg 2001 [Quelle VKW]

Im Vergleich dazu die Grafik acht Jahre später, zeigt generell einen deutlichen Anstieg des Wärmepumpeneinsatzes. Einen besonders großen Zuwachs können die Erdsondenanlagen verzeichnen. Ebenso ist der Trend hinzu der Verwendung von Außenluftwärmepumpen zu erkennen.

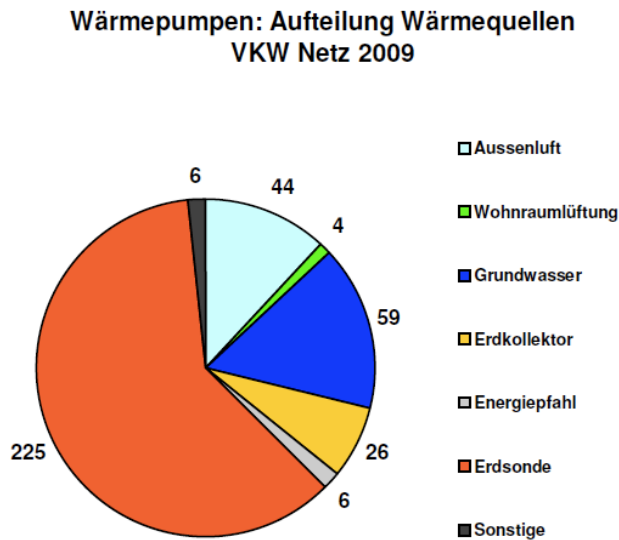


Abb 7 Aufteilung nach Einsatz von Wärmequellen in Vorarlberg 2009 [Quelle VKW]

2.2.5. Solarkollektoren

Die wesentlichen Bestandteile einer Solaranlage setzen sich aus dem Kollektor, Solarspeicher inkl. Wärmetauscher, einer Umwälzpumpe und einem Automatischen Steuergerät zusammen. Dabei ist der Kollektor für die Aufnahme der Sonnenenergie, die Umwandlung dieser in Wärme und für die Weitergabe an den Wärmeträger zuständig. Als Kollektoren werden je nach zu erreichender Leistungsvorgabe und entsprechender Kollektorfläche unterschiedliche Typen eingesetzt. Meist eingesetzt werden verglaste Flächenkollektoren und Vakuum-Röhrenkollektoren. Dabei werden die verglasten Flächenkollektoren gerne bei der Brauchwassererwärmung in Wohngebäuden genutzt. Sehr geringe Wärmeverluste und eine optimale Ausnutzung der Sonnenenergie können mit den Vakuum-Röhrenkollektoren erzielt werden. Hier befindet sich der Absorber in einem Glasrohr mit Vakuum. Durch den höheren Wirkungsgrad von Röhrenkollektoren wird eine geringere Kollektorfläche benötigt. Sie weisen jedoch eine geringere Lebensdauer auf als die konventionellen Flachkollektoren.

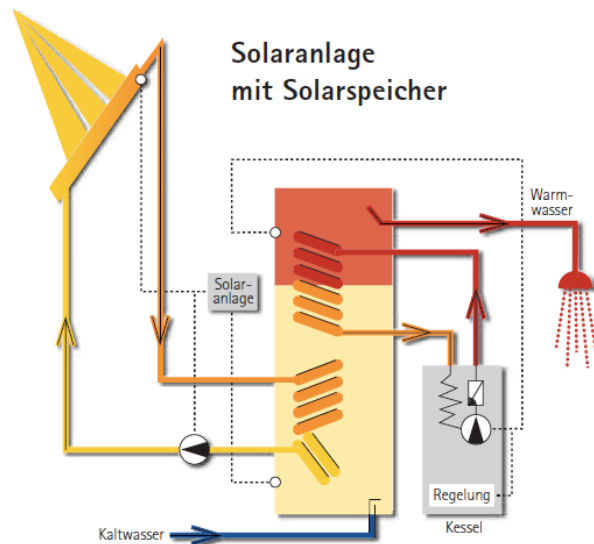


Abb 8 Systemskizze einer Solaranlage mit Solarspeicher [AVL03]

Die Solarspeicher sind notwendig, da die Zeiten des Sonnenenergieangebots und die Zeit der Nutzung des Wärmebedarfs meist nicht ident sind. Solaranlagen, welche für die Heizungsunterstützung verwendet werden, benötigen gegenüber den Anlagen welche nur für die Warmwasseraufbereitung eingesetzt werden, einen größeren Solarspeicher und einen weiteren Wärmetauscher. Grundsätzlich gilt für alle Solarspeicher, dass sie sehr gut gedämmt werden müssen, um die Wärmeverluste so gering als möglich zu halten.

Das Steuergerät vergleicht die Temperatur im Kollektor mit der Temperatur im Speicher und regelt somit die Umwälzpumpe.

2.2.6. Wärmerückgewinnung durch kontrollierte Belüftungsanlagen

Die wichtigste Aufgabe einer Lüftungsanlage, ist die Gewährleistung den Wohnräumen in regelmäßigen, zeitlichen Abschnitten eine bestimmte Menge an Frischluft zur Verfügung zu stellen. Die einfachsten Systeme finden sich in

fast jedem Haushalt in Form von Dunstabzugsanlagen bei Küchen oder anderen Abluftanlagen in sanitären Bereichen.

Diese herkömmlichen Lüftungsanlagen haben aber nicht mehr viel mit den heutigen modernen Belüftungsanlagen gemeinsam. Um den Anspruch von Energiereduktion durch die Verbesserung der technischen Gebäudeausrüstung, besonders im Bereich der Heizsysteme, gerecht zu werden, wurde versucht, die Lüftungswärmeverluste zu senken und im idealsten Fall zu kontrollieren. Die Maßnahme weniger zu Lüften schränkt zwar die Lüftungsverluste ein, geht aber auf Kosten der Hygiene und Behaglichkeit.

Geregelte Be- und Entlüftung

Die bestmögliche Luftverteilung in den Räumen des alltäglichen Wohnens mit Frischluftbedarf ist durch eine kontrollierte Be- und Entlüftung gegeben.

Dabei wird gezielt die benötigte Frischluft den Wohn- und Aufenthaltsbereichen zugeführt und in Bereichen Küchen, Bäder, WC's und andere durch Feuchtigkeit belastete Räume gezielt entlüftet.

Diese gezielte Durchströmung der Räume führt zu einer hohen Luftqualität und dient besonders der Entfeuchtung und wirkt somit gleichzeitig vorbeugend gegen Schimmel.

Zu- und Abluftführung erlauben es bei solchen Anlagen, Wärme aus der abgeführten verbrauchten Luft zurückzugewinnen. In Wohnungen beträgt der Lüftungswärmeverlust bei ausreichender Lüftung zwischen 20 und 30 kWh/(m²a) (lt. Feist 2003) . Dies wäre ein im Vergleich zu allen anderen Wärmeströmen im Passivhaus sehr hoher Wert.

Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung

Prinzipiell funktioniert das System dieser Wärmerückgewinnung in der Weise, dass Wärme aus der Abluft zurückgewonnen wird und mit Hilfe eines Wärmetauschers in die Zuluft zurückgeführt wird, ohne dass sich dabei die Luftströme vermischen.

Der Stand der Technik erlaubt es, Lüftungsanlagen mit Wärmebereitstellungsgraden von 75 bis hin zu 90% bereitzustellen. Durch den Einsatz von Gegenstromwärmetauscher kann somit eine ausreichend hohe Wärmerückgewinnung erzielt werden, sodass die verbleibenden Lüftungswärmeverluste vernachlässigbar klein werden und der Einsatz dieser Raumbelüftungsanlagen auch energetisch vertretbar wird.

In Passivhaus- und Niedrigenergiebauten besteht sogar die Möglichkeit die Lüftungsanlage als Heizungssystem einzusetzen. Da frische Luft ohnehin in Wohn-, Arbeits-, Kinder- und Schlafzimmer zugeführt wird, kann diese Luft auch zugleich zur Wärmezufuhr verwendet werden. Diese Geräte werden als Lüftungskompaktgerät bezeichnet.

Durch die Kombination mit Erdwärmepumpen bietet die Lüftungsanlage auch die Möglichkeit im Sommer die Räume zu kühlen.

2.2.7. Biomasseanlagen beim Einfamilienhaus

Grundsätzlich kann in feste, flüssige und gasförmige Brennstoffe unterschieden werden. Das Holz ist in diesem Fall das meist eingesetzte Produkt. Es wird als Stück- bzw. Scheitholz in Kesseln mit oberem oder unterem Abbrand verwendet. Die früher eingesetzten Durchbrandkessel werden nicht mehr verwendet, da es bei diesen der Verbrennungsvorgang nur schwer zu kontrollieren ist und es zu hohen Abgasverlusten kommt. Bei den Kesseln mit oberem oder unterem Abbrand, findet wie der Name schon sagt, der Verbrennungsprozess nur in einem Teilabschnitt statt. Die Regelung erfolgt hierbei nur über die Anpassung der Verbrennungsluftmenge. Dies stellt einen großen Unterschied zu den anderen automatisch beschickten Biomasseanlagen wie Pellets oder Hackgut dar. Hier besteht noch die Möglichkeit die Brennstoffmenge zu kontrollieren, was eine wesentliche Auswirkung auf das Teillastverhalten hat und als modulierender Betrieb betrachtet werden kann.

Bei Pellets oder Hackschnitzel erfolgt die Zündung über einer Zündpatrone oder eine Gebläsezündung.

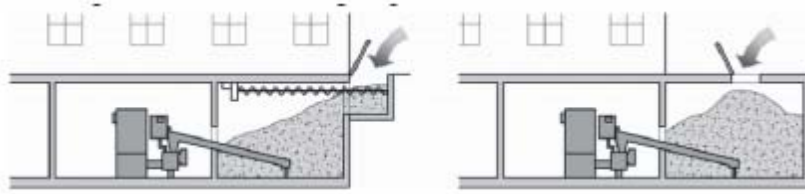


Abb 9 Raumbedarf für Pelletslager [JEN10]

Der Nachteil an diesem Heizungssystem ist sicherlich der große Raumbedarf, der durch die Lagerung der Pellets bzw. Hackgutstoffe auftritt und somit auch zusätzliche bauliche Maßnahmen fordert.

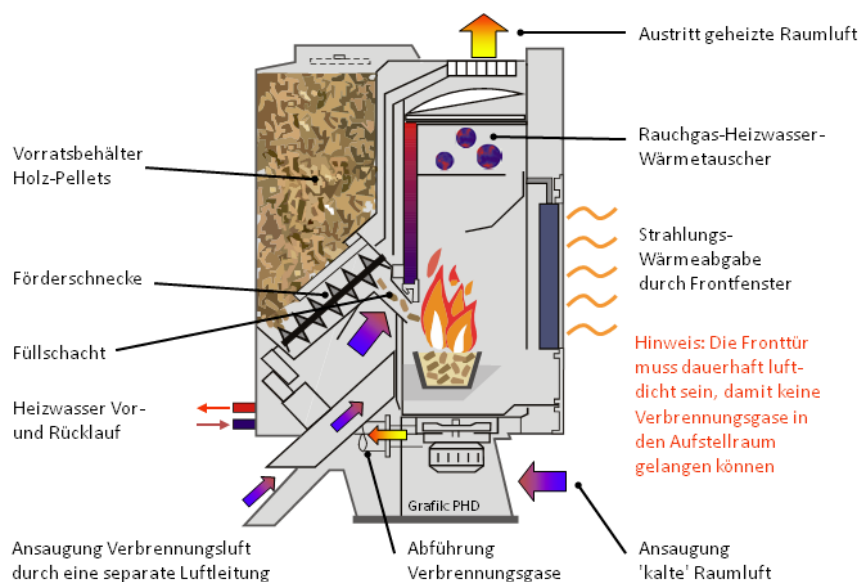


Abb 10 Schematischer Aufbau eines Holzpelletkessels [Quelle: www.passiv.de]

2.3. Energiekosten und Preissteigerungen

Die Energiequellen werden in Primäre und Sekundäre Energieträger eingeteilt:

Primäre Energieträger

Als „primäre Energieträger“ werden Ausgangsstoffe bezeichnet, die sich zur Umwandlung in Energiedienstleistungen eignen und keiner technischen Umsetzung unterworfen wurden. [JEN10]

Sekundäre Energieträger

Als „Sekundäre Energieträger“ bezeichnet man Umwandlungsprodukte aus primären Energieträgern, welche die Energienutzung vereinfachen (Pellets, Koks, Heizöl, Benzin, Strom, Fernwärme usw.). [JEN10]

Um auf lange Sicht eine Aussage über die Heizsysteme treffen zu können, ist es besonders wichtig, die sich ständig ändernden Randbedingungen sinnvoll einzuschätzen. Dabei spielt der variable Energiekostenpreis des jeweiligen Energieträgers eine sehr große Rolle. Der vorläufige Trend geht hin zu einer großen Steigerung der Energiepreise. Dieser Trend ist aber nicht sehr aussagekräftig, da sich die momentane Wirtschaft gerade wieder von ihrer Krise erholt und sich im Aufschwung befindet. Somit sollten die Energiepreise der letzten Monate nicht als Trend gewertet werden, sondern sind besser als Schwankung auf dem Energiepreismarkt zu interpretieren. Denn hohe Energiepreise stellen nicht gerade hohe Anreize für die von allen Seiten gewünschte Konjunktur dar.

Der Energieträger Erdöl stellt heute immer noch die wichtigste Energiequelle dar. Ausblickend auf die nächsten dreißig Jahre wird Erdöl auch noch längere Zeit die Dominanz am Markt nicht verlieren und den Energiepreis bestimmen.

Vergleiche mit den Arbeiten der Internationalen Energie Agentur [IEA 2001] tendieren dazu diese Annahmen zu unterstützen.

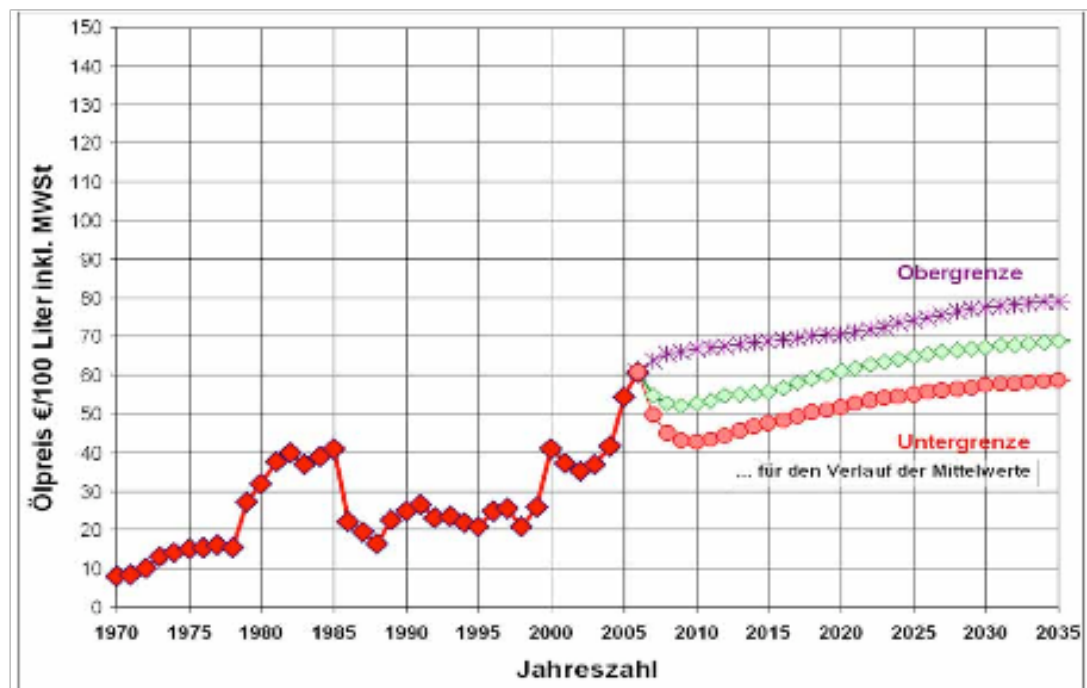


Abb 11 Entwicklung des Ölpreises in der Zukunft mit Ober- und Untergrenzen [Passivhaus Institut]

Das Passivhaus Institut dokumentiert hier eine eigene Fortschreibung der mittleren Energiepreistrends; es handelt sich dabei nicht um eine Prognose, aber um eine begründete Extrapolation auf der Basis der zuvor gegebenen Analyse. Ein exponentielles Wachstum des Energiepreises ist auszuschließen – die genannten Substitutionspotentiale greifen zuvor; aber die mittleren Energiepreise in den relevanten Zeiträumen, in denen ein Neubau oder ein modernisiertes Gebäude Heizenergie benötigen wird, werden nicht niedriger sein als die heutigen Tagespreise. Darüber gibt es unter Wirtschaftsfachleuten weitgehende Einigkeit. Allerdings sind die Gründe dafür nicht neu. Dass der Preisanstieg irgendwann kommen musste, war auch schon in den 90er Jahren des vergangenen Jahrhunderts bekannt – nur wann genau er kommen würde, das war nicht leicht vorauszusehen. Und er wurde überwiegend von den Experten eher auf die Zeit nach 2010 verlegt. Der gegenwärtig deutlich über dem Trend liegende Preis kann durchaus sogar noch einmal zurückgehen – die Trendlinie berücksichtigt das, sie liegt unter den aktuellen Preisen. [BBR08]

In den folgenden Diagrammen, sind die aktuellen Energiepreise je nach EU Land für Strom und Gas dargestellt.

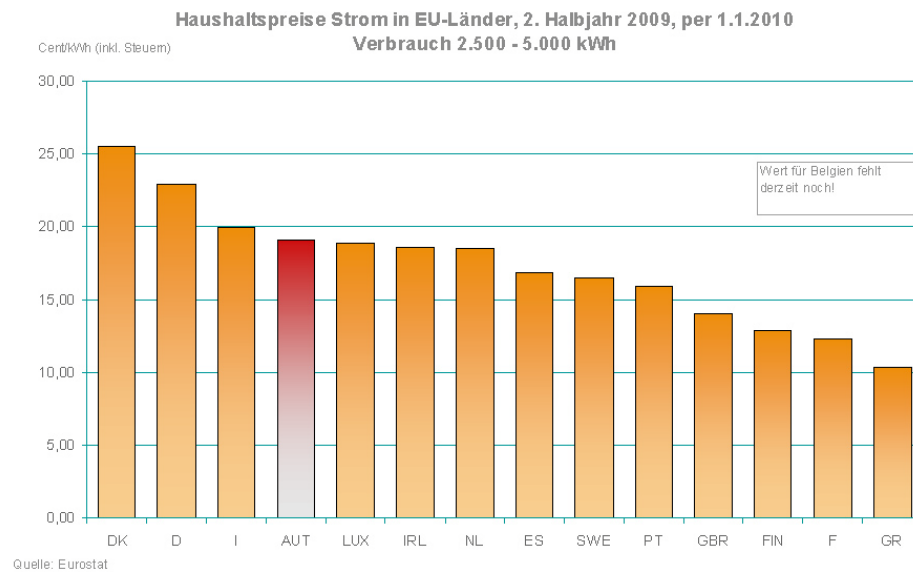


Abb 12 Haushaltspreise für Strom in EU-Länder [Quelle: ec.europa.eu/eurostat]

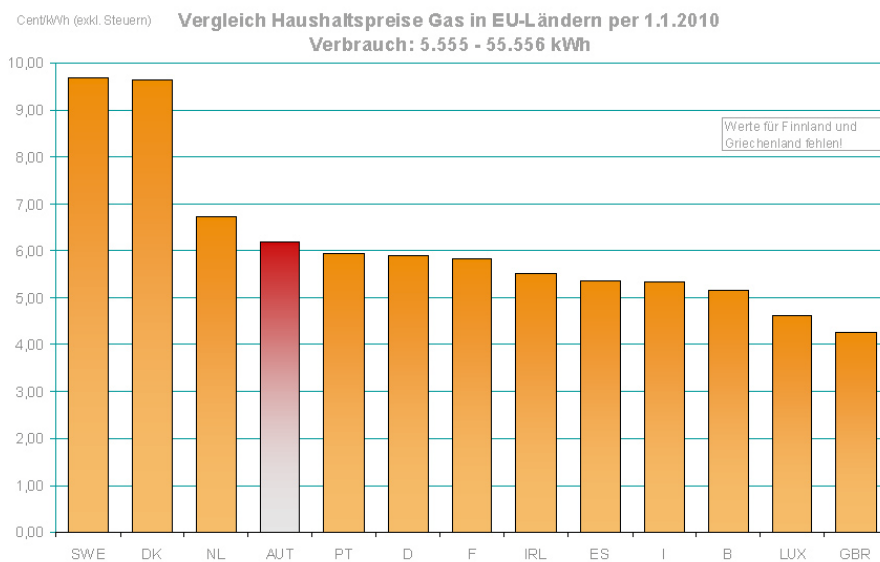


Abb 13 Haushaltspreise für Gas in EU-Länder [Quelle: ec.europa.eu/eurostat]

Österreich findet sich hier im EU Durchschnitt, im oberen Drittel des Preisniveaus.

Die Preisliste der Energieträger wird komplettiert durch eine Studie des Energieinstituts Vorarlberg, welche die Preisentwicklung der Pellets mit der Entwicklung von Gas und Heizöl gegenüberstellt. Grundsätzlich ist zu erkennen, dass hier die Pellets nicht so sehr von den wirtschaftlichen Schwankungen abhängig sind. Es kann aber nicht daraus geschlossen werden, dass der Energieträger Pellets oder Hackgutschnitzel von Energiepreissteigerungen verschont bleiben. Denn grundsätzlich ist Holz eine Handelsware, für die genau dieselben wirtschaftlichen Grundbedingungen gelten, wie für die andern Energieträger und das Ziel einer Gewinnoptimierung durch Handel mit Wirtschaftsgüter verfolgen.

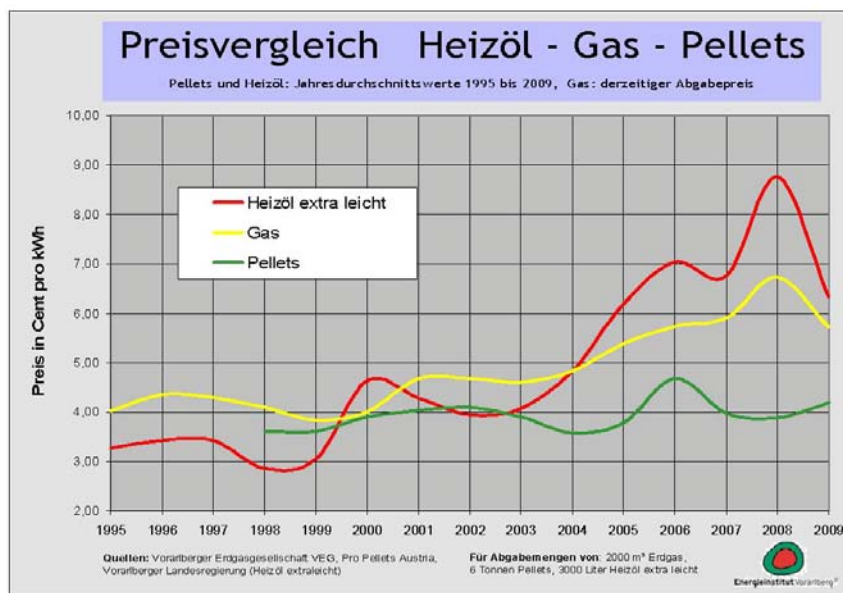


Abb 14 Preisvergleich Heizöl - Gas – Pellets [Energieinstitut Vorarlberg]

Die letzte Grafik zur Thematik der Energieträger zeigt die Entwicklung des Energieverbrauchs pro Kopf im Land Vorarlberg. Diese wurde dem Forschungsbericht „Energiekonzept Vorarlberg 2010“ des Land Vorarlbergs entnommen. Das Ziel des Aktionsprogrammes war die Reduzierung des Gesamtenergieverbrauchs pro Kopf, was durch die Einhaltung eines dazu angeführten Maßnahmenkatalogs auch gut umgesetzt und erreicht wurde.

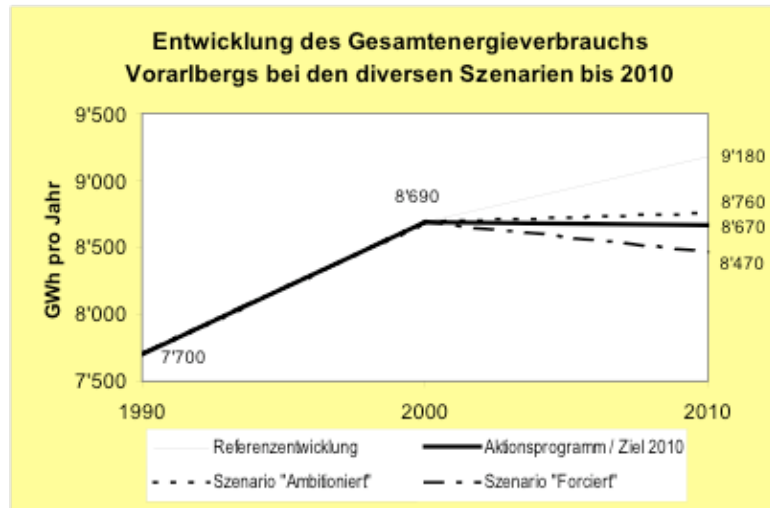


Abb 14 Entwicklung des Endenergieverbrauchs bis 2010 [AVL01]

2.4. Grundlagen der Analyse der Wirtschaftlichkeit

Aufgrund der Tatsache das die zukünftige Entwicklung der Energiepreise und anderen marktbestimmenden Faktoren nicht genau zu bestimmen ist, sind Wirtschaftlichkeitsrechnungen immer mit Unsicherheiten behaftet. Somit sollte die Darstellung des Ergebnisses in einer Form geschehen, die möglichst wenig von diesen mit Unsicherheit behafteten Faktoren abhängig ist.

Bei dieser Arbeit wird deshalb die Bewertung von Investitionen in effiziente Energienutzung bei Einfamilienhäusern im Neubau, unter betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten betrachtet. Bei der Vorgangsweise der Zusammenstellung werden ausschließlich klar monetarisierbare Kosten- und Nutzenarten verwendet.

Auf andere ebenso wichtige Kriterien, die eine optimale bauphysikalische Planung mit sich bringt, wie z.B.: die Komforterhöhungen bei einem angenehmen Raumklima, höhere Versorgungssicherheiten, bessere Umweltkriterien und die sozialen Auswirkungen, werden bei der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit nicht berücksichtigt.

Um einen möglichst realistischen Vergleich zu erhalten, muss die Wirtschaftlichkeit von Energiesparmaßnahmen immer als Alternative zum

Energiebezug betrachtet werden. Die Rentabilität energetischen Verbesserungen am Gebäude wird somit definiert, dass der benötigte Energieaufwand nicht teurer erbracht wird als durch den alternativen Bezug. Finanzwirtschaftlich gesehen werden die Kapitalkosten mit Fremdfinanzierung - einem Hypothekenkredit, was bei Neubauten fast immer der Fall ist - Kosten die ohnehin als Betriebskosten anfallen durch die Kapitalkosten für Zins und Tilgung aufgehoben.

Das wirtschaftliche Optimum ist die Maßnahmenkombination, welche die Energiedienstleistung im Vergleich zu anderen Alternativen mit den insgesamt geringsten Kosten erbringt.

[BBR08]

2.4.1. Methoden zur Bestimmung der Wirtschaftlichkeit

Im Allgemeinen stehen viele unterschiedliche Ansätze zur wirtschaftlichen Bewertung von Energiesparinvestitionen zur Verfügung, die sich in der zu Grunde gelegten Rechenmethodik und in der Definition des zu erreichenden Ergebnisses sehr unterscheiden. Um ein möglichst reales Ergebnis zu erhalten, sind ausschließlich Methoden, beruhend auf der Betrachtung der über den Lebenszyklus des Gebäudes anfallenden Gesamtkosten geeignet. Besonders bei langer Nutzungsdauer sind die zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallenden Kosten auch ökonomisch unterschiedlich zu bewerten.

Grundsätzlich lassen diese sich in statische und dynamische Verfahren unterteilen.

Statische Verfahren

Wie aus dem „Leitfaden zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Energiesparinvestitionen im Gebäudebestand“ zu entnehmen ist, sind bekannte statische Verfahren der Investitionstheorie die

- o Gewinnvergleichs- bzw. Kostenvergleichsrechnung
- o Rentabilitätsvergleichsrechnung
- o statische Amortisationsrechnung

Wobei der letzte Punkt, das Vergleichskriterium durch die Amortisationszeit am häufigsten zum Einsatz kommt. Bei diesem Vergleich des Kosten-/ Nutzen-Verhältnis bleiben aber die entsprechenden Zinseffekte und die temporäre Struktur des Zahlungsverkehrs unberücksichtigt. Diese Randbedingungen verfälscht das Ergebnis insofern, da es sich bei Investitionsentscheidungen von energetischen Verbesserungsmaßnahmen immer um ein mehrperiodiges Entscheidungsproblem handelt und somit diese statischen Verfahren keine gute Grundlage zur finanziellen und betriebswirtschaftlichen Beurteilung sind. Der Vorteile dieses Verfahrens ist, dass nur ein geringer Informationsbedarf benötigt wird und somit eine einfache und rasche Handhabung gewährleistet wird. Es bildet eine gute Basis beim Vergleich mit kurzen und einperiodigen Nutzungsdauern und ist bei Langzeitbetrachtungen eher als ergänzendes Kriterium zu verwenden.

Die Amortisationszeit eines Investitionsobjekts ist der Zeitraum, in dem das eingesetzte Kapital aus den durchschnittlichen Rückflüssen oder Einzahlungsüberschüssen des Objekts wiedergewonnen wird. [IMA08]

Dynamische Verfahren

Kennzeichnend für dynamische Modelle ist die Berücksichtigung von unterschiedlich anfallenden Kapitalflüssen in mehreren Perioden, was gleichzeitig das wesentliche Merkmal zur Unterscheidung zu statischen Modellen ist. Das bedeutet, dass die anfallenden Ein- und Auszahlungen zu unterschiedlichen Zahlungszeitpunkten finanzmathematisch transformiert (Ab- und Aufdiskontieren bzw. Ab- und Aufzinsen) werden können. Grundlage dafür, bildet die Zinseszinsrechnung und der Kapitalwert. Somit beeinflusst die Einnahmen- /Ausgabenrechnung nicht nur über ihren Betrag, sondern auch über den Zeitpunkt des Geldflusses das Ergebnis.

Zu den dynamischen Verfahren mit einheitlichem Kalkulationszinssatz zählen die:

- o Kapitalwertmethode
- o Annuitätenmethode
- o interne Zinsfußmethode
- o dynamische Amortisationsmethode

Im Folgenden soll kurz auf drei dieser Verfahren eingegangen werden:

Kapitalwertmethode

Die Kapitalwertmethode ist die grundlegendste dynamische Methode. Das Kriterium ist der Kapitalwert (KW) einer Investition.

Der Kapitalwert ist die Summe aller auf einen Zeitpunkt ab- bzw. aufgezinsten Ein- und Auszahlungen, die durch die Realisation eines Investitionsobjekts verursacht werden. [IMA08]

Zur Bestimmung des Kapitalwerts, wird somit jede Zahlung oder Einnahme innerhalb des Lebenszyklus eines Objekts, mit einem einheitlichen Kapitalzinssatz

zurückgezinst auf den Bezugszeitpunkt (t_0). Somit kann ein Zuwachs bzw. Verlust des Gesamtvermögens mittels folgender Gleichung ermittelt werden:

$$KW = \sum_{i=0}^n \ddot{u}_t \cdot (1+i)^{-t}$$

KW ... der Kapitalwert

t ... der Zeitpunkt

$\ddot{u}_t$... Investitionszahlung

i ... Kalkulationszinssatz

n ... Nutzungsdauer

Der Kapitalwert KW einer Investition ist die Summe aller mit dem Kalkulationszinssatz i auf

den Zeitpunkt $t = 0$ diskontierten Investitionszahlungen (Jahresüberschüsse) $\ddot{u}_t$.
[IWU03]

Die Kapitalwertmethode setzt eine vom Marktzins und Risikoabhängige Mindestverzinsung in Form eines Kalkulationszinssatzes voraus.

Bei der Annahme des Kalkulationszinssatzes ist besonders zwischen den verschiedenen Finanzierungsarten zu differenzieren. Es wird hier zwischen vollständiger Eigenfinanzierung (Zinssatz einer risikofreien Kapitalanlage), vollständiger Fremdfinanzierung (Zinssatz des aufgenommenen Kredits) und einer Mischfinanzierung (arithmetische Mittel aus Eigen- und Fremdkapitalzinssatz)

Die Kapitalwertmethode prüft, ob in einer Investition zumindest der gewählte Kalkulationszinssatz steckt und die Investition somit vorteilhaft ist ($KW > 0$ bei der Beurteilung einer Einzelinvestition). Aus einer Menge von Investitionsalternativen ist diejenige Alternative optimal, die den größten Kapitalwert aufweist. [IWU03]

Annuitätenmethode

Dieses Modell basiert auf denselben Grundlagen wie die Kapitalwertmethode und hat deshalb einen ähnlichen Charakter. Lediglich die Auswertung nach der Annuität (Ann) unterscheidet diese Methoden von einander.

Eine Annuität ist eine Folge gleich hoher Zahlungen, die in jeder Periode des Betrachtungszeitraums anfallen. [IMA08]

Das bedeutet, dass der Kapitalwert so auf die jährlichen Kosten umgelegt wird, dass die Einzelbeträge über den Lebenszyklus konstant sind. Dies bringt einen großen Vorteil bei gleichbleibenden Betriebskosten da nur noch die Annuität der Investitionen hinzugefügt werden muss, um einen vergleichbaren Wert zu bekommen. Dieses Verfahren kommt in Deutschland oft zur Verwendung und ist z.B. in [VDI 2067] beschrieben.

Die Annuität (Ann) kann ermittelt werden, in dem der Kapitalwert der Investition (KW_i) mit dem Annuitätenfaktor $a_{i,n}$ multipliziert und so auf die verschiedenen Perioden der Nutzungsdauer (n) der Investition verteilt wird:

$$Ann = KW \cdot a_{i,n}$$

$$a_{i,n} = \frac{i}{1 - (1 + i)^{-n}}$$

i ... Zinssatz

n ... Nutzungsdauer

Unter der Voraussetzung eines gleichen Kalkulationszinssatzes und gleicher Nutzungsdauer ist die Annuitätenmethode mit der Kapitalwertmethode komplett identisch.

Auf der Annuitätenmethode basierend haben sich zwei Verfahren zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Investitionen in Energiesparmaßnahmen besonders bewährt:

Der annuitätische Gewinn

Die Definition des annuitätischen Gewinns wird aus der Differenz zwischen annuitätischen Erlösen und annuitätischen Kosten formuliert. Die Kosten werden dabei aus den Investitionskosten der energieeinsparenden Maßnahme, den Heizkosten und Energiekosten des Objekts, sowie anfallender Zusatzkosten -wie z.B. Wartung der Geräte oder der Aufwand an Hilfsenergie- auf konstante annuitätische Kosten umgerechnet.

Besonders wichtig ist es die Investitionskosten (umfasst: die Planung, die Anschaffung, die Installation und die Inbetriebnahme) richtig anzusetzen. Damit bei vergleichen unterschiedlicher Alternativen auch immer die gleichen Randbedingungen verwendet werden und somit ein brauchbares Ergebnis erzielt wird. Es ist zu berücksichtigen, dass die „ohnehin“ auftretenden Kosten

gar nicht erst hinzugezogen werden, um eine überschaubarere und einfachere Vergleichssituation zu ermöglichen.

Diese „ohnehin“ auftretenden Kosten fallen z.B. an einem Bauteil an, welches gedämmt werden soll. Hier sind auch ohne genaue Definition der Dämmstärke Arbeiten (Mauerwerk, Putz) vorzunehmen. Gleiches wie z.B. bei Grundinstallationen beim Heizsystem, welche immer gemacht werden.

Die annuitätischen Kosten der Energiesparmaßnahme belaufen sich damit auf:

$$K_{ann} = a_{i,n} \cdot I + Z$$

K_{ann} ... annuitätische Kosten der energiesparenden Maßnahme

$a_{i,n}$... Annuitätenfaktor

I ... Mehrkosten für die energiesparenden Maßnahme

Z ... anfallende jährliche Zusatzkosten für z. B. Wartung oder Hilfsenergie

Bei der Ermittlung der annuitätischen Energiekosteneinsparung also der annuitätischen Erlöse, werden „die jährlichen Energiekosten ohne die Maßnahme“ von „den jährlichen Energiekosten bei Durchführung der energieverbessernden Maßnahme“ abgezogen.

$$E_{ann} = p \cdot E_s - p \cdot E_0$$

E_{ann} ... Energiekosteneinsparungen durch die Maßnahme (annuitätische Erlöse)

p ... mittlerer zukünftiger Preis der Energieeinheit

E_s ... jährlicher Energieverbrauch bei Durchführung der energieverbessernden Maßnahme

E_0 ... jährlicher Energieverbrauch ohne die Maßnahme

Eine Energiesparmaßnahme ist dann als wirtschaftlich anzusehen, wenn die annuitätischen Energiekosteneinsparungen größer sind als die annuitätischen Kosten. Der so ermittelte annuitätische Gewinn G_{ann} muss dann größer als 0 sein. [IWU03]

$$G_{ann} = E_{ann} - K_{ann} = p \cdot (E_s - E_0) - (a_{i,n} \cdot I + Z)$$

Dynamische Amortisationsmethode

Bei dieser Methode wird im Rahmen des Kapitalwertmodells die Amortisationszeit bestimmt.

Die Amortisationszeit eines Investitionsobjekts ist der Zeitraum, in dem das eingesetzte Kapital aus den durchschnittlichen Rückflüssen oder Einzahlungsüberschüssen des Objekts wiedergewonnen wird. [IMA08]

Die gewonnenen Aussagen bei diesem Modell weisen ähnliche Schwachstellen auf, wie sie schon bei der statischen Amortisation aufgetreten sind. Besonders der Unterschiede zwischen der Nutzungsdauer und der Amortisationszeiten bereiten erhebliche Schwierigkeiten. Deshalb ist auch dieses Modell als Kriterium bei längerfristigen Investitionen bei Baumaßnahmen schlecht geeignet.

Kosten der eingesparten kWh Energie

Die Kosten der eingesparten kW/h Energie werden dem mittleren zukünftigen Energiepreis gegenübergestellt. Die Kosten der eingesparten kW/h Energie müssen hierbei unterhalb des zukünftigen mittleren Energiepreises liegen. So wird eine Einstufung möglich. Dieses Verfahren wird auch äquivalenter Energiepreis genannt. [IWU03]

Der annuitätische Gewinn und die Kosten der eingesparten kWh Energie

Energiesparinvestitionen müssen sich stets an den Energiekosten, die ohne diese Maßnahmen angefallen wären, messen, d.h. sie sind immer im Vergleich zu den sonst entstehenden Energiekosten zu sehen. Rentabel ist eine Maßnahme dann, wenn die gewünschte Energiedienstleistung durch sie nicht teurer erbracht wird als durch den alternativen Energiebezug ohne Durchführung der Maßnahme (einschließlich Zins und Tilgung für das eingesetzte Kapital). [IWU03]

3. DAS PROJEKT

3.1. Projektübersicht

Als Untersuchungsobjekt, an welchem die notwendigen Energiebetrachtungen und Kostenvariationen für diese Arbeit durchgeführt werden, wird ein Neubauprojekt einer Wohnbaufirma aus Vorarlberg herangezogen.

Das Projekt besteht aus insgesamt sechs Einfamilienhäuser, welche auf einer Baugrundfläche von ca. 2000 m² errichtet werden. Die Anlage teilt sich auf in drei Häuser des Typs A mit 116 m² Wohnfläche und in drei Häuser des Typs B mit 98 m² Wohnfläche.

Die zweigeschossigen Wohnhäuser ohne Kellergeschoß werden in Massivbauweise und mit einem flachen Satteldach ausgeführt. Der Baubeginn ist für Mitte Sommer 2010 geplant.

3.1.1. Lage des Projekts

Die Einfamilienhausanlage wird in Vorarlberg, Stadt Dornbirn, Bezirk Haselstauden in der Siegfried Fußenegger Straße errichtet. Dieses Gebiet wird vorzugsweise als Wohngegend genutzt. Es werden hier deutlich mehr Einwohner als Arbeitsplätze verzeichnet.

Der Anbindung an das öffentliche Verkehrsnetz ist durch die unmittelbare Nähe zu einer Bushaltestelle gegeben, die von der lokalen Stadtbuslinie 2 angefahren wird.

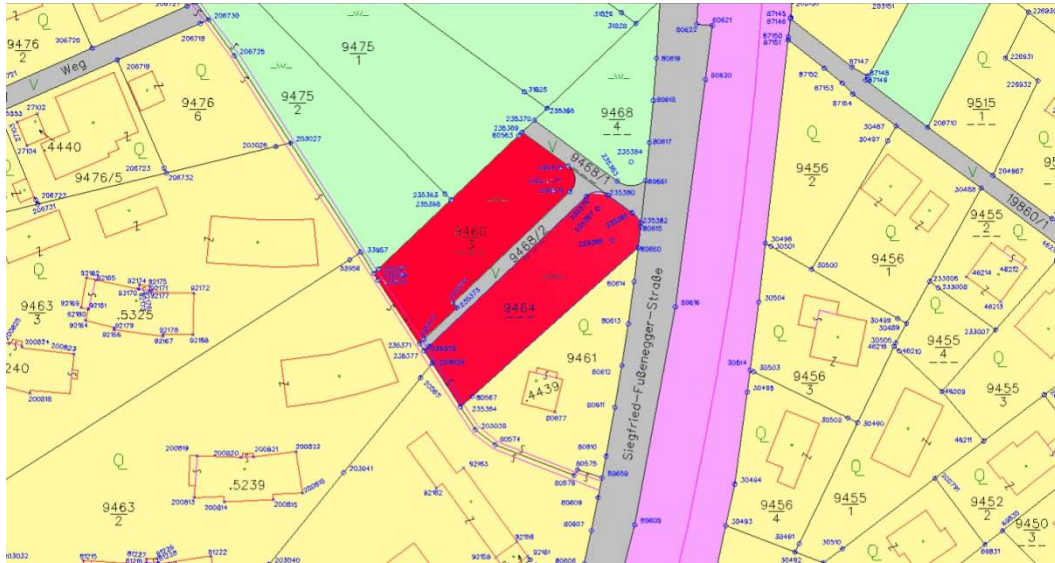


Abb 15 Flächennutzungsauszug VoGIS

Die rot markierte Fläche stellt das Baugrundstück dar auf welchem das Projekt gebaut wird.



Abb 16 Luftaufnahme der Umgebung [google earth 2010 teleatlas]

Wie bei der Luftaufnahme zu erkennen ist, ist das südwestliche Gebiet um das geplante Objekt mit einigen Ein- und Mehrfamilienhäusern verbaut. Im nördlichen Teil grenzt eine Grünfläche an, welche als Bauland gewidmet ist und

sehr wahrscheinlich in den nächsten Jahren auch für Wohnzwecke verbaut wird. Westlich begrenzt die Siegfried Fußnegger Straße und die daneben situierte Lärmschutzwand des Zugdammes das Grundstück.

3.2. Entwurf und Planung

Übersichtsplan 1:500



Abb 17 Übersichtsplan 1:500

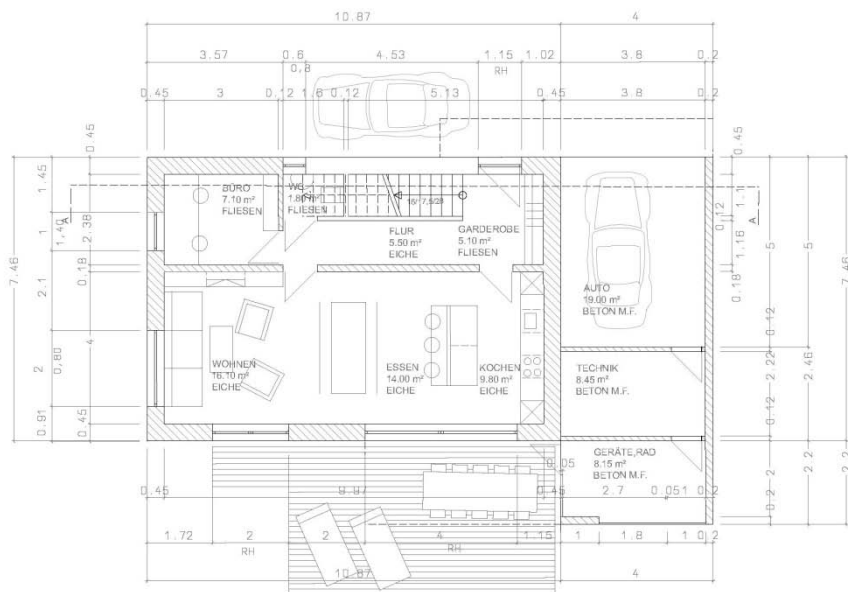
Grundriss TYP A EG

Abb 18 Grundriss Typ A EG

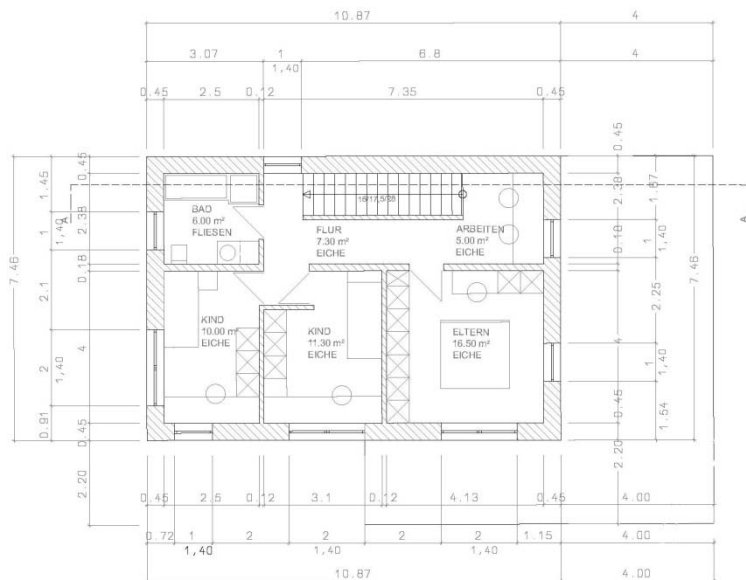
Grundriss TYP A OG

Abb 19 Grundriss Typ A OG

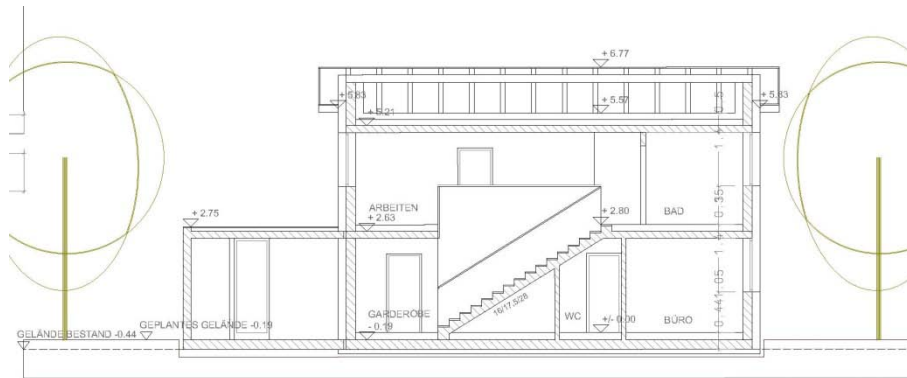
SCHNITT A-A

Abb 20 Schnitt A-A

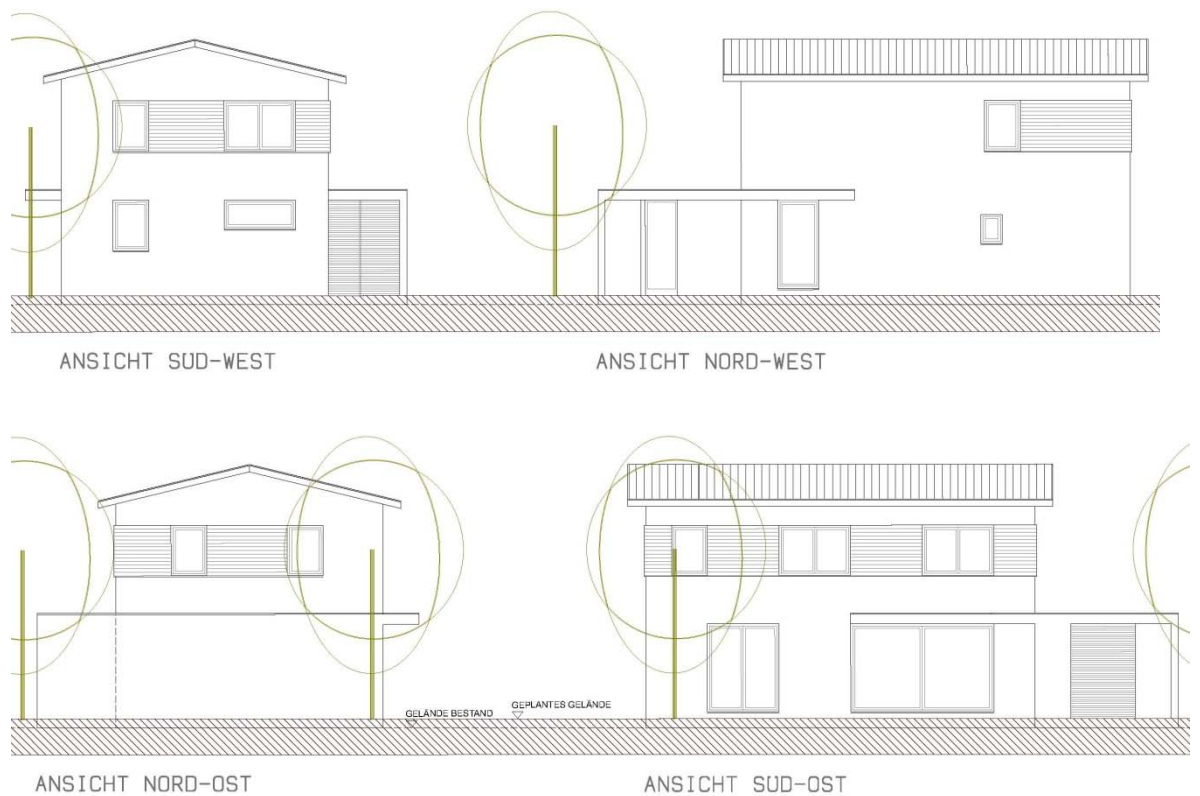
ANSICHT TYP A

Abb 21 Ansichten TYP A

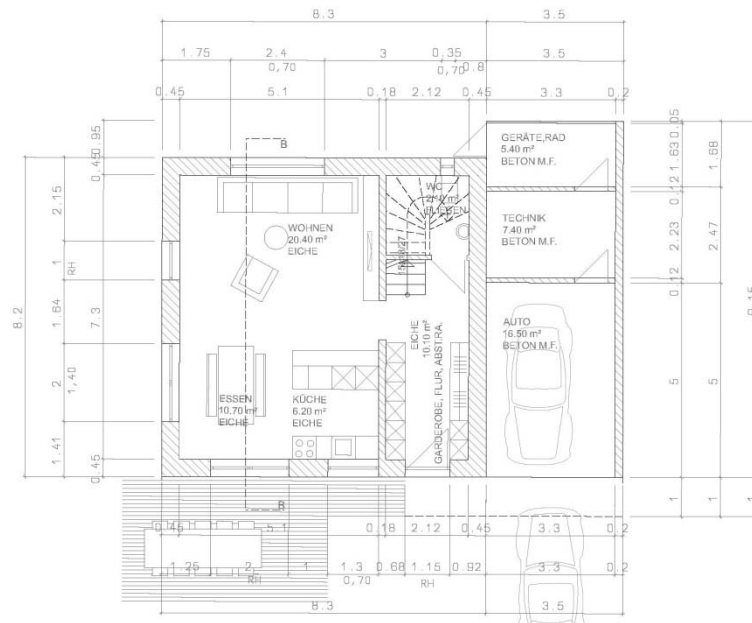
Grundriss TYP B EG

Abb 22 Grundriss TYP EG

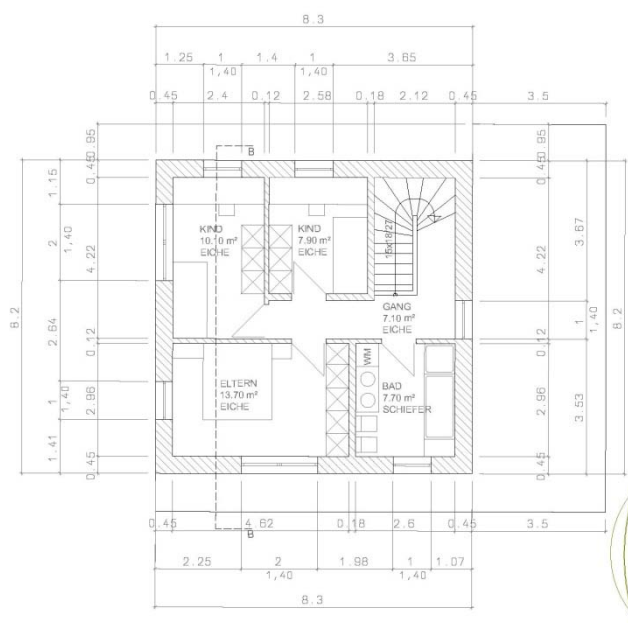
Grundriss TYP B OG

Abb 23 Grundriss TYP B OG

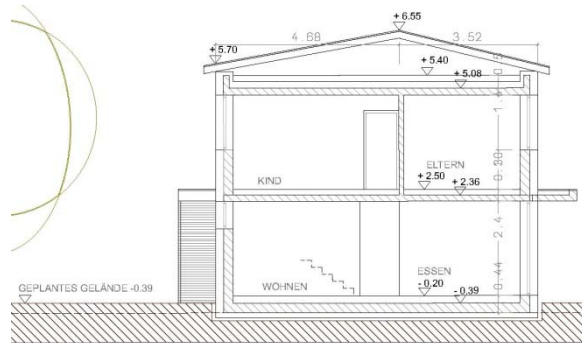
SCHNITT B-B

Abb 24 Schnitt B-B

ANSICHT TYP B

Abb 25 Ansicht TYP B

3.3. Erstellung des Energieausweises

Um die Auswirkungen der unterschiedlichen energetischen Standards zu erfassen, sind sehr viele Berechnungen notwendig, welche erst durch den Einsatz bauphysikalischer Berechnungsprogramme möglich werden. Dabei wurden die festgelegten Abmessungen eingegeben und verschiedene Varianten und Materialien für die Wand- Fußboden- und Deckenkonstruktion betrachtet. Die erhaltenen Energiewerte und die dazugehörigen Kostenstellen, wurden mit Hilfe eines Tabellenkalkulationsprogrammes einer Kosten-Nutzenanalyse unterzogen und graphisch dargestellt.

Nach der Festlegung der Aufbauten und Konstruktionsdetails, wurden die angebotenen Heizungsanlagen in die Berechnung übernommen und für jede der 25 Varianten einen Energie- und Gebäudeausweis erstellt. Diese Berechnungen bilden die Grundlage für die weiteren Vergleiche der Heizungssysteme. Dabei wurden jeweils für die betreffende Anlage und Anlagenkombination folgende Werte für die weitere Bearbeitung verwendet:

- o HWB Heizwärmebedarf
- o HL Heizlast
- o WWWB Warmwasserbedarf
- o HTEB Heiztechnikenergiebedarf
- o HEB Heizenergiebedarf
- o Hilfsenergiebedarf für die Warmwassererzeugung
- o Hilfsenergiebedarf für die Raumheizung
- o Hilfsenergiebedarf für die Solaranlage
- o Hilfsenergiebedarf für die Wärmepumpe
- o Solarer Beitrag für Warmwasser
- o Solarer Beitrag für Raumheizung
- o Gesamter Nutzenergiebedarf
- o Energiebezugsfläche

Für die Berechnung der Jahresarbeitszahl der Wärmepumpen wurde das Berechnungsblatt JAZcalc verwendet. Mit diesem Programm wird der Strombedarf und die Wärmeproduktion der Wärmepumpenanlage ermittelt und durch die Jahresarbeitszahl sowie dem Deckungsgrad dargestellt. Ebenso werden mit diesem Berechnungsblatt die Verteil- und Speicherverluste berücksichtigt. Die Möglichkeit der Einbeziehung der Auswirkungen einer Solaranlage ist auch gegeben. Die Werte für die Heizleistung, der elektrischen Leistung und der COP – Wert wurden aus dem Testbericht für Wärmepumpen (Wärmepumpentestzentrums WPZ Buchs 30.07.2010) entnommen.

Der Energie und Gebäudeausweis wurde mit dem Programm „G-E-Q Gebäude Energie Qualität von der Zehentmyer Software GmbH Version 2010, 021128 erstellt. Ein Energie und Gebäudeausweis ist als Beispiel im Anhang angeführt.

Wärmepumpen - Berechnungsblatt JAZcalc



Projekt: **BVH SF Straße** Installateur / Planer: **Prade Michael** JAZcalc_6.3 / Juli 09

Name (Bauherr/GU):	BVH SF Straße	Name:	Prade Michael
Strasse:	Siegfried Fußenegger Straße	Strasse:	
Ort:	6850 Dornbirn	Ort:	
Tel.:		Tel.:	

Gebäudedaten			Bundesland:	Vorarlberg	⬆
Klimastation				Dornbirn	⬆
Gebäudekategorie				Einfamilienhäuser	⬆
Energiebezugsfläche EBF (gemäß Energieausweis)	A _E	m²		158	
Heizwärmebedarf (gemäß Energieausweis)	Q _h	kWh/m²a		36	
Transmissionswärmeverluste (gemäß Energieausweis)	Q _T	kWh/m²a		57	
Lüftungswärmeverluste (gemäß Energieausweis)	Q _V	kWh/m²a		28	
Heizung: Zusätzliche Verteilverluste		%		2%	
Sperrzeiten für Wärmepumpe		h/d		1	
Heizleistungsbedarf ohne Warmwasser bei -12°C	Vorschlagswert	4,7	kW		
Warmwasserbedarf	Q _{ww}	kWh/m²a		14,1	
Warmwasser: Zusätzliche Speicher- und Verteilverluste		%		10%	

Wärmepumpen-Anlage		Waterkote	
Name und Typ der Wärmepumpe:		Erdsonden-Wärmepumpe	
Wärmequelle:		Heizung + Warmwasser	
Einsatz (Heizung oder Warmwasser):		mit Heizungs - Speicher	
Heizungsspeicher		monovalenter Betrieb Heizung	
Betriebsweise der Wärmepumpen-Anlage:			
Elektrische Leistungsaufnahme Sondenpumpe:		W	240
Sondenanzahl:	(Sondenbelastung = 21,6 W/m)	-	4
Länge pro Erdwärmesonde:	(Sondenbelastung = 11,4 kWh/m)	m	95
Auslegungs-Sondentemperatur (optional, aus externer Berechnung in Beilage)	4,6	°C	
COP bei Normtemperatur (B0 / W50):		-	3,25
Leistungszahl COP (B0 / W35):		-	4,6
Heizleistung bei (B0 / W35):		kW	10,5
Grösse Heizungsspeicher		Liter	300
Temperaturerhöhung in der Wärmepumpe bei Normbedingungen	dT Nutzer	°C	6
Vorlauftemperatur der Heizung:	T VL	°C	35
Rücklauftemperatur der Heizung:	T RL	°C	30
Differenz Speichertemperatur - Vorlauftemperatur Heizung	dT Speicher	°C	5
elektrische Zusatzheizung Warmwasser:		Elektroeinsatz zur Nachwärmung	
garantierte Warmwassertemperatur ohne Elektroheizstab:		°C	52
Warmwassertemperatur mit Elektro - Nachwärmer Q _{ww} :		°C	57
WW-Speicher-Inhalt		Liter	300
Solaranlage:		Sonnenkollektoren für Heizung und Warm	
Absorberfläche		m ²	6,0
Kollektorausrichtung	Azimet [°]:	Neigung [°]:	40
Nettoertrag pro m ² Absorberfläche	320,0	kWh/m ² a	
Höhe über Meer des Standortes		m.ü.M.	440
Solarer Deckungsgrad Warmwasser	70,0%	%	
Solarer Deckungsgrad Heizung	6.3%	%	

Resultate			
Elektro-Anteil für das Warmwasser	$\epsilon =$	0,0%	kWh =
Laufzeit der Wärmepumpe			h / a
Anteil und JAZ (ohne Elektrozusatz) der WP für die Heizung mit Solaranlage		93,7%	JAZ _{Heizung} =
Anteil und JAZ (ohne Elektrozusatz) der WP für Warmwasser mit Solaranlage		26,8%	JAZ _{Warmwasser} =
Gewichtungsfaktor Heizung w_H :		-	0,72
Gewichtungsfaktor Warmwasser w_{ww} :		-	0,28
JAZ (ohne Elektrozusatz) für Heizung + Warmwasser ohne / mit Solaranlage:	4,05	-	5,57
JAZ mit Solaranlage (inkl. Elektrozusatz) für Heizung + Warmwasser:		JAZ =	5,33

Wichtiger Hinweis für Endkunden:
Aufgrund individuellen Nutzerverhaltens (z.B. höhere Raumtemperaturen, anderer Brauchwasserbedarf, etc.) oder Änderungen in der realisierten Ausführung, kann die tatsächliche Jahresarbeitszahl von der berechneten Jahresarbeitszahl abweichen.

Abb 26 Wärmepumpen - Berechnungsblatt JAZcalc Beispiel für Erdwärme mit solarer Unterstützung

3.4. Ausführung der Gebäudehülle

Um eine Grundlage zur Abschätzung einer geeigneten Dämmstärke zu schaffen, wird der Wärmedurchgangs je m² verschiedener Dämmstoffe und die zugehörigen Kosten der eingesparten Energie miteinander verglichen. Zuerst wurden die U-Werte der Konstruktion ermittelt und anschließend Die Heizlast dieser bestimmt. Dabei wird die Differenz (U-Wert ohne Dämmung und U-Wert mit Dämmung) mit einer angenommenen Temperaturdifferenz von 30° multipliziert und auf Stunden umgelegt. Dieser Wert entspricht der eingesparten Energie durch die Dämmmaßnahme und wird mit der Verrechnungseinheit auf Energiekosten umgerechnet.

Kosten der eingesparten Energie:

$$K_{\text{ein}, E} = \frac{1 - \left[\frac{(1 + E_{\text{pr}, st})}{(1 + i)} \right]^n}{(i - E_{\text{pr}, st})} \cdot E_{\text{Kost}}$$

i ... Zinssatz

n ... Nutzungsdauer

E_{pr,st} ... Energiepreissteigerung

E_{Kost} ... Energiekosten

K_{ein,E} ... Kosten der eingesparten Energie

Nettokosteneinsparung:

$$K_{\text{ein}, \text{Netto}} = K_{\text{Grund}} - K_{\text{Dämm}} - K_{\text{ein}, E}$$

K_{Grund} ... Grundkosten

K_{Dämm} ... Dämmstoffkosten aus Tab. 1

$K_{\text{ein,E}}$... Kosten der eingesparten Energie

Als Grundlage für die Erstellung der Diagramme wird eine Gasheizung verwendet mit einer Verrechnungseinheit von 0,062 €/m² und einer Preissteigerung von 4,0% bei einer Kapitalverzinsung von 3,5% über eine 20 Jährige Nutzungsdauer. Der ökonomische Toleranzbereich wird mit 5% festgelegt.

Tab. 1 Kosten in €/m² Dämmstoff

KOSTEN in € je m ² Dämmung											
Bezeichnung	Wärmeleitfähigkeit λ	20 mm	30 mm	40 mm	50 mm	60 mm	70 mm	80 mm	90 mm	100 mm	110 mm
EPS Fassadendämmplatte $\lambda = 0,04$	0,040	2,20	3,30	4,40	5,50	6,60	7,70	8,80	9,90	11,00	12,10
EPS Fassadendämmplatte Plus $\lambda = 0,032$	0,031	3,00	4,50	6,00	7,50	9,00	10,50	12,00	13,50	15,00	16,50
EPS LAMBDA-POR $\lambda = 0,032$	0,032	2,94	4,83	5,88	6,23	8,82	10,21	11,76	12,89	14,70	16,20
EPS W20 (unter leichter Belastung) $\lambda = 0,038$	0,038	2,38	3,57	4,76	5,95	7,14	8,33	9,52	10,71	11,90	13,09
EPS W25 (Begehrbar) $\lambda = 0,036$	0,036	3,08	4,62	6,16	7,70	9,24	10,78	12,32	13,86	15,40	16,94
EPS W30 (Begrünt) $\lambda = 0,035$	0,035	3,78	5,67	7,56	9,45	11,34	13,23	15,12	17,01	18,90	20,79
Hanf (Thermoplasten) $\lambda = 0,041$	0,041	4,92	8,56	10,89	12,24	14,69	17,23	19,60	22,13	24,48	26,93
Kork $\lambda = 0,05$	0,050	8,59	11,02	13,78	18,59	20,67	25,65	27,56	32,63	34,45	38,99
Perimeterdämmung (Hartschaum) $\lambda = 0,035$	0,035	4,68	7,02	9,36	11,70	14,04	16,38	18,72	21,06	23,40	25,74
PUR (Mineralvliesbeschichtung) $\lambda = 0,027$	0,027	6,99	9,55	11,15	12,75	14,30	20,70	18,00	23,90	22,10	27,05
PUR (Reinaluminium als Beschichtung) $\lambda = 0,023$	0,023	2,88	6,43	11,23	15,60	17,00	20,22	21,65	25,02	27,15	30,89
Steinwolleplatten $\lambda = 0,039$	0,039	2,01	3,89	5,01	6,32	7,58	9,72	10,27	11,55	12,35	13,90
XPS $\lambda = 0,034$	0,034	8,90	10,84	14,46	18,07	21,70	25,30	28,93	32,53	36,16	39,77
Bezeichnung	Wärmeleitfähigkeit λ	120 mm	140 mm	160 mm	180 mm	200 mm	220 mm	240 mm	250 mm	260 mm	270 mm
EPS Fassadendämmplatte $\lambda = 0,04$	0,040	13,20	15,40	17,60	19,80	22,00	24,20	26,40	27,50	28,60	29,70
EPS Fassadendämmplatte Plus $\lambda = 0,032$	0,031	18,00	21,00	24,00	27,00	30,00	33,00	36,00	37,50	39,00	40,50
EPS LAMBDA-POR $\lambda = 0,032$	0,032	17,64	20,58	23,52	26,46	29,40	32,34	35,28	37,11	38,22	40,12
EPS W20 (unter leichter Belastung) $\lambda = 0,038$	0,038	14,28	16,66	19,04	21,42	23,80	26,18	28,56	29,75	30,94	32,13
EPS W25 (Begehrbar) $\lambda = 0,036$	0,036	18,48	21,56	24,64	27,72	30,80	33,88	36,96	38,50	40,04	41,58
EPS W30 (Begrünt) $\lambda = 0,035$	0,035	22,68	26,46	30,24	34,02	37,80	41,58	45,36	47,25	49,14	51,03
Hanf (Thermoplasten) $\lambda = 0,041$	0,041	29,48	34,30	39,19	44,09	48,96	53,96	58,96	61,23	63,78	66,12
Kork $\lambda = 0,05$	0,050	41,40	48,30	55,20	62,10	69,00	75,85	82,80	85,60	89,70	93,20
Perimeterdämmung (Hartschaum) $\lambda = 0,035$	0,035	28,08	32,76	39,36	44,28	46,80	51,48	56,16	58,50	60,84	65,10
PUR (Mineralvliesbeschichtung) $\lambda = 0,027$	0,027	26,40	30,70	34,75	39,10	44,20	48,50	52,80	57,75	58,90	61,80
PUR (Reinaluminium als Beschichtung) $\lambda = 0,023$	0,023	32,05	36,80	41,70	46,70	54,30	59,20	64,10	65,88	68,85	71,02
Steinwolleplatten $\lambda = 0,039$	0,039	15,01	17,30	20,39	22,22	24,53	27,36	30,02	31,20	32,31	34,29
XPS $\lambda = 0,034$	0,034	45,60	50,60	57,22	65,06	72,32	81,76	87,66	90,37	96,20	97,99
Bezeichnung	Wärmeleitfähigkeit λ	280 mm	290 mm	300 mm	310 mm	320 mm	330 mm	340 mm	350 mm		
EPS Fassadendämmplatte $\lambda = 0,04$	0,040	30,80	31,90	33,00	34,10	35,20	36,30	37,40	38,50		
EPS Fassadendämmplatte Plus $\lambda = 0,032$	0,031	42,00	43,50	45,00	46,50	48,00	49,50	51,00	52,50		
EPS LAMBDA-POR $\lambda = 0,032$	0,032	41,16	43,01	44,10	45,98	47,04	48,69	49,98	52,50		
EPS W20 (unter leichter Belastung) $\lambda = 0,038$	0,038	33,32	34,51	35,70	36,89	38,08	39,27	40,46	41,65		
EPS W25 (Begehrbar) $\lambda = 0,036$	0,036	43,12	44,66	46,20	47,74	49,28	50,82	52,36	53,90		
EPS W30 (Begrünt) $\lambda = 0,035$	0,035	52,92	54,81	56,70	58,59	60,48	62,37	64,26	66,15		
Hanf (Thermoplasten) $\lambda = 0,041$	0,041	68,60	71,02	73,49	75,89	78,44	80,89	83,26	85,71		
Kork $\lambda = 0,05$	0,050	96,60	101,01	103,50	106,79	110,40	115,22	117,30	122,36		
Perimeterdämmung (Hartschaum) $\lambda = 0,035$	0,035	65,52	70,02	72,12	72,54	74,88	77,22	79,56	81,90		
PUR (Mineralvliesbeschichtung) $\lambda = 0,027$	0,027	63,54	66,15	68,28	71,25	72,33	75,55	77,06	79,85		
PUR (Reinaluminium als Beschichtung) $\lambda = 0,023$	0,023	73,60	76,12	78,50	82,56	86,35	90,01	91,10	95,33		
Steinwolleplatten $\lambda = 0,039$	0,039	34,60	36,12	37,69	38,43	39,54	41,26	41,83	43,55		
XPS $\lambda = 0,034$	0,034	101,20	104,83	107,82	112,09	117,92	121,53	122,92	126,53		

3.4.1. Wandkonstruktion

Für die Grundkosten wurden 86 €/m^2 angesetzt. Diese beinhalten die Kosten der gesamten Baumaßnahmen (Mauer- und Versetzarbeiten, Abdichtungsmaßnahmen sowie Außen und Innenputz und Malerarbeiten) inklusive Material und Arbeitseinsatz der Geräte sowie der Lohnkostenanteil.

Tab. 2 Wandaufbau

VAR1-AW1 Außenwand						
Wärmeübergangswiderstand $[m^2K/W]$			innen R_{si} :	0,13	Wärmeleitfähigkeit λ	Dicke d
			außen R_{sa} :	0,04	in $W/(mK)$	in cm
Nr.	Bauteil-Bezeichnung					Wärmedurchlasswiderstand R_i
						in m^2K/W
1.	Silikatputz			0,800	0,4	0,01
2.	Kleber			0,800	0,4	0,01
3.	Flapor Fassadendämmplatte			0,032	20	6,25
4.	Kleber			0,800	0,5	0,01
5.	Ziegel			0,250	25	1,00
6.	Putz			0,800	1,5	0,02
U-Wert:			0,134	$W/(m^2K)$	47,8	cm
ohne Dämmung			0,830		27,80	

Als Dämmmaterial wird eine flapor Fassadendämmplatte gewählt mit einer Wärmeleitfähigkeit von $0,032 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ und einer Stärke von 20 cm, um die Wandkonstruktion nicht mehr zu verbreitern, da ohnehin die Abstandsflächen sehr knapp bemessen sind.

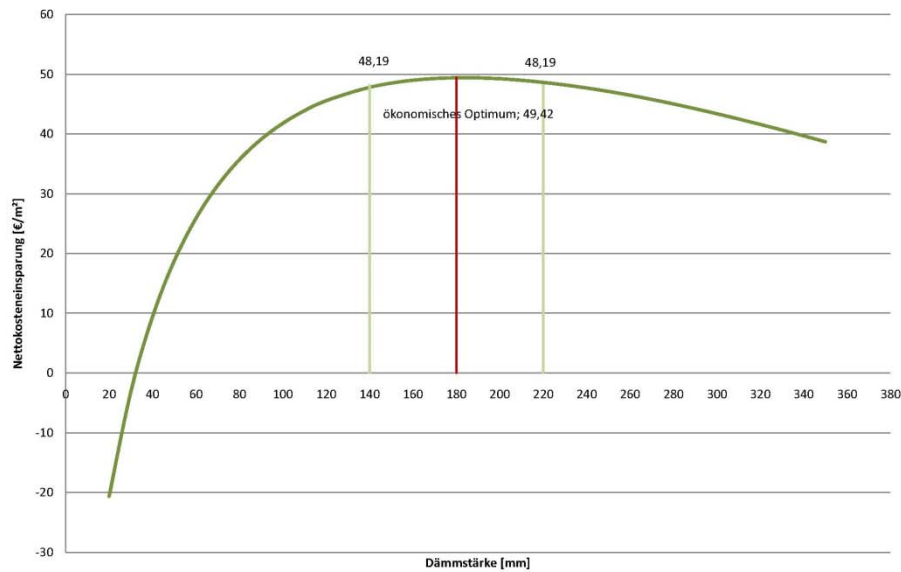


Abb 27 Kosten vs. Nutzen der Dämmfassade

3.4.2. Deckenkonstruktion

Für die Grundkosten wurden 83 €/m² angesetzt. Diese beinhalten die Kosten der gesamten Baumaßnahmen (Beton- und Stahlbetonarbeiten, Abdichtungsmaßnahmen sowie Malerarbeiten bzw. Spachtelarbeiten der Deckenuntersicht) inklusive Material und Arbeitseinsatz der Geräte sowie der Lohnkostenanteil.

Tab. 3 Dachaufbau

VAR1-DD1 Decke gegen Dach						
Wärmeübergangswiderstand [m²K/W]		innen R _{si} :	0,13	Wärmeleitfähigkeit λ	Dicke d	Wärmedurchlasswiderstand Ri
		außen R _{se} :	0,04	in W/(mK)	in cm	in m²K/W
Nr.	Bauteil-Bezeichnung					
1.	EPS-W 20			0,038	30	7,89
2.	Stahlbeton-Decke (18cm)			2,300	18	0,08
3.	Gipsspachtel			0,800	0,5	0,01
U-Wert:		0,123	W/(m²K)		48,5	cm
ohne Dämmung		3.929			18.50	

Als Dämmmaterial wird eine EPS-W20 Dämmplatte gewählt mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,038 W/(m²K) und einer Stärke von 30 cm,

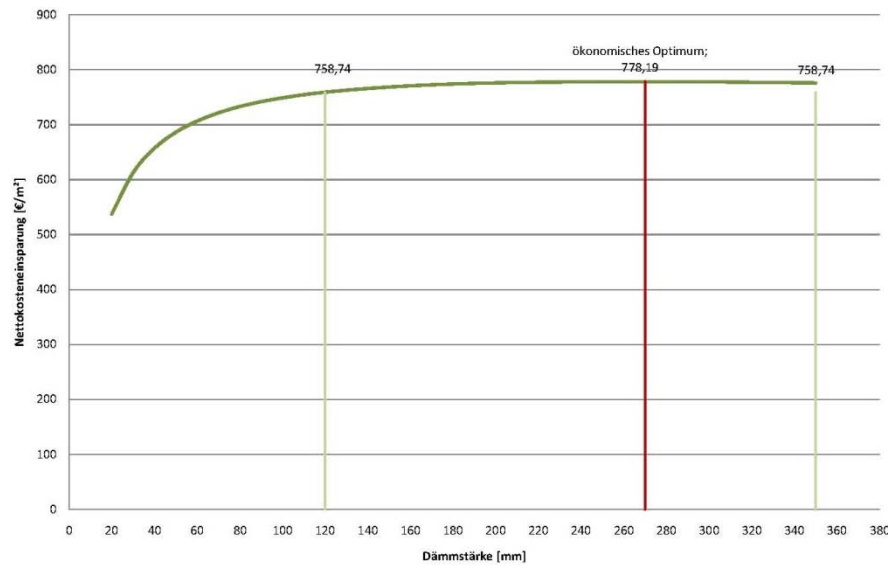


Abb 28 Kosten vs. Nutzen der Deckenkonstruktion

3.4.3. Fußbodenkonstruktion

Für die Grundkosten wurden 105 €/m² angesetzt. Diese beinhalten die Kosten der gesamten Baumaßnahmen (Beton- und Stahlbetonarbeiten, Abdichtungsmaßnahmen sowie Estricharbeiten inklusive Schüttung und Folie) inklusive Material und Arbeitseinsatz der Geräte sowie der Lohnkostenanteil.

Tab. 4 Deckenaufbau

VAR1-EB1 Erdanliegender Fußboden							
	Wärmeübergangswiderstand [m²K/W]		innen R _{si} :	0,17	Wärmeleitfähigkeit λ	Dicke d	Wärmedurchlasswiderstand Ri
			außen R _{se} :	0,00	in W/(mK)	in cm	in m²K/W
Nr.	Bauteil-Bezeichnung						
1.	Parkett 2-Schicht				0,150	1,5	0,10
2.	Zementestrich (R=2000)				1,330	6	0,05
3.	Iambdapor EPS-F Fassadendämmplatte				0,032	20	6,25
4.	Perlite expandiert				0,042	4	0,95
5.	Bitumenpappe				0,230	1	0,04
6.	Stahlbeton				2,500	20	0,08
		U-Wert:	0,131	W/(m²K)		52,5	cm
		ohne Dämmung	0,719			32,50	

Als Dämmmaterial wird eine lamdapor EPS-F Fassadendämmplatte gewählt mit einer Wärmeleitfähigkeit von $0,032 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ und einer Stärke von 20 cm,

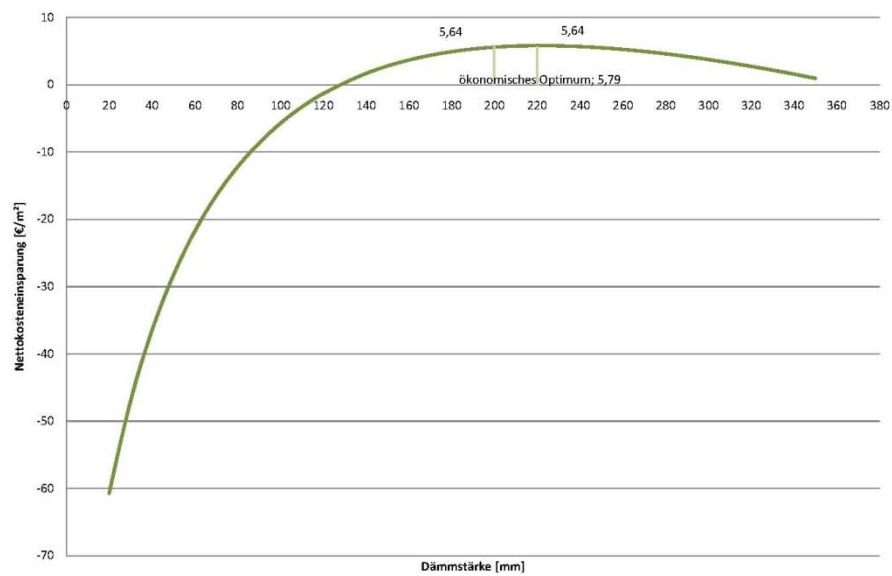


Abb 29 Kosten vs. Nutzen der Fußbodenkonstruktion

4. FÖRDERUNGEN

4.1. Förderungen im Neubau

Grundsätzlich wird unterschieden in Neubauförderungen und Förderungen für die Sanierung. Auf die Förderung für die Sanierung wird in dieser Arbeit nicht eingegangen. Anzumerken ist nur, dass die neuen Förderrichtlinien 2009/2010 sehr gute Akzente in Sachen Sanierung setzen und dadurch die derzeitige Sanierungsrate von rund 1% pro Jahr, sicher die nächsten zehn Jahre deutlich angehoben werden kann.

Bei den Förderungen im Neubau wird in ein Förderungsdarlehen vom jeweiligen Bundesland und in einmalige Förderungen unterschieden. Die einmaligen Förderungen setzen sich in unterschiedlichster Weise aus Mitteln vom jeweiligen Bundesland, der zuständigen Gemeinde und in wenigen Fällen auch aus Zuschüssen des jeweiligen Energieversorgungsunternehmens zusammen.

Seit dem 01.01.2009 wurden die davor verwendete Öko-Stufen zur Einteilung förderungswürdiger Wohnbauobjekte, von 5 Förderstufen ersetzt und somit dem Wunsch nach geringeren Unterschieden zwischen den Förderstufen nachkam.

Diese Unterstützungen dienen nicht nur dem jeweiligen Förderwerber für sein individuelles Wohnobjekt, sondern sie kommen auch der gesamten regionalen Wirtschaft und dem regionalen Arbeitsmarkt, sowie im weiteren Sinne auch den nationalen Budget zu gute. Der Wirtschaftszweig Bauwesen beinhaltet einen großen Beschäftigungspool von Arbeitern und Angestellten unterschiedlicher Qualifikationen, wie kaum eine andere Branche. Wenn sich die gesamte weltwirtschaftliche Lage in der Krise befindet, wie es die letzten zwei Jahre der Fall war, versucht der Staat der drohenden Arbeitslosigkeit und der damit verbundenen Verschlechterung der ohnehin schon angespannten wirtschaftlichen Situation entgegen zu wirken und fördert die Bereiche, die am meisten Arbeitsplätze beschäftigen. Wie es die vergangenen Krisen gezeigt haben, profitieren hiervon die Klein- und Mittelbetriebe sowie Handwerksunternehmer am meisten von diesen Förderungen.

4.2. Darlehensförderung

4.2.1. Basisvoraussetzungen

Der Förderungswerber muss österreichischer Staatsbürger oder gleichgestellt sein (z.B. EU-Bürger). Das monatliche Haushaltsnettoeinkommen darf folgende Grenzen nicht überschreiten:

- o für 1 Person EUR 2.600,-
- o für 2 und 3 Personen EUR 4.300,-
- o für 4 und mehr Personen EUR 4.600,-

Bei einer Überschreitung der Einkommensgrenzen erfolgt für jeweils begonnene EUR 50,- eine Kürzung der Förderung um 10 %. Die absolute Einkommensobergrenze liegt bei EUR 4.500,-. Das Einkommen der Kinder bis 27 Jahre wird zu 50 % berücksichtigt, Lehrlingsentschädigungen werden jedoch nicht mitgerechnet. Einen großen Vorteil steckt in den Förderstufen 4 und 5. Hier erfolgt keine Einkommens- und Vermögensprüfung.

Die maximal förderbare Wohnnutzfläche für Neubauten gliedert sich wie folgt:

- o 1 Person 80 m²
- o 2 Personen 100 m²
- o 3 Personen 120 m²
- o 4 bis zu 5 Personen 130 m²
- o ab 6 Personen 150 m²
- o

Eine weitere Voraussetzung für den Förderungswerber ist die Versteuerung des gesamten Vermögens in Österreich, sowie einen dringenden, ganzjährigen Wohnungsbedarf zu haben und ausschließlich die zu fördernde Wohnung für

den eigenen Wohnbedarf zu verwenden. Auch die Finanzierung des gesamten Vorhabens muss gesichert sein.

Ein Neubauförderungsdarlehen erhalten:

- o Privatpersonen für Eigenheime, Doppel- und Reihenhäuser, Eigentumswohnungen
- o Dienstnehmerwohnungen, Zu-, Ein- und Umbauten sowie Wohnungserweiterungen
- o Gemeinden für Mietwohnungen und Wohnheime
- o Gemeinnützige Bauvereinigungen für Mietwohnungen, Wohnheime und Kaufanwartschaftswohnungen
- o Juristische Personen und Personengesellschaften für Dienstnehmerwohnungen
- o Körperschaften, Anstalten und Stiftungen für Wohnheime

Bei der Errichtung von Eigenheimen und Eigentumswohnungen gewährt das Land Vorarlberg dieses Direktdarlehen in Abhängigkeit von der Nutzflächenzahl (diese ergibt sich aus dem Verhältnis zwischen Gesamtwohnnutzfläche und Nettogrundfläche) und der Haushaltsgröße, wobei die oben genannten Grenzen der förderbaren Wohnnutzflächen zugrunde gelegt werden.

Auszug aus der Vorarlberger Wohnbauförderungsrichtlinie 2009/2010 1. Abschnitt -Allgemeine Bestimmungen §4 Begriffe:

Nutzfläche

Nutzfläche ist die gesamte Bodenfläche einer Wohnung mit Ausnahme von Keller und Dachbodenräumen, deren Fenstergröße nicht mehr als 6 % der Bodenfläche ausmacht, Flächen mit einer Raumhöhe unter 1,8 m, Treppen, Zwischenwände, Balkone und Terrassen (auch verglast). Ein Wohnwintergarten wird zur Nutzfläche gezählt, wenn die U-Wertevorgaben der Förderstufe 1

gemäß § 19 lit. d) eingehalten werden und der Wintergarten bei der Heizwärmebedarfsberechnung als beheizte Fläche mitgerechnet wird.

Nutzflächenzahl

Die Nutzflächenzahl gibt das Verhältnis zwischen der gesamten Wohnnutzfläche zur Netto-Grundfläche an.

(Nutzflächenzahl = $100 \times \text{Gesamt-Wohnnutzfläche} : \text{Netto-Grundfläche}$).

Für die Förderstufen 3 bis 5 wird der errechnete Wert in Folge des Nutzflächenverlustes durch die stärkere Gebäudedämmung um 4 % angehoben. Die Gesamt-Wohnnutzfläche ergibt sich durch die Addition der Wohnnutzfläche der einzelnen Wohnungen sowie der Hauptwidmung Gewerbe, ohne Neben- und Lagerräume. Die Netto-Grundfläche ist jener Teil des Baugrundstückes, der hinter der bestehenden oder geplanten Straßenlinie liegt. Grundflächen, die im Flächenwidmungsplan nicht als Bauflächen ausgewiesen sind, werden entsprechend der tatsächlichen Nutzung berücksichtigt. Bei der Ermittlung der Nutzflächenzahl kann pro Wohnung eine maximale Wohnnutzfläche von 130 m² bzw. bei 6-Personen-Haushalten oder Rollstuhlfahrern von 150 m² angenommen werden.

Dadurch ergeben sich für das aktuelle Objekt dieser Arbeit folgende Werte für die Nutzflächen:

Tab. 5 Rückzahlungsraten

	HAUS 1	HAUS 2	HAUS 3	HAUS 4	HAUS 5	HAUS 6
Gesamt-Wohnnutzfläche [m ²]	116	116	116	98	98	98
Netto-Grundfläche [m ²]	346	297	322	333	285	332
Nutzflächenzahl	33,53	39,06	36,02	29,43	34,39	29,52

4.2.2. Exkurs Baunutzungszahl vs. Nutzflächenzahl

Die Stadt Dornbirn gab als Baugrundlage eine Baunutzungszahl von $n=50$ vor. Welche Auswirkungen dies auf die Förderhöhe hat wird in den folgenden Berechnungen deutlich.

$$\text{Baunutzungszahl BNZ} = 100 \times \text{GGF} / \text{NGF}$$

Dabei ist die Nettogeschossfläche NGF die bebaubare Fläche der Baugrundstücke (gem. §2 der Vbg. Baubemessungsverordnung)

Die Gesamtgeschossfläche GGF wird definiert als die Summe aller oberirdischen Geschossflächen – gemessen in 1,50 m über dem Fußboden –, Wände aller Art, Dachkonstruktionen einschließlich Dachhaut und ähnliche Bauteile sind einzurechnen; nicht einzurechnen sind Balkone, Loggien, Laubengänge u. dgl. sowie innen liegende Flächen, die der Erschließung von Wohnungen in Häusern mit mehr als drei Wohnungen dienen; bei Hang- und Untergeschossen sind nur die über dem Gelände liegenden Geschossflächen – gemessen in 1,50 m unter dem darüber liegenden Fußboden – einzurechnen; (gem. §2 der Vbg. Baubemessungsverordnung)

Daraus ergeben sich folgende Werte in Bezug auf das zu untersuchende Objekt:

- o GGF 486m²
- o NGV 965m²
- o BNZ 50,36

Somit kann die Vorgabe der Stadt Dornbirn einer maximalen Baunutzungszahl von $n=50$ gerade noch als erfüllt betrachtet werden.

Hier wird deutlich sichtbar, dass durch die Beschränkung der Gemeinde mittels einer Baunutzungszahl niemals eine gute Nutzflächenzahl erzielt werden kann und somit eine Einstufung in einer höhere Kategorie der Landesförderung unerreichbar ist. Die Gemeinden wollen kein zu urbanes, dicht verbautes Wohngebiet - das Land Vorarlberg fördert die hohe Ausnutzung der Flächen. Diese Widersprüchlichkeit ist für die Einteilung in eine hohe Förderstufe nicht von Vorteil.

4.2.3. Förderstufen

In Vorarlberg wird insbesondere der ökologische Wohnbau gefördert. Für das zu fördernde Wohnobjekt muss ein Energie- und Gebäudeausweis vorliegen. Es gibt fünf Förderstufen, wobei je Förderstufe ein bestimmter Heizwärmebedarf (generelle Voraussetzung für eine Förderung ist ein Heizwärmebedarf von max. 60 kWh/m²/a) sowie eine gewisse Anzahl an Öko-Punkten zu erreichen sind. Ökopunkte werden in den Kategorien Planung, Standort, Haustechnik (Energieversorgung, Wärmeverteilung, Warmwasser, Wasser und elektrische Energie), Materialauswahl (ökologische Bewertung, Lebensdauer und Wartung) und Innenraum vergeben. Zukünftig wird eine klimarelevante innovative Energieversorgung für Heizung und Warmwasser bei Fördervoraussetzung eine Rolle spielen. Dieses Szenario bildet sich so ab, dass die gängigen Heizsysteme mit einer Solaranlage zu kombinieren sind, wobei eine „Nicht-Zumutbarkeitsklausel“ formuliert wird, die auf eine zu geringe Sonneneinstrahlung Rücksicht nimmt.

Förderstufe 1

Der jährliche Heizwärmebedarf darf max. 45 kWh/m².a betragen und es müssen mind. 100 Ökopunkte erreicht werden. Die Förderhöhe liegt zwischen EUR 350,- und EUR 850,- je m².

Förderstufe 2

Der jährliche Heizwärmebedarf darf max. 45 kWh/m².a betragen und es müssen mind. 125 Ökopunkte erreicht werden. Die Förderhöhe liegt zwischen EUR 400,- und EUR 900,- je m².

Förderstufe 3

Der jährliche Heizwärmebedarf darf max. 41 kWh/m².a betragen und es müssen mind. 150 Ökopunkte erreicht werden. Die Förderhöhe liegt zwischen EUR 520,- und EUR 1.020,- je m².

Förderstufe 4

Der jährliche Heizwärmebedarf darf max. 20 kWh/m².a betragen und es müssen mind. 175 Ökopunkte erreicht werden. Die Förderhöhe liegt zwischen EUR 570,- und EUR 1.070,- je m².

Förderstufe 5

Der jährliche Heizwärmebedarf darf max. 10 kWh/m².a (bei Passivhäusern max. 15 kWh/m².a) betragen und mind. 200 Ökopunkte sind zu erreichen. Die Förderhöhe liegt zwischen EUR 650,- und EUR 1.150,- je m².

Mehrwohnungshäuser mit zwei oder mehr oberirdischen Geschoßen, bei denen mit einem Stiegenhaus mehr als 10 Wohnungen erschlossen werden, müssen generell barrierefrei erbaut werden (= stufenloser und schwellenfreier Zugang, Türen und Durchgänge mit einer Mindestbreite von 80 cm Fertigbaulichte und einer Nasszelle mit einem unverbauten Wendekreis von 1,5 m). Für alle neu zu errichtenden Gebäude ist seit 2001 ein Energie- und Gebäudeausweis vorzulegen. Die durchschnittliche Laufzeit des Neubaudarlehens für die Förderstufen 1 bis 3 beträgt 27 Jahre und 35 Jahre für die Förderstufen 4 und 5.

Bei der Annahme eines Darlehensbetrags von EUR 100.000,- und der jeweiligen Förderstufe zugerechneten Laufzeit von 27 bzw. 35 Jahren gliedern sich dabei die Rückzahlungsraten für das Wohnbauförderdarlehen wie folgt:

Für die Förderstufen 1-3 aus den Richtlinien für Neubau 2009:

Tab. 6 Rückzahlungsraten der Förderstufen 1-2

	Zins in %	Tilgung in %	Annuität in %	Monatsrate in EUR
1. bis 5. Jahr	1	0,5	1,5	125,60
6. bis 10. Jahr	1,5	1	2,5	208,93
11. bis 15. Jahr	2,5	2	4,5	375,60
16. bis 20. Jahr	3	4	7	583,93
20. bis 27. Jahr	4	5	9	750,60

Für die Förderstufen 4-5 aus den Richtlinien für Neubau 2009:

Tab. 7 Rückzahlungsraten der Förderstufen 4-5

	Zins in %	Tilgung in %	Annuität in %	Monatsrate in EUR
1. bis 10. Jahr	1	0,5	1,5	125,60
11. bis 20. Jahr	2	1	3	250,60
21. bis 30. Jahr	3	3	6	500,60
31. bis 35. Jahr	4	5,5	9,5	792,27

Als zusätzlichen Anreiz zum Bauen und Sanieren, hat das Land Vorarlberg beschlossen, dem wirtschaftlichen und finanziell angeschlagenen System entgegenzuwirken und gewährt den Förderanträgen bis zum 31.12.2010 ein zinsloses Darlehen für die nächsten 20 Jahre.

4.3. Einmalige Förderungen im Neubau

4.3.1. Solaranlagen

Das Besondere dieser Förderungen ist, dass sie bar ausbezahlt werden und an keine Einkommensgrenze gebunden ist. Im Falle eines Neubaus besteht durch den Verwendung einer Solaranlage ebenfalls noch die Möglichkeit, dass sich die Wohnbauförderung erhöht.

Das Land Vorarlberg unterscheidet grundsätzlich zwischen zwei Typen bei der Förderung von Solaranlagen:

Anlagen zur Warmwasserunterstützung

Bei Eigenheimen mit maximal 2 Wohnungen und dezentralen Reihenhäuser beträgt die Sockelförderung EUR 1.100,-. Hinzu werden pro m² Bruttokollektorfläche EUR 75,- jedoch maximal EUR 1.900,- ausbezahlt.

Bei Mehrwohnhäuser sind es 25 % der Investitionskosten, welche jedoch mit EUR 600,-/m² Kollektorfläche begrenzt sind.

Zusätzlich wird bei einer Bruttokollektorfläche bis 20 m² wird ein einmaliger Betrag von EUR 200,- als Gutschrift für den Servicecheck ausbezahlt, bei einer Fläche über 20 m² sind es EUR 300,-

Anlagen zur Warmwasserunterstützung und Raumheizungsunterstützung

Ab einem solaren Heizungsbeitrag zwischen 15 und 20 Prozent (mindestens 15 Prozent des jährlichen Heizungsbedarfs sind durch die Solaranlage abgedeckt)

Bei Eigenheimen mit maximal 2 Wohnungen und dezentralen Reihenhäuser beträgt die Sockelförderung EUR 1.500,-. Hinzu werden pro m² Bruttokollektorfläche EUR 75,- jedoch maximal EUR 3.000,- ausbezahlt.

Bei Mehrwohnhäuser sind es 30 % der Investitionskosten, welche jedoch mit EUR 500,-/m² Kollektorfläche begrenzt sind.

Ab einem solaren Heizungsbeitrag über 20 Prozent (mindestens 20 Prozent des jährlichen Heizungsbedarfs sind durch die Solaranlage abgedeckt) gliedert sich die Förderhöhe wie folgt:

Bei Eigenheimen mit maximal 2 Wohnungen und dezentralen Reihenhäuser beträgt die Sockelförderung EUR 2.200,-. Hinzu werden pro m² Bruttokollektorfläche EUR 75,- jedoch maximal EUR 3.700,- ausbezahlt.

Bei Mehrwohnhäuser sind es 30 % der Investitionskosten, welche jedoch mit EUR 500,-/m² Kollektorfläche begrenzt sind.

Zusätzlich wird bei einer Bruttokollektorfläche bis 20 m² wird ein einmaliger Betrag von EUR 200, als Gutschrift für den Servicecheck ausbezahlt, bei einer Fläche über 20 m² sind es EUR 300,-

Gemeindeförderung

Viele Gemeinden Vorarlbergs unterstützen, zusätzlich zur Landesförderung den Einbau einer Solaranlage mit finanziellen Zuschüssen. Beim vorhandenen Projekt kommen somit zusätzlich noch folgende einmalige Förderungen in Frage:

Die Stadt Dornbirn gewährt seit 1992 eine Förderung für Solaranlagen wobei sich die Richtlinien an denen der Landesförderung orientieren. Die Förderhöhe beträgt 25% des Landesbeitrages maximal jedoch EUR 500,- pro Anlage.

4.3.2. Wärmepumpe

Nach den derzeit gültigen Richtlinien muss die Jahresarbeitszahl (JAZ) elektrisch betriebener Wärmepumpen mindestens 4.0 betragen. Somit ist die Förderung nur bei einer Erdwärmepumpe realistisch, weil eine Luft Wärmepumpe eine Jahresarbeitszahl von 4.0 nicht erreicht. Der Nachweis dieses Wertes ist nur für die Erzeugung der Heizwärme mit der Wärmepumpe erforderlich.

Bei Einhaltung der Förderungsvoraussetzungen [VLW09] stehen folgende einmalige Bezüge zur Verfügung:

Wärmepumpen mit der Energiequelle Erdreich oder Grundwasser

Einfamilienhäuser:

Erdsondenanlagen EUR 1.600,-

Grundwasser-, Energiepfahl- und Erdkollektoranlagen EUR 1.200,-

Mehrfamilienhäuser und Gemeinschaftsanlagen:

Erdsondenanlagen pro privat genutzten Gebäude EUR 1.200,-

Grundwasser-, Energiepfahl- und Erdkollektoranlagen pro privat genutztem Gebäude EUR 800,- pro ganzjährig bewohnter Wohneinheit EUR 700,-

Zusätzlich wird der Einsatz energieeffizienter Heizungspumpen der Effizienzklasse A, A+, A++ je Pumpe (Förderung für maximal 2 Pumpen) ein Betrag von EUR 100,- gefördert. Die Förderungshöhe darf 30 % der anerkannten Investitionskosten nicht überschreiten.

Wärmepumpen mit der Energiequelle Abluft in Gebäuden mit einem Heizwärmebedarf $\leq 20 \text{ kWh/m}^2 \text{BGF und Jahr}$

Einfamilienhäuser EUR 1.200,-

Mehrfamilienhäuser und Gemeinschaftsanlagen pro privat genutztem Gebäude EUR 800,- pro ganzjährig bewohnter Wohneinheit EUR 700,-

Zusätzlich wird der Einsatz energieeffizienter Heizungspumpen der Effizienzklasse A, A+, A++ je Pumpe (Förderung für maximal 2 Pumpen) ein

Betrag von EUR 100,- gefördert. Die Förderungshöhe darf 30 % der anerkannten Investitionskosten nicht überschreiten.

4.3.3. Lüftungsanlagen

Der Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ist grundsätzlich mit einer einmaligen Förderung in der Höhe von EUR 4.000,- festgelegt.

4.3.4. Biomasse Kleinanlagen

Bei automatischen Hackgut- und Pelletsanlagen für Ein- und Mehrfamilienhäuser und für Gemeinschaftsanlagen wird ein Förderentgelt für Einfamilienhäuser von EUR 2.400,- für Mehrfamilienhäuser und Gemeinschaftsanlagen pro privat genutzten Gebäude von EUR 1.700,- pro ganzjährig bewohnter Wohneinheit von EUR 700,- festgelegt.

Zusätzlich wird der Einsatz energieeffizienter Heizungspumpen der Effizienzklasse A, A+, A++ je Pumpe (Förderung für maximal 2 Pumpen) ein Betrag von EUR 100,- gefördert.

Bei Einsatz von Waldhackgut als Brennstoff erhöht sich die Förderung bei Gemeinschaftsanlagen pro versorgtem Gebäude um EUR 1.000,-. Der Nachweis des Einsatzes von Waldhackgut erfolgt über Verpflichtungserklärungen (bei eigenem Wald) bzw. über Lieferverträge. Als Waldhackgut gilt Rundholz und Astmaterial ohne vorhergehende Bearbeitung, das im Zuge der forstlichen Bewirtschaftung aus Flächen die Wald im Sinne des Forstgesetzes sind gewonnen wurde. Die Förderungshöhe darf 30 % der anerkannten Investitionskosten aber nicht überschreiten.

4.3.5. Einmalige Förderbeiträge des Projekts

Tab. 8 Einmalige Förderbeiträge bezogen auf das zu bearbeitende Projekt

Einmalige Förderbeiträge			
Förderung Solaranlage:	Kollektorfläche	6,00	m ²
	Anlage zur Warmwasserbereitung	solarer Heizungsbeitrag ab 15%	solarer Heizungsbeitrag ab 20%
Kollektorfläche [m ²]	6,00	6,00	6,00
Sockelförderung	€ 1.100,00	€ 1.500,00	€ 2.200,00
75€/m2 Bruttokollektorfläche	€ 450,00	€ 450,00	€ 450,00
Servicecheck	€ 200,00	€ 200,00	€ 200,00
Zwischensumme Landesförderung	€ 1.750,00	€ 2.150,00	€ 2.850,00
Gemeindezuschuss (Dornbirn)	€ 437,50	€ 500,00	€ 500,00
Gesamtförderung Solar	€ 2.187,50	€ 2.650,00	€ 3.350,00
Förderung Wärmepumpe	Grundwasser-Energiepfahl-Erdkollektoranlagen	Anzahl Pumpen 1 Erdsondenanlagen	Abluftanlagen
Grundförderung	€ 1.200,00	€ 1.600,00	€ 1.200,00
Bonus für Hocheffizienzpumpen	€ 100,00	€ 100,00	€ 100,00
Stromgutschrift VKW	€ 500,00	€ 500,00	€ 500,00
Gesamtförderung Wärmepumpe	€ 1.800,00	€ 2.200,00	€ 1.800,00
Förderung Biomasse-Kleinanlage	Stückholzheizung mit Pufferspeicher	Hackgut- Pelletsanlagen	Hausanschluss an Nahwärmeversorger
Grundförderung	€ 1.700,00	€ 2.400,00	€ 1.400,00
Bonus für Hocheffizienzpumpen	€ 100,00	€ 100,00	€ 100,00
Servicecheck	€ 100,00	€ -	€ 100,00
Gesamtförderung Biomasse	€ 1.900,00	€ 2.500,00	€ 1.600,00
Förderung Lüftungsanlage		Einmalförderung	€ 4.000,00

5. VERGLEICH DER SYSTEME FÜR DIE ENERGIEBEREITSTELLUNG

5.1. Basiswerte für die Kostenaufstellung

Es wurden 25 Varianten aus von Heizungssystemen erstellt und monetär bewertet.

Die Aufteilung der 25 Varianten gliedert sich wie folgt:

5 Einzelsysteme

- o Erdgas mit einem Brennwertkessel
- o Heizöl mit einem Brennwertkessel
- o Erdwärmepumpe Sole/Wasser
- o Luftwärmepumpe Luft/Wasser
- o Biomasseheizung Pellets
- o

Diese 5 Einzelsysteme wurden dann mit folgenden Systemen kombiniert:

- o Solaranlage für die Warmwasseraufbereitung
- o Solaranlage für die Warmwasseraufbereitung und Heizungsunterstützung
- o Be- und Entlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
- o Solaranlage für WW und RH kombiniert mit der Raumlüftungsanlage

5.2. Die verwendeten Systeme im Detail

5.2.1. Grundlagen für die Raumheizung

Grundsätzlich erfolgte die Ausführung der Raumheizung immer gebäudezentral. Für die Wärmeabgabe wird eine Flächenheizung im Fußboden mit einer Systemtemperatur von $35^{\circ}/28^{\circ}$ eingesetzt. Die Regelfähigkeit wird von einer Einzelraumregelung mit Thermostatventilen gewährleistet. Bei der Wärmeverteilung werden die Verteilleitungen sowie die Steigleitungen zu 3/3 gedämmt, wobei sich die Verteilleitungen im nicht konditionierten Raum befinden im Gegensatz zu den Steig und Anbindeleitungen, welche im konditionierten Bereich verlaufen. Die Anbindeleitungen werden dabei nicht gedämmt. Ebenso wird auf eine Dämmung der Armaturen verzichtet.

Ein Wärmespeicher wird in Form eines Pufferspeichers mit Elektropatrone verwendet. Dieser befindet sich im nicht konditionierten Bereich und ist im gegebenen Fall auch an das Heizregister der Solaranlage angeschlossen. Als Nennvolumen wurden 425 Liter angenommen.

5.2.2. Grundlagen für die Wasseraufbereitung

Die Warmwasseraufbereitung erfolgt gebäudezentral und während der Heizperiode kombiniert mit der Raumheizung. Durch eine individuelle Wärmeverbrauchsermittlung und Heizkostenabrechnung (Fixwert) kann die Wärmeabgabe kontrolliert werden (Regelfähigkeit $q_{TW,WA,1} = 0,08 \text{ W/m}^2$ und Wärmeabgabety $q_{TW,WA,2} = 0,00 \text{ W/m}^2$). Die Wärmeverteilung erfolgt ohne Zirkulation, wobei die Verteilleitungen im nicht konditionierten Bereich, ebenso wie die Steigleitungen im konditionierten Bereich zu 2/3 gedämmt werden. Auf eine Dämmung der Stichleitungen im konditionierten Bereich wird verzichtet.

5.2.3. Daten zum Erdgas Brennwertkessel

Es wurde ein Brennwertkessel Baujahr nach 1994 mit Modulierungsfähigkeit, aber ohne Gebläseunterstützung für die Wärmebereitstellung verwendet. Der Kessel befindet sich im nicht konditionierten Bereich. Es wird eine gleitende Betriebsweise vorausgesetzt. Die Hilfsenergie bzw. die elektrische Leistung wird von einer Kesselpumpe mit ca. 53 W, einer Umwälzpumpe mit ca. 105 W und einer Speicherladepumpe mit ca. 54 W bereitgestellt.

Diese Angaben dienen für die Ausschreibung, damit die Angebote der einzelnen Anbieter besser miteinander vergleichbar waren. Maßgebend für die Berechnung und monetäre Bewertung wurden folgende Daten:

Gasheizung und Zubehör € 3.970,02

- o Brennwertkessel 0,9 - 9,0 kW
- o Warmwasserbereiter 300 Liter mit E-Patrone
- o Regelung witterungsgeführt

Kamin und Gasleitung € 1.131,90

- o Abgasrohr
- o Gasleitung
- o Gaszählerzubehör, Ansuchen

Heizflächen und Zubehör € 4.421,75

- o 115 m² Fußbodenheizung
- o Stk. Thermostatgarnituren
- o Badheizkörper 120/60 cm

Rohrleitungen und Heizungszubehör € 1.883,84

- o komplette Verrohrung in CU-Rohr
- o Heizungszubehör, Warmwasservorrangschaltung
- o Isolierung der Aufputz Leitungen

Isolierung Boiler lt. ÖKO Förderung € 441,00

Transport und Montage € 3.721,00

- o Betriebsfertige Montage
- o Druckprobe und Probeheizen

5.2.4. Daten zum Erdöl Brennwertkessel

Als Energieträger wird Heizöl extra leicht verwendet. Es wird ein Brennwertgerät Modulierungsfähigkeit in gleitender Betriebsweise eingesetzt. Die Hilfsenergie bzw. die elektrische Leistung wird von einer Kesselpumpe mit ca. 105 W, einer Umwälzpumpe mit ca. 105 W und einer Ölpumpe mit ca. 83 W bereitgestellt.

Diese Angaben dienen für die Ausschreibung, damit die Angebote der einzelnen Anbieter besser miteinander vergleichbar waren. Maßgebend für die Berechnung und monetäre Bewertung wurden folgende Daten :

Ölheizkessel inkl. Steuerpult € 2.504,00

- o Spezialkessel 14 - 35 kW
- o Abgaswärmetauscher

Kamin und Zubehör € 1.860,10

- o Abgasrohr

- o Anschlussgruppe MK

Heizflächen und Zubehör € 4.421,75

- o 115 m2 Fußbodenheizung
- o Stk. Thermostatgarnituren
- o Badheizkörper 120/60 cm

Rohrleitungen und Heizungszubehör € 1.883,84

- o komplette Verrohrung in CU-Rohr
- o Heizungszubehör, Warmwasservorrangschaltung
- o Isolierung der Aufputz Leitungen

Isolierung Boiler lt. ÖKO Förderung € 441,00

Transport und Montage € 3.721,00

- o Betriebsfertige Montage
- o Inbetriebnahme

5.2.5. Daten zur Erdwärmepumpe

Es wird eine Sole/Wasser Erdwärmepumpe mit einer Nennleistung von 7,5 kW und einer Jahresarbeitszahl zwischen 4,0 und 5,0 in monovalenter Betriebsart eingesetzt. Baujahr ab 2005. Der Anlagentyp W35 dient je nach Kombination für den Warmwasserbedarf und dem Heizwärmebedarf und erfolgt in gleitender Betriebsweise. Als Defaultwert für den Hilfsenergiebedarf bzw. den elektrischen Leistungsbedarf werden ca. 280 W angenommen.

Diese Angaben dienen für die Ausschreibung, damit die Angebote der einzelnen Anbieter besser miteinander vergleichbar waren. Maßgebend für die Berechnung und monetäre Bewertung wurden folgende Daten :

Wärmepumpenanlage und Zubehör € 8.386,00

- o Waterkotte Wärmepumpe DS 5023 mit 5 bis 25 kW
- o Warmwasser Edelstahlspeicher 250 Liter
- o Regelung witterungsgeführt

Ersonde und Zubehör € 6.369,00

- o 94 m Erdsonde
- o Baustelleneinrichtung und Entsorgung Erdschlamm
- o Verrohrung der Sonden

Heizflächen und Zubehör € 4.421,75

- o 115 m² Fußbodenheizung
- o 4 Stk. Thermostatgarnituren
- o Badheizkörper 120/60 cm

Rohrleitungen und Heizungszubehör € 3.261,12

- o komplette Verrohrung in CU-Rohr
- o Heizungszubehör, Warmwasservorrangschaltung
- o Isolierung der Aufputz Leitungen sowie Schwitzwasser

Isolierung Boiler lt. ÖKO Förderung € 441,00

Transport und Montage € 3.721,00

- o Betriebsfertige Montage
- o Druckprobe und Probeheizen

5.2.6. Daten zur Luftwärmepumpe

Es wird eine Außenluft/Wasser Wärmepumpe mit einer Nennleistung von 10,5kW und einer Jahresarbeitszahl zwischen 3,0 und 3,5 in monovalenter Betriebsart eingesetzt. Baujahr ab 2005. Der Anlagentyp W35 dient je nach Kombination für den Warmwasserbedarf und dem Heizwärmebedarf und erfolgt in gleitender Betriebsweise. Als Defaultwert für den Hilfsenergiebedarf bzw. den elektrischen Leistungsbedarf werden ca. 98 W angenommen.

Diese Angaben dienten für die Ausschreibung, damit die Angebote der einzelnen Anbieter besser miteinander vergleichbar waren. Maßgebend für die Berechnung und monetäre Bewertung wurden folgende Daten :

Wärmepumpenanlage und Zubehör € 8.386,00

- o Waterkotte Wärmepumpe Ai1 QL+ mit 1,6/8,0 kW
- o Warmwasser Edelstahlspeicher 250 Liter
- o Regelung witterungsgeführt

Luftkühler Modul und Zubehör € 4.571,00

- o Außenmodul Waterkotte
- o Verrohrung der Kälteleitung vom Modul zur Wärmepumpe

Heizflächen und Zubehör € 4.421,75

- o 115 m² Fußbodenheizung
- o 4 Stk. Thermostatgarnituren
- o Badheizkörper 120/60 cm

Rohrleitungen und Heizungszubehör € 3.261,12

- o komplette Verrohrung in CU-Rohr

- o Heizungszubehör, Warmwasservorrangschaltung
- o Isolierung der Aufputz Leitungen sowie Schwitzwasser

Isolierung Boiler lt. ÖKO Förderung € 441,00

Transport und Montage € 3.721,00

- o Betriebsfertige Montage
- o Druckprobe und Probeheizen

5.2.7. Daten zur Biomasseheizung

Als Energieträger werden Pellets verwendet. Es wird ein Kessel mit Modulierungsfähigkeit eingesetzt. Die Einbringung des Energieträgers erfolgt durch ein Fördergebläse. Baujahr Kessel nach 2004. Die Hilfsenergie bzw. die elektrische Leistung wird von einer Kesselpumpe mit ca. 105 W, einer Umwälzpumpe mit ca. 105 W einer Speicherladepumpe mit ca. 54 W und einer Biomasse Einbringung von ca. 494 W bereitgestellt.

Diese Angaben dienen für die Ausschreibung, damit die Angebote der einzelnen Anbieter besser miteinander vergleichbar waren.

Maßgebend für die Berechnung und monetäre Bewertung wurden folgende Daten :

Pelletszentralheizkessel SP 241L € 10.370,30

- o Stahlheizkessel mit Zubehör:
- o u.a. Rückbrandsicherung, Zwischenbehälter, zeitgesteuerte Saugeinrichtung, Mikroprozessorregelung, Warmwasserregelung, Puffermanagement oder wahlweise Raumfühler Fremdwärmeerkennung, Zirkulationspumpe, thermische Ablaufsicherung

Pellets Lagersystem und Austragung	€ 5.089,44
o GEObox Lagersystem: verstellbarer Stellrahmen, verzinkter Stahlkonus, flexibler Silo Schnecken-Austragung mit Saugsystem	
Wärmetauscher 300 l inkl. Zubehör	€ 1.398,00
Heizflächen und Zubehör	€ 4.421,75
o 115 m ² Fußbodenheizung	
o 4 Stk. Thermostatgarnituren	
o Badheizkörper 120/60 cm	
Rohrleitungen und Heizungszubehör	€ 2.661,12
o komplette Verrohrung in CU-Rohr	
o Heizungszubehör, Warmwasservorrangschaltung	
o Isolierung der Aufputz Leitungen	
Isolierung Boiler lt. ÖKO Förderung	€ 441,00
Transport und Montage	€ 4.231,00
o Betriebsfertige Montage	
o Druckprobe und Probeheizen	

5.2.8. Daten zur Solaren Unterstützung der Warmwasseraufbereitung

Als Solarkollektorart wird ein hochselektiver Schwarzchrom eingesetzt, welcher primär der Wasseraufbereitung und sekundär für die Unterstützung beim Heizwärmebedarf dient. Benötigt wird eine Aperturfläche von 6,0 m² mit einer südlichen Kollektorausrichtung und einem Neigungswinkel von 40 Grad. Der Regelwirkungsgrad wird mit 0,95, die Konversionsrate mit 0,80 und der Verlustfaktor mit 3,50 angesetzt. Alle Rohrleitungen werden zu 2/3 gedämmt

ausgeführt. Der Hilfenegiebedarf beträgt für die elektrische Regelung 3,0 W, für die Kollektorkreispumpe 90,0 W und für die zwei elektrischen Ventile 14,0 W

Für die Berechnung maßgebend, waren folgende Daten:

Kollektoren und Zubehör € 2.989,94

- o 6 m² Fertigkollektoren
- o Spenglerarbeiten am Dach Komplett

Solarleitung und Zubehör € 1.876,46

- o Solarregelung, Pumpen und Zubehör
- o Rohrleitungen und Zubehör
- o Erstbefüllung mit Frostschutz

Transport und Montage € 1.755,60

- o Betriebsfertige Montage
- o Druckprobe und Probeheizen

Kernbohrung d=100 mm, 2 Stk mit 25 cm € 273,60

Berechnung und Ansuchen für die Solaranlage € 160,00

**5.2.9. Daten zur Solaren Unterstützung der
Warmwasseraufbereitung und Raumheizung**

Als Solarkollektorart wird ein hochselektiver Schwarzchrom eingesetzt, welcher primär der Wasseraufbereitung und sekundär für die Unterstützung beim Heizwärmebedarf dient. Benötigt wird eine Aperturfläche von 6,0 m² mit einer Kollektorverdrehung von 0 Grad und einem Neigungswinkel von 40 Grad. Der Regelwirkungsgrad wird mit 0,95, die Konversionsrate mit 0,80 und der

Verlustfaktor mit 3,50 angesetzt. Alle Rohrleitungen werden zu 2/3 gedämmt ausgeführt. Der Hilfsenergiebedarf beträgt für die elektrische Regelung 3,0 W, für die Kollektorkreispumpe 66,0 W und für die zwei elektrischen Ventile 14,0 W

Für die Berechnung maßgebend, waren folgende Daten:

Kollektoren und Zubehör € 2.989,94

- o 6 m² Fertigkollektoren Indach
- o Spenglerarbeiten am Dach komplett

Solarleitungen und Zubehör € 1.876,46

- o Solarregelung, Pumpen und Zubehör
- o Rohrleitungen und Zubehör
- o Erstbefüllung mit Frostschutz

Erweiterung Solar für Wärmepumpe € 612,00

- o Tauscher
- o Pumpe
- o Regelung

Transport und Montage € 1.755,60

- o betriebsfertige Montage der Solaranlage
- o Inbetriebnahme

Kernbohrung d=100 mm, 2 Stk. Mit 25 cm € 273,60

Berechnung und Ansuchen für die Solaranlage € 160,00

5.2.10. Daten zur kontrollierten Be- und Entlüftungsanlage

Es wird eine Lüftungsanlage mit Wechselstrommotor und einem Gegenstromwärmetauscher mit 75% verwendet. Leistungsbedarf $1,50 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$

Dies ergibt einen energetisch wirksamen Luftwechsel von $0,14 \text{ l/h}$ bei einer Luftwechselrate des Blower Door Test von $0,4 \text{ l/h}$. Das energetisch wirksame Luftvolumen beträgt 329 m^3 . Bei der Kombination der Be- und Entlüftung mit der Erdwärmepumpe stellt sich ein Wärmebereitstellungsgrad der Erdvorwärmung von 15% ein.

Die folgenden Positionen wurden im bei der Kostenaufstellung berücksichtigt:

Zentrales Lüftungsgerät mit Zubehör € 9.458,00

- o Komplettsystem zur zentralen Be- und Entlüftung, sowie zur zentralen Warmwasserbereitung und der gesamten Wärmeversorgung für die Heizung.
- o Integrierter Warmwasserspeicher 200 l
- o Individuelle Programmvorwahl
- o Integrierte Bedieneinheit
- o Innovative Außenluft-Vorwärmung (SOL-Variante)
- o Integrierte Solar- und Pufferregelung (SOL-Variante)

Lüftungskanal, Außen- und Fortluftführung € 2.048,00

- o 2 x Luftschlauch, wärmegeklämt
- o 2 x Wanddurchführung
- o 2 x Schalldämpfer
- o 2 x Schlauchanschlussplatte

Heizflächen und Zubehör € 4.421,75

- o 115 m2 Fußbodenheizung
- o 4 Stk. Thermostatgarnituren
- o Badheizkörper 120/60 cm

Rohrleitungen und Heizungszubehör € 2.661,12

- o komplette Verrohrung in CU-Rohr
- o Heizungszubehör, Warmwasservorrangschaltung
- o Isolierung der Aufputz Leitungen sowie Schwitzwasser

Isolierung Boiler lt. ÖKO Förderung € 441,00**Transport und Montage** € 3.721,00

- o Betriebsfertige Montage

5.3. Kostenaufstellung

Grundsätzlich erfolgte die Aufteilung der Monetären Bewertung in drei Hauptkategorien.

5.3.1. Annuitätische Kosten

Als Grundlage für die Bestimmung des Annuitätenfaktors, wird eine Kapitalverzinsung von 2,50% und ein variabler Zeitraum von 20, 25 und 30 Jahren angenommen.

Aufgrund dieser Annahmen, resultiert ein Annuitätenfaktor bei 20 Jahren Nutzungsdauer von 6,41%, bei 25 Jahren von 5,43% und bei 30 Jahren von 4,78%.

Die annuitätischen Kosten beinhalten die gesamten Investitionskosten:

- o Anlagekosten
- o Rohrleitung und Zubehör
- o Bauliche Maßnahmen
- o Transport und Montage
- o Sonstige Kosten

Zusätzlich wird in dieser Kategorie einmal eine Variante ohne Berücksichtigung der Förderungen und eine zweite Variante unter Einbeziehung der Fördermittel erstellt und miteinander verglichen.

5.3.2. Verbrauchsgebunden Kosten

Aufgrund der Möglichkeit, dass der Preis für die Energieträger in dem angenommen Zeitraum variiert, werden 4 verschiedene Preissteigerungen verwendet und bei den verbrauchsgebundenen Kosten berücksichtigt. Diese Gliedern sich in die Varianten:

- o Ohne Preissteigerung 0,0%
- o Einer milden Steigerung von 2,0%
- o Einer realistischen Steigerung von 4,0%
- o Und einer sehr hohen Steigerung von 8,0%

Bei den verbrauchsgebunden Kosten wurden folgende Positionen berücksichtigt:

Energiekosten

Diese werden durch den Nutzenergiebedarf, den Jahresnutzungsgrad bzw. die Jahresarbeitszahl, den Heizwert und dem Preis je Einheit des verwendeten Energieträgers berechnet.

Als Einheitspreise für die Energieträger wurden folgende Werte verwendet:

- | | |
|------------|--------------|
| o Gas | 0,0620 €/kWh |
| o Öl | 0,7840 €/l |
| o Strom | 0,1750 €/kWh |
| o Strom WP | 0,1560 €/kWh |
| o Pellets | 0,1920 €/kg |

Kostenaufwand für die Hilfsenergie

Dieser beinhaltet die Kosten aus dem Hilfsenergieaufwand für Warmwasser und Raumheizung

5.3.3. Betriebsgebundene Kosten

Die betriebsgebundenen Kosten setzen sich aus den Kosten der Instandhaltung der Heizungsanlage, der Wartung sowie dem erforderlichen finanziellen Aufwand für Serviceleistungen zusammen.

Je nach Heizsystem werden dabei unterschiedliche Kosten auf diese Stelle übertragen.

Angenommene Kosten pro Jahr:

- o Kaminkehrer € 65
- o Reinigung und Wartung € 90
- o Instandhaltung und Reparatur € 120
- o Instandhaltung und Reparatur mit Solar € 190

Tab. 9 Kostenübersicht mit K=2.5% n=25 e=4,0%

		Erdgas [BW-Kessel]	Heizöl [BW-Kessel]	Wärmepumpe [Sole/Wasser]	Wärmepumpe [Luft/Wasser]	Biomasse [Pellets]
Investitionskosten						
Anlagekosten	[Euro]	3.970,02	2.504,00	8.386,00	12.957,00	16.857,74
Rohrleitungen und Zubehör	[Euro]	1.883,84	1.883,84	3.261,12	3.261,12	2.661,12
Bauliche Maßnahmen	[Euro]	2.456,90	4.790,10	7.642,80	400,00	2.930
Transport und Montage	[Euro]	3.721,00	3.721,00	3.721,00	3.721,00	4.231,00
Sonstige Kosten	[Euro]	441,00	441,00	441,00	441,00	441,00
Gesamtinvestition	[Euro]	12.472,76	13.339,94	23.451,92	20.780,12	27.120,86
Förderung	[Euro]			2.200,00		2.500,00
Investition abzgl. Förderung	[Euro]	12.472,76	13.339,94	21.251,92	20.780,12	24.620,86
Verbrauchsgebundene Kosten						
Brennstoffkosten	[Euro/a]	5.076,39	6.318,08	3.440,31	3.440,31	3.814,15
Kostenaufwand Hilfsenergie	[Euro/a]	1.921,21	2.181,84	1.433,43	1.283,74	1.091,80
Gesamte Verbrauchskosten	[Euro/a]	6.997,60	8.499,91	4.873,74	4.724,06	4.905,95
Betriebsgebundene Kosten						
Instandhaltung, Wartung, Service	[Euro/a]	235,00	235,00	275,00	275,00	275,00
annuitätische Kapitalkosten	[Euro/a]	595,92	637,35	1.015,37	992,83	1.176,33
Gesamtkosten pro Jahr	[Euro/a]	7.828,52	9.372,26	6.164,11	5.991,88	6.357,28

Tab. 10 Zusammengefasste Kostenübersicht mit K=2.5% n=25 e=4,0%

		Gas BW+Sol (WW)	Gas BW+Sol(WW)	Gas BW + RL	Gas BW +Sol (WW RH) +	Öl BW+Sol (WW)
Investitionskosten	[Euro]	19.528	20.140	30.802	38.469	20.396
Förderung	[Euro]	2.188	3.350	4.000	7.350	2.188
Investition abzgl. Förderung	[Euro]	17.341	16.790	26.802	31.119	18.208
Verbrauchsgebundene Kosten	[Euro/a]	5.445	5.343	5.420	4.008	6.784
Betriebsgebundene Kosten	[Euro/a]	305	305	235	305	305
annuitätische Kapitalkosten	[Euro/a]	828,51	802,20	1.280,53	1.486,82	869,94
Gesamtkosten pro Jahr	[Euro/a]	6.578,74	6.450,47	6.935,96	5.799,60	7.958,62
		Öl BW+ Sol(WW RH)	Öl BW+ RL	Öl BW+Sol (WW RH) +	Erd WP+Sol (WW)	Erd WP+ Sol(WW RH)
Investitionskosten	[Euro]	21.008	31.669	39.337	30.508	31.120
Förderung	[Euro]	3.350	4.000	7.350	4.388	5.550
Investition abzgl. Förderung	[Euro]	17.658	27.669	31.987	26.120	25.570
Verbrauchsgebundene Kosten	[Euro/a]	6.593	6.292	4.398	3.323	3.119
Betriebsgebundene Kosten	[Euro/a]	305	235	305	345	345
annuitätische Kapitalkosten	[Euro/a]	843,64	1.321,96	1.528,25	1.247,95	1.221,65
Gesamtkosten pro Jahr	[Euro/a]	7.742,03	7.848,77	6.230,94	4.916,18	4.685,90
		Erd WP + RL	Erd WP+Sol (WW RH) +	Luft WP+Sol (WW)	Luft WP + Sol(WW RH)	Luft WP + RL
Investitionskosten	[Euro]	41.781	49.449	27.836	28.448	39.109
Förderung	[Euro]	6.200	9.550	2.188	3.350	4.000
Investition abzgl. Förderung	[Euro]	35.581	39.899	25.648	25.098	35.109
Verbrauchsgebundene Kosten	[Euro/a]	4.053	3.206	3.806	3.452	4.388
Betriebsgebundene Kosten	[Euro/a]	275	345	345	345	275
annuitätische Kapitalkosten	[Euro/a]	1.699,98	1.906,26	1.225,41	1.199,11	1.677,44
Gesamtkosten pro Jahr	[Euro/a]	6.028,15	5.457,46	5.376,29	4.995,67	6.340,19
		Luft WP+Sol (WW RH) +	Pellets+Sol (WW)	Pellets+Sol(W W RH)	Pellets + RL	Pellets+Sol (WW RH) + RL
Investitionskosten	[Euro]	46.777	34.176	34.788	45.450	53.118
Förderung	[Euro]	7.350	4.688	5.850	6.500	9.850
Investition abzgl. Förderung	[Euro]	39.427	29.489	28.938	38.950	43.268
Verbrauchsgebundene Kosten	[Euro/a]	3.373	4.118	4.102	3.685	3.089
Betriebsgebundene Kosten	[Euro/a]	345	345	345	275	345
annuitätische Kapitalkosten	[Euro/a]	1.883,72	1.408,91	1.382,61	1.860,94	2.067,22
Gesamtkosten pro Jahr	[Euro/a]	5.601,32	5.872,05	5.829,15	5.820,52	5.500,90

5.3.4. Beispielrechnung

Berechnung anhand des Beispiels Erd-Wärmepumpe inklusive Solaranlage für Warmwasserbedarf und Heizungsbeitrag:

Tab. 11 Daten für die Berechnung "Erdwärmepumpe inkl Solar WW+RH

Energiebezugsfläche	158	m²
Heizwärmebedarf	36,02	kWh/m²a
Heizlast HL	4,3	kW
Heizwärmebedarf HWB	5698	kWh/a
Warmwasserbedarf WWWB	2021	kWh/a
Heiztechnikenergiebedarf HTEB	8193	kWh/a
Ertrag Solaranlage RH	431	kWh/a
Ertrag Solaranlage WW	2441	kWh/a
		kWh/a
Nutzenergiebedarf gesamt	4.847	kWh/a
Heizenergiebedarf HEB	13.040	kWh/a
Hilfsenergiebedarf WW	470	kWh/a
Hilfsenergiebedarf RH	65	kWh/a
Hilfsenergiebedarf Sol	152	kWh/a
Hilfsenergiebedarf WP	137	kWh/a

Tab. 12 Daten für die Berechnung "Luftwärmepumpe inkl Solar WW+RH

Energiebezugsfläche	158	m²
Heizwärmebedarf	36,02	kWh/m²a
Heizlast HL	4,3	kW
Heizwärmebedarf HWB	5698	kWh/a
Warmwasserbedarf WWWB	2021	kWh/a
Heiztechnikenergiebedarf HTEB	8443	kWh/a
Ertrag Solaranlage RH	431	kWh/a
Ertrag Solaranlage WW	2441	kWh/a
		kWh/a
Nutzenergiebedarf gesamt	4.847	kWh/a
Heizenergiebedarf HEB	13.290	kWh/a
Hilfsenergiebedarf WW	470	kWh/a
Hilfsenergiebedarf RH	86	kWh/a
Hilfsenergiebedarf Sol	152	kWh/a
Hilfsenergiebedarf WP	44	kWh/a

Tab. 13 Daten für die Berechnung "Biomasse Pelletsheizung inkl. Solar WW+RH

Energiebezugsfläche	158	m ²
Heizwärmebedarf	36,06	kWh/m ² a
Heizlast HL	4,3	kW
Heizwärmebedarf HWB	5698	kWh/a
Warmwasserbedarf WWWB	2021	kWh/a
Heiztechnikenergiebedarf HTEB	7053	kWh/a
Ertrag Solaranlage RH	316	kWh/a
Ertrag Solaranlage WW	1761	kWh/a
Nutzenergiebedarf gesamt	5.642	kWh/a
Heizenergiebedarf HEB	12.695	kWh/a
Hilfsenergiebedarf WW	0	kWh/a
Hilfsenergiebedarf RH	542	kWh/a
Hilfsenergiebedarf Sol	204	kWh/a

Tab. 14 Daten für die Berechnung "Ölbrennwertkessel inkl. Solar WW+RH

Energiebezugsfläche	158	m ²
Heizwärmebedarf	36,06	kWh/m ² a
Heizlast HL	4,3	kW
Heizwärmebedarf HWB	5698	kWh/a
Warmwasserbedarf WWWB	2021	kWh/a
Heiztechnikenergiebedarf HTEB	5723	kWh/a
Ertrag Solaranlage RH		kWh/a
Ertrag Solaranlage WW	2457	kWh/a
		kWh/a
Nutzenergiebedarf gesamt	5.262	kWh/a
Heizenergiebedarf HEB	10.985	kWh/a
Hilfsenergiebedarf WW	470	kWh/a
Hilfsenergiebedarf RH	498	kWh/a
Hilfsenergiebedarf Sol	153	kWh/a

Tab. 15 Daten für die Berechnung "Gasbrennwertkessel inkl Solar WW+RH

Energiebezugsfläche	158	m ²
Heizwärmebedarf	36,06	kWh/m ² a
Heizlast HL	4,3	kW
Heizwärmebedarf HWB	5698	kWh/a
Warmwasserbedarf WWWWB	2021	kWh/a
Heiztechnikenergiebedarf HTEB	5959	kWh/a
Ertrag Solaranlage RH	406	kWh/a
Ertrag Solaranlage WW	2360	kWh/a
		kWh/a
Nutzenergiebedarf gesamt	4.953	kWh/a
Heizenergiebedarf HEB	10.912	kWh/a
Hilfsenergiebedarf WW	470	kWh/a
Hilfsenergiebedarf RH	768	kWh/a
Hilfsenergiebedarf Sol	204	kWh/a

Für die Gesamtkosten wurden eine Kapitalverzinsung von 2,5%, einer Nutzungsdauer von 25 Jahren und einer Energiepreissteigerung von 4,0% angenommen und den Emissionswerten gegenübergestellt.

Tab. 16 Berechnung Erd Wärmepumpe inklusive Solaranlage WW+RH

Erd Wärmepumpe +Solaranlage WW+RH		
Investitionskosten		
Anlagekosten	8.386,00	€
Rohrleitungen und Zubehör	3.261,12	€
Bauliche Maßnahmen	7.642,80	€
Transport und Montage	3.721,00	€
Sonstige Kosten	441,00	€
Solaranlage	2.989,94	€
Rohrleitungen und Zubehör Solar	2.488,46	€
Bauliche Maßnahmen Solar	273,60	€
Transport und Montage Solar	1.755,60	€
Sonstige Kosten Solar	160,00	€
Investitionskosten Gesamt	31.120	€
Förderung		
Wärmepumpenförderung	2.200	€
Solarförderung	3.350	€
Investition abzgl. Förderung	25.570	€
Betrachtungszeitraum	30	Jahre
Zinssatz	2,5%	
Annuitätenfaktor	4,78%	
Jährliche Kapitalkosten	1.221,65	€/a
Verbrauchsgebundene Kosten		
Heizwärmebedarf	5.267	kWh/a
Warmwasserbedarf	0	kWh/a
JAZ RH	4,33	kWh/a
JAZ WW	11,08	kWh/a
Endenergiebedarf	1.216	kWh/a
Stromkosten (ECO für WP)	1,569774475	€/kWh
Energiekosten WP	1.909	€/a
Hilfsenergie		
Warmwasser	470	kWh/a
Raumheizung	65	kWh/a
Wärmepumpe	137	kWh/a
Solaranlage	152	kWh/a
Gesamt Hilfsenergiebedarf	687	kWh/a
Strompreis inkl. Mwst.	1,761	€/kWh
Stromkosten Hilfsbetriebe	1.210	€/a
Verbrauchsgebundene Kosten	3.119	€/a
Betriebsgebundene Kosten		
Kaminkehrer	65	€/a
Wartungskosten Reinigung	90	€/a
Instandhaltung und Reparatur	190	€/a
Betriebsgebunden Kosten	345	€/a
Kapitalkosten	1.222	€/a
Verbrauchsgebundene Kosten	3.119	€/a
betriebsgebundene Kosten	345	€/a
Gesamtkosten der Energieversorgung	4.686	€/a
Energiekosten pro kWh	88,97	c/kWh

Tab. 17 Berechnung Erd Wärmepumpe inklusive Solaranlage WW+RH

Luft Wärmepumpe +Solaranlage WW+RH		
Investitionskosten		
Anlagekosten	12.957,00	€
Rohrleitungen und Zubehör	3.261,12	€
Bauliche Maßnahmen	400,00	€
Transport und Montage	3.721,00	€
Sonstige Kosten	441,00	€
Solaranlage	2.989,94	€
Rohrleitungen und Zubehör Solar	2.488,46	€
Bauliche Maßnahmen Solar	273,60	€
Transport und Montage Solar	1.755,60	€
Sonstige Kosten Solar	160,00	€
Investitionskosten Gesamt	28.448	€
Förderung		
Solarförderung	3.350	€
Investition abzgl. Förderung	25.098	€
Betrachtungszeitraum	30	Jahre
Zinssatz	2,50%	
Annuitätenfaktor	4,78%	
Jährliche Kapitalkosten	1.199,11	€/a
Verbrauchsgebundene Kosten		
Heizwärmebedarf	5.267	kWh/a
Warmwasserbedarf	0	kWh/a
JAZ RH	3,75	kWh/a
JAZ WW	9,74	kWh/a
Endenergiebedarf	1.405	kWh/a
Stromkosten (ECO für WP)	1,5698	€/kWh
Energiekosten WP	2.205	€/a
Hilfsenergie		
Warmwasser	470	kWh/a
Raumheizung	86	kWh/a
Wärmepumpe	44	kWh/a
Solaranlage	152	kWh/a
Gesamt Hilfsenergiebedarf	708	kWh/a
Strompreis inkl. Mwst.	1,761	€/kWh
Stromkosten Hilfsbetriebe	1.247	€/a
Verbrauchsgebundene Kosten	3.452	€/a
Betriebsgebundene Kosten		
Kaminkehrer	65	€/a
Wartungskosten Reinigung	90	€/a
Instandhaltung und Reparatur	190	€/a
Betriebsgebunden Kosten	345	€/a
Kapitalkosten	1.199	€/a
Verbrauchsgebundene Kosten	3.452	€/a
betriebsgebundene Kosten	345	€/a
Gesamtkosten der Energieversorgung	4.996	€/a
Energiekosten pro kWh	94,85	c/kWh

Tab. 18 Berechnung Pelletsheizung inklusive Solaranlage WW+RH

Pellets +Solaranlage WW+RH		
Investitionskosten		
Anlagekosten inkl. Baumaßnahmen	16.857,74	€
Rohrleitungen und Zubehör	2.661,12	€
Transport und Montage	4.231,00	€
Sonstige Kosten	441,00	€
Rohkamin	1.980	€
Kamin mit Nebenarbeiten	950	€
Solaranlage	2.989,94	€
Rohrleitungen und Zubehör Solar	2.488,46	€
Bauliche Maßnahmen Solar	273,60	€
Transport und Montage Solar	1.755,60	€
Sonstige Kosten Solar	160,00	€
Investitionskosten Gesamt	34.788	€
Förderung		
Biomasse	2.500	€
Solarförderung	3.350	€
Investition abzgl. Förderung	28.938	€
Betrachtungszeitraum	30	Jahre
Zinssatz	2,50%	
Annuitätenfaktor	4,78%	
Jährliche Kapitalkosten	1.382,61	€/a
Verbrauchsgebundene Kosten		
Nutzenergiebedarf	5.642	kWh/a
Jahresnutzungsgrad	85,00%	
Endenergiebedarf	6.638	kWh/a
Heizwert	4,6	kWh/kg
Bedarf	1.443	kg/a
Preis je Einheit inkl. Mwst.	1,932030123	€/kg
Pelletskosten	2.788	€/a
Hilfsenergie		
Warmwasser	0	kWh/a
Raumheizung	542	kWh/a
Solaranlage	204	kWh/a
Gesamt Hilfsenergiebedarf	746	kWh/a
Strompreis inkl. Mwst.	1,761	€/kWh
Stromkosten Hilfsbetriebe	1.314	€/a
Verbrauchsgebundene Kosten	4.102	€/a
Betriebsgebundene Kosten		
Kaminkehrer	65	€/a
Wartungskosten Reinigung	90	€/a
Instandhaltung und Reparatur	190	€/a
Betriebsgebunden Kosten	345	€/a
Kapitalkosten	1.383	€/a
Verbrauchsgebundene Kosten	4.102	€/a
betriebsgebundene Kosten	345	€/a
Gesamtkosten der Energieversorgung	5.829	€/a
Energiekosten pro kWh	103,32	c/kWh

Tab. 19 Berechnung Öl-Heizung inklusive Solaranlage WW+RH

Öl - Zentralheizung NT Kessel +Solaranlage WW+RH		
Investitionskosten		
Anlagekosten	2.504,00	€
Rohrleitungen und Zubehör	1.883,84	€
Bauliche Maßnahmen	1.860,10	€
Transport und Montage	3.721,00	€
Sonstige Kosten	441,00	€
Rohkamin	1.980	€
Kamin mit Nebenarbeiten	950	€
Solaranlage	2.989,94	€
Rohrleitungen und Zubehör Solar	2.488,46	€
Bauliche Maßnahmen Solar	273,60	€
Transport und Montage Solar	1.755,60	€
Sonstige Kosten Solar	160,00	€
Investitionskosten Gesamt	21.008	€
Förderung		
Solarförderung	3.350	€
Investition abzgl. Förderung	17.658	€
Betrachtungszeitraum	30	Jahre
Zinssatz	2,50%	
Annuitätenfaktor	4,78%	
Jährliche Kapitalkosten	843,64	€/a
Verbrauchsgebundene Kosten		
Nutzenergiebedarf	4.953	kWh/a
Jahresnutzungsgrad	96,00%	
Endenergiebedarf	5.159	kWh/a
Heizwert Öl	10,04	kWh/l
Ölbedarf	514	l/a
Ölpreis inkl. Mwst.	7,889	€/l
Ölkosten	4.054	€/a
Hilfsenergie		
Warmwasser	470	kWh/a
Raumheizung	768	kWh/a
Solaranlage	204	kWh/a
Gesamt Hilfsenergiebedarf	1.442	kWh/a
Strompreis inkl. Mwst.	1,761	€/kWh
Stromkosten Hilfsbetriebe	2.539	€/a
Verbrauchsgebundene Kosten	6.593	€/a
Betriebsgebundene Kosten		
Kaminkehrer	65	€/a
Wartungskosten Reinigung	50	€/a
Instandhaltung und Reparatur	190	€/a
Betriebsgebunden Kosten	305	€/a
Kapitalkosten	844	€/a
Verbrauchsgebundene Kosten	6.593	€/a
betriebsgebundene Kosten	305	€/a
Gesamtkosten der Energieversorgung	7.742	€/a
Energiekosten pro kWh	156,31	c/kWh

Tab. 20 Berechnung Gasheizung inklusive Solaranlage WW+RH

Gas BW Kessel +Solaranlage WW		
Investitionskosten		
Anlagekosten	3.970,02	€
Rohrleitungen und Zubehör	1.883,84	€
Bauliche Maßnahmen	1.131,90	€
Transport und Montage	3.721,00	€
Sonstige Kosten	441,00	€
Rohkamin	975	€
Kamin mit Nebenarbeiten	350	€
Solaranlage	2.989,94	€
Rohrleitungen und Zubehör Solar	1.876,46	€
Bauliche Maßnahmen Solar	273,60	€
Transport und Montage Solar	1.755,60	€
Sonstige Kosten Solar	160,00	€
Investitionskosten Gesamt	19.528	€
Förderung		
Solarförderung	2.188	€
Investition abzgl. Förderung	17.341	€
Betrachtungszeitraum	30	Jahre
Zinssatz	2,50%	
Annuitätenfaktor	4,78%	
Jährliche Kapitalkosten	828,51	€/a
Verbrauchsgebundene Kosten		
Nutzenergiebedarf	5.262	kWh/a
Jahresnutzungsgrad	97,00%	
Endenergiebedarf	5.425	kWh/a
Heizwert	0,975	
Bedarf	5.564	kWh/a
Preis je Einheit inkl. Mwst.	0,624	€/kWh
Gaskosten	3.471	€/a
Hilfsenergie		
Warmwasser	470	kWh/a
Raumheizung	498	kWh/a
Solaranlage	153	kWh/a
Gesamt Hilfsenergiebedarf	1.121	kWh/a
Strompreis inkl. Mwst.	1,761	€/kWh
Stromkosten Hilfsbetriebe	1.974	€/a
Verbrauchsgebundene Kosten	5.445	€/a
Betriebsgebundene Kosten		
Kaminkehrer	65	€/a
Wartungskosten Reinigung	50	€/a
Instandhaltung und Reparatur	190	€/a
Betriebsgebunden Kosten	305	€/a
Kapitalkosten	829	€/a
Verbrauchsgebundene Kosten	5.445	€/a
betriebsgebundene Kosten	305	€/a
Gesamtkosten der Energieversorgung	6.579	€/a
Energiekosten pro kWh	125,02	c/kWh

5.4. Vergleich der Ergebnisse

Die Werte für die Erstellung der folgenden Abbildungen sind aus den Tabellen im Anhang zu finden. Diese Tabellen beinhalten die verwendete Energiedaten und Kostenauflistung bzw. Werte für die Kalkulation ohne Berücksichtigung einer Energiepreissteigerung.

5.4.1. Variante mit einer Nutzungsdauer von 20 Jahren

Bei einer kurzen Nutzungsdauer von 20 Jahren und der Annahme gleichbleibender Energiepreise, sind die alternativen Heizungssysteme die großen Verlierer. Hier schneidet eindeutig die Wärmebereitstellung durch Gas am besten ab. Die Erd- und Luftwärmepumpen halten sich auch noch im kostengünstigen oberen Drittel, während hingegen die Pelletsheizung und die Kombinationen mit einer Raumlüftungsanlage ganz klar die meisten Kosten verursachen (Abb. 30).

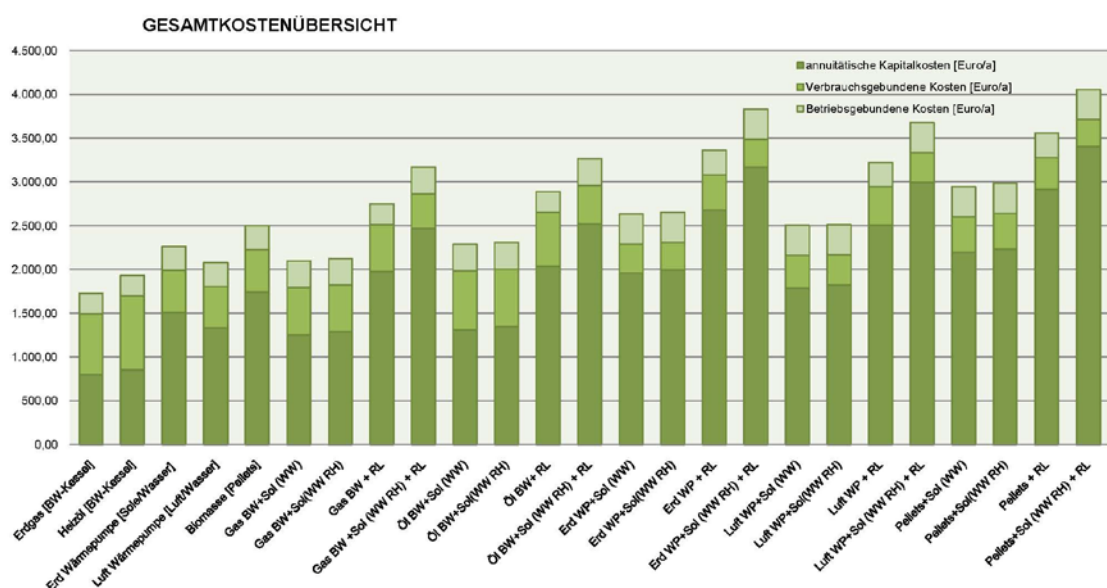


Abb 30 Gesamtkostenübersicht **ohne Förderung** (K=2,5% n=20 Jahre E=0)

Eine eindeutige Verbesserung ist bei der Berücksichtigung der Fördergelder zu erkennen. Kann jedoch die Gasheizung als Nummer eins nicht verdrängen. Lukrativ werden durch die Einbeziehung der Förderungen auch die Kombinationen mit der Solaranlage, wobei die Raumlufthanlagen immer noch sehr kostenintensiv sind (Abb. 31).

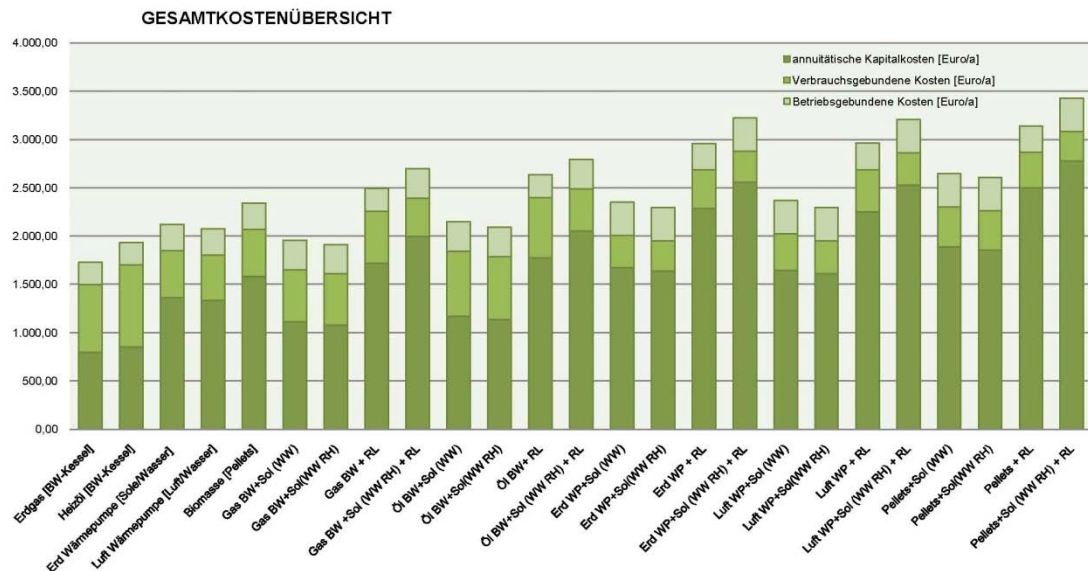


Abb 31 Gesamtkostenübersicht inkl. Förderung (K=2,5% n=20 Jahre E=0,0%)

Selbst bei der Annahme einer geringen Energiepreissteigerung von 2,0% sind bei der Kostenaufstellung ohne Förderung kaum Veränderungen sichtbar (Abb.32).

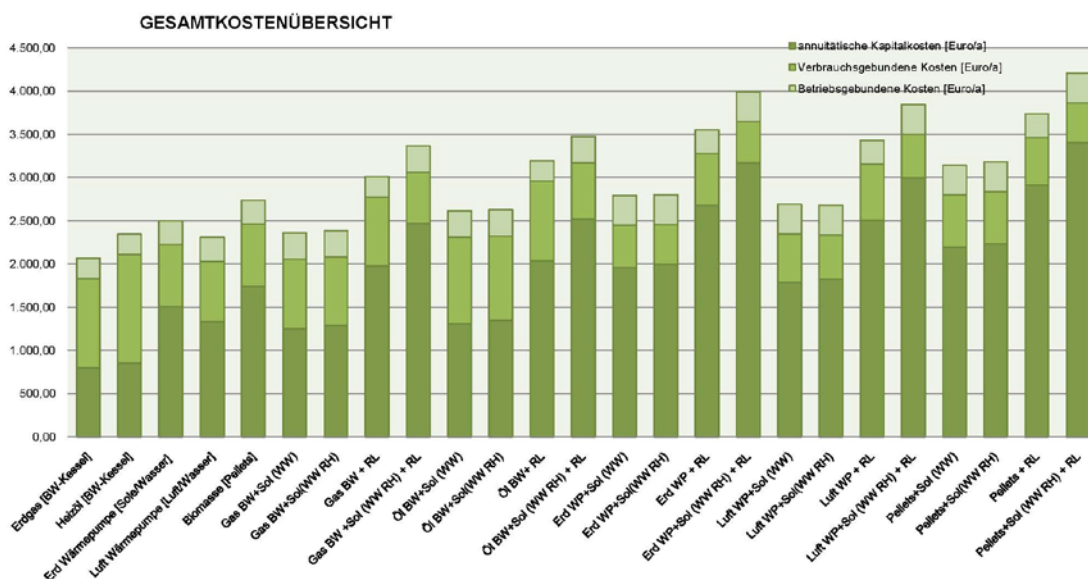


Abb 32 Gesamtkostenübersicht ohne Förderung (K=2,5% n=20 Jahre E=2,0%)

Erst durch den Einsatz der Förderungen, wird bei einer 2% Energiepreissteigerung eine Kombination der Gas Heizungssystems mit einer Solaranlage zum reinen Gasbetrieb konkurrenzfähig. Weiter ist bei gegebenen Falls erstmals eine Angleichung der Kosten der Öl-Heizung mit den Aufwendungen der Wärmepumpen ersichtlich (Abb. 33).

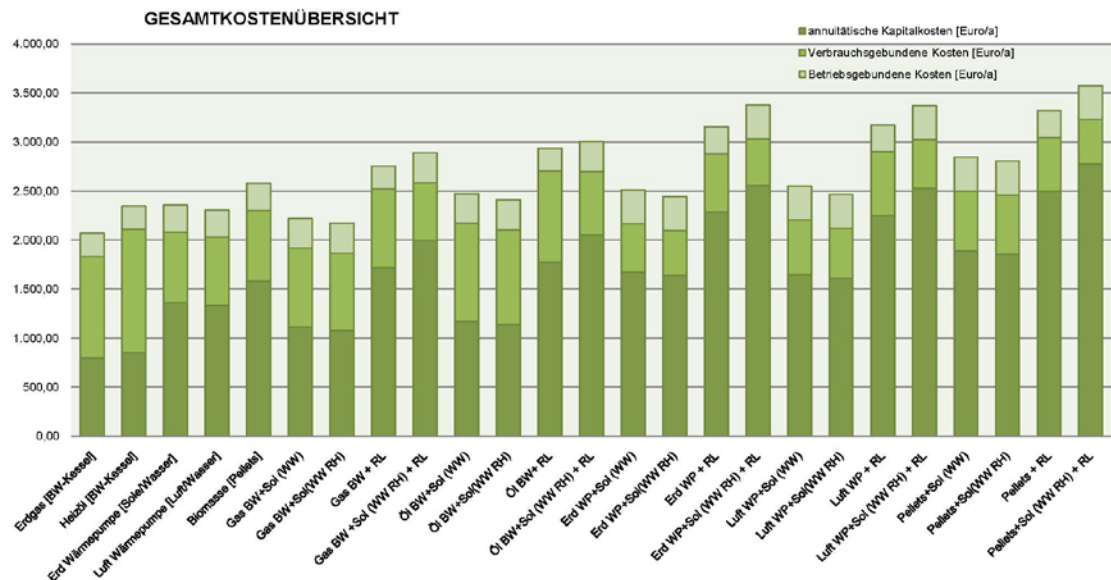


Abb 33 Gesamtkostenübersicht inkl. Förderung (K=2,5% n=20 Jahre E=2,0%)

Bei der realistischen Annahme einer Preissteigerung von 4,0% kommt es bei der förderlosen Darstellung der Ergebnisse nur zu einer Veränderung der Gesamtkosten. Eine deutliche Veränderung zwischen den einzelnen Systemen und Kombinationen ist aber nicht zu erkennen. Diese wird erst nach der Einrechnung der Förderzahlungen sichtbar (Abb. 34).

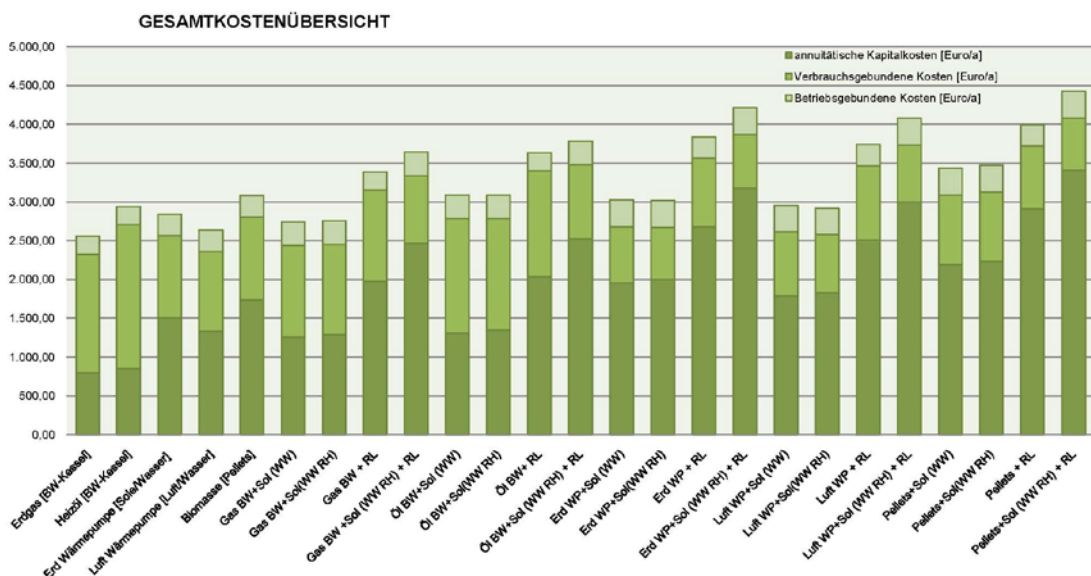


Abb 34 Gesamtkostenübersicht ohne Förderung (K=2,5% n=20 Jahre E=4,0%)

Erstmals ist eine deutlichere Angleichung der Kosten zu erkennen. Es sind kaum mehr Unterschiede zwischen Einzelsystemen vorhanden. Die Ölheizung und die Biomasseanlage bilden jedoch die Spitze der Aufwendungen.

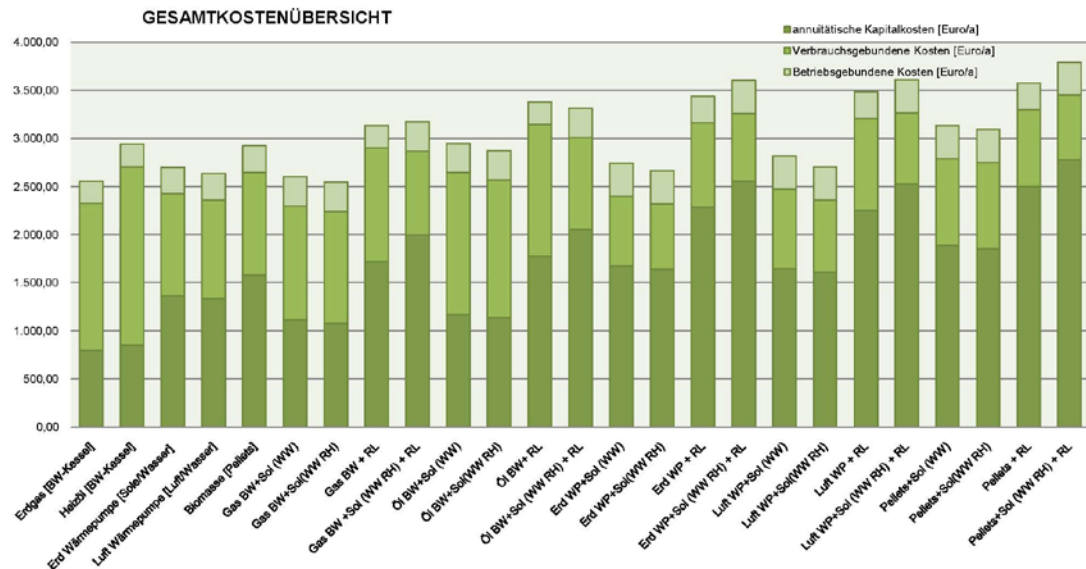


Abb 35 Gesamtkostenübersicht inkl. Förderung (K=2,5% n=20 Jahre E=4,0%)

Erst ab einer Energiepreissteigerung von 8,0% werden die herkömmlichen Energiequellen von den Alternativen Systemen überholt (Abb.36).

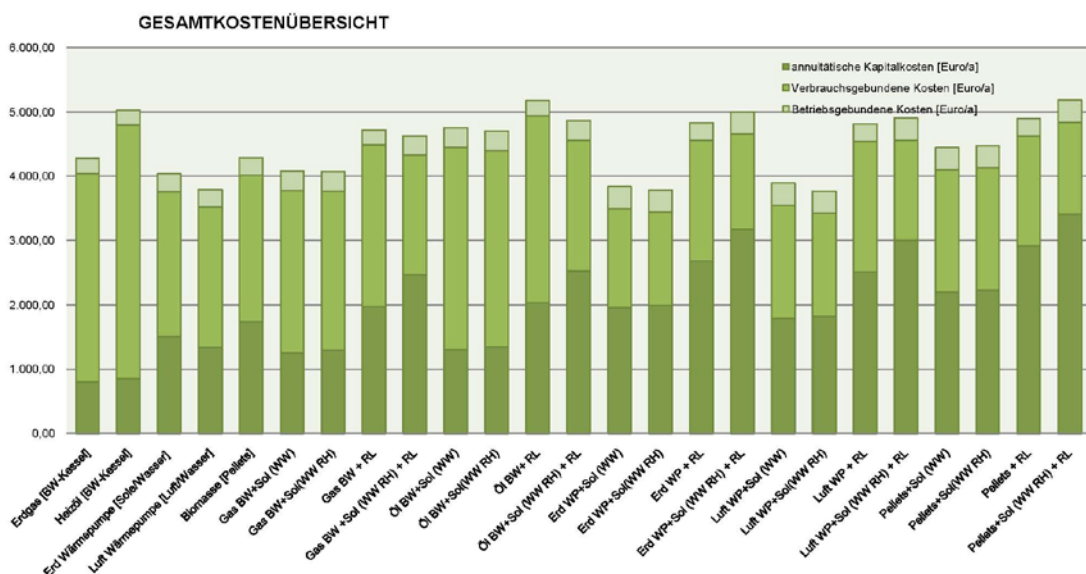


Abb 36 Gesamtkostenübersicht ohne Förderung (K=2,5% n=20 Jahre E=8,0%)

Gerade nach Berücksichtigung der Förderung schneidet bei einer Preissteigerung von 8% die Kombination mit einer Solaranlage am besten ab. Erstmals ist auch der Einsatz einer Raumlufthanlage finanziell vertretbar. Am schlechtesten schneidet hierbei wie erwartet die Öl – Heizung ab (Abb. 37).

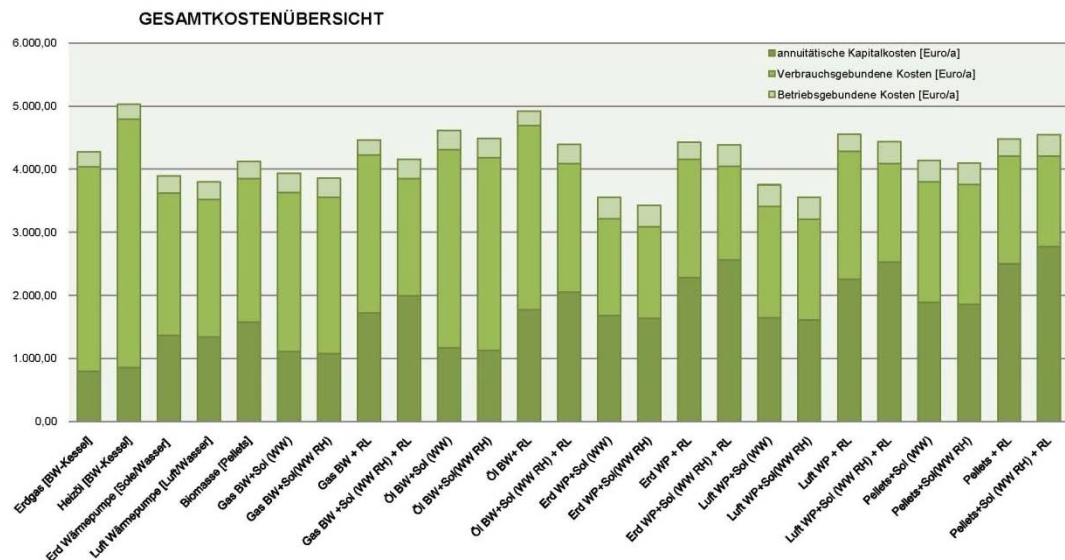
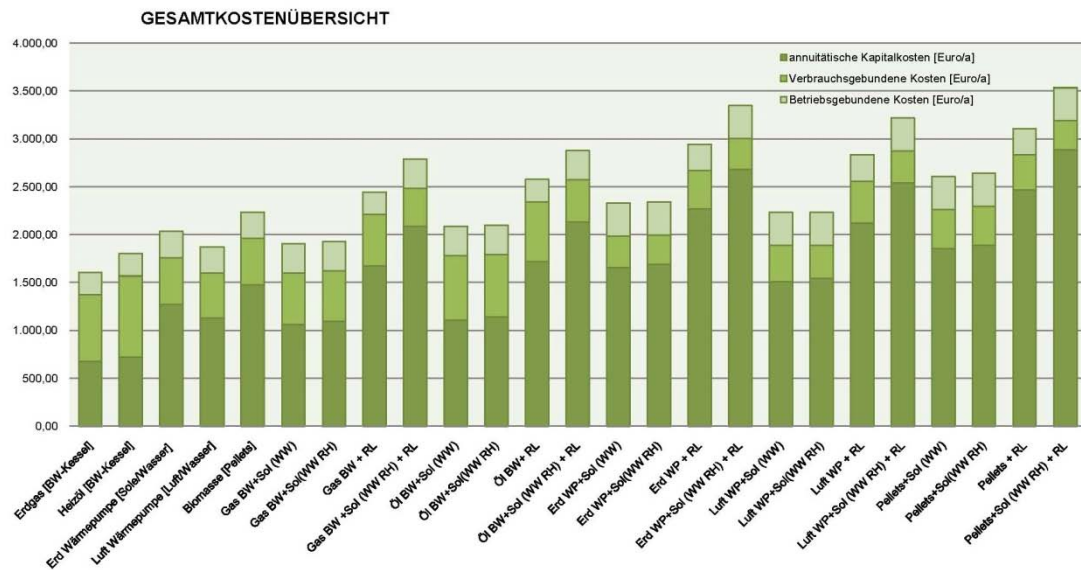
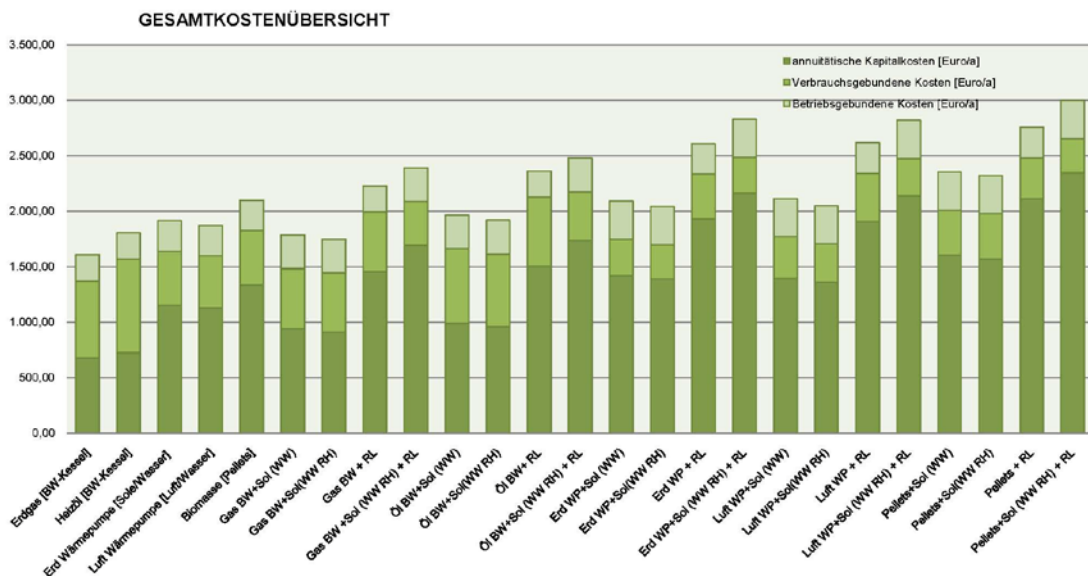


Abb 37 Gesamtkostenübersicht inkl. Förderung (K=2,5% n=20 Jahre E=8,0%)

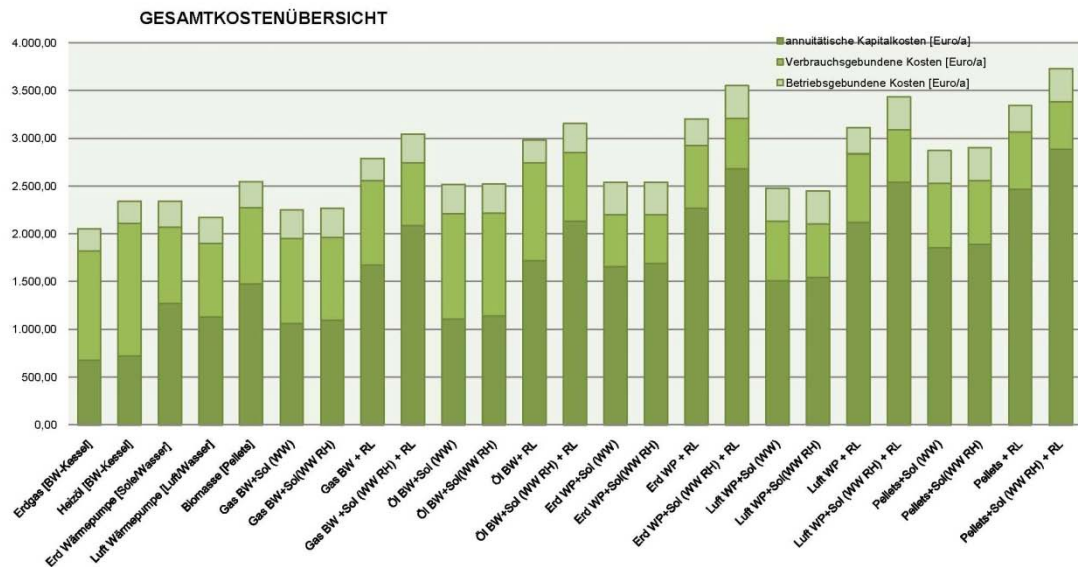
5.4.2. Variante mit einer Nutzungsdauer von 25 Jahren

Die Erhöhung der Nutzungsdauer um fünf Jahre hat zu Folge, dass sich die annuitätischen Kosten verringern.

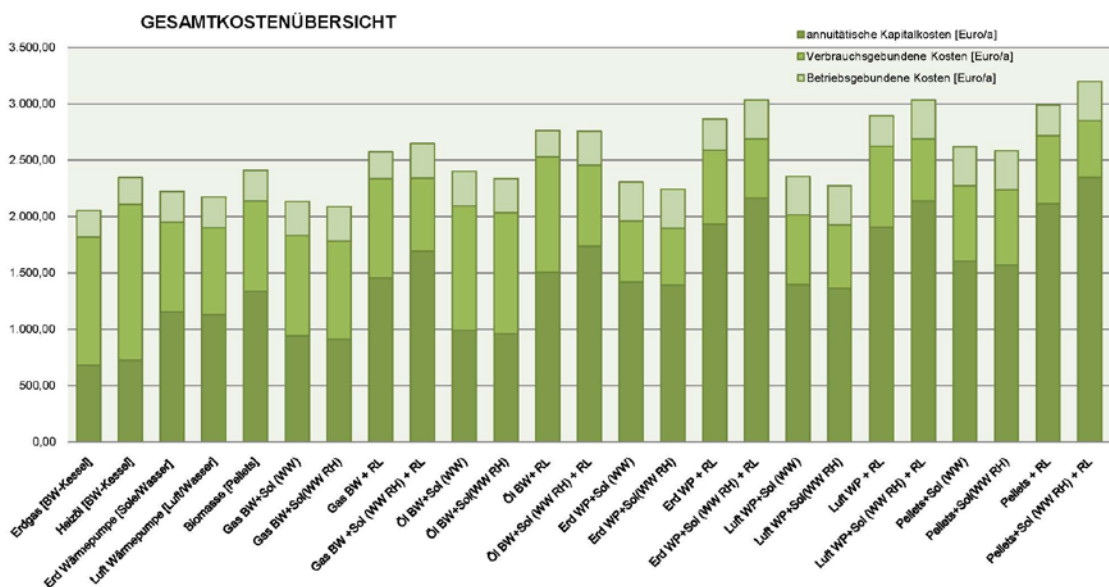
Dieser Umstand hat auf alle Heizungssysteme eine Auswirkung bei den Gesamtkosten. Besonders die Preissteigerungen der Energieträger nehmen großen Einfluss auf das Ergebnis.

Abb 38 Gesamtkostenübersicht **ohne Förderung** ($K=2,5\%$ $n=25$ Jahre $E=0$)Abb 39 Gesamtkostenübersicht **inkl. Förderung** ($K=2,5\%$ $n=25$ Jahre $E=0$)

Schon eine geringe Energiepreissteigerung von 2,0% wirkt sich merklich auf die Gesamtkosten aus wenn die Nutzungsdauer mit 25 Jahren angesetzt wird.

Abb 40 Gesamtkostenübersicht **ohne Förderung** (K=2,5% n=25 Jahre E=2,0%)

Dadurch, dass sich die Förderungen fast nur aus einmaligen Zahlungen zusammensetzten, wirken sich diese fast ausschließlich auf die annuitätischen Kosten aus, was somit kaum eine Veränderung der betriebsgebundenen Kosten bewirkt (Abb. 41).

Abb 41 Gesamtkostenübersicht **inkl. Förderung** (K=2,5% n=25 Jahre E=2,0%)

Bei der realistischen Annahme von einer 4% Preissteigerung wird erstmals deutlich, dass die Kosten in der Anschaffung von Gas und Öl-Anlagen weniger

betragen als die Kosten für den Betrieb. Die Aufwendungen der Wärmepumpen für Anschaffung und Betrieb gleichen sich langsam an (Abb. 42).

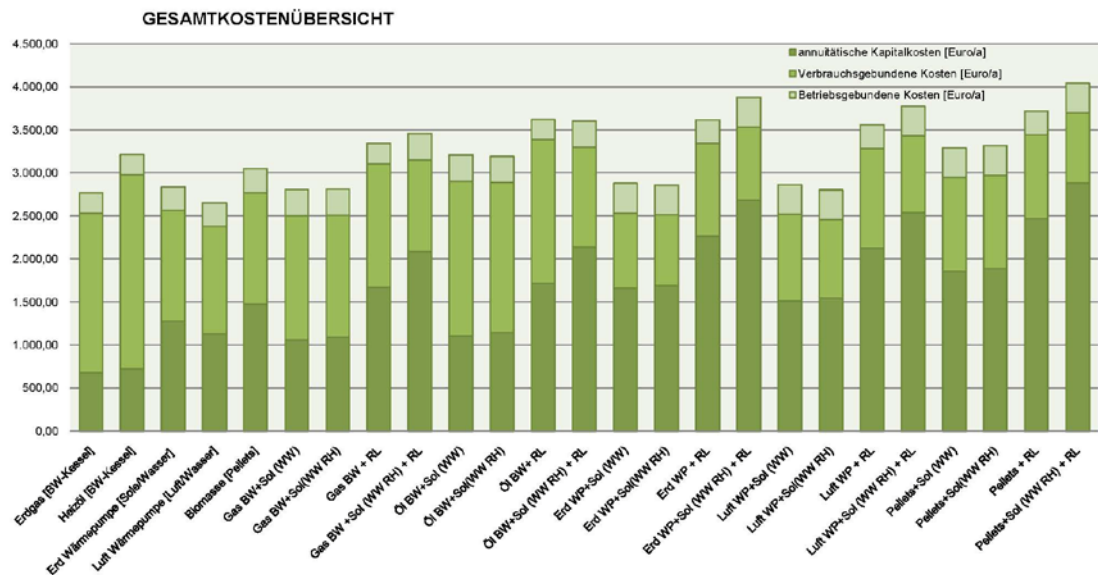


Abb 42 Gesamtkostenübersicht **ohne Förderung** (K=2,5% n=25 Jahre E=4,0%)

Die Verlängerung der Nutzungsdauer führt auch dazu, dass der Einsatz einer Biomasse Anlage, schon ab einer Preissteigerung von 4% unter der Berücksichtigung der Förderungen finanziell rentabel gegenüber dem Einsatz einer Öl-Feuerung wird (Abb. 43).

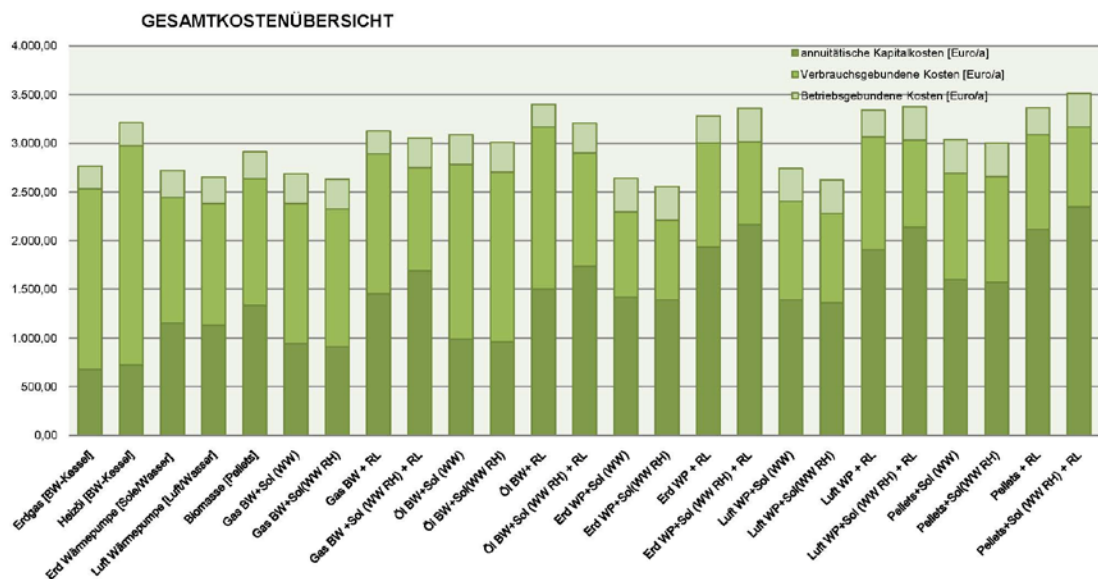


Abb 43 Gesamtkostenübersicht **inkl. Förderung** (K=2,5% n=25 Jahre E=4,0%)

Spätestens mit der Steigerung auf 8% wird eine Tendenz hin zu den alternativen Energiesystemen deutlich. Die Kosten für den Betrieb mit Fossilen Materialien steigen deutlich an. Die kostenrentabelsten Systeme bilden mittlerweile die Wärmepumpen kombiniert mit einer Solaranlage. Dieser Umstand ist durch den Einbezug der Förderungen noch deutlicher zu erkennen (Vergleich Abb. 44 mit Abb. 45).

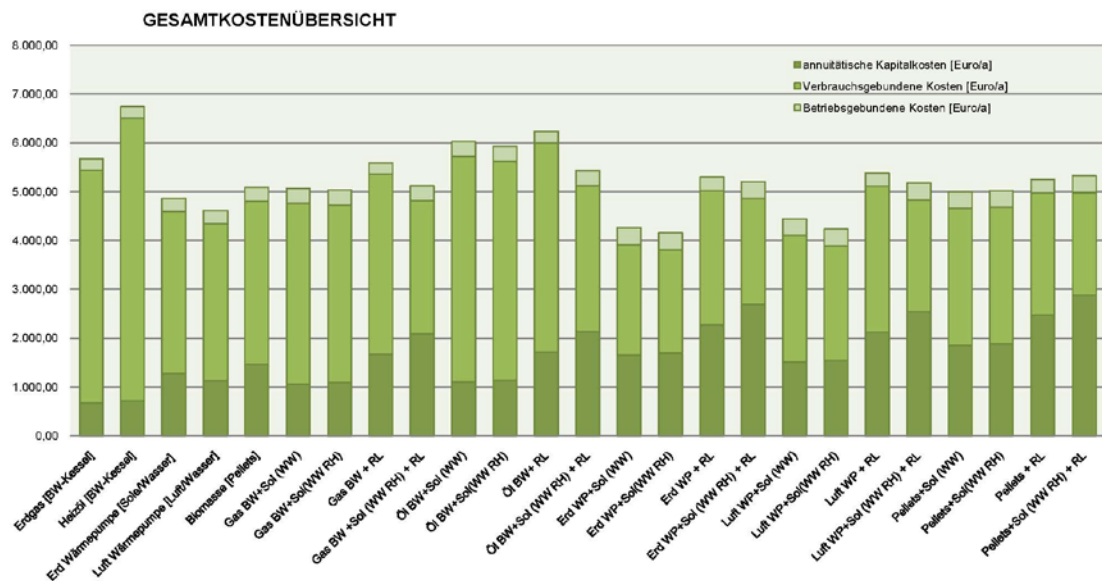


Abb 44 Gesamtkostenübersicht **ohne Förderung** (K=2,5% n=25 Jahre E=8,0%)

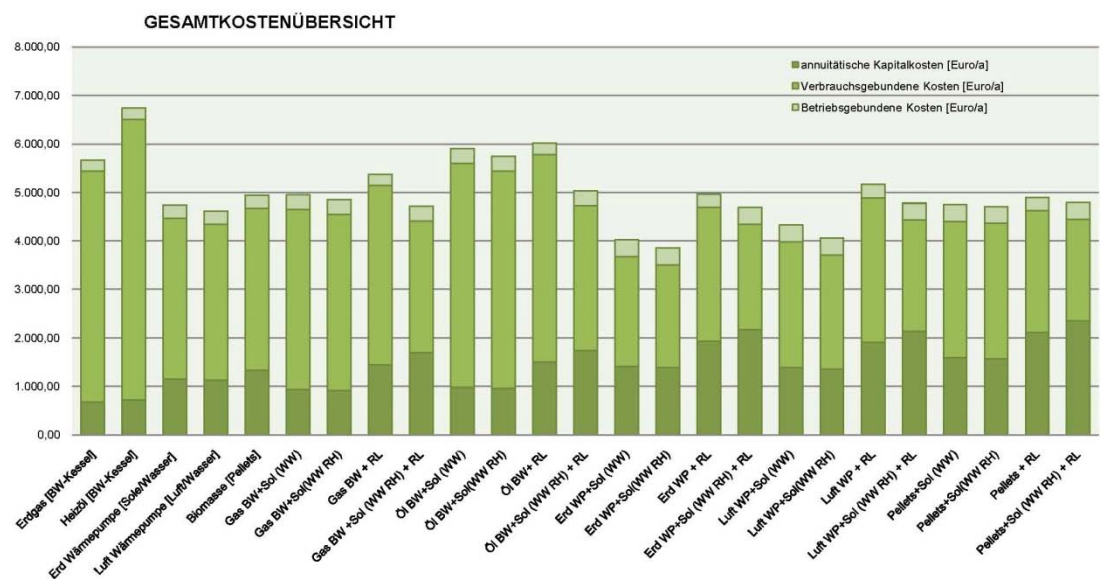


Abb 45 Gesamtkostenübersicht **inkl. Förderung** (K=2,5% n=25 Jahre E=8,0%)

5.4.3. Variante mit einer Nutzungsdauer von 30 Jahren

Einen besonders großen Anteil an dem Ergebnis, tragen im vorliegenden Fall die betriebsgebundenen Kosten bei. Durch die Erhöhung der Nutzungsdauer auf 30 Jahre ist eine Harmonisierung der betrachteten Heizungssysteme zu erkennen.

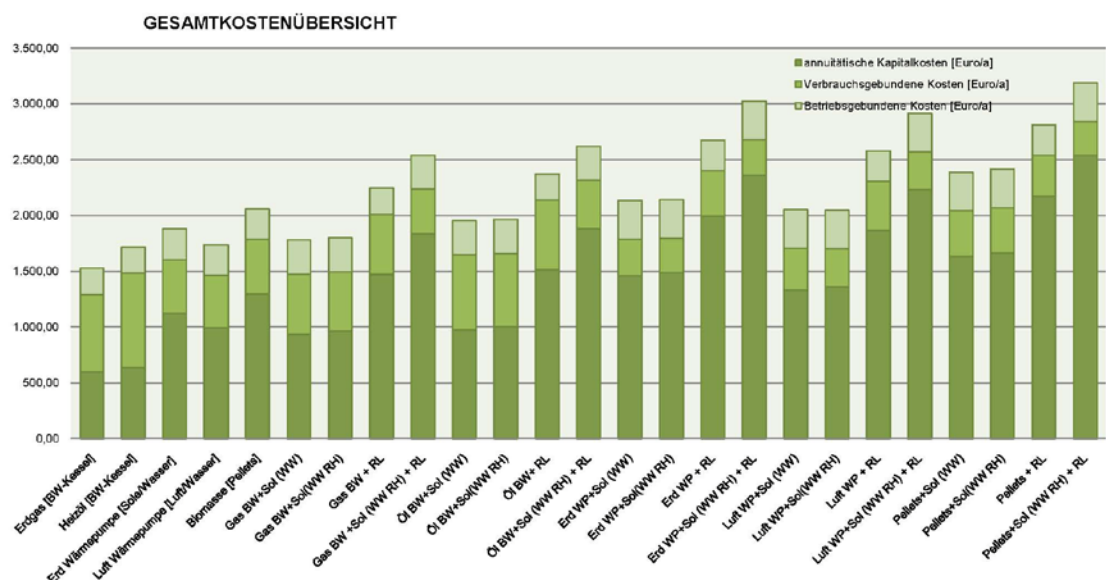


Abb 46 Gesamtkostenübersicht **ohne Förderung** (K=2,5% n=30 Jahre E=0)

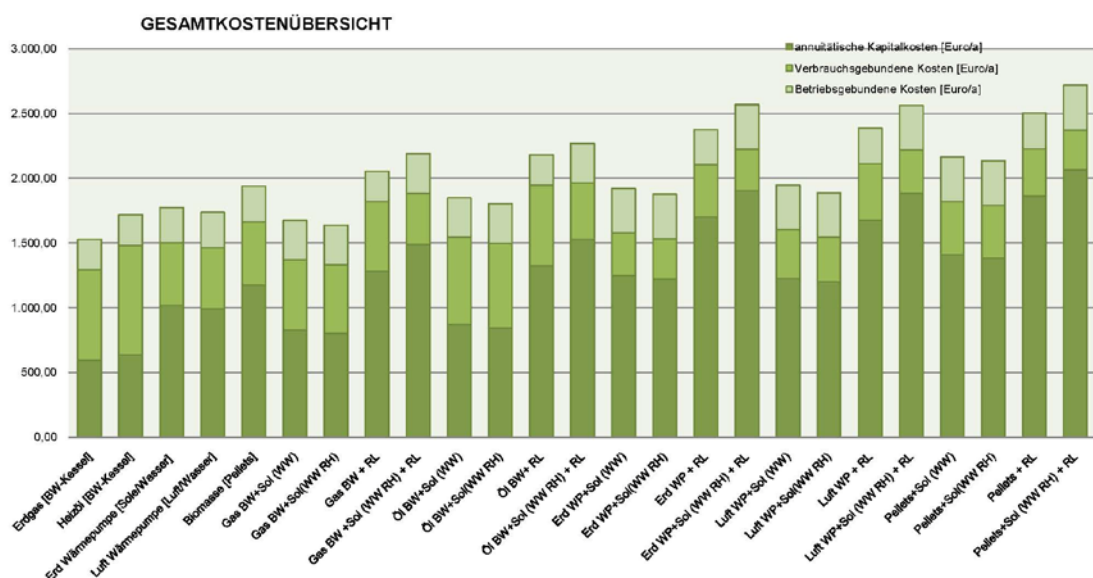


Abb 47 Gesamtkostenübersicht **inkl. Förderung** (K=2,5% n=30 Jahre E=0)

Bei einer Nutzungsdauer von 30 Jahren wirkt sich schon die kleinste Energiepreissteigerung von 2,0% sehr auf die Gesamtkosten aus. Die Kosten für die Wärmepumpen, die Gasheizung, sowie die Kombinationen mit Solaranlagen harmonisieren sich spätestens bei der Einbeziehung der Förderungen. (Abb. 48)

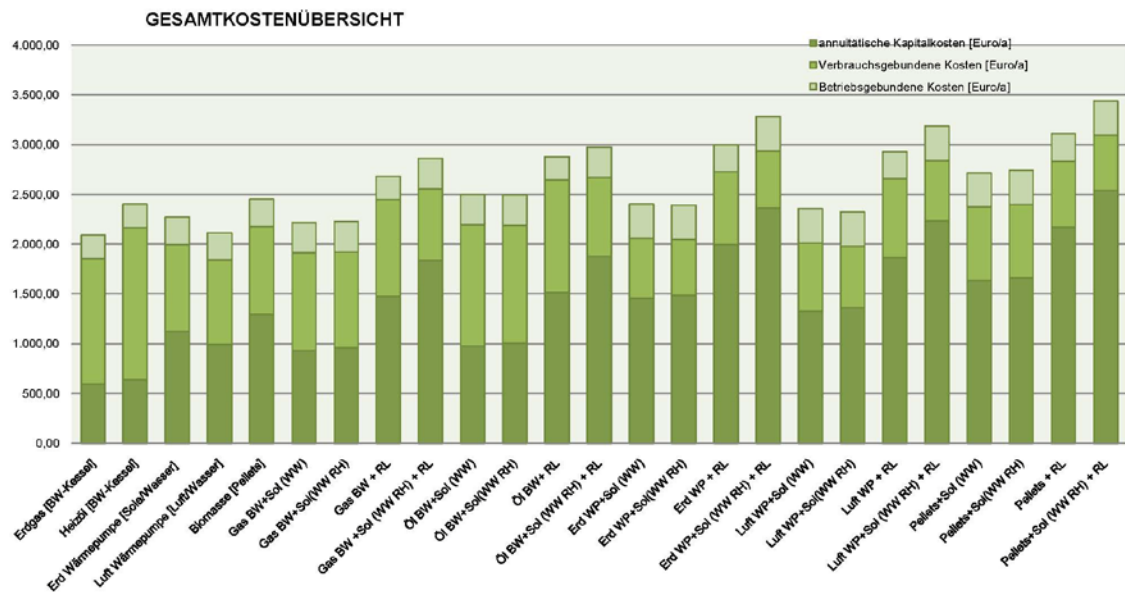


Abb 48 Gesamtkostenübersicht **ohne Förderung** (K=2,5% n=30 Jahre E=2,0%)

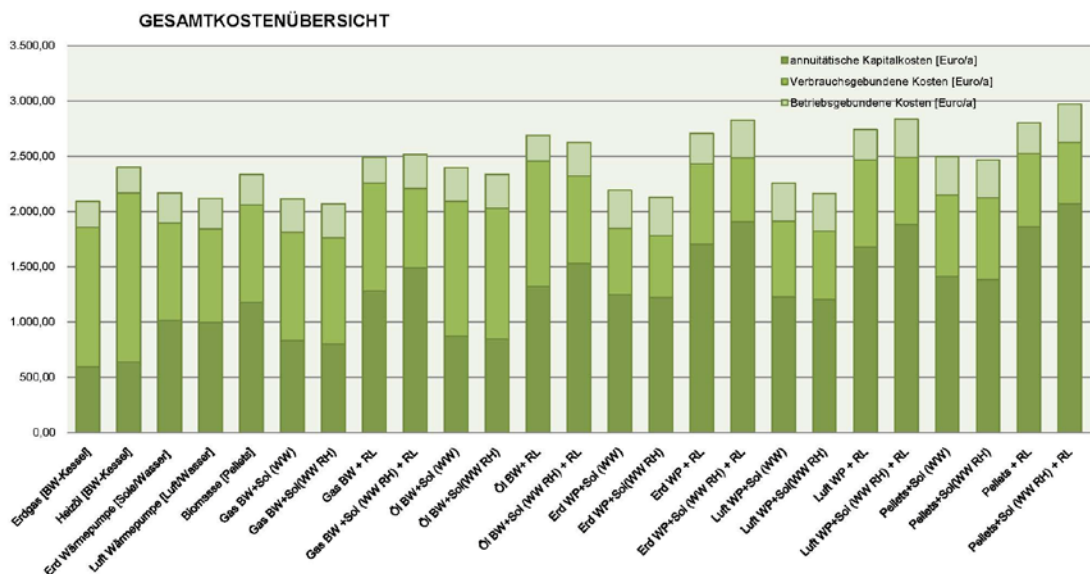
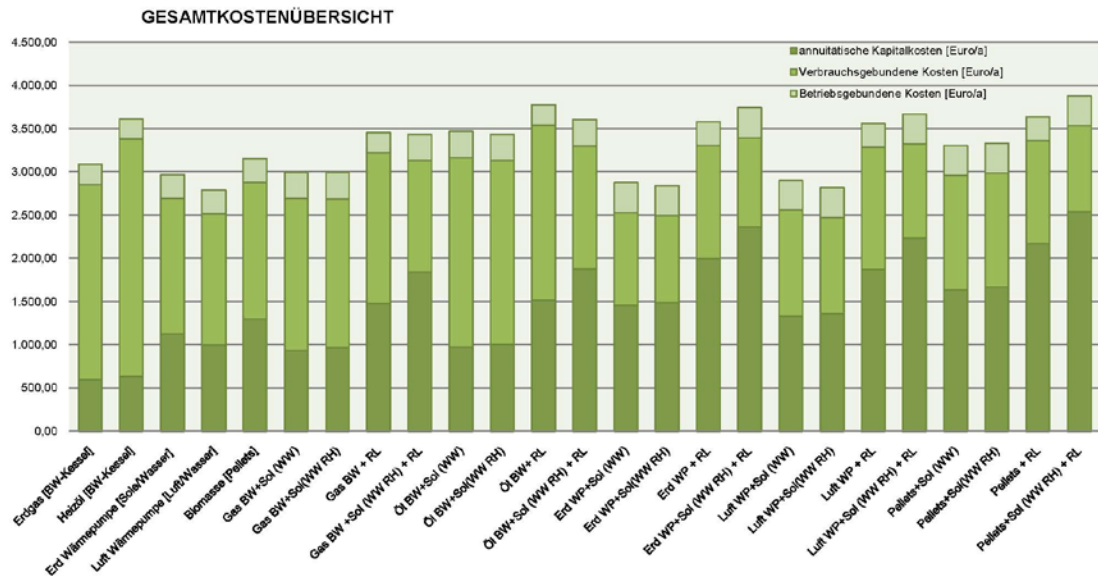
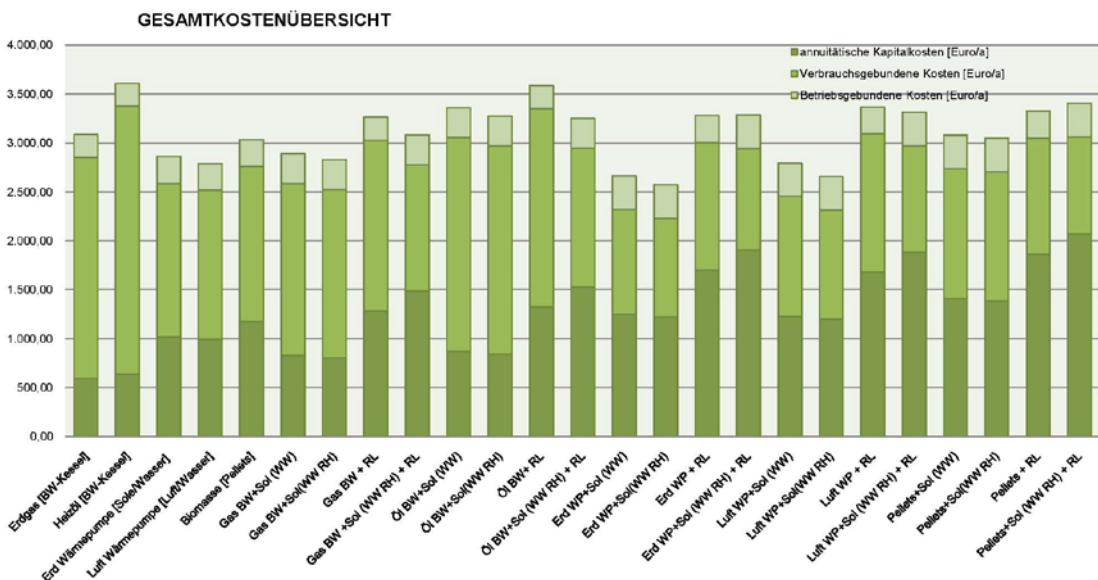


Abb 49 Gesamtkostenübersicht **inkl. Förderung** (K=2,5% n=30 Jahre E=2,0%)

Abb 50 Gesamtkostenübersicht **ohne Förderung** (K=2,5% n=30 Jahre E=4,0%)

Bei einer Preissteigerung von 4% sind schon sehr deutliche Veränderungen und Umlagerungen, des Kostenschwerpunktes von den Kapitalkosten auf die Verbrauchskosten zu erkennen (Abb.50). Noch deutlicher ist dies in der Abb. 51 zu erkennen.

Abb 51 Gesamtkostenübersicht **inkl. Förderung** (K=2,5% n=30 Jahre E=4,0%)

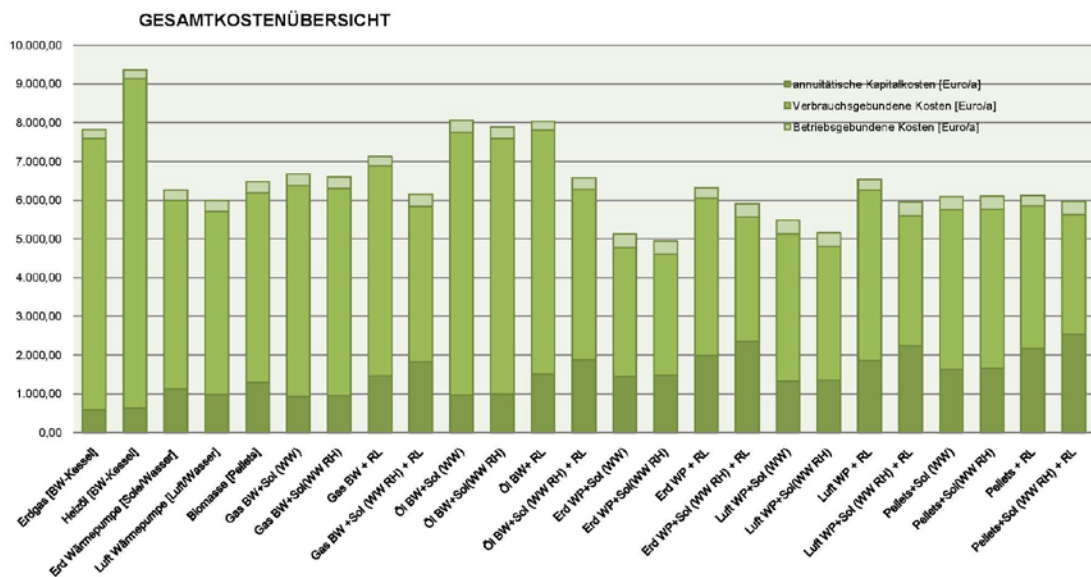


Abb 52 Gesamtkostenübersicht **ohne Förderung** ($K=2,5\%$ $n=30$ Jahre $E=8,0\%$)

In Abb. 51 und Abb. 52 ist deutlich zu erkennen, dass bei den gegebenen Randbedingungen der Einsatz einer Erdwärmepumpe in Kombination einer Solaren Unterstützung (primär für die Abdeckung des Warmwasserbedarf und sekundär für den Heizwärmebedarf), finanzwirtschaftlich betrachtet am besten abschneidet. Die Verwendung einer Raumlüftungsanlage ist in Kombination mit einer Solaren Anlage ebenfalls besser zu bewerten als ohne. Bei der Annahme einer langen Nutzungsdauer und dieser hohen Energiepreisteigerung, ist auch der Einsatz einer Biomasseheizung gegenüber den Gas- und

Ölheizungen rentabel. Die bewusste Kombination der einzelnen Systeme mit Solaranlagen und Raumlüftungen bilden nun unter diesen Randbedingung das bessere Drittel in der Gesamtkostenübersicht (Abb. 52), was genau das Gegenteil zum Ergebnis aus dem ersten Vergleich (Abb. 30) darstellt.

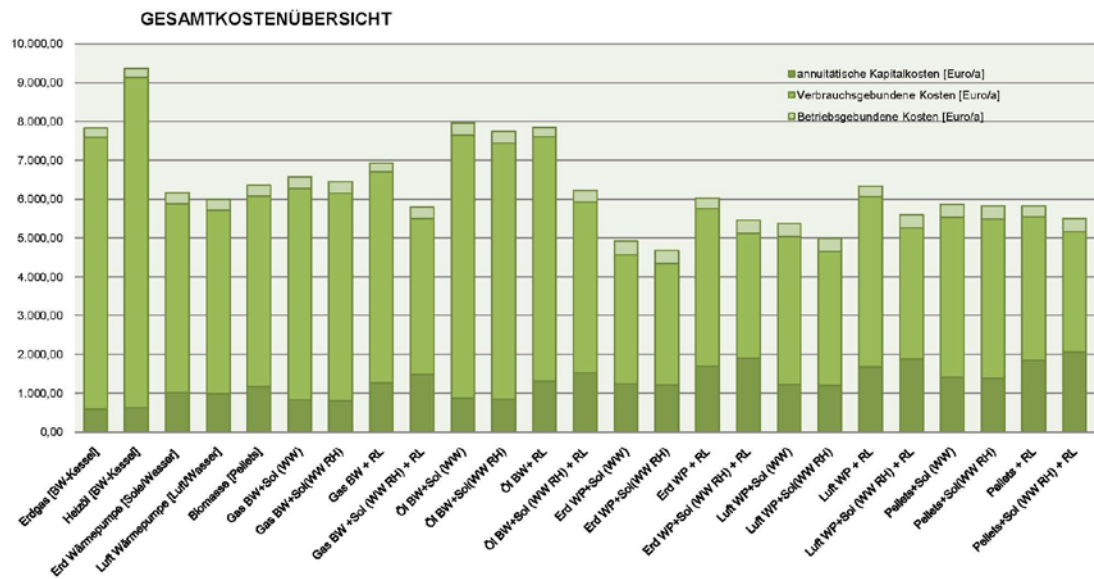


Abb 53 Gesamtkostenübersicht inkl. Förderung (K=2,5% n=30 Jahre E=8,0%)

6. VERGLEICHE DER ERGEBNISSE MIT BESTEHENDER LITERATUR

Damit die erhaltenen Ergebnisse besser bewertet werden können und deren Inhalt mehr Ausdruck bekommt, wird im folgenden Abschnitt ein kurzer Vergleich mit Vorhanden Studien und Literatur gezogen.

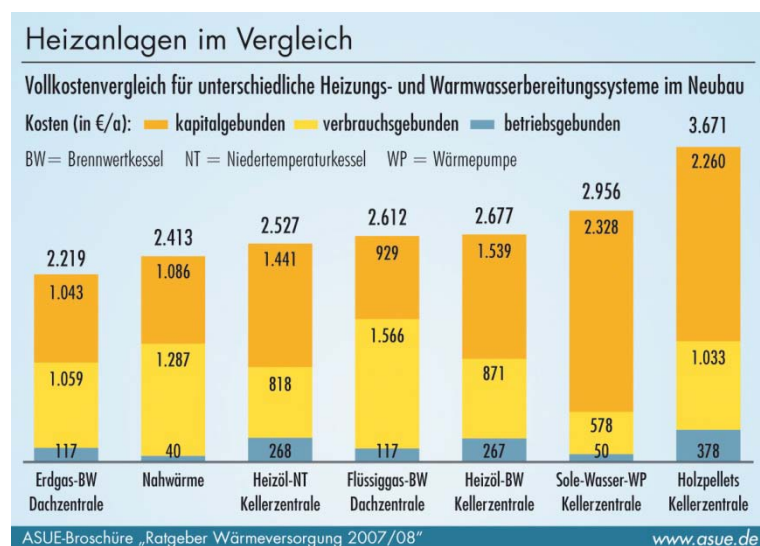


Abb 54 Heizanlagen im Vergleich [Quelle: www.asue.de]

Der Vergleich der Studie von Heizanlagen der Arbeitsgemeinschaft ASUE und der Ergebnisdarstellung (Abb.31 Gesamtkostenübersicht ohne Förderungen (K=2,5% n=20 Jahre E=4,0%)) finden sich einige Gemeinsamkeiten.

Die Gesamtkosten bei der Erdgasheizung ergibt unter vorliegenden Randbedingungen einen Gesamtbetrag von € 2.291,- was einer Abweichung von +3,25% entspricht. Beim Vergleich des Betrages von der Öl-Brennwertkesselheizung (Ergebnis dieser Studie: € 2.667,-) ist eine Abweichung von -1,34% zu verzeichnen. Eine ebenfalls geringe Abweichung von -4,06% (Ergebnis Studie € 2.840,-) ist beim Vergleich mit der

Erdwärmepumpe Sole/Wasser zu verzeichnen. Allein bei der Betrachtung der Holzpelletsheizung tritt ein größerer Unterschied von -19,07% (Ergebnis Studie € 3.083,-) auf.

Zum Vergleich mit der folgenden Studie wird das Ergebnis aus Abb.31 Gesamtkostenübersicht inkl. Förderungen ($K=2,5\%$ $n=20$ Jahre $E=0,0\%$) herangezogen. Die absoluten Werte aus dieser Arbeit betragen für die Pelletsanlage kombiniert mit der Solaranlage für die Warmwasserbereitstellung € 2.645,- was einer Abweichung von -5,07% zu der Pelletsanlage aus Studie der VKW 2010 entspricht.

Der Gesamtbetrag der Erdwärmepumpe Sole/Wasser mit Solarkombination kommt auf € 2.295,-. Entspricht einem prozentuellen Unterschied von 4,49%. Mit -8,13% (Ergebnis Studie € 2.301,-) weicht der Wert der Gasheizung schon etwas mehr ab. Der Unterschied zwischen den Ölheizungen ist jedoch sehr hoch und mit einer Differenz von -33,73% (Ergebnis Studie € 3.059,-) nur dadurch zu erklären, dass hier zwei unterschiedliche Öl-Arten als Energieträger verwendet wurden.

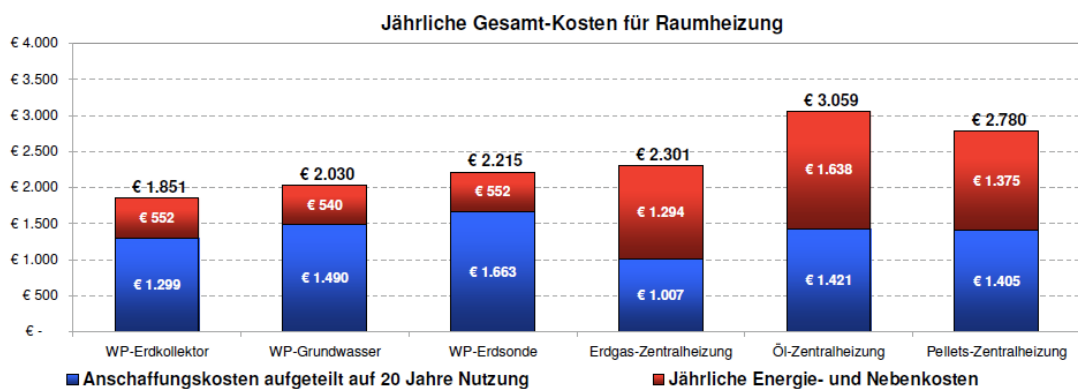


Abb 55 Jährliche Gesamtkosten für Raumheizung [Quelle: VKW 2010]

Zu der Abb. 51 und Abb.52 muss angemerkt werden, dass die Baukosten für den Tankraum, bzw. Lagerraum nicht bei den Kosten der Öl- und Pelletsheizung mit einberechnet sind. Ebenfalls wurden bei alle zu dieser Zeit aktuellen Förderungen berücksichtigt und eine solare Warmwasseraufbereitung mit allen Systemen kombiniert. Bei der Wärmepumpe Sole/Wasser wurde eine

Jahresarbeitszahl von 4,0 angenommen und bei der Grundwasserpumpe eine JAZ von 4,2.

Weitere Vergleiche mit anderen Berechnungen (vgl. Kostenanalyse von Wohnraumheizsystemen nach Bautechnikverordnung – zur Verfügung gestellt vom Energieinstitut Vorarlberg) bestätigen, nach der Umlegung und Angleichung der Randbedingungen auf das aktuelle Projekt, das erhaltene Ergebnis.

7. BETRACHTUNG DER PRIMÄRENERGIE

Definition

Unter der Primärenergie (bzw. unter Primärenergieträgern) werden Energieformen verstanden, die noch keiner technischen Umwandlung unterworfen wurden (z.B. Rohsteinkohle, Rohbraunkohle, Roherdöl, Rohbiomasse, Windkraft, Solarstrahlung, Erdwärme). [UMW10]

Die Primärenergiefaktoren für die Energiebereitstellung setzt sich aus der Summe aller Energieaufwendungen (Förderung, Aufbereitung, Umwandlung, Transport und Verteilung des Energieträges) zusammen. Dabei spielen die Sekundärenergie (Umwandlungen aus Primär- oder anderen Energieträgern), die Endenergie (Energieform die der Endnutzer bezieht z.B. Öl, Holz oder Strom) und die Nutzenergie (Energie nach der letzten Umwandlung zur Nutzung eines Endgerätes z.B. einen Radio)

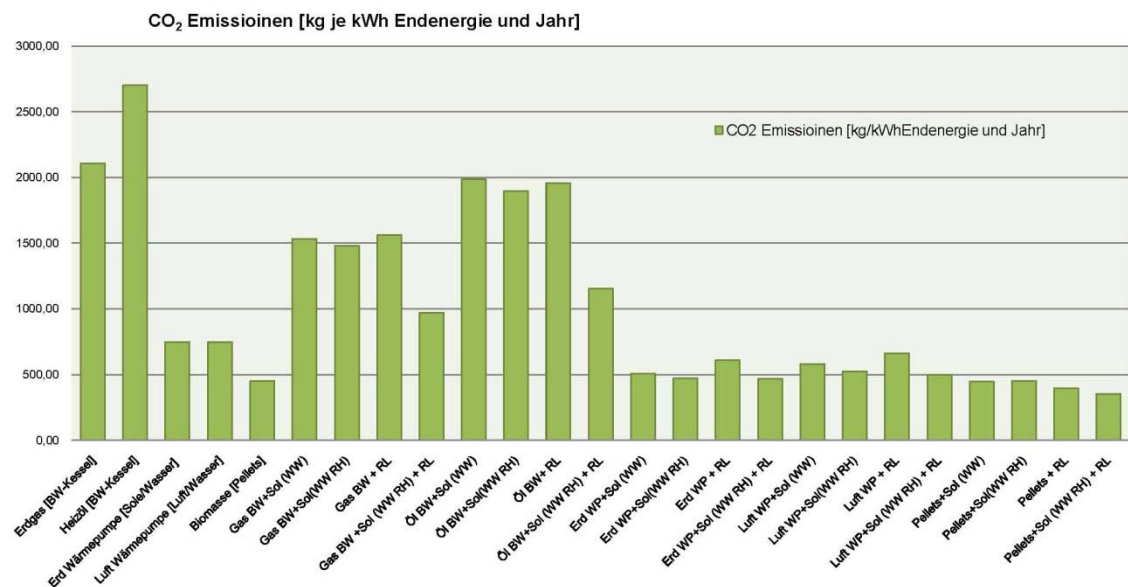


Abb 56 CO₂ Emissionen in kg/kWh pro Jahr Endenergie

Als Konversionsfaktoren je Einheit bereitgestellter Endenergie für Gebäude wurden folgende Angaben zur Berechnung verwendet:

Tab. 21 Treibhaus Konversionsfaktoren je Einheit bereitgestellter Endenergie für Gebäude [Quelle: Umweltbundesamt Wien, 2010 –UMW10]

	Konversionsfaktor	
	g CO ₂ -Emissionen pro kWh _{Endenergie}	g CO ₂ -Äquivalent-Emissionen pro kWh _{Endenergie}
Kohle (Steinkohle, Braunkohle, Briketts, Koks)	363	420
Heizöl (HL, HEL, HEL schwefelfrei)	298	302
Erdgas	231	257
Flüssiggas	263	266
Stückholz (inkl. Holzbriketts)	17	26
Energiehackgut	34	37
Pellets	40	49
Strompark in Österreich (Durchschnitt von 2004 bis 2007)	248	274
Stromaufbringung in Österreich Durchschnitt von 2004 bis 2007 (Strompark in Österreich + Stromimporte)	380	415
Fernwärme in Österreich Durchschnitt von 2004 bis 2007 (inkl. KWK)	247	274
Fernwärme Biomassewerk 2007 (10 % Erdgas)	75	87

Bei der Bewertung der CO₂ Emissionen werden die Nachteile der Energiebereitstellung mit fossilen Energieträgern deutlich. Dabei ist die CO₂ Emission bei der Ölheizung 5,5 Mal so hoch wie bei einer Heizung mit Pellets.

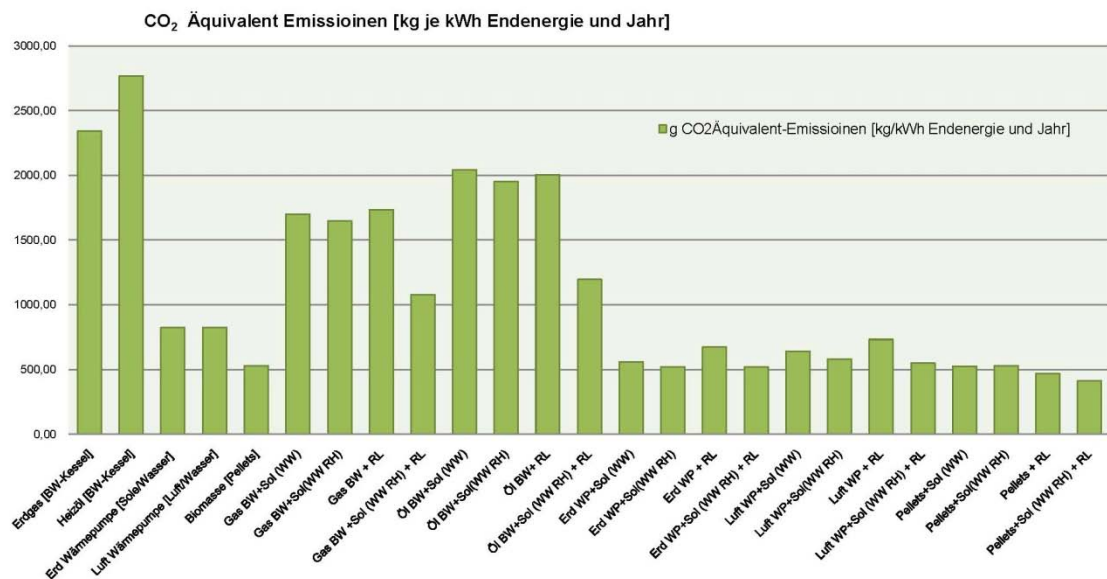


Abb 57 CO₂ Äquivalent Emissionen in kg/kWh pro Jahr Endenergie

Der Endenergiebedarf bestehend aus Nutzerendenergiebedarf und dem gesamten Hilfsenergiebedarf wird den zugehörigen Faktoren aus Tab. 8 auf Primärenergie umgerechnet. Hier erzielen die Erdwärmepumpe Sole/Wasser und die Luftwärmepumpe Luft/Wasser, beide kombiniert mit einer Solaranlage mit Abstand die besten Ergebnisse. Der Einsatz von fossilen Brennstoffen wie Erdgas und Heizöl extra leicht verursacht den größten primären Endenergieverbrauch über den Lebenszyklus der Herstellung bis hin zur Endnutzung (Abb 57).

Tab. 22 Primärenergiefaktoren je Einheit bereitgestellter Endenergie für Gebäude [Quelle: Umweltbundesamt Wien, 2010 –UMW10]

	in kWh pro kWh _{Endenergie}
Kohle (Steinkohle, Braunkohle, Briketts, Koks)	1,13
Heizöl (HL, HEL, HEL schwefelfrei)	1,126
Erdgas	1,213
Flüssiggas	1,125
Stückholz (inkl. Holzbriketts)	1,074
Energiehackgut	1,126
Pellets	1,177
Strompark in Österreich (Durchschnitt von 2004 bis 2007)	1,586
Stromaufbringung in Österreich Durchschnitt von 2004 bis 2007 (Strompark)	2,074
Fernwärme in Österreich Durchschnitt von 2004 bis 2007 (inkl. KWK)	1,395
Fernwärme Biomassewerk 2007 (10 % Erdgas)	1,58

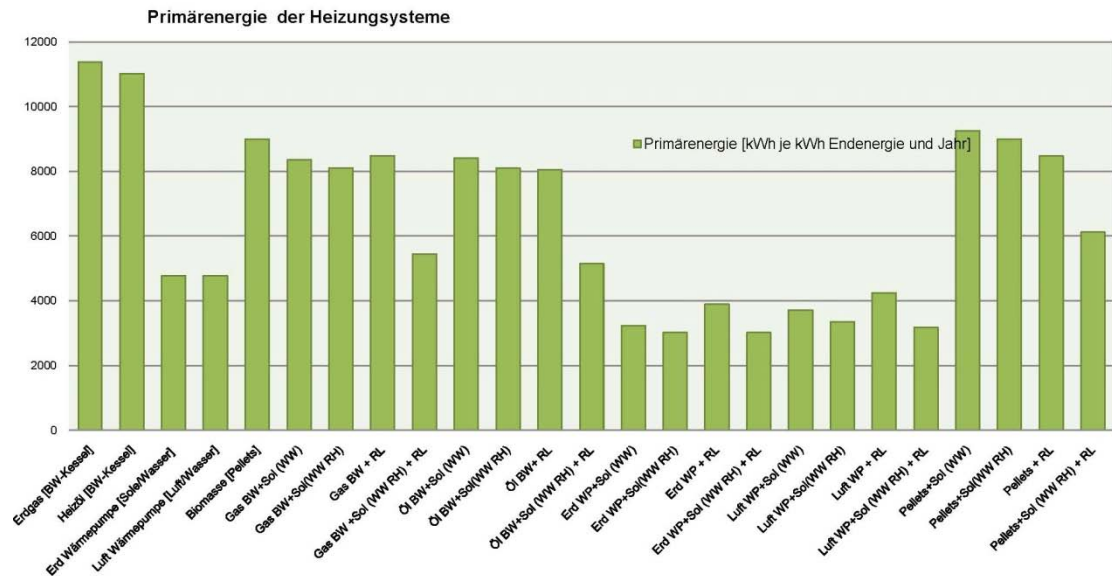


Abb 58 Primärenergie der Heizungssysteme in kWh pro Jahr

7.1.1. Gegenüberstellung der Gesamtkosten

Für die Gesamtkosten wurden eine Kapitalverzinsung von 2,5%, einer Nutzungsdauer von 25 Jahren und einer Energiepreissteigerung von 4,0% angenommen und den Emissionswerten gegenübergestellt.

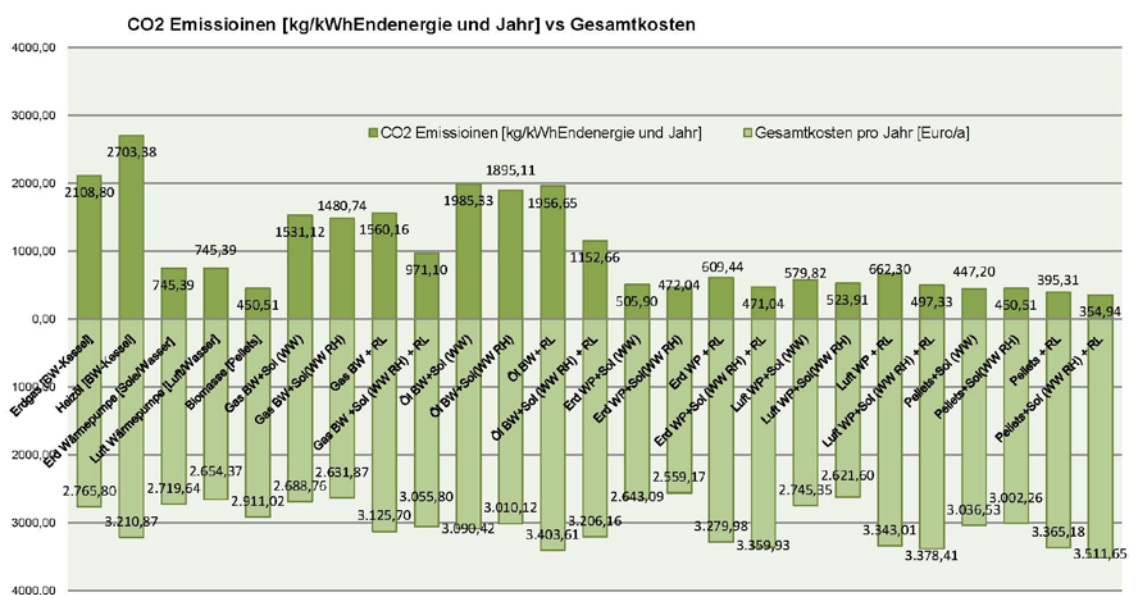


Abb 59 CO2 Emissionen in kg/kWh pro Jahr Endenergie vs Gesamtkosten

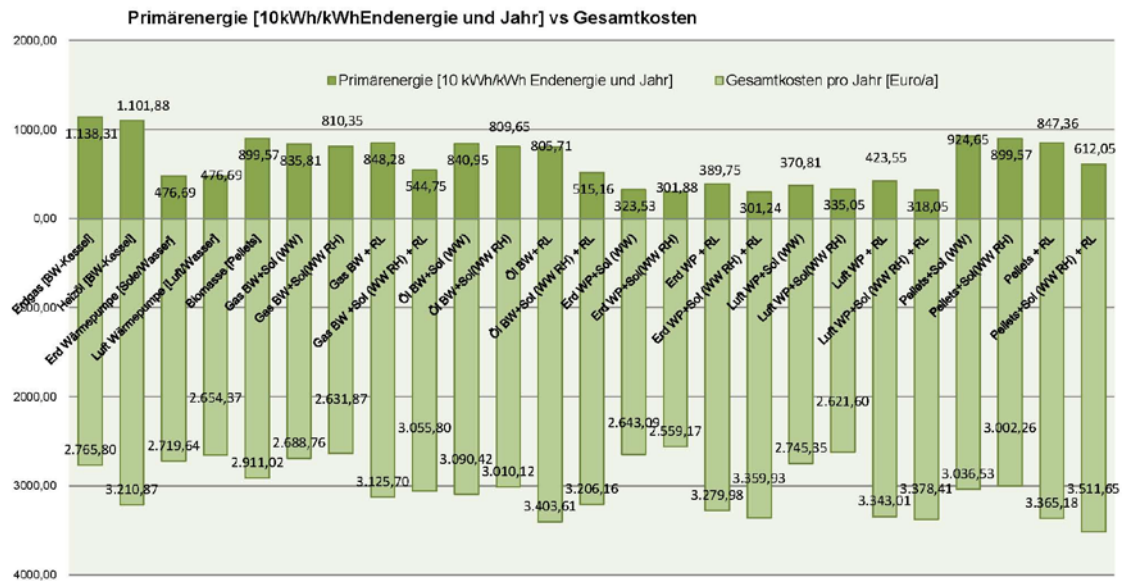
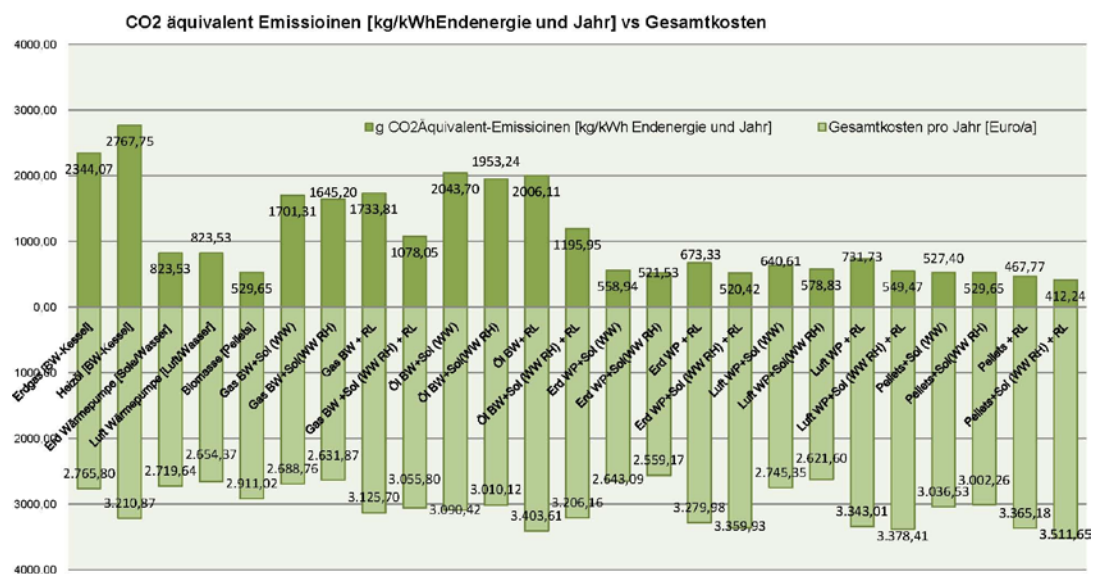


Abb 60 Primärenergie der Heizungssysteme in kWh pro Jahr vs Gesamtkosten

Auch bei der Gegenüberstellung des Primärenergiebedarfs und den Gesamtkosten, ist die Wärmepumpe mit solarer Unterstützung die optimale Variante. Ein niedriger Aufwand an Primärenergie von 3.018,80 kWh/Jahr und mit 2.599,17 €/Jahr auch aus finanzwirtschaftlicher Sicht am besten.

Abb 61 CO₂ Äquivalent Emissionen in kg/kWh pro Jahr Endenergie vs. Gesamtkosten

8. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Es besteht durchaus die Möglichkeit, kostengünstig und energieeffizient den Neubau eines Einfamilienhauses zu gestalten. Es bedarf einer guten und durchdachten Planungsphase, um möglichen später auftretenden Mängeln und die daraus resultierenden Kosten zu verhindern bzw. eingrenzen zu können. Finanzwirtschaftlich gesehen ist ein Passivhaus nicht die optimale Lösung. Jedoch der Verzicht jegliche Art einer Energieoptimierung ist bestimmt auch nicht der richtige Weg, um die Kosten beim Wohnhausbau gering zu halten. Es ist ein optimiertes Verhältnis zwischen den Anschaffungskosten, den Betriebskosten und den Entsorgungskosten zu finden. Es sind Betrachtungen über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes, von der Planung, über die Errichtung, dem Betrieb bis hin zu der Entsorgung und Weiterverwertung anzustellen. Das Ergebnis dieser Arbeit zeigt auf, wie schwierig es ist, die Betriebskosten einzuschränken, da diese von sehr vielen Randbedingungen abhängig sind. Dabei spielt nicht nur die Ungewissheit der Energiepreisentwicklung eine große Rolle, sondern auch die Schwankungen der Kapitalzinsen, sowie die Unterschiedlichen Nutzungszeiten. Somit muss jeder Wunsch nach einem Eigenheim, ganz individuell abgestimmt und bearbeitet werden, um ein bestmögliches Ergebnis zu erzielen. Folgende Rückschlüsse lassen sich aber trotzdem aus dieser Arbeit ableiten:

Die Ausrichtung des Gebäudes, sowie die Positionierung der Fenster ist eines der wichtigsten Kriterien für die Planung des Wohnhauses. Wenig solare Gewinne bedeuten hohe Betriebskosten, egal welches Heizsystem dann zum Einsatz kommt.

Bei der Auswahl des Dämmstoffes für die Dämmfassade ist besser ein hochwertiges Produkt mit dafür geringerer Stärke zu verwenden. Dies gilt natürlich auch für den Ziegelwerkstoff und den verwendeten Verputz. Dabei liegt das wirtschaftliche Optimum zwischen 18,0 cm und 20,0 cm für die Stärke der Dämmebene.

Eine Dämmebene unter der Bodenplatte des Hauses ist, um der Anforderung an ein Passivhaus fast unumgänglich, aber im Bereich der Niedrigenergiewohnhäuser viel zu teuer und unrentabel. In diesem Fall ist es besser auf diese Dämmebene zu verzichten und dafür der Dämmung in der Fußbodenkonstruktion, sowie dem Sockelanschlussdetail mehr Beachtung zu schenken. Schon selbst einfache Perimeterdämmungen besitzen großes Einsparungspotential was den Heizwärmebedarf betrifft und sind kostengünstiger auszuführen als Dämmebenen unter der Bodenplatte.

Bei der Dachkonstruktion sollte nicht an Dämmung gespart werden, da hier auch sehr viel Energie verloren geht und das durch den Einsatz einfacher Mittel zu beheben ist.

Ein weiteres wichtiges Merkmal bilden die Fenster. Dabei ist es weniger wichtig, welcher Werkstoff für den Rahmen verwendet wird –mit Kunststoff erreicht mittlerweile schon genauso gute Werte mit Holz oder Holz/Alu Rahmen. Es werden von den Unternehmern, fasst ausschließlich nur noch Fenster angeboten, welche einen Ug-Wert von kleiner 0,9 kW/m²K aufweisen. Für den Passivhausstandard viel zu wenig. Aber in diesem Fall ausreichen und wahrscheinlich die wirtschaftlichste Variante.

Ergebnis aus dem Vergleich der Energieversorgungssysteme

Wenn von einer kurzen Nutzungsdauer und keiner, bis hin zu einer nur geringen Energiepreissteigerung ausgegangen wird, ist für das Objekt welches für diese Arbeit herangezogen wurde, aus finanzwirtschaftlichen Gesichtspunkten, die Verwendung einer konventionellen Gasheizung mit Brennwertkessel zu empfehlen. Die Kombination mit einer Solaranlage ist unter diesen Umständen ebenfalls noch eine gute Variante.

Erst wenn bei der Annahme einer mittleren bis hin zu einer hohen Energiepreissteigerung, ist es bei einer kurzen Nutzungsdauer rentabel eine alternative Heizmethode zu wählen. Dabei kommen aber nur die Erd- und Luftwärmepumpen in Frage. Die Kombination mit einer Solaranlage ist nur dann rentabel, wenn auch die gesamte Förderung in Anspruch genommen werden kann.

Wenn eine Solaranlage verwendet wird und Fördermittel beansprucht werden können, dann ist es auf kurze, sowie auch auf lange Sicht kostengünstiger eine Solaranlage zu verwenden, welche nicht nur ausschließlich der Warmwasseraufbereitung dient, sondern auch als sekundäre Funktion die Abdeckung des Heizwärmebedarfs beinhaltet.

Bei mittleren Nutzungsdauern verbunden mit einer mittleren und realistischen Preissteigerung wird das Größenverhältnis der Kapitalkosten zu den Betriebskosten zum ersten Mal umgedreht und es fallen mehr Kosten für den Betrieb der Anlage an, als für die Anschaffung. Dadurch werden erstmals die Biomasseanlagen wirtschaftlich attraktiv. Es ist aber immer noch nicht ausreichend, um an die Werte der Wärmepumpen mit Solarkombination heranzukommen.

Bei langen Nutzungsdauern wirkt sich schon die kleinste Energiepreissteigerung stark auf die Gesamtkosten aus. Die Kosten für die Wärmepumpen, die Gasheizung, sowie die Kombinationen mit Solaranlagen harmonisieren sich unter der Einbeziehung der Förderungen. Der Einsatz einer Erdwärmepumpe in Kombination einer Solaren Unterstützung (primär für die Abdeckung des Warmwasserbedarf und sekundär für den Heizwärmebedarf), schneidet auch im Fall einer langen Nutzungsdauer, finanzwirtschaftlich betrachtet am besten ab.

Ein weiteres Merkmal bei langen Nutzungszeiten und hohen Energiepreissteigerungen ist die Tatsache, dass die alternativen Wärmebereitstellungssysteme kostengünstiger werden als die herkömmlichen Heizungsvarianten mit fossilen Brennstoffen. Besonders wenn dieses Systeme kombiniert werden.

Die Verwendung einer Raumlüftungsanlage ist nur unter der Annahme einer langen Nutzungsdauer und einer mittleren bis hohen Energiepreissteigerung wirtschaftlich. Und dies auch nur dann, wenn sie mit einer Solaren Anlage kombiniert wird. Ansonsten ist die kontrollierte Be- und Entlüftungsanlage ein Pflichtkriterium, um den Anforderungen des Passivhausstandards gerecht zu werden. Bei den restlichen Einfamilienhausbauten ist die Verwendung einer Lüftungsanlage als Luxusgut einzustufen, welche ein besonders gutes

Raumklima ermöglicht und einen großen Hygienestandard bringt. Die Verwendung als Raumheizung ist jedoch erst bei Wohnhäusern mit sehr geringem Heizwärmebedarf wirtschaftlich.

9. VERZEICHNISSE

9.1. Abbildungsverzeichnis

Abb 1 Funktionsschema eines Brennwertgeräts [JEN10]	15
Abb 2 Funktionsprinzip einer Wärmepumpe [JEN10]	17
Abb 3 Erdsonden Wärmepumpe Schemaskizze [DOR07]	18
Abb 4 Grundwasser Wärmepumpe Schemaskizze [DOR07]	18
Abb 5 Erdkollektor Wärmepumpe Schemaskizze [DOR07]	19
Abb 6 Aufteilung nach Einsatz von Wärmequellen in Vorarlberg 2001 [Quelle VKW]	20
Abb 7 Aufteilung nach Einsatz von Wärmequellen in Vorarlberg 2009 [Quelle VKW]	21
Abb 8 Systemskizze einer Solaranlage mit Solarspeicher [AVL03]	22
Abb 9 Raumbedarf für Pelletslager [JEN10]	25
Abb 10 Schematischer Aufbau eines Holzpelletkessels [Quelle: www.passiv.de]	25
Abb 11 Entwicklung des Ölpreises in der Zukunft mit Ober- und Untergrenzen [Passivhaus Institut]	27
Abb 12 Haushaltspreise für Strom in EU-Länder [Quelle: ec.europa.eu/eurostat]	28
Abb 13 Haushaltspreise für Gas in EU-Länder [Quelle: ec.europa.eu/eurostat]	28
Abb 14 Preisvergleich Heizöl - Gas – Pellets [Energieinstitut Vorarlberg]	29
Abb 15 Flächennutzungsauszug VoGIS	41

Abb 16 Luftaufnahme der Umgebung [google earth 2010 teleatlas]	41
Abb 17 Übersichtsplan 1:500	42
Abb 18 Grundriss Typ A EG	43
Abb 19 Grundriss Typ A OG	43
Abb 20 Schnitt A-A.....	44
Abb 21 Ansichten TYP A	44
Abb 22 Grundriss TYP EG	45
Abb 23 Grundriss TYP B OG	45
Abb 24 Schnitt B-B.....	46
Abb 25 Ansicht TYP B	46
Abb 26 Wärmepumpen - Berechnungsblatt JAZcalc Beispiel für Erdwärme mit solarer Unterstützung.....	49
Abb 27 Kosten vs. Nutzen der Dämmfassade	53
Abb 28 Kosten vs. Nutzen der Deckenkonstruktion	54
Abb 29 Kosten vs. Nutzen der Fußbodenkonstruktion.....	55
Abb 30 Gesamtkostenübersicht ohne Förderung (K=2,5% n=20 Jahre E=0) ...	94
Abb 31 Gesamtkostenübersicht inkl. Förderung (K=2,5% n=20 Jahre E=0,0%)	95
Abb 32 Gesamtkostenübersicht ohne Förderung (K=2,5% n=20 Jahre E=2,0%)	95
Abb 33 Gesamtkostenübersicht inkl. Förderung (K=2,5% n=20 Jahre E=2,0%)	96
Abb 34 Gesamtkostenübersicht ohne Förderung (K=2,5% n=20 Jahre E=4,0%)	96
Abb 35 Gesamtkostenübersicht inkl. Förderung (K=2,5% n=20 Jahre E=4,0%)	97

Abb 36 Gesamtkostenübersicht ohne Förderung (K=2,5% n=20 Jahre E=8,0%)	
.....	97
Abb 37 Gesamtkostenübersicht inkl. Förderung (K=2,5% n=20 Jahre E=8,0%)	
.....	98
Abb 38 Gesamtkostenübersicht ohne Förderung (K=2,5% n=25 Jahre E=0) ...	99
Abb 39 Gesamtkostenübersicht inkl. Förderung (K=2,5% n=25 Jahre E=0).....	99
Abb 40 Gesamtkostenübersicht ohne Förderung (K=2,5% n=25 Jahre E=2,0%)	
.....	100
Abb 41 Gesamtkostenübersicht inkl. Förderung (K=2,5% n=25 Jahre E=2,0%)	
.....	100
Abb 42 Gesamtkostenübersicht ohne Förderung (K=2,5% n=25 Jahre E=4,0%)	
.....	101
Abb 43 Gesamtkostenübersicht inkl. Förderung (K=2,5% n=25 Jahre E=4,0%)	
.....	101
Abb 44 Gesamtkostenübersicht ohne Förderung (K=2,5% n=25 Jahre E=8,0%)	
.....	102
Abb 45 Gesamtkostenübersicht inkl. Förderung (K=2,5% n=25 Jahre E=8,0%)	
.....	102
Abb 46 Gesamtkostenübersicht ohne Förderung (K=2,5% n=30 Jahre E=0) .	103
Abb 47 Gesamtkostenübersicht inkl. Förderung (K=2,5% n=30 Jahre E=0)...	103
Abb 48 Gesamtkostenübersicht ohne Förderung (K=2,5% n=30 Jahre E=2,0%)	
.....	104
Abb 49 Gesamtkostenübersicht inkl. Förderung (K=2,5% n=30 Jahre E=2,0%)	
.....	104
Abb 50 Gesamtkostenübersicht ohne Förderung (K=2,5% n=30 Jahre E=4,0%)	
.....	105

Abb 51 Gesamtkostenübersicht inkl. Förderung (K=2,5% n=30 Jahre E=4,0%)	
.....	105
Abb 52 Gesamtkostenübersicht ohne Förderung (K=2,5% n=30 Jahre E=8,0%)	
.....	106
Abb 53 Gesamtkostenübersicht inkl. Förderung (K=2,5% n=30 Jahre E=8,0%)	
.....	107
Abb 54 Heizanlagen im Vergleich [Quelle: www.asue.de]	108
Abb 55 Jährliche Gesamtkosten für Raumheizung [Quelle: VKW 2010].....	109
Abb 56 CO ₂ Emissionen in kg/kWh pro Jahr Endenergie.....	111
Abb 57 CO ₂ Äquivalent Emissionen in kg/kWh pro Jahr Endenergie	112
Abb 58 Primärenergie der Heizungssysteme in kWh pro Jahr.....	114
Abb 59 CO ₂ Emissionen in kg/kWh pro Jahr Endenergie vs Gesamtkosten ..	114
Abb 60 Primärenergie der Heizungssysteme in kWh pro Jahr vs Gesamtkosten	
.....	115
Abb 61 CO ₂ Äquivalent Emissionen in kg/kWh pro Jahr Endenergie vs.	
Gesamtkosten.....	115

9.2. Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Kosten in €/m ² Dämmstoff.....	51
Tab. 2 Wandaufbau	52
Tab. 3 Dachaufbau	53
Tab. 4 Deckenaufbau.....	54
Tab. 5 Rückzahlungsraten	59
Tab. 6 Rückzahlungsraten der Förderstufen 1-2	63
Tab. 7 Rückzahlungsraten der Förderstufen 4-5	63
Tab. 8 Einmalige Förderbeiträge bezogen auf das zu bearbeitende Projekt	68
Tab. 9 Kostenübersicht mit K=2.5% n=25 e=4,0%	84
Tab. 10 Zusammengefasste Kostenübersicht mit K=2.5% n=25 e=4,0%	85
Tab. 11 Daten für die Berechnung "Erdwärmepumpe inkl Solar WW+RH	86
Tab. 12 Daten für die Berechnung "Luftwärmepumpe inkl Solar WW+RH	86
Tab. 13 Daten für die Berechnung "Biomasse Pelletsheizung inkl. Solar WW+RH.....	87
Tab. 14 Daten für die Berechnung "Ölbrennwertkessel inkl. Solar WW+RH	87
Tab. 15 Daten für die Berechnung "Gasbrennwertkessel inkl Solar WW+RH ..	88
Tab. 16 Berechnung Erd Wärmepumpe inklusive Solaranlage WW+RH.....	89
Tab. 17 Berechnung Erd Wärmepumpe inklusive Solaranlage WW+RH.....	90
Tab. 18 Berechnung Pelletsheizung inklusive Solaranlage WW+RH	91
Tab. 19 Berechnung Öl-Heizung inklusive Solaranlage WW+RH.....	92
Tab. 20 Berechnung Gasheizung inklusive Solaranlage WW+RH.....	93
Tab. 21 Treibhaus Konversionsfaktoren je Einheit bereitgestellter Endenergie für Gebäude [Quelle: Umweltbundesamt Wien, 2010 –UMW10]	112

Tab. 22 Primärenergiefaktoren je Einheit bereitgestellter Endenergie für Gebäude [Quelle: Umweltbundesamt Wien, 2010 –UMW10]	113
---	-----

10. LITERATUR

- [RIC08] Baukonstruktionslehre 4 - Bauphysik, 7. Auflage, Christoph Riccabona und Thomas Bednar, Manz Verlag 2008
- [OEN05] ÖNORM EN ISO 13790, Energieeffizienz von Gebäuden - Berechnung des Heizenergiebedarfs. Wien 2005
- [OEN07] ÖNORM B 8110-6, Wärmeschutz im Hochbau- Teil 6: Grundlagen und Nachweisverfahren – Heizwärmebedarf und Kühlbedarf, Wien 2007
- [OEN08] ÖNORM EN ISO 13370, Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Wärmeübertragung über das Erdreich – Berechnungsverfahren, Wien 2008
- [OEN08a] ÖNORM EN ISO 13789, Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Spezifischer Transmissions- und Lüftungsdurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren, Wien 2008
- [OEN10] ÖNORM H 5056, Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden Heiztechnik-Energiebedarf, Vornorm, Wien 2010
- [CEP01] CEPHEUS – cost efficient passive houses as european standards – Wissenschaftliche Begleitung und Auswertung – Enbericht, Deutschland 2005
- [VLW09] Informationsblatt der Vorarlberger Landesregierung zur Förderung von Wärmepumpenanlagen 2009
- [VLB09] Informationsblatt der Vorarlberger Landesregierung zur Förderung von Biomasse-Kleinanlagen 2009
- [VWR09] Vorarlberger Wohnbauförderungsrichtlinien 2009/2010; Landesrat Mag Karlheinz Rüdissner
- [BBR08] Bewertung energetischer Anforderungen im Lichte steigender Energiepreise für die EnEV und die KfW-Förderung;

- Herausgeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) durch Oliver Kah (Leitung);BBR-Online-Publikation 18/2008
- [IWU03] Leitfaden zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Energiesparinvestitionen im Gebäudebestand; Herausgeber: Dr. Andreas Enseling Institut Wohnen und Umwelt GmbH 64285 Darmstadt September 2003
- [IMA08] Investitionsrechnung - Modelle und Analysen zur Beurteilung von Investitionsvorhaben; Prof. Dr. Uwe Götze - Tech. Universität Chemnitz; Springer Verlag; 6.Auflage 2008
- [VDI 2067] VDI 2067 Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen, Grundlagen und Kostenberechnung, Verein deutscher Ingenieure, Beuth Verlag, Berlin, September 2000.
- [JEN10] Vorlesung über Gebäudetechnik, DI JENS Klaus, TU Wien 2010
- [AVL03] Sonnenenergie – Wärme für zu Hause Amt der Vorarlberger Landesregierung, Landhaus, 6901 Bregenz
- [AVL01] Energiekonzept Vorarlberg 2010, Schlussbericht, Amt der Vorarlberger Landesregierung, Landhaus, 6901 Bregenz
- [Feist 2003] Feist, Wolfgang: Empfehlungen zur Lüftungsstrategie, in Protokollband 23 des Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser, Passivhaus Institut, 2003
- [KAL09] Kaltschmitt, Energie aus Biomasse-Grundlagen, Techniken und Verfahren, Springer Berlin 2009
- [UMW10] Umweltbundesamt GmbH, Böhmer Siegmund, Konversationsfaktoren der Endenergie für Gebäude, Wien 2010
- [SOF09] Dissertation von Mario Sofic, Erhöhung der Anwendbarkeit vereinfachter Berechnungsverfahren zur Bestimmung des Heizwärme- und Kühlbedarfs für den Energieausweis, Wien 2009
- [IER09] Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Dokumentation Heizkostenvergleich, August 2010

- [ITG07] ITG Institut für technische Gebäudeausrüstung Dresden, ASUE Heizkostenvergleich im Neubau, Prof. Dr. –Ing. Bert Oschatz, Dresden, März 2007
- [KAL09] Martin Kaltschmitt, Hans Hartmann, Hermann Hofbauer (Hrsg.): ENERGIE AUS BIOMASSE. Grundlagen, Techniken und Verfahren. 2009
- [IES10] IES Institut für Energiesysteme Interstaatliche Hochschule Buchs, Testbericht Wärmepumpen; Wärmepumpentestzentrums WPZ Buchs, 30.07.2010
- [STE04] Ao. Univ.-Prof. DI Dr. techn. Wolfgang Streicher, Institut für Wärmetechnik, TU Graz Benutzerfreundliche Heizungssysteme für Niedrigenergie- und Passivhäuser, Graz, Jänner 2004

11. ANHANG

Auszug der Tabellen für die Erstellung und Berechnung der
Gesamtkostendiagramme

Energie- und Gebäudeausweis

Energiebezugsfläche
Heizwärmebedarf
Heizlast HL
Heizlast HW
Warmwasserbedarf WWWB
Heiztechnikenergiebedarf HTEB
Erlag Solaranlage RH
Erlag Solaranlage WW
Nutzenergiebedarf gesamt
Heizenergiebedarf HEB
Hilfsenergiebedarf WW
Hilfsenergiebedarf RH
Hilfsenergiebedarf Sol

158 m²
36,06 kWh/m²a
4,3 kW
560 kW
2021 kWh/a
5322 kWh/a
0 kWh/a
2441 kWh/a
5,278 kWh/a
11,270 kWh/a
470 kWh/a
800 kWh/a
129 kWh/a

Energiebezugsfläche
Heizwärmebedarf
Heizlast HL
Heizlast HW
Warmwasserbedarf WWWB
Heiztechnikenergiebedarf HTEB
Erlag Solaranlage RH
Erlag Solaranlage WW
Nutzenergiebedarf gesamt
Heizenergiebedarf HEB
Hilfsenergiebedarf WW
Hilfsenergiebedarf RH
Hilfsenergiebedarf Sol

158 m²
36,06 kWh/m²a
4,3 kW
560 kW
2021 kWh/a
5322 kWh/a
0 kWh/a
2441 kWh/a
5,278 kWh/a
11,270 kWh/a
470 kWh/a
800 kWh/a
129 kWh/a

Energiebezugsfläche
Heizwärmebedarf
Heizlast HL
Heizlast HW
Warmwasserbedarf WWWB
Heiztechnikenergiebedarf HTEB
Erlag Solaranlage RH
Erlag Solaranlage WW
Nutzenergiebedarf gesamt
Heizenergiebedarf HEB
Hilfsenergiebedarf WW
Hilfsenergiebedarf RH
Hilfsenergiebedarf Sol

158 m²
21,93 kWh/m²a
4,3 kW
342 kW
2021 kWh/a
6266 kWh/a
0 kWh/a
2441 kWh/a
5,486 kWh/a
11,762 kWh/a
470 kWh/a
760 kWh/a
0 kWh/a

Öl - Zentralheizung NT Kessel

Investitionskosten Anlagekosten Rohleitungen und Zubehör Bauliche Maßnahmen Transport und Montage Sonstige Kosten Rohkamin Kamin mit Nebenarbeiten	2.940,00 € 1.883,84 € 1.860,10 € 3.180,10 € 441,00 € 1.980 € 950 €
Investitionskosten Gesamt	13.340 €
Förderung	
Investition abzgl. Förderung	13.340
Betrachtungszeitraum	25 Jahre
Annuitätenfaktor	96,00%
Jährliche Kapitalkosten	724,04 €/a
Verbrauchsgebundene Kosten	
Jahresnutzungsgrad	7,719 kWh/a
Endenergiebedarf	8,041 kWh/a
Heizwert Öl	10,04 kWh/l
Ölbedarf	5,339205 €/a
Ökosten	4,300 €/a
Hilfsenergie	470 kWh/a
Warmwasser	769 kWh/a
Raumheizung	1.188 kWh/a
Gesamt Hilfsenergiebedarf	1.485 €/a
Verbrauchsgebundene Kosten	5,795 €/a
Betriebsgebundene Kosten	
Kaminkehrer	65 €/a
Wartungskosten Reinigung	50 €/a
Instandhaltung und Reparatur	120 €/a
Betriebsgebundenen Kosten	235 €/a
Gesamtkosten der Energieversorgung	6,724 €/a
Energiekosten pro kWh	37,37 c/kWh

Investitionskosten Anlagekosten Rohleitungen und Zubehör Bauliche Maßnahmen Transport und Montage Sonstige Kosten Rohkamin Kamin mit Nebenarbeiten	2.940,00 € 1.883,84 € 1.860,10 € 3.180,10 € 441,00 € 1.980 € 950 €
Investitionskosten Gesamt	20.396 €
Förderung	
Solidförderung	2.188 €
Investition abzgl. Förderung	18.208 €
Betrachtungszeitraum	25 Jahre
Annuitätenfaktor	96,00%
Jährliche Kapitalkosten	988,26 €/a
Verbrauchsgebundene Kosten	
Nutzenergiebedarf	5,278 kWh/a
Jahresnutzungsgrad	96,00%
Endenergiebedarf	5,486 kWh/a
Heizwert Öl	10,04 kWh/l
Ölbedarf	548 l/a
Ökosten	5,339205 €/a
Ökosten	2,940 €/a
Hilfsenergie	470 kWh/a
Warmwasser	800 kWh/a
Raumheizung	1.29 kWh/a
Gesamt Hilfsenergiebedarf	1.389 kWh/a
Verbrauchsgebundene Kosten	4,617 €/a
Betriebsgebundene Kosten	
Kaminkehrer	65 €/a
Wartungskosten Reinigung	50 €/a
Instandhaltung und Reparatur	190 €/a
Betriebsgebundenen Kosten	305 €/a
Gesamtkosten der Energieversorgung	6,724 €/a
Energiekosten pro kWh	37,37 c/kWh

Investitionskosten Anlagekosten Rohleitungen und Zubehör Bauliche Maßnahmen Transport und Montage Sonstige Kosten Rohkamin Kamin mit Nebenarbeiten	2.940,00 € 1.883,84 € 1.860,10 € 3.180,10 € 441,00 € 1.980 € 950 €
Investitionskosten Gesamt	21.008 €
Förderung	
Solidförderung	3.350 €
Investition abzgl. Förderung	17.658 €
Betrachtungszeitraum	25 Jahre
Annuitätenfaktor	96,00%
Jährliche Kapitalkosten	988,26 €/a
Verbrauchsgebundene Kosten	
Nutzenergiebedarf	4,953 kWh/a
Jahresnutzungsgrad	96,00%
Endenergiebedarf	5,151 kWh/a
Heizwert Öl	10,04 kWh/l
Ölbedarf	514 l/a
Ökosten	5,339205 €/a
Ökosten	2,759 €/a
Hilfsenergie	470 kWh/a
Warmwasser	769 kWh/a
Raumheizung	1.188 kWh/a
Gesamt Hilfsenergiebedarf	1.442 kWh/a
Verbrauchsgebundene Kosten	4,487 €/a
Betriebsgebundene Kosten	
Kaminkehrer	65 €/a
Wartungskosten Reinigung	50 €/a
Instandhaltung und Reparatur	190 €/a
Betriebsgebundenen Kosten	305 €/a
Gesamtkosten der Energieversorgung	6,724 €/a
Energiekosten pro kWh	37,37 c/kWh

Investitionskosten Anlagekosten Rohleitungen und Zubehör Bauliche Maßnahmen Transport und Montage Sonstige Kosten Rohkamin Kamin mit Nebenarbeiten	2.940,00 € 1.883,84 € 1.860,10 € 3.180,10 € 441,00 € 1.980 € 950 €
Investitionskosten Gesamt	2.889,94 €
Förderung	
Solidförderung	3.350 €
Investition abzgl. Förderung	31.887 €
Betrachtungszeitraum	25 Jahre
Annuitätenfaktor	96,00%
Jährliche Kapitalkosten	1.736,11 €/a
Verbrauchsgebundene Kosten	
Nutzenergiebedarf	2,733 kWh/a
Jahresnutzungsgrad	96,00%
Endenergiebedarf	2,847 kWh/a
Heizwert Öl	10,04 kWh/l
Ölbedarf	284 l/a
Ökosten	5,339205 €/a
Ökosten	1,522 €/a
Hilfsenergie	470 kWh/a
Warmwasser	553 kWh/a
Raumheizung	1.227 kWh/a
Gesamt Hilfsenergiebedarf	1.198 kWh/a
Verbrauchsgebundene Kosten	2,893 €/a
Betriebsgebundene Kosten	
Kaminkehrer	65 €/a
Wartungskosten Reinigung	50 €/a
Instandhaltung und Reparatur	130 €/a
Betriebsgebundenen Kosten	305 €/a
Gesamtkosten der Energieversorgung	6,019 €/a
Energiekosten pro kWh	34,20 c/kWh

Investitionskosten Anlagekosten Rohleitungen und Zubehör Bauliche Maßnahmen Transport und Montage Sonstige Kosten Rohkamin Kamin mit Nebenarbeiten	2.940,00 € 1.883,84 € 1.860,10 € 3.180,10 € 441,00 € 1.980 € 950 €
Investitionskosten Gesamt	0,00 €
Förderung	
Solidförderung	4.000 €
Investition abzgl. Förderung	27.669 €
Betrachtungszeitraum	25 Jahre
Annuitätenfaktor	96,00%
Jährliche Kapitalkosten	1.921,76 €/a
Verbrauchsgebundene Kosten	
Nutzenergiebedarf	5,486 kWh/a
Jahresnutzungsgrad	96,00%
Endenergiebedarf	5,715 kWh/a
Heizwert Öl	10,04 kWh/l
Ölbedarf	569 kWh/a
Ökosten	5,339205 €/a
Ökosten	3,056 €/a
Hilfsenergie	470 kWh/a
Warmwasser	553 kWh/a
Raumheizung	1.227 kWh/a
Gesamt Hilfsenergiebedarf	1.198 kWh/a
Verbrauchsgebundene Kosten	4,282 €/a
Betriebsgebundene Kosten	
Kaminkehrer	65 €/a
Wartungskosten Reinigung	50 €/a
Instandhaltung und Reparatur	130 €/a
Betriebsgebundenen Kosten	235 €/a
Gesamtkosten der Energieversorgung	6,019 €/a
Energiekosten pro kWh	109,71 c/kWh

Energiebezugsfläche
Heizwärmebedarf
Heizwärmebedarf HWB
Warmwasserbedarf WWWB
Heiztechnikenergiebedarf HTEB
Erdq Solaranlage WW
Nutzenergiebedarf gesamt
Nutzenergiebedarf HEB
Hilfsenergiebedarf WW
Hilfsenergiebedarf HH
Hilfsenergiebedarf Sol
Hilfsenergiebedarf VP

158 m²
36,02 kWh/m²a
5698 kWh/a
2021 kWh/a
8974 kWh/a
2495 kWh/a
7219 kWh/a
36,25 kWh/a
470 kWh/a
72 kWh/a
28 kWh/a
159 kWh/a

Energiebezugsfläche
Heizwärmebedarf
Heizwärmebedarf HWB
Warmwasserbedarf WWWB
Heiztechnikenergiebedarf HTEB
Erdq Solaranlage WW
Nutzenergiebedarf gesamt
Nutzenergiebedarf HEB
Hilfsenergiebedarf WW
Hilfsenergiebedarf HH
Hilfsenergiebedarf Sol
Hilfsenergiebedarf VP

158 m²
36,02 kWh/m²a
5698 kWh/a
2021 kWh/a
8904 kWh/a
2495 kWh/a
5224 kWh/a
36,25 kWh/a
470 kWh/a
72 kWh/a
98 kWh/a
171 kWh/a

Energiebezugsfläche
Heizwärmebedarf
Heizwärmebedarf HWB
Warmwasserbedarf WWWB
Heiztechnikenergiebedarf HTEB
Erdq Solaranlage WW
Nutzenergiebedarf gesamt
Nutzenergiebedarf HEB
Hilfsenergiebedarf WW
Hilfsenergiebedarf HH
Hilfsenergiebedarf Sol
Hilfsenergiebedarf VP

158 m²
36,02 kWh/m²a
5698 kWh/a
2021 kWh/a
8135 kWh/a
2443 kWh/a
4367 kWh/a
33,92 kWh/a
470 kWh/a
125 kWh/a
152 kWh/a
137 kWh/a

Energiebezugsfläche
Heizwärmebedarf
Heizwärmebedarf HWB
Warmwasserbedarf WWWB
Heiztechnikenergiebedarf HTEB
Erdq Solaranlage WW
Nutzenergiebedarf gesamt
Nutzenergiebedarf HEB
Hilfsenergiebedarf WW
Hilfsenergiebedarf HH
Hilfsenergiebedarf Sol
Hilfsenergiebedarf VP

158 m²
36,02 kWh/m²a
5698 kWh/a
2021 kWh/a
8783 kWh/a
2609 kWh/a
2765 kWh/a
11,255 kWh/a
470 kWh/a
125 kWh/a
152 kWh/a
52 kWh/a

Energiebezugsfläche
Heizwärmebedarf
Heizwärmebedarf HWB
Warmwasserbedarf WWWB
Heiztechnikenergiebedarf HTEB
Erdq Solaranlage WW
Nutzenergiebedarf gesamt
Nutzenergiebedarf HEB
Hilfsenergiebedarf WW
Hilfsenergiebedarf HH
Hilfsenergiebedarf Sol
Hilfsenergiebedarf VP

158 m²
36,02 kWh/m²a
3344 kWh/a
2021 kWh/a
8974 kWh/a
2609 kWh/a
5385 kWh/a
14,359 kWh/a
470 kWh/a
28 kWh/a
159 kWh/a

Erd Wärmepumpe

Investitionskosten	
Anlagekosten	8.386,00 €
Rohleitungen und Zubehör	3.261,12 €
Bauliche Maßnahmen	7.642,80 €
Transport und Montage	3.721,50 €
Sonstige Kosten	441,00 €
Investitionskosten Gesamt	23.452 €
Förderung	
Wärmepumpenförderung	2.200 €
Investition abzgl. Forderung	21.252 €
Betrachtungszeitraum	25 Jahre
Zinssatz	2,50%
Annuitätenfaktor	5,43%
Jährliche Kapitalkosten	1.153,47 €/a
Verbrauchsgebundene Kosten	
Heizwärmebedarf	5.698 kWh/a
Warmwasserbedarf	2021 kWh/a
JAZ WW	232 kWh/a
Endenergiebedarf	2.132 kWh/a
Stromkosten (ECO für WP)	1,0835213 €/kWh
Energiekosten VP	2.341 €/a
Hilfsenergie	470 kWh/a
Warmwasser	2021 kWh/a
Warmwasserbedarf	272 kWh/a
Wärmepumpe	814 kWh/a
Strompreis inf. MwSt.	1,158 €/MWh
Verbrauchsgebundene Kosten	3.317 €/a
Betriebsgebundene Kosten	
Wartungskosten Reinigung	65 €/a
Instandhaltung und Reparatur	90 €/a
Betriebsgebunden Kosten	275 €/a
Kapitalkosten	1.153 €/a
Verbrauchsgebundene Kosten	3.317 €/a
Betriebsgebundene Kosten	275 €/a
Gesamtkosten der Energieversorgung	4.745 €/a
Energiekosten pro kWh	83,28 c/kWh

Erd Wärmepumpe+Solaranlage WW

Investitionskosten	
Anlagekosten	8.386,00 €
Rohleitungen und Zubehör	3.261,12 €
Bauliche Maßnahmen	7.642,80 €
Transport und Montage	3.721,50 €
Sonstige Kosten	441,00 €
Investitionskosten Gesamt	23.452 €
Förderung	
Wärmepumpenförderung	2.200 €
Investition abzgl. Forderung	21.252 €
Betrachtungszeitraum	25 Jahre
Zinssatz	2,5%
Annuitätenfaktor	5,43%
Jährliche Kapitalkosten	1.147,69 €/a
Verbrauchsgebundene Kosten	
Heizwärmebedarf	5.698 kWh/a
Warmwasserbedarf	2021 kWh/a
JAZ RH	4,05 kWh/a
JAZ WW	11,08 kWh/a
Endenergiebedarf	1,08382131 €/kWh
Stromkosten (ECO für WP)	1,08382131 €/kWh
Energiekosten VP	1.503 €/a
Hilfsenergie	470 kWh/a
Warmwasser	65 kWh/a
Warmwasserbedarf	171 kWh/a
Wärmepumpe	137 kWh/a
Strompreis inf. MwSt.	1,158 €/MWh
Verbrauchsgebundene Kosten	2.262 €/a
Betriebsgebundene Kosten	
Wartungskosten Reinigung	65 €/a
Instandhaltung und Reparatur	90 €/a
Betriebsgebunden Kosten	345 €/a
Kapitalkosten	1.149 €/a
Verbrauchsgebundene Kosten	2.262 €/a
Betriebsgebundene Kosten	345 €/a
Gesamtkosten der Energieversorgung	4.052 €/a
Energiekosten pro kWh	70,52 c/kWh

Erd Wärmepumpe +Solaranlage WW+RH

Investitionskosten	
Anlagekosten	8.386,00 €
Rohleitungen und Zubehör	3.261,12 €
Bauliche Maßnahmen	7.642,80 €
Transport und Montage	3.721,50 €
Sonstige Kosten	441,00 €
Investitionskosten Gesamt	23.452 €
Förderung	
Wärmepumpenförderung	2.200 €
Investition abzgl. Forderung	21.252 €
Betrachtungszeitraum	25 Jahre
Zinssatz	2,5%
Annuitätenfaktor	5,43%
Jährliche Kapitalkosten	1.137,81 €/a
Verbrauchsgebundene Kosten	
Heizwärmebedarf	5.697 kWh/a
Warmwasserbedarf	2021 kWh/a
JAZ RH	4,33 kWh/a
JAZ WW	11,08 kWh/a
Endenergiebedarf	1,08382131 €/kWh
Stromkosten (ECO für WP)	1,08382131 €/kWh
Energiekosten VP	1.300 €/a
Hilfsenergie	470 kWh/a
Warmwasser	65 kWh/a
Warmwasserbedarf	137 kWh/a
Wärmepumpe	137 kWh/a
Strompreis inf. MwSt.	1,158 €/MWh
Verbrauchsgebundene Kosten	2.123 €/a
Betriebsgebundene Kosten	
Wartungskosten Reinigung	65 €/a
Instandhaltung und Reparatur	90 €/a
Betriebsgebunden Kosten	345 €/a
Kapitalkosten	1.308 €/a
Verbrauchsgebundene Kosten	2.123 €/a
Betriebsgebundene Kosten	345 €/a
Gesamtkosten der Energieversorgung	3.895 €/a
Energiekosten pro kWh	73,21 c/kWh

Erd Wärmepumpe+Solaranlage (WW+RH)+ L

Investitionskosten	
Anlagekosten	8.386,00 €
Rohleitungen und Zubehör	3.261,12 €
Bauliche Maßnahmen	7.642,80 €
Transport und Montage	3.721,50 €
Sonstige Kosten	441,00 €
Investitionskosten Gesamt	23.452 €
Förderung	
Wärmepumpenförderung	2.200 €
Investition abzgl. Forderung	21.252 €
Betrachtungszeitraum	25 Jahre
Zinssatz	2,5%
Annuitätenfaktor	5,43%
Jährliche Kapitalkosten	2.185,34 €/a
Verbrauchsgebundene Kosten	
Heizwärmebedarf	3.084 kWh/a
Warmwasserbedarf	2021 kWh/a
JAZ RH	4,23 kWh/a
JAZ WW	11,08 kWh/a
Endenergiebedarf	724 kWh/a
Stromkosten (ECO für WP)	1,08356213 €/kWh
Energiekosten VP	774 €/a
Hilfsenergie	470 kWh/a
Warmwasser	65 kWh/a
Warmwasserbedarf	52 kWh/a
Wärmepumpe	152 kWh/a
Strompreis inf. MwSt.	1,158 €/MWh
Verbrauchsgebundene Kosten	2.182 €/a
Betriebsgebundene Kosten	
Wartungskosten Reinigung	65 €/a
Instandhaltung und Reparatur	90 €/a
Betriebsgebunden Kosten	345 €/a
Kapitalkosten	2.186 €/a
Verbrauchsgebundene Kosten	2.182 €/a
Betriebsgebundene Kosten	345 €/a
Gesamtkosten der Energieversorgung	4.893 €/a
Energiekosten pro kWh	153,15 c/kWh

Erd Wärmepumpe + Lüftung

Investitionskosten	
Anlagekosten	8.386,00 €
Rohleitungen und Zubehör	3.261,12 €
Bauliche Maßnahmen	7.642,80 €
Transport und Montage	3.721,50 €
Sonstige Kosten	441,00 €
Investitionskosten Gesamt	23.452 €
Förderung	
Wärmepumpenförderung	2.200 €
Investition abzgl. Forderung	21.252 €
Betrachtungszeitraum	25 Jahre
Zinssatz	2,5%
Annuitätenfaktor	5,43%
Jährliche Kapitalkosten	1.891,19 €/a
Verbrauchsgebundene Kosten	
Heizwärmebedarf	3.344 kWh/a
Warmwasserbedarf	2021 kWh/a
JAZ WW	1,434 kWh/a
Endenergiebedarf	1.0838213 €/kWh
Stromkosten (ECO für WP)	1,0838213 €/kWh
Energiekosten VP	1.532 €/a
Hilfsenergie	470 kWh/a
Warmwasser	65 kWh/a
Warmwasserbedarf	152 kWh/a
Strompreis inf. MwSt.	1,158 €/MWh
Verbrauchsgebundene Kosten	2.789 €/a
Betriebsgebundene Kosten	
Kapitalkosten	1.931 €/a
Verbrauchsgebundene Kosten	2.789 €/a
Betriebsgebundene Kosten	350 €/a
Gesamtkosten der Energieversorgung	4.865 €/a
Energiekosten pro kWh	148,47 c/kWh

Michael Prade

Schweizerstraße 76A

6850 Dornbirn

priv.+436509933939 geschäftl.+436645155771

michael@prade.at

ENERGIEAUSWEIS

Planung
Einfamilienhaus 158m²

dipl real wp

Firma Prade Wohnbau GmbH
Bleichestraße 22
6850 Dornbirn

Energieausweis für Wohngebäude - Planung

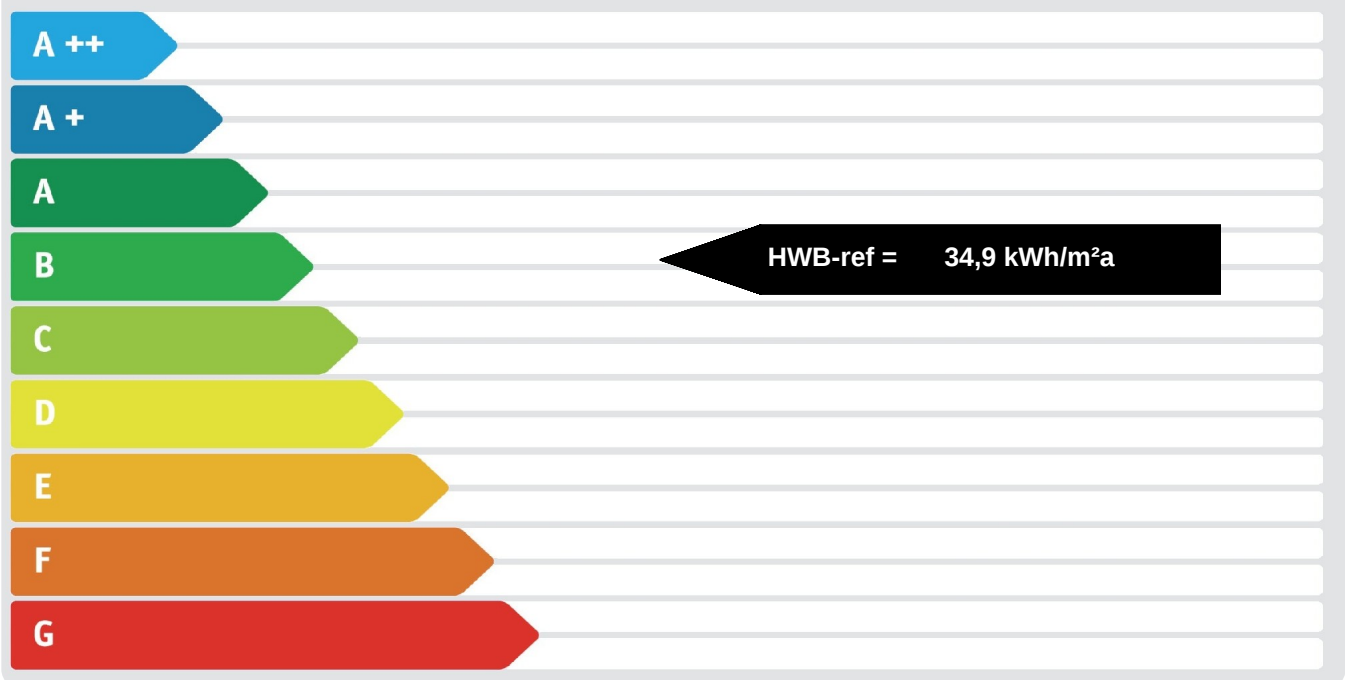
gemäß ÖNORM H5055
und Richtlinie 2002/91/EG



Österreichisches Institut für Bautechnik

Gebäude	dipl real wp	Erbaut im Jahr	2010
Gebäudeart	Einfamilienhaus	Katastralgemeinde	Dornbirn
Gebäudezone		KG - Nummer	92001
Straße	Siegfried Fusseneggerstraße	Einlagezahl	
PLZ/Ort	6850 Dornbirn	Grundstücksnr.	9464/3,9464/2,9464/1
EigentümerIn	Firma Prade Wohnbau GmbH Bleichestraße 22 6850 Dornbirn		

SPEZIFISCHER HEIZWÄRMEBEDARF BEI 3400 HEIZGRADTAGEN (REFERENZKLIMA)



ERSTELLT

ErstellerIn	Michael Prade	Organisation	Michael Prade
ErstellerIn-Nr.		Ausstellungsdatum	Planung
GWR-Zahl		Gültigkeitsdatum	Planung
Geschäftszahl			

Unterschrift

Dieser Energieausweis entspricht den Vorgaben der Richtlinie 6 "Energieeinsparung und Wärmeschutz" des Österreichischen Instituts für Bautechnik in Umsetzung der Richtlinie 2002/91/EG über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und des Energieausweis-Vorlage-Gesetzes (EAVG).

EA-01-2007-SW-a
EA-WG
25.04.2007

Energieausweis für Wohngebäude - Planung

gemäß ÖNORM H5055
und Richtlinie 2002/91/EG



Österreichisches Institut für Bautechnik

GEBÄUDEDATEN

Brutto-Grundfläche	158 m ²
beheiztes Brutto-Volumen	502 m ³
charakteristische Länge (l _c)	1,29 m
Kompaktheit (A/V)	0,78 1/m
mittlerer U-Wert (U _m)	0,23 W/m ² K
LEK - Wert	21

KLIMADATEN

Klimaregion	W
Seehöhe	420 m
Heizgradtage	3477 Kd
Heiztage	186 d
Norm - Außentemperatur	-11,5 °C
Soll - Innentemperatur	20 °C

	Referenzklima		Standortklima		Anforderungen	
	zonenbezogen [kWh/a]	spezifisch [kWh/m ² a]	zonenbezogen [kWh/a]	spezifisch [kWh/m ² a]	ab 01.01.2010 [kWh/m ² a]	
HWB	5.524	34,92	5.574	35,24	49,1	erfüllt
WWWB			2.021	12,78		
HTEB-RH			-4.456	-28,17		
HTEB-WW			-1.618	-10,23		
HTEB			5.878	37,16		
HEB			2.519	15,92	108,9	erfüllt
EEB			2.519	15,92		
PEB						
CO ₂						

ERLÄUTERUNGEN

Heizwärmebedarf (HWB):	Vom Heizsystem in die Räume abgegebene Wärmemenge die benötigt wird, um während der Heizsaison bei einer standardisierten Nutzung eine Temperatur von 20°C zu halten.
Heiztechnikenergiebedarf (HTEB):	Energiemenge die bei der Wärmeerzeugung und -verteilung verloren geht.
Endenergiebedarf (EEB):	Energiemenge die dem Energiesystem des Gebäudes für Heizung und Warmwasserversorgung inklusive notwendiger Energiemengen für die Hilfsbetriebe bei einer typischen Standardnutzung zugeführt werden muss.

Die Energiekennzahlen dieses Energieausweises dienen ausschließlich der Information. Aufgrund der idealisierten Eingangsparameter können bei tatsächlicher Nutzung erhebliche Abweichungen auftreten. Insbesondere Nutzungseinheiten in besonderer Lage können aus Gründen der Geometrie und der Lage hinsichtlich ihrer Energiekennzahlen von den hier angegebenen abweichen.

EA-01-2007-SW-a
EA-WG
25.04.2007

Gebäudeausweis Wohnbauförderung 2010

dipl real wp

GEBÄUDEAUSWEIS - 2010

Nutzungseinheit		Gebäudeerrichtung	2010 Jahr
Gebäudeart	Einfamilienhaus	Letzte Sanierung erfolgt	Jahr
Wohneinheiten	1	Baukosten	0 €/m² WNF lt. Förderung
Objektadresse	Siegfried Fusseneggerstraße	Wohnungskosten	0 €/m² WNF lt. Förderung
Plz., Ort	6850 Dornbirn	Parzelle-Nummer	9464/3,9464/2,9464/1

Förderkategorie	Neubau	Nutzfläche	0 m² (WNF laut WBF)
Förderstufe	FÖRDERSTUFE 3	BGF konditioniert	158,18 m² _{BGFh}
		Heizgradtage	3.477 Kd (HGT 12/20)
Energieträger	Strom	max. zul. HWB Refklima	44,18 kWh/m² _{BGFh} u. Jahr
Nutzflächenzahl	0	spezifischer HWB	34,92 kWh/m² _{BGFh} u. Jahr
Kompaktheit (A/V)	0,78	Heizwärmebedarf (HWB)	5.524 kWh/Jahr

Planung	Behaglichkeit und Funktionalität	A	86%	12 von 14 Punkten
Standort	Flächenbedarf und Grundbedarf	A	71%	10 von 14 Punkten
Energie	Heizwärmebedarf	B	27%	27 von 100 Punkten
Haustechnik	Energieversorgung		63%	20 von 32 Punkten
	Wärmeverteilung, Warmwasser	C	75%	41 von 55 Punkten
	Wasser und Elektrische Energie		40%	8 von 20 Punkten
Materialwahl	Ökologische Bewertung		71%	27 von 38 Punkten
	Ökoindex 3	D	41%	9 von 22 Punkten
	Lebensdauer und Wartung		15%	3 von 20 Punkten
Innenraum	Emissionsfrei	E	67%	8 von 12 Punkten
ökologische Gebäudequalität			50%	165 von 327 Punkten

FörderwerberIn	Firma	Telefon
Wohnadresse	Bleichestraße 22	Fax
Plz., Wohnort	6850 Dornbirn	Mail
Bestätigung durch FörderwerberIn: Alle ausgewählten Maßnahmen werden umgesetzt und den Richtlinien entsprechend nachgewiesen. Änderungen nach Antragseinreichung werden nachgeführt und bekanntgegeben.		Datum, Unterschrift

Gebäude-Planer	Firma	Telefon
----------------	-------	---------

Ausweisersteller	Herr Michael	Telefon	+436645155771 Priv.: +436509933939
Büroadresse	Schweizerstraße 76A	Fax	
Plz., Ort	6850 Dornbirn	Mail	michael@prade.at
Bestätigung durch Ausweisersteller: Die Förderwerberin / der Förderwerber wurde über die gewählten Maßnahmen und die technischen Anforderungen (speziell HWB u. OI3) sowie über die erforderliche Nachweisebringung informiert. Der Gebäudeausweis wurde gemäß Förderrichtlinien erstellt.		Datum, Unterschrift	

Ökologischer Maßnahmenkatalog 2010

dipl real wp

ÖKOLOGISCHER MASSNAHMENKATALOG 2010				Muss-kriterium	Punkte	
					möglich	IST
A Planung - Behaglichkeit und Funktionalität					max. 14	
1	Planung durch befugten Gebäudeplaner				4	4
2a	Planung durch befugten Haustechnikplaner				2	2
2b	Gebäudeausweisersteller oder Sanierungsberater aus Empfehlungsliste				4	4
3	Gebäude sommertauglich				2	2
4a	Gebäudehülle wärmebrückenarm	nur ein Krit. wählbar			2	
4b	Gebäudehülle wärmebrückenfrei	FöSt. 5			6	
5a	Gebäudehülle - Luftdichtheit Standard	nur ein Krit. wählbar			2	
5b	Gebäudehülle - Luftdichtheit optimiert	FöSt. 5			6	
A Standort - Flächen- und Grundbedarf					max. 14	
6	Nach- oder Ortskernverdichtung				2	2
7	Qualität der Infrastruktur (Nähe zu Schule, Kindergarten, ÖPNV,...)				2	2
8a	Fahrradstellplatz Standard	nur ein Krit. wählbar			3	
8b	Fahrradstellplatz optimiert				6	6
9	Bereitstellung von Car-Sharing-Abstellplätzen				4	
B Energiebedarf - Heizwärmebedarf					max. 100	
1	Heizwärmebedarf spezifisch (HWB)	34,92 (kWh/m² BGFh u. Jahr)	Muss		0-100	27
	Kompaktheit (A/V) = 1/lc Charakteristische Länge)	0,78	1/m			
	max. zul. spez. Heizwärmebedarf am Referenzklimastandort	HWB _{BGFh,max,ref}	44,18	kWh/m²a		
	Endenergiebedarf	EEB	73,18	kWh/m²a		
C Haustechnik - Energieversorgung					max. 32	
1	Brennwerttechnik, Niedertemp.-Heizung, WW-Bereitung mit Zentralheizung im Winter	Muss			7	7
2	Reduktion lokaler Luftschadstoffe				3	
3a	Wärmepumpe als Zentralheizung				13	13
3b	Wärmepumpe als Zentralheizung mit Ökostrom	nur ein Krit. wählbar			18	
3c	Biomasseheizung oder Anschluss an Biomasse-Nahwärme oder Abwärmenutzung				25	
C Haustechnik - Wärmeverteilung, Warmwasserbereitung					max. 55	
4	Warmwasser- und Pufferspeicher optimiert				5	5
5	Verteilsystem optimiert				6	6
6a	Solare Warmwasserbereitung	nur ein Krit. wählbar			22	
6b	Solare Warmwasserbereitung und Heizungsanbindung				30	30
7a	Frischluftanlage	nur ein Krit. wählbar			9	
7b	Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung				15	
C Haustechnik - Wasser und Elektrische Energie					max. 20	
8	Bodenversiegelung max. 5 m² je Wohneinheit				2	
9	Naturnahe Entwässerung von Niederschlagswasser				2	2
10	Regenwassernutzung oder Dachbegrünung				4	
11	Haushaltsgeräte energieeffizient				2	2
12	Beleuchtung der Allgemeinbereiche energieeffizient				2	2
13	Heizungs- und Zirkulationspumpen mit Energie-Klasse A				2	2
14	Photovoltaikanlage				10	

Ökologischer Maßnahmenkatalog 2010

dipl real wp

D Materialwahl - Ökologische Bewertung

max. 38

1	Baustoffe, Dämmstoffe, Bauelemente HFKW- und SF6-frei	Muss	0	Ja
2	Rückbau und sachgerechte Entsorgung von HF(C)KW-hältigen Wärmedämmstoffen Nur Altbau		6	
3a	Fenster, Türen, Rollläden in den Obergeschoßen PVC-frei		6	6
3b	Fenster, Türen, Rollläden, Lichtschächte im Keller PVC-frei		3	3
4a	Elektroinstallation PVC- und halogenfrei - Teilausführung	nur ein Krit. wählbar	3	
4b	Elektroinstallation PVC- und halogenfrei - optimiert		6	
5	Rohre in Gebäude, Folien, Abdichtungsbahnen, Fußbodenbeläge, Tapeten - PVC frei	Muss	0	Ja
6	Abwasserrohre und Wanddurchführungen im Erdreich - PVC-frei		4	4
7	Polyurethanfreie Wärmedämmstoffe		2	2
8	Wärmedämmung der Anschlussfugen mit Stopfmaterialeien, Dichtungsbändern		3	
9	Baustoffe ökologisch optimiert		2	
10	Verputz mit maximal 6% Kunststoffanteil, Kleber zementgebunden		2	2
11	Fassadenanstrich lösemittel- und biozidfrei		2	2
12	Bitumenvoranstriche, -anstriche und -klebstoffe lösemittelfrei		3	3
13	Holz aus der Region		5	5
14	Holz aus Primärwald nur zertifiziert zulässig (Tropen, Nord- u. Südamerika, Asien, Afrika)		0	Ja

D Materialwahl - Ökoindex 3

max. 22

15	Ökologische Beurteilung der Materialien der thermischen Hülle		0-22	9
	Ökoindex 3 (OI3)		168,18 [-]	
	Primärenergieaufwand nicht erneuerbar	PEI _{ne}	909,74 kWh/m²a	
	Treibhauspotential	GWP	220,40 kWh/m²a	
	Versauerungspotential	AP	0,97 1/m	

D Materialwahl - Lebensdauer und Wartung

max. 20

16a	Barrierefreies Bauen - Teilausbau (Eigenheime)	nur ein Krit. wählbar	5	
16b	Barrierefreies Bauen - Vollausbau		15	
17	Teilbarkeit der Wohnung	Muss gr. MWH	4	
18	Witterungsbeständigkeit von Fassade und Fenster		3	3
19	Haustechnische Installationen vertikal leicht zugänglich		1	

E Innenraum - Emissionsarm

max. 12

1	Verlegewerkstoffe emissionsarm		2	2
2	Bodenbeläge inkl. Oberflächenbehandlung emissionsarm, aromatenfrei		2	2
3	Wand-, Deckenanstriche, Tapetenkleber emissionsarm, weichmacherfrei	Muss	2	2
4	Metall- und Holzanstriche emissionsarm, aromatenfrei		2	2
5a	Frischluftanlage optimiert	nur ein Krit. wählbar	2	
5b	Komfortlüftung optimiert		4	
6	Elektrobiologische Hausinstallation		2	

Ökologische Gebäudequalität gesamt

- 5 Themenschwerpunkte
- 49 Ökologische Kriterien

maximale Punkte für A1 bis C14

235

118

maximale Punkte für D1 bis E6

92

47

maximale Punkte gesamt

327

165

Förderstufe durch Ökopunkte und HWB = FÖRDERSTUFE 3

Förderstufe	Ökopunkte	HWB _{max,Ref} [kWh/m ² _{BGF} a]		HWB _{max,Ref} 34,92 kWh/m²a	
1	>= 100	(45-18,3) / 0,8 / lc + 18,3	max. 45,0	44,18	
2	>= 125	(45-18,3) / 0,8 / lc + 18,3	max. 45,0	44,18	
3	>= 150	(41-18,3) / 0,8 / lc + 18,3	max. 41,0	40,30	
4	>= 175	(20-18,3) / 0,8 / lc + 18,3	max. 20,0	19,95	
5	>= 200		max. 10,0	10,00	

Info Ökopunkte:

Säule	Punkte
1 HWB	27
2 Öko. Wohnbau	138
Ökopunkte Gesamt	165

Ökologie der Bauteile - OI3-Klassifizierung

dipl real wp

Datum BAUBOOK: 30.07.2010

V_B 501,58 m³ I_c 1,29 m
 A_B 388,94 m² KOF 466,03 m²
 BGF 158,18 m² U_m 0,23 W/m²K

Bauteile		Fläche A [m ²]	Wärmed.- koeffiz. U [W/m ² K]	PEI [MJ]	GWP [kg CO ₂]	AP [kg SO ₂]
AD01	Decke zu unkonditioniertem geschloss. Dachraum	81,09	0,122	94.081,4	7.193,3	29,8
AW01	Außenwand	190,81	0,131	188.838,9	10.918,0	44,3
FE/TÜ	Fenster u. Türen nach Außen	35,95	0,788			
EB01	erdanliegender Fußboden (<=1,5m unter Erdreich)	81,09	0,190	140.795,8	9.727,0	42,7
ZD01	Decke über Erdgeschoß	77,09		68.394,6	6.865,5	25,8
FE/TÜ	Fenster und Türen	35,95		25.939,3	159,3	10,8
Summe				518.050	34.863	153
PEI (Primärenergieinhalt nicht erneuerbar)				[MJ/m² KOF]		1.111,62
Ökoindikator PEI				OI PEI Punkte		61,16
GWP (Global Warming Potential)				[kg CO₂/m² KOF]		74,81
Ökoindikator GWP				OI GWP Punkte		62,40
AP (Versäuerung)				[kg SO₂/m² KOF]		0,33
Ökoindikator AP				OI AP Punkte		47,68
OI3-BGF (Ökoindikator)				OI3- BGF Punkte		168,18
OI3-BGF = (OI PEI + OI GWP + OI AP) / 3 * KOF / BGF						

Hinweis: Die OI3-BGF-Punkte werden für die Wohnbauförderung noch umgerechnet!

Baubook - Schichten

dipl real wp

Schichtbezeichnung Baubook Bezeichnung	Indexnr.	Lambda [W/mK]	Dichte [kg/m³]	Datum	im Bauteil
Bawart 2schicht Parkett	2142689524	0,150	600	30.07.2010	EB01
Bitumenpappe	2142684287	0,230	1.100	30.07.2010	EB01
FLAPORplus Fassaden-Dämmplatte EPS-F	2142701742	0,031	15	30.07.2010	AW01, EB01
Kalk-Zementputz	2142684360	1,000	1.800	30.07.2010	AW01
Parkett 2-Schicht	2142686316	0,150	740	30.07.2010	ZD01
Perlite expandiert	2142684257	0,042	85	30.07.2010	EB01
Polystyrol EPS 20	2142684259	0,038	20	30.07.2010	ZD01, AD01
Silikatputz mit Kunstharzzusatz armiert	2142684396	0,800	1.800	30.07.2010	AW01
Spachtel - Gipsspachtel	2142684342	0,800	1.300	30.07.2010	ZD01, AD01
Stahlbeton	2142684243	2,500	2.400	30.07.2010	ZD01, EB01, AD01
Zementestrich	2142684297	1,700	2.000	30.07.2010	ZD01, EB01
Ziegel - Hochlochziegel porosiert < =800kg/m³	2142684345	0,250	800	30.07.2010	AW01

Energiekennzahl Förderung Vorarlberg

HWB _{BGF, Förderung}	34,92 kWh/m²a	HWB _{BGF, Förderung max}	44,18 kWh/m²a
-------------------------------	---------------	-----------------------------------	---------------

Gebäudedaten

Brutto-Grundfläche BGF	158 m²	charakteristische Länge l_c	1,29 m
Konditioniertes Brutto-Volumen	502 m³	Kompaktheit A_B / V_B	0,78 m ⁻¹
Gebäudehüllfläche A_B	389 m²		

Ermittlung der Eingabedaten

Geometrische Daten:
Bauphysikalische Daten:
Haustechnik Daten:

Ergebnisse am tatsächlichen Standort: Dornbirn

Leitwert L_T	87,8 W/K
Mittlerer U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) U_m	0,23 W/m²K
Heizlast P_{tot}	4,2 kW
Transmissionswärmeverluste Q_T	8.734 kWh/a
Lüftungswärmeverluste Q_V	Luftwechselzahl: 0,4 4.451 kWh/a
Solare Wärmegewinne passiv $\eta \times Q_s$	4.581 kWh/a
Innere Wärmegewinne passiv $\eta \times Q_i$	schwere Bauweise 3.029 kWh/a
Heizwärmebedarf Q_h	5.574 kWh/a
Flächenbezogener Heizwärmebedarf HWB_{BGF}	35,24 kWh/m²a

Ergebnisse Referenzklima

Transmissionswärmeverluste Q_T	8.178 kWh/a
Lüftungswärmeverluste Q_V	4.167 kWh/a
Solare Wärmegewinne passiv $\eta \times Q_s$	4.002 kWh/a
Innere Wärmegewinne passiv $\eta \times Q_i$	2.820 kWh/a
Heizwärmebedarf Q_h	5.524 kWh/a
Flächenbezogener Heizwärmebedarf HWB_{BGFref}	34,92 kWh/m²a

Haustechniksystem

Raumheizung: Wärmepumpe monovalent (Sole/Wasser) + Solaranlage Hochselektiv 6m²
Warmwasser: Wärmepumpe monovalent (Sole/Wasser) - Solaranlage Hochselektiv 6m²
RLT Anlage: natürliche Konditionierung; hygienisch erforderlicher Luftwechsel = 0,4

Berechnungsgrundlagen

Der Energieausweis wurde mit folgenden ÖNORMen und Hilfsmitteln erstellt: GEQ von Zehentmayer Software GmbH www.geq.at
Bauteile nach ON EN ISO 6946 / Fenster nach ON EN ISO 10077-1 / Erdberührte Bauteile detailliert nach ON EN ISO 13770 / Unkonditionierte Gebäudeteile detailliert nach ON EN ISO 13789 / Wärmebrücken pauschal nach ON B 8110-6 / Verschattung vereinfacht nach ON B 8110-6
Verwendete Normen und Richtlinien:
B 8110-1 / ON B 8110-2 / ON B 8110-3 / ON B 8110-5 / ON B 8110-6 / ON H 5055 / ON H 5056 / ON EN ISO 13790 / ON EN ISO 13370 / ON EN ISO 6946 / ON EN ISO 10077-1 / ON EN 12831 / OIB Richtlinie 6 / ON EN ISO 13789 / ON EN ISO 13770

Anmerkung:

Der Energieausweis dient zur Information über den energetischen Standard des Gebäudes. Der Berechnung liegen durchschnittliche Klimadaten, standardisierte interne Wärmegewinne sowie ein standardisiertes Nutzerverhalten zugrunde. Die errechneten Bedarfswerte können daher von den tatsächlichen Verbrauchswerten abweichen. Bei Mehrfamilienwohnhäusern ergeben sich je nach Lage der Wohnung im Gebäude unterschiedliche Energiekennzahlen. Für die exakte Auslegung der Heizungsanlage muss eine Berechnung der Heizlast gemäß ÖNORM H 7500 erstellt werden.

Heizlast

dipl real wp

Vereinfachte Berechnung des zeitbezogenen Wärmeverlustes (Heizlast) von Gebäuden gemäß Energieausweis

Berechnungsblatt

Bauherr

Firma Prade Wohnbau GmbH
Bleichestraße 22
6850 Dornbirn

Planer / Baumeister / Baufirma

Firma Prade Wohnbau GmbH
Bleichestraße
6850 Dornbirn
Tel.:

Norm-Außentemperatur: -11,5 °C

Berechnungs-Raumtemperatur: 20 °C

Temperatur-Differenz: 31,5 K

Standort: Dornbirn

Brutto-Rauminhalt der

beheizten Gebäudeteile: 501,58 m³

Gebäudehüllfläche: 388,94 m²

Bauteile

	Fläche	Wärmed.- koeffiz.	Korr.- faktor	Korr.- faktor	A x U x f
	A [m²]	U [W/m² K]	f [1]	ffh [1]	[W/K]
AD01 Decke zu unkonditioniertem geschloss. Dachraum	81,09	0,122	0,90		8,92
AW01 Außenwand	190,81	0,131	1,00		24,94
FE/TÜ Fenster u. Türen nach Außen	35,95	0,788			28,32
EB01 erdanliegender Fußboden (<=1,5m unter Erdreich)	81,09	0,190	0,81	1,37	16,97
Summe OBEN-Bauteile	81,09				
Summe UNTEN-Bauteile	81,09				
Summe Außenwandflächen	190,81				
Fensteranteil in Außenwänden 15,9 %	35,95				

Summe

[W/K]

79

Wärmebrücken (pauschal)

[W/K]

9

Transmissions - Leitwert L_T

[W/K]

88

Lüftungs - Leitwert L_V

[W/K]

44,75

Gebäude - Heizlast P_{tot}

Luftwechsel = 0,40 1/h

[kW]

4,18

Flächenbez. Heizlast P₁ bei einer BGF von 158 m²

[W/m² BGF]

26,40

Gebäude - Heizlast P_{tot} (EN 12831 vereinfacht)

Luftwechsel = 0,50 1/h

[kW]

4,72

Die berechnete Heizlast kann von jener gemäß ÖNORM H 7500 bzw. EN ISO 12831 abweichen und ersetzt nicht den Nachweis der Gebäude-Normheizlast gemäß ÖNORM H 7500 bzw. EN ISO 12831. Die vereinfachte Heizlast EN 12831 berücksichtigt nicht die Aufheizleistung und gilt nur für Standardfälle.

U-Wert Anforderungen

dipl real wp

BAUTEILE

		R-Wert	R-Wert min	U-Wert	U-Wert max	Erfüllt
AD01	Decke zu unkonditioniertem geschloss. Dachraum			0,12	0,20	Ja
AW01	Außenwand			0,13	0,35	Ja
EB01	erdanliegender Fußboden (<=1,5m unter Erdbereich)	4,97	3,50	0,19	0,40	Ja

FENSTER

			U-Wert	U-Wert max	Erfüllt
	Prüfnormmaß Typ 1 (T1) (gegen Außenluft vertikal)		0,77	1,40	Ja

Einheiten: R-Wert [m²K/W], U-Wert [W/m²K]

U-Wert berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946

Quelle U-Wert max: OIB Richtlinie 6

Bauteile

dipl real wp

AD01	Decke zu unkonditioniertem geschloss. Dachraum			
	von Außen nach Innen	Dicke	λ	d / λ
Spachtel - Gipsspachtel		0,0100	0,800	0,013
Stahlbeton		0,1800	2,500	0,072
Polystyrol EPS 20		0,3000	0,038	7,895
	Rse+Rsi = 0,2	Dicke gesamt 0,4900	U-Wert	0,12
AW01	Außenwand			
	von Innen nach Außen	Dicke	λ	d / λ
Kalk-Zementputz		0,0150	1,000	0,015
Ziegel - Hochlochziegel porosiert < =800kg/m³		0,2500	0,250	1,000
Kleber mineralisch		0,0050	1,000	0,005
FLAPORplus Fassaden-Dämmplatte EPS-F		0,2000	0,031	6,452
Kleber mineralisch	#	0,0040	1,000	0,004
Silikatputz mit Kunstharzzusatz armiert		0,0040	0,800	0,005
	Rse+Rsi = 0,17	Dicke gesamt 0,4780	U-Wert	0,13
EB01	erdanliegender Fußboden (<=1,5m unter Erdreich)			
	von Innen nach Außen	Dicke	λ	d / λ
Bawart 2schicht Parkett		0,0150	0,150	0,100
Zementestrich	F	0,0600	1,700	0,035
ISOCELL AIRSTOP ALU Dampfsperre	#	0,0004	221,00	0,000
FLAPORplus Fassaden-Dämmplatte EPS-F		0,1200	0,031	3,871
Perlite expandiert		0,0400	0,042	0,952
Bitumenpappe		0,0100	0,230	0,043
Stahlbeton		0,2500	2,500	0,100
	Rse+Rsi = 0,17	Dicke gesamt 0,4954	U-Wert	0,19
ZD01	Decke über Erdgeschoß			
	von Innen nach Außen	Dicke	λ	d / λ
Parkett 2-Schicht		0,0100	0,150	0,067
Zementestrich	F	0,0650	1,700	0,038
Polystyrol EPS 20		0,0400	0,038	1,053
Stahlbeton		0,1800	2,500	0,072
Spachtel - Gipsspachtel		0,0050	0,800	0,006
	Rse+Rsi = 0,26	Dicke gesamt 0,3000	U-Wert	0,67

Einheiten: Dicke [m], Achsabstand [m], Breite [m], U-Wert [W/m²K], Dichte [kg/m³], λ [W/mK]

*... Schicht zählt nicht zum U-Wert #... Schicht zählt nicht zur OI3-Berechnung F... enthält Flächenheizung B... Bestandsschicht **...Defaultwert lt. OIB
RTu ... unterer Grenzwert RTo ... oberer Grenzwert laut ÖNORM EN ISO 6946

erdberührte Bauteile

dipl real wp

EB01 erdanliegender Fußboden (<=1,5m unter Erdoberfläche) 81,09 m²

Perimeterlänge 36,66 m

Wand-Bauteil AW01 Außenwand

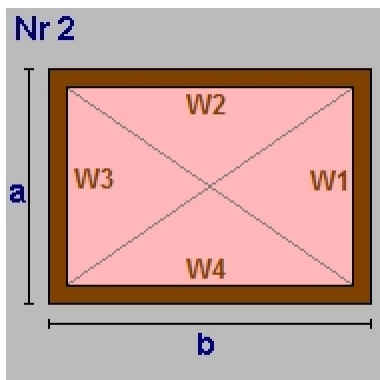
Korrekturfaktor 0,81 Leitwert 16,97 W/K

Gesamt Leitwert 16,97 W/K

Korrekturfaktoren, Leitwerte lt. ÖNORM EN ISO 13370

Geometrieausdruck dipl real wp

EG Grundform



Von EG bis OG1

a = 7,46 b = 10,87

lichte Raumhöhe = 2,40 + obere Decke: 0,30 => 2,70m

BGF 81,09m² BRI 218,94m³

Wand W1 20,14m² AW01 Außenwand

Wand W2 29,35m² AW01

Wand W3 20,14m² AW01

Wand W4 29,35m² AW01

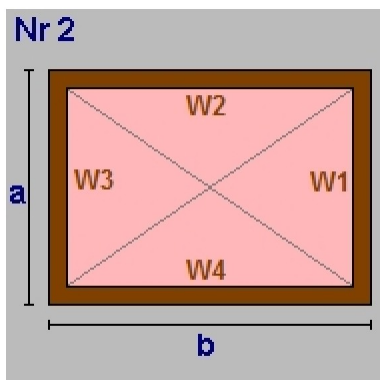
Decke 81,09m² ZD01 Decke über Erdgeschoß

Boden 81,09m² EB01 erdanliegender Fußboden (<=1,5m unter

EG Summe

EG Bruttogrundfläche [m²]: 81,09
EG Bruttorauminhalt [m³]: 218,94

OG1 Grundform



Von EG bis OG1

a = 7,46 b = 10,87

lichte Raumhöhe = 2,50 + obere Decke: 0,49 => 2,99m

BGF 81,09m² BRI 242,46m³

Wand W1 22,31m² AW01 Außenwand

Wand W2 32,50m² AW01

Wand W3 22,31m² AW01

Wand W4 32,50m² AW01

Decke 81,09m² AD01 Decke zu unconditioniertem geschloss.

Boden -81,09m² ZD01 Decke über Erdgeschoß

OG1 Summe

OG1 Bruttogrundfläche [m²]: 81,09
OG1 Bruttorauminhalt [m³]: 242,46

OG1 Galerie

OG1 - Stiege -4,00 m²

Summe Reduzierung Bruttogrundfläche [m²]: -4,00

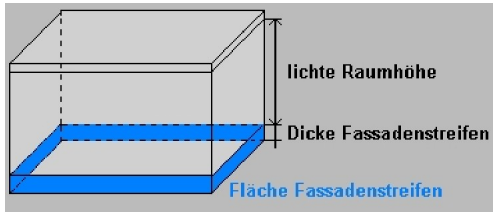
Deckenvolumen EB01

Fläche 81,09 m² x Dicke 0,50 m = 40,17 m³

Bruttorauminhalt [m³]: 40,17

Fassadenstreifen - Automatische Ermittlung

Wand	Boden	Dicke	Länge	Fläche
AW01	- EB01	0,495m	36,66m	18,16m ²



Gesamtsumme Bruttogesoßfläche [m ²]:	158,18
Gesamtsumme Bruttonrauminhalt [m ³]:	501,58

Fenster und Türen

dipl real wp

Typ	Bauteil	Anz.	Bezeichnung	Breite [m]	Höhe [m]	Fläche [m²]	Ug [W/m²K]	Uf [W/m²K]	PSI [W/mK]	Ag [m²]	Uw [W/m²K]	AxUxf [W/K]	g	fs
Prüfnormmaß Typ 1 (T1)				1,23	1,48	1,82	0,50	0,97	0,053	1,31	0,77		0,49	0,85
NO														
T1	OG1	AW01	2	1,00 x 1,40	1,00	1,40	2,80	0,50	0,97	0,053	1,90	0,80	2,24	0,49 0,85
2				2,80									2,24	
NW														
T0	EG	AW01	1	1,00 x 2,10	1,00	2,10	2,10				1,67	3,51		
T1	EG	AW01	1	0,60 x 0,80	0,60	0,80	0,48	0,50	0,97	0,053	0,24	0,96	0,46	0,49 0,85
T1	OG1	AW01	1	1,00 x 1,40	1,00	1,40	1,40	0,50	0,97	0,053	0,95	0,80	1,12	0,49 0,85
3				3,98									5,09	
SO														
T1	EG	AW01	1	2,00 x 2,48	2,00	2,48	4,96	0,50	0,97	0,053	3,81	0,74	3,68	0,49 0,85
T1	EG	AW01	1	4,00 x 2,48	4,00	2,48	9,92	0,50	0,97	0,053	8,35	0,66	6,57	0,49 0,85
T1	OG1	AW01	2	2,00 x 1,40	2,00	1,40	5,60	0,50	0,97	0,053	4,28	0,72	4,05	0,49 0,85
T1	OG1	AW01	1	1,00 x 1,40	1,00	1,40	1,40	0,50	0,97	0,053	0,95	0,80	1,12	0,49 0,85
5				21,88									15,42	
SW														
T1	EG	AW01	1	1,00 x 1,43	1,00	1,43	1,43	0,50	0,97	0,053	0,98	0,80	1,14	0,49 0,85
T1	EG	AW01	1	2,00 x 0,83	2,00	0,83	1,66	0,50	0,97	0,053	1,12	0,81	1,34	0,49 0,85
T1	OG1	AW01	1	1,00 x 1,40	1,00	1,40	1,40	0,50	0,97	0,053	0,95	0,80	1,12	0,49 0,85
T1	OG1	AW01	1	2,00 x 1,40	2,00	1,40	2,80	0,50	0,97	0,053	2,14	0,72	2,03	0,49 0,85
4				7,29									5,63	
Summe				14	35,95									28,38

Ug... Uwert Glas Uf... Uwert Rahmen PSI... Linearer Korrekturkoeffizient Ag... Glasfläche
g... Energiedurchlassgrad Verglasung fs... Verschattungsfaktor
Typ... Prüfnormmaßtyp

Rahmenbreiten - Rahmenanteil

dipl real wp

Bezeichnung	Rb. re [m]	Rb. li [m]	Rb. ob [m]	Rb. u [m]	Anteil [%]	Stulp Anz.	Stb. [m]	Pfost Anz.	Pfb. [m]	H-Spr. V-Spr. Anz. Anz.	Spb. [m]	Bezeichnung - Glas/Rahmen
2,00 x 2,48	0,100	0,100	0,100	0,110	23			1	0,120			DIE VENSTERMACHER ökoVenster Uw 0,8
4,00 x 2,48	0,100	0,100	0,100	0,110	16			1	0,120			Passivhaus DIE VENSTERMACHER ökoVenster Uw 0,8
1,00 x 1,43	0,100	0,100	0,100	0,110	32							Passivhaus DIE VENSTERMACHER ökoVenster Uw 0,8
2,00 x 0,83	0,100	0,100	0,100	0,110	33							Passivhaus DIE VENSTERMACHER ökoVenster Uw 0,8
0,60 x 0,80	0,100	0,100	0,100	0,110	51							Passivhaus DIE VENSTERMACHER ökoVenster Uw 0,8
2,00 x 1,40	0,100	0,100	0,100	0,110	24							Passivhaus DIE VENSTERMACHER ökoVenster Uw 0,8
1,00 x 1,40	0,100	0,100	0,100	0,110	32							Passivhaus DIE VENSTERMACHER ökoVenster Uw 0,8
Prüfnormmaß Typ 1 (T1)	0,100	0,100	0,100	0,110	28							Passivhaus DIE VENSTERMACHER ökoVenster Uw 0,8
												Passivhaus

Rb.li,re,ob,u Rahmenbreite links,rechts,oben, unten [m] Anteil [%] Rahmenanteil des gesamten Fensters
 Stb. Stulpbreite [m] H-Spr. Anz Anzahl der horizontalen Sprossen Spb. Sprossenbreite [m]
 Pfb. Pfostenbreite [m] V-Spr. Anz Anzahl der vertikalen Sprossen

ÖBox - Fenster

dipl real wp

Glas

Index	Produktbeschreibung	verwendet bei folgenden Fenstern
2142701736	DIE VENSTERMACHER ökoVenster Uw 0,8 Passivhaus	2,00 x 2,48 / 4,00 x 2,48 / 1,00 x 1,43 / 2,00 x 0,83 / 0,60 x 0,80 / 2,00 x 1,40 / 1,00 x 1,40 / Prüfnormmaß Typ 1 (T1)

Rahmen

Index	Produktbeschreibung	verwendet bei folgenden Fenstern
2142701736	DIE VENSTERMACHER ökoVenster Uw 0,8 Passivhaus	2,00 x 2,48 / 4,00 x 2,48 / 1,00 x 1,43 / 2,00 x 0,83 / 0,60 x 0,80 / 2,00 x 1,40 / 1,00 x 1,40 / Prüfnormmaß Typ 1 (T1)

PSI

Index	Produktbeschreibung	verwendet bei folgenden Fenstern
2142701736	DIE VENSTERMACHER ökoVenster Uw 0,8 Passivhaus	2,00 x 2,48 / 4,00 x 2,48 / 1,00 x 1,43 / 2,00 x 0,83 / 0,60 x 0,80 / 2,00 x 1,40 / 1,00 x 1,40 / Prüfnormmaß Typ 1 (T1)

Türen

Index	Produktbeschreibung	verwendet bei folgenden Türen
2142684500	Haustüre aus Holz (Türe gegen Außenluft)	1,00 x 2,10

Monatsbilanz Standort HWB

dipl real wp

Standort: Dornbirn

BGF [m²] = 158,18 L_T [W/K] = 87,81 Innentemp. [°C] = 20 τ tau [h] = 113,52
 BRI [m³] = 501,58 L_V [W/K] = 44,75 qih [W/m²] = 3,75 a = 8,095

Monate	Tage	Mittlere Außen- temperaturen [°C]	Transmissions- wärme- verluste [kWh/a]	Lüftungs- wärme- verluste [kWh/a]	Wärme- verluste [kWh/a]	Innere Gewinne [kWh/a]	Solare Gewinne [kWh/a]	Gesamt- Gewinne [kWh/a]	Verhältnis Gewinn/ Verlust	Ausnutz- ungsgrad	Wärme- bedarf [kWh/a]
Jänner	31	-1,13	1.380	703	2.084	353	322	675	0,32	1,00	1.409
Februar	28	0,61	1.144	583	1.727	319	445	764	0,44	1,00	963
März	31	4,20	1.032	526	1.558	353	618	971	0,62	0,99	596
April	30	8,39	734	374	1.108	342	706	1.047	0,95	0,91	151
Mai	31	12,83	468	239	707	353	789	1.142	1,62	0,61	6
Juni	30	15,93	258	131	389	342	760	1.102	2,83	0,35	0
Juli	31	18,00	131	67	198	353	815	1.169	5,91	0,17	0
August	31	17,26	179	91	270	353	812	1.165	4,31	0,23	0
September	30	14,15	370	189	558	342	690	1.031	1,85	0,54	2
Oktober	31	9,22	704	359	1.063	353	525	878	0,83	0,95	224
November	30	3,77	1.026	523	1.549	342	339	681	0,44	1,00	868
Dezember	31	-0,01	1.307	666	1.974	353	265	618	0,31	1,00	1.356
Gesamt	365		8.734	4.451	13.184	4.157	7.086	11.243			5.574
nutzbare Gewinne:						3.029	4.581	7.610			

EKZ = 35,24 kWh/m²a

Ende Heizperiode: 15.04.

Beginn Heizperiode: 10.10.

Monatsbilanz Referenzklima HWB

dipl real wp

Standort: Referenzklima

BGF [m²] = 158,18 L_T [W/K] = 87,81 Innentemp.[°C] = 20 τ tau [h] = 113,52
 BRI [m³] = 501,58 L_V [W/K] = 44,75 qih [W/m²] = 3,75 a = 8,095

Monate	Tage	Mittlere Außen- temperaturen [°C]	Transmissions- wärme- verluste [kWh/a]	Lüftungs- wärme- verluste [kWh/a]	Wärme- verluste [kWh/a]	Innere Gewinne [kWh/a]	Solare Gewinne [kWh/a]	Gesamt- Gewinne [kWh/a]	Verhältnis Gewinn/ Verlust	Ausnutz- ungsgrad	Wärme- bedarf [kWh/a]
Jänner	31	-1,53	1.407	717	2.123	353	281	634	0,30	1,00	1.489
Februar	28	0,73	1.137	579	1.717	319	436	755	0,44	1,00	962
März	31	4,81	992	506	1.498	353	611	964	0,64	0,99	544
April	30	9,62	656	334	991	342	699	1.041	1,05	0,87	89
Mai	31	14,20	379	193	572	353	840	1.193	2,09	0,48	1
Juni	30	17,33	169	86	255	342	799	1.141	4,48	0,22	0
Juli	31	19,12	57	29	87	353	849	1.202	13,85	0,07	0
August	31	18,56	94	48	142	353	812	1.165	8,21	0,12	0
September	30	15,03	314	160	474	342	671	1.013	2,14	0,47	1
Oktober	31	9,64	677	345	1.022	353	520	874	0,85	0,95	195
November	30	4,16	1.001	510	1.512	342	293	634	0,42	1,00	878
Dezember	31	0,19	1.294	659	1.954	353	235	588	0,30	1,00	1.366
Gesamt	365		8.178	4.167	12.346	4.157	7.046	11.203			5.524
nutzbare Gewinne:						2.820	4.002	6.821			

EKZ = 34,92 kWh/m²a

Raumheizung - Eingabedaten

Allgemeine Daten

Art der Raumheizung gebäudezentral

Wärmeabgabe

Wärmeabgabetyp Flächenheizung

Systemtemperatur Heizung 35°/28° - Flächenheizung

Regelfähigkeit Einzelraumregelung mit Thermostatventilen

Heizkostenabrechnung Individuelle Wärmeverbrauchsermittlung und Heizkostenabrechnung (Fixwert)

Wärmeverteilung

	gedämmt	Verhältnis Dämmstoffdicke zu Rohrdurchmesser	Außen- Durchmesser [mm]	Dämmung Armaturen	Leitungslänge [m]	Längen lt. Default
Verteilleitungen	Ja	3/3		Nein	13,57	nicht konditionierter Bereich
Steigleitungen	Ja	3/3		Nein	12,65	konditionierter Bereich
Anbindeleitungen	Nein		20,0	Nein	44,29	

Wärmespeicher

Art des Speichers Pufferspeicher mit Elektropatrone
Standort nicht konditionierter Bereich mit Anschluss Heizregister Solaranlage
Baujahr ab 1994
Nennvolumen 515 l Nennvolumen lt. Defaultwerte

Wärmebereitstellung

Bereitstellungssystem monovalente Wärmepumpe

Hilfsenergie - elektrische Leistung

Umwälzpumpe	104,68 W	Defaultwert
Speicherladepumpe	53,62 W	Defaultwert

Warmwasserbereitung - Eingabedaten

Allgemeine Daten

Art der Warmwasserb. gebäudezentral
Heizperiode kombiniert mit Raumheizung

Wärmeabgabe

Heizkostenabrechnung Individuelle Wärmeverbrauchsermittlung und Heizkostenabrechnung (Fixwert)

Wärmeverteilung ohne Zirkulation

	gedämmt	Verhältnis Dämmstoffdicke zu Rohrdurchmesser	Außen- Durchmesser [mm]	Dämmung Armaturen	Leitungslänge [m]	Längen lt. Default
Verteilleitungen	Ja	3/3		Nein	8,65	nicht konditionierter Bereich
Steigleitungen	Ja	3/3		Nein	6,33	konditionierter Bereich
Stichleitungen	Nein		20,0		25,31	Material Stahl 2,42 W/m

Wärmespeicher

Art des Speichers Wärmepumpenspeicher indirekt mit Elektropatrone
Standort nicht konditionierter Bereich mit Anschluss Heizregister Solaranlage
Baujahr Ab 1994
Nennvolumen 316 l Nennvolumen lt. Defaultwerte

Wärmebereitstellung

Bereitstellungssystem monovalente Wärmepumpe

Hilfsenergie - elektrische Leistung

Speicherladepumpe 53,62 W Defaultwert

Wärmepumpe - Eingabedaten

Wärmepumpenart	Sole / Wasser
Betriebsart	Monovalenter Betrieb
Anlagentyp	WWWB (Warmwasserwärmebedarf) und HWB (Heizwärmebedarf)

Sonstige Einstellungen

Nennleistung	7,5 kW
Jahresarbeitszahl	4,5
Typ	W35
Betriebsweise	gleitender Betrieb
Baujahr	ab 2005
Verlegungsart	tiefverlegt
Modulierung	modulierender Betrieb

Hilfsenergie - Wärmepumpe

el. Leistungsbedarf	250 W	Defaultwert
----------------------------	-------	-------------

Thermische Solaranlage - Eingabedaten

Solarkollektorart	Hochselektiv (z.B. Schwarzchrom)
Anlagentyp	primär WWWB, sekundär HWB
Speichergröße	316 l

Kollektoreigenschaften

Aperturfläche	6,00 m²	
Kollektorverdrehung	0 Grad	
Neigungswinkel	40 Grad	
Regelwirkungsgrad	0,95	Defaultwert
Konversionsrate	0,80	Defaultwert
Verlustfaktor	3,50	Defaultwert

Umgebung

Landschaftstyp	Bebautes Gebiet (Stadt)
Beschaffenheit	Wohngebiet mit Straßen und Grünanlagen
Geländewinkel	10 Grad

Rohrleitungen

Positionierung, Bereich	gedämmt	Verhältnis Dämmstoff- dicke zu Rohrdurchmesser	Außendurch- messer [mm]	Leitungslänge [m]	Längen lt. Default
vertikal, konditioniert	Ja	2/3		16,3	
vertikal, unkonditioniert	Ja	2/3		0,0	
horizontal, konditioniert	Ja	2/3		0,0	
horizontal, unkonditioniert	Ja	2/3		4,3	

Hilfsenergie - elektrische Leistung

	Anzahl	gesamter Leistungsbedarf [W]	
elektrische Regelung	1	3,00	Defaultwerte
Kollektorkreisumpen	1	66,00	Defaultwerte
elektrische Ventile	1	7,00	Defaultwerte

Heizenergiebedarf - HEB - GESAMT

Heizenergiebedarf (HEB)		2.519 kWh/a
max. zulässiger HEB	$Q_{\text{HEB,zul}} =$	17.229 kWh/a
Heiztechnikenergiebedarf (HTEB)		5.878

Heizwärmebedarf - HWB

Transmissionswärmeverluste	8.734
Lüftungswärmeverluste	4.451
Wärmeverluste	13.184 kWh/a
Solare Wärmegewinne	4.581
Innere Wärmegewinne	3.029
Wärmegewinne	7.610 kWh/a
Heizwärmebedarf	5.574 kWh/a

Warmwasserbereitung - WWB

Wärmeenergie

Warmwasserwärmebedarf (WWWB)	2.021
Verluste der Wärmeabgabe	92
Verluste der Wärmeverteilung	1.041
Verluste des Wärmespeichers	1.548
Verluste der Wärmebereitstellung	0
Verluste Warmwasserbereitung	2.681 kWh/a

Hilfsenergie

Energiebedarf Wärmeverteilung	0
Energiebedarf Wärmespeicherung	470
Energiebedarf Wärmebereitstellung	0
Summe Hilfsenergiebedarf	470 kWh/a

HEB-WW (Warmwasser) **403 kWh/a**

HTEB-WW (Warmwasser) **-1.618 kWh/a**

Hinweis Heiztechnikenergiebedarf:

Ein negativer Heiztechnikenergiebedarf (HTEB) kann durch Wärmeerträge der Wärmepumpe, Solaranlage oder durch Wärmerückgewinnung von Verlusten aus Leitungen auftreten.

Heizenergiebedarf

dipl real wp

Raumheizung - RH

Wärmeenergie

Verluste der Wärmeabgabe	999
Verluste der Wärmeverteilung	1.261
Verluste des Wärmespeichers	603
Verluste der Wärmebereitstellung	0

Verluste Raumheizung **2.863 kWh/a**

Hilfsenergie

Energiebedarf Wärmeabgabe	0
Energiebedarf Wärmeverteilung	94
Energiebedarf Wärmespeicherung	48
Energiebedarf Wärmebereitstellung	0

Summe Hilfsenergiebedarf **142 kWh/a**

HEB-RH (Raumheizung) **1.118 kWh/a**

HTEB-RH (Raumheizung) **-4.456 kWh/a**

Hinweis Heiztechnikenergiebedarf:

Ein negativer Heiztechnikenergiebedarf (HTEB) kann durch Wärmeerträge der Wärmepumpe, Solaranlage oder durch Wärmerückgewinnung von Verlusten aus Leitungen auftreten.

Wärmepumpe - WP

Wärmeenergie

Raumheizung	-4.705
Warmwasserbereitung	-1.862

Netto Wärmeertrag **-6.567 kWh/a**

Hilfsenergie

Wärmepumpe	234
------------	-----

Summe Hilfsenergiebedarf **234 kWh/a**

Thermische Solaranlage - Sol

Wärmeenergie

Raumheizung	-430
Warmwasserbereitung	-2.437
Netto Wärmeertrag	-2.944 kWh/a

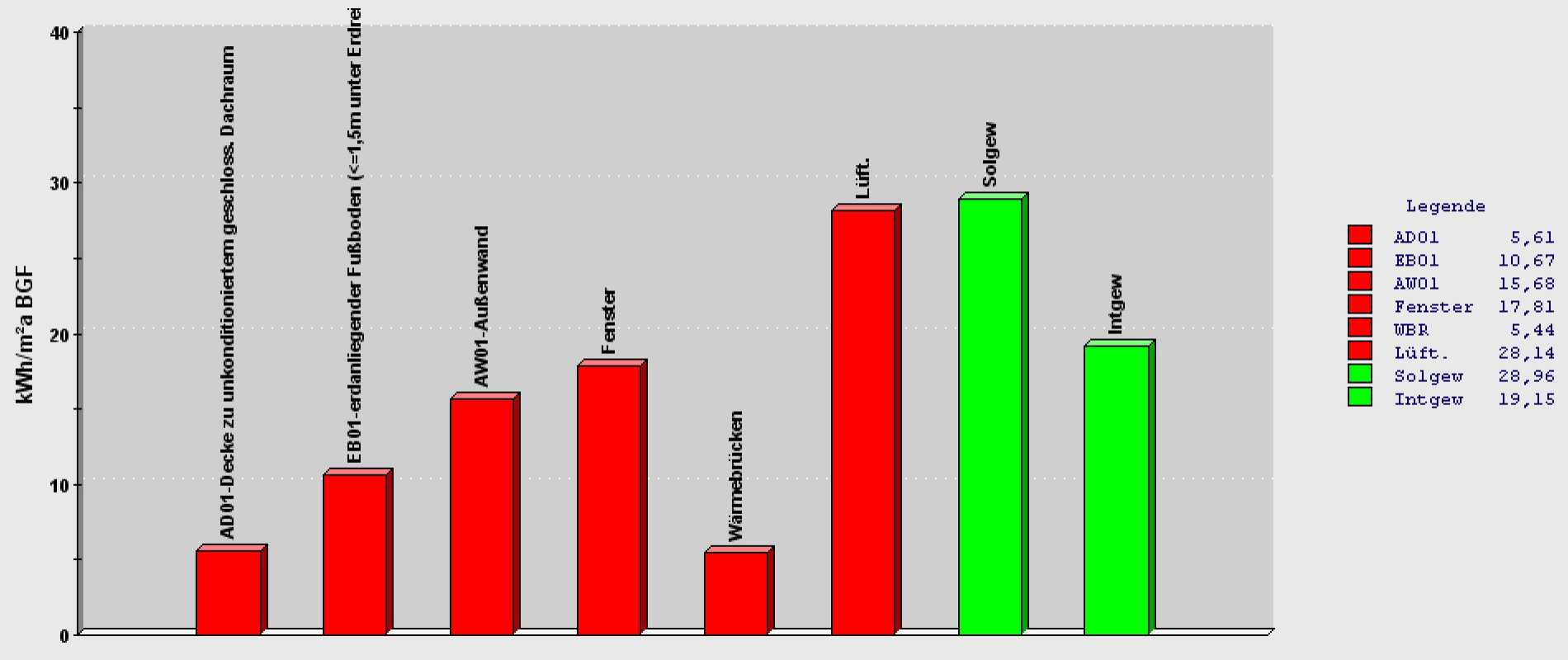
Hilfsenergie

Regelung, Pumpen, Ventile	152
Summe Hilfsenergiebedarf	152 kWh/a

Zurückgewinnbare Verluste

Raumheizung	-1.903
Warmwasserbereitung	-512
Solaranlage	-133

Verluste und Gewinne in kWh/m²a BGF



EKZ = 35,24 kWh/m²a Heizwärmebedarf = 5.574 kWh/a Gebäude Heizlast = 4,18 kW

- zur Optimierung bietet sich der Bauteil mit dem größten Verlustanteil an.

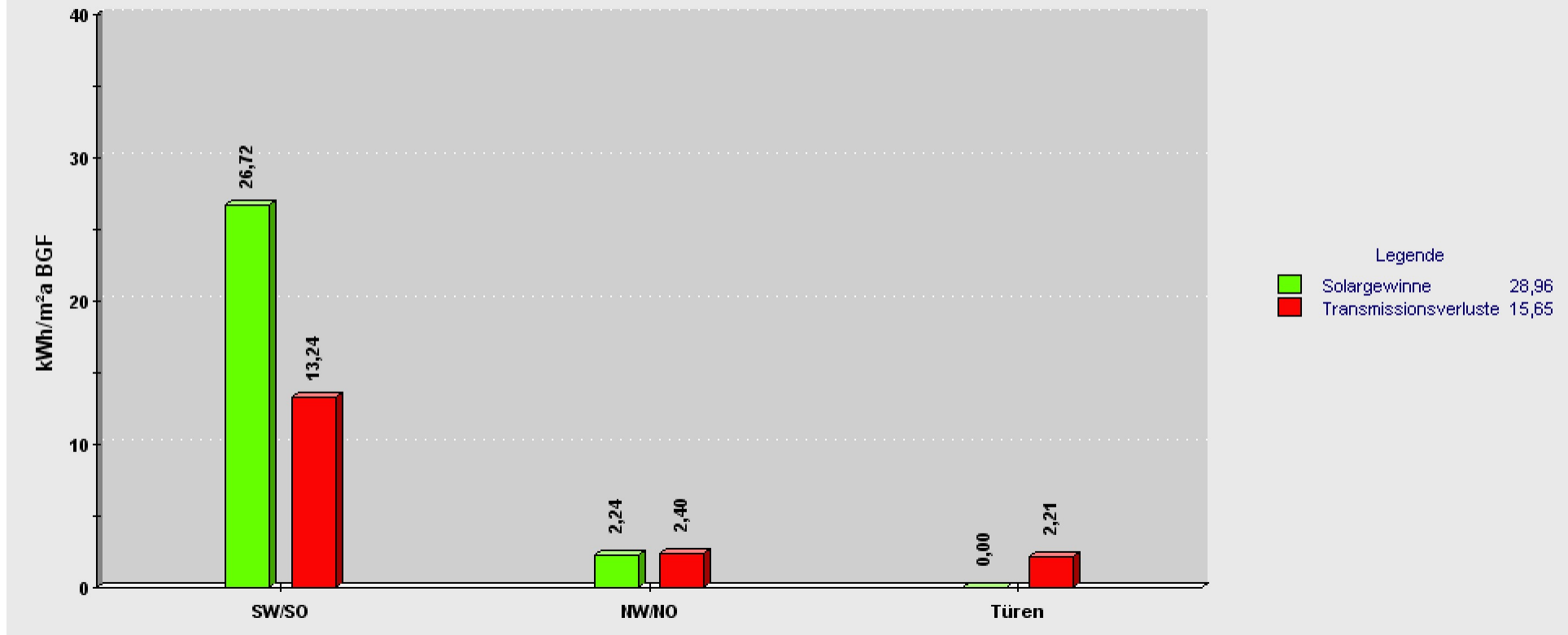
- die Transmissionsverluste pro Jahr ergeben sich aus dem Bauteil-U-Wert, dem Temperatur-Korrekturfaktor sowie der Bauteilfläche (unter Berücksichtigung der Klimadaten des Gebäude-Standortes).

Qv...Lüftungsverluste des Gebäudes (werden durch Lüften verursacht, zur Optimierung empfiehlt sich eine Wärmerückgewinnungsanlage)

Qi...Interne Gewinne (entstehen durch Betrieb elektrischer Geräte, künstlicher Beleuchtung und Körperwärme von Personen)

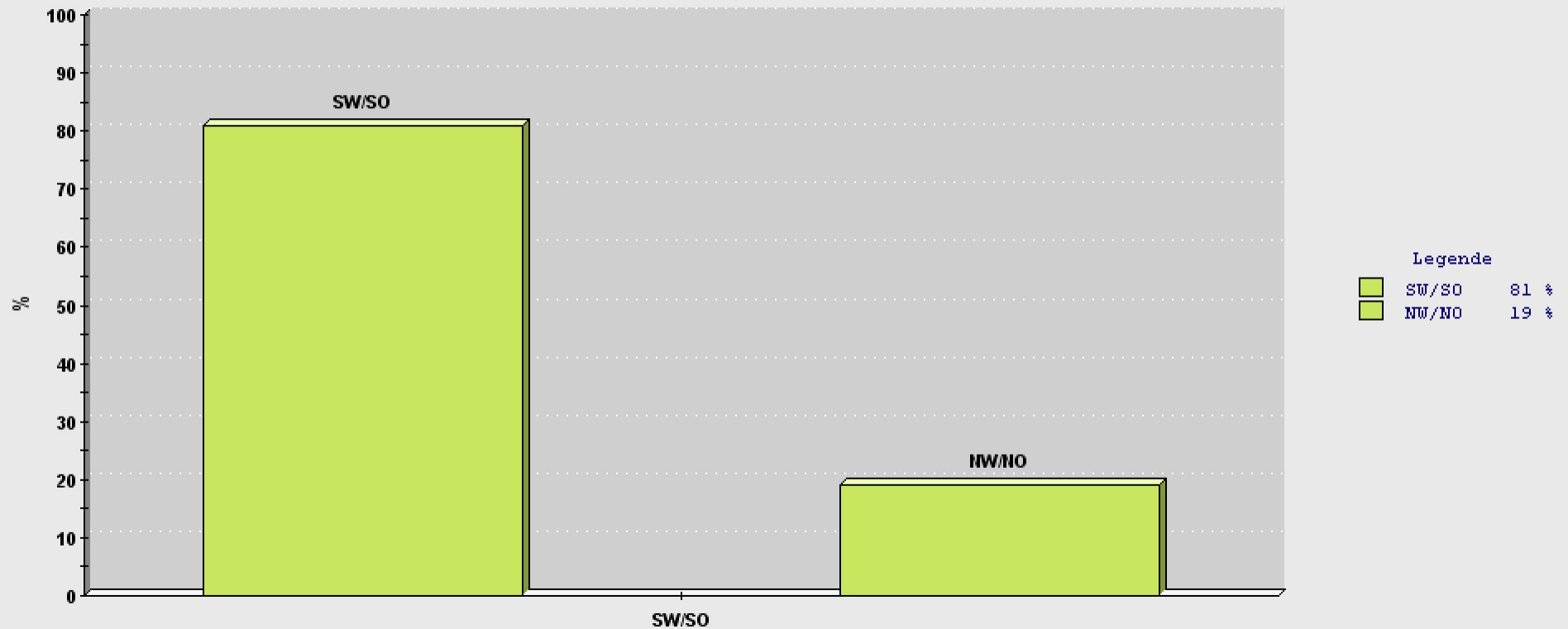
Qs...Solare Gewinne (entstehen infolge von Strahlungstransmission durch transparente Bauteile(Fenster))

Fenster Energiebilanz in kWh/m²a BGF



- die Energiebilanz (=Gewinne und Verluste) der Fenster wird hier nach Orientierung zusammengefasst
- im Norden gibt es nur minimale solare Gewinne, hier sind die Verluste am größten
- zur Optimierung empfiehlt sich eine Ausrichtung nach Süden und wenige Fenster im Norden
- die grünen Balken zeigen die solaren Gewinne, die roten Balken die Transmissionswärmeverluste

Fenster Ausrichtung



- zeigt die verwendeten Fenster in % sortiert nach der Orientierung
- zur Optimierung ist es empfehlenswert die Fenster im Norden und NW/NO minimal zu halten, die Fensterfläche im Süden bzw. SW/SO sollte über 50% sein
- bei hohen Fensteranteilen im Osten oder im Westen ist der sommerliche Überwärmungsschutz zu berücksichtigen die Gefahr einer Überwärmung ist hier am größten