

---

# Diplomarbeit

---

Herr Ing.

**Manfred Hofer**

**Auswahl erneuerbarer Energiequellen mit Entscheidungs-  
methoden am Beispiel eines Zweifamilienwohnhauses im  
Süden von Graz**

Mittweida, 2021

---

**Dipl.- Wirt.- Ing. (FH) ARBEIT**

---

**Auswahl erneuerbarer Energiequellen mit Entscheidungsmethoden am Beispiel eines Zweifamilienhauses im Süden von Graz**

Autor:  
**Herr Ing.**

**Manfred Hofer**

Studiengang:  
**Wirtschaftsingenieurwesen**

Seminargruppe:  
**KW15sGA**

Erstprüfer:  
**Prof. Dr. rer. oec. Johannes N. Stelling**

Zweitprüfer:  
**Prof. Dr. rer. pol. Andreas Schmalfuß**

Einreichung:  
**Mittweida, 25. Jänner 2021**

Verteidigung/Bewertung:  
**Mittweida 2021**

---

Faculty Industrial Engineering

---

**Dipl.- Wirt.- Ing. (FH) THESIS**

---

**Selection of renewable energy sources with decision-making methods using the example of a two-family hous in the south of Graz**

author:

**Mr.**

**Manfred Hofer**

course of studies:

**Industrial Engineering**

seminar group:

**KW15sGA**

first examiner:

**Prof. Dr. rer. oec. Johannes N. Stelling**

second examiner:

**Prof. Dr. rer. pol. Andreas Schmalfuß**

submission:

**Mittweida, 25<sup>th</sup> January 2021**

defence/ evaluation:

**Mittweida, 2021**

**Bibliografische Beschreibung:**

Manfred Hofer

Auswahl erneuerbarer Energiequellen mit Entscheidungsmethoden am Beispiel eines Zweifamilienwohnhauses im Süden von Graz. - 2021 – VI, 59, XVII S. Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen, Diplomarbeit, 2021

**Referat:**

Die vorliegende Arbeit untersucht anhand eines bestehenden Zweifamilienhauses im Süden von Graz, die Möglichkeiten des Einsatzes von regenerativen Energiesystemen. Hierzu wird der aktuelle Energiebedarf erhoben und dann unterschiedliche Energiequellen auf deren Einsatztauglichkeit beurteilt. Anhand wissenschaftlicher Methoden sollen Entscheidungen anhand unterschiedlicher Zukunftsszenarien vorbereitet werden und abschließend Empfehlungen für Handlungsalternativen ausgesprochen werden. Besonderes Augenmerk wird dabei der Gebäudeheizung einberaumt.



# Inhaltsverzeichnis

## Auswahl erneuerbarer Energiequellen mit Entscheidungsmethoden am Beispiel eines Zweifamilienwohnhauses im Süden von Graz

<b>Inhaltsverzeichnis.....</b>	<b>I</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>IV</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>VI</b>
<b>1 1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 <i>Problemstellung.....</i>	<i>2</i>
1.2 <i>Das Ziel der Arbeit.....</i>	<i>4</i>
1.3 <i>Methodisches Vorgehen.....</i>	<i>5</i>
<b>2 2 Energie im privaten Bereich.....</b>	<b>6</b>
2.1 <i>Energiekostenträger in privaten Haushalten.....</i>	<i>6</i>
2.1.1 <i>Energie zur Deckung des Wohnbedarfes .....</i>	<i>6</i>
2.1.2 <i>Energieverbrauch zur Deckung der Mobilität .....</i>	<i>8</i>
2.1.3 <i>Kühlen in der warmen Jahreszeit.....</i>	<i>9</i>
2.1.4 <i>Freizeit- und Lifestyle Produkte mit hohem Energieverbrauch.....</i>	<i>9</i>
2.2 <i>Erneuerbare Energie im privaten Wohnbau.....</i>	<i>10</i>
2.2.1 <i>Solarenergie.....</i>	<i>10</i>
2.2.1.1 <i>Thermische Solaranlage.....</i>	<i>10</i>
2.2.1.2 <i>Photovoltaik.....</i>	<i>11</i>
2.2.2 <i>Biomasseheizungen .....</i>	<i>11</i>
2.2.2.1 <i>Hackschnitzelheizanlage.....</i>	<i>11</i>
2.2.2.2 <i>Pelletsessel.....</i>	<i>12</i>
2.2.2.3 <i>Stückholzheizung mit Holzvergaser Technologie.....</i>	<i>12</i>
2.2.2.4 <i>Biogasanlage.....</i>	<i>12</i>
2.2.2.5 <i>Pflanzenölbrenner.....</i>	<i>13</i>
2.2.3 <i>Geothermie.....</i>	<i>13</i>
2.2.3.1 <i>Tiefe Geothermie.....</i>	<i>13</i>
2.2.3.2 <i>Oberflächennahe Geothermie.....</i>	<i>13</i>
2.2.4 <i>Windkraftwerke.....</i>	<i>15</i>
2.2.5 <i>Kleinwasserkraft.....</i>	<i>15</i>

## II

2.2.6 Speicher.....	15
2.2.6.1 Speichermedien bei Heizungsanwendungen.....	15
2.2.6.2 Energiespeicherung durch Energieumwandlung .....	16
2.2.7 Fernwärme und Nahwärmenetze.....	19
2.2.7.1 Fernwärmenetz.....	19
2.2.7.2 Nahwärmenetz.....	20
<b>3 3 Auswahl geeigneter Systeme.....</b>	<b>21</b>
3.1 Einführung.....	21
3.1.1 Total Cost of Ownership.....	21
3.1.2 Planungs- und Entscheidungsmethoden.....	22
3.1.3 Zukunftsszenarien.....	25
3.2 Die Ausgangsbasis für die Betrachtung.....	30
3.2.1 Geographische Lage und Gegebenheiten.....	30
3.2.2 Bausubstanz.....	31
3.2.3 Energieverbrauch.....	32
3.2.3.1 Heizung.....	32
3.2.3.2 Elektrische Energie.....	32
3.2.3.3 Treibstoff für KFZ.....	32
3.2.4 Diverse Freizeiteinrichtungen und mögliche zukünftige Verbraucher.....	33
3.3 Berechnung und Auswahl.....	33
3.3.1 Einführung.....	33
3.3.1.1 Technische Beurteilung auf Eignung der Systeme .....	34
3.3.1.2 Auswahl der Systeme, Kombinationen und Szenarien.....	37
3.3.2 Bewertung der Systeme.....	39
3.3.2.1 Grundwasserwärmepumpe vs. Pelletsheizung.....	41
3.3.2.2 Thermische Solaranlage .....	47
3.3.2.3 Photovoltaik.....	49
3.3.2.4 Erhöhung des Eigenstrombedarfs einer PV Anlage durch Batteriespeicher.....	52
3.3.2.5 Photovoltaik vs. thermischer Solaranlage.....	52
3.3.2.6 Kombination von Wärmepumpe mit thermischer Solaranlage.....	53
3.3.2.7 Kombination von Wärmepumpe mit PV Anlage .....	54
<b>4 4 Zusammenfassende Erkenntnisse.....</b>	<b>55</b>
4.1 Ergebnisse.....	55
4.2 Empfehlungen.....	58
4.3 Abschließende Bemerkungen.....	58
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>61</b>
<b>Internetquellen:.....</b>	<b>63</b>
<b>Anlagen.....</b>	<b>67</b>

---

<b>Anlagen, Teil 1, Angebote.....</b>	<b>I</b>
<b>Angebot PV Anlage.....</b>	<b>II</b>
<b>Angebot Pelletsheizung.....</b>	<b>IV</b>
<b>Anlagen Teil 2, Berechnungen.....</b>	<b>VI</b>
<b>GWWP vs. Pelletsheizung Szenario 1.....</b>	<b>VII</b>
<b>GWWP vs. Pelletsheizung Szenario 2.....</b>	<b>VIII</b>
<b>GWWP vs. Pelletsheizung Szenario 3.....</b>	<b>IX</b>
<b>Gesamtkosten Pellets/GWWP vs. Kombination mit teilsolare Raumheizung.....</b>	<b>X</b>
<b>PV Module Vergleich PVP/LG Neon/ REC TWIN.....</b>	<b>XI</b>
<b>PV Module Vergleich LG Neon /REC TWIN bei Eigenverbrauch 50%.....</b>	<b>XII</b>
<b>PV Module REC TWIN bei 20%, 50% und 80% Eigenverbrauch.....</b>	<b>XIII</b>
<b>PV Module LG Neon mit und ohne Batteriespeicher 11/22kWh.....</b>	<b>XIV</b>
<b>Kombination von Wärmepumpe mit PV Anlage.....</b>	<b>15</b>
<b>Selbstständigkeitserklärung.....</b>	<b>17</b>

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Energieträger nach Verwendung*) .....	6
Abbildung 2: Heizkostenvergleich unterschiedlicher Energieträger .....	7
Abbildung 3: Energieeinsatz privater PKW in Österreich.....	8
Abbildung 4: Projekt Helios Graz, aufgenommen am 23.05.2020.....	19
Abbildung 5: Grundmodell präskriptiver Entscheidungstheorie nach Sieben/Schildbach, eigene Darstellung.....	23
Abbildung 6: Mögliche Erwartungsstrukturen, eigene Darstellung nach Laux, Gillenkirch, Schenk-Mathes*).....	23
Abbildung 7: Matrix einer Nutzwertanalyse, eigene Darstellung.....	24
Abbildung 8: Preisentwicklung Haushaltsstrom 2007 bis 2020*).....	26
Abbildung 9: Auszug aus Preisblatt Energie Steiermark Tarif Steirerflex.....	27
Abbildung 10: Pelletspreise 2005-2019, Darstellung Heizpellets 24.at*).....	27
Abbildung 11: Preisentwicklung Holzpellets, Darstellung Heizpellts24.at.....	28
Abbildung 12: geographische Daten aus Grenzkataster*).....	31
Abbildung 13: Auszug Globalstrahlung Steiermark, Quelle ZAMG*.....	34
Abbildung 14: Zuwachs und Nutzung des stehenden Holzes 2008-18 .....	36
Abbildung 15: Entscheidungsprozess, eigene Darstellung.....	38
Abbildung 16: Kostenaufstellung Anschaffung Grundwasserwärmepumpe.....	41
Abbildung 17: Kostenaufstellung Anschaffung Pelletsheizung.....	41
Abbildung 18: Tagespreis Holzpellets Dezember 2020.....	42
Abbildung 19: Gesamtkostenvergleich GWWP vs. Pelletsheizung, Szenario 1, ...	43
Abbildung 20: Gesamtkostenvergleich GWWP vs. Pelletsheizung, Szenario 2.....	44
Abbildung 21: Gesamtkostenvergleich GWWP vs. Pelletsheizung, Szenario 3.....	45

---

<b>Abbildung 22: Ergebnis Nutzwertanalyse GWWP vs. Pelletsheizung.....</b>	<b>46</b>
<b>Abbildung 23: Solarer Ertrag vs. Energiebedarf Heizen, Warmwasser im Jahres-</b> <b>kreis*).....</b>	<b>47</b>
<b>Abbildung 24: Gesamtkostenvergleich GWWP/ Pellets vs. Kombination mit teilsola-</b> <b>rer Raumheizung.....</b>	<b>48</b>
<b>Abbildung 25: PV Module Vergleich PVP/LG Neon/ REC TWIN.....</b>	<b>50</b>
<b>Abbildung 26: PV Module Vergleich LG Neon/ REC TWIN bei 50% Eigenverbrauch</b>	<b>50</b>
<b>Abbildung 27: PV Module LG Neon bei 20% 50% 80% Eigenbedarf.....</b>	<b>51</b>
<b>Abbildung 28: Kapitalwert PV Anlage mit 1, 2 und ohne Akku Pack.....</b>	<b>52</b>
<b>Abbildung 29: Kapitalwert GWWP mit und ohne PV Anlage.....</b>	<b>54</b>

## Abkürzungsverzeichnis

a. a. O. angegebenen Ort

AFA Absetzung für Abnutzung

Bd. Band

BJ Baujahr

CO<sub>2</sub> Kohlendioxyd

COP Coefficient of Performance

ders. derselbe Autor

d.h. das heißt

ebd. ebenda

EL extra leicht (Heizöl)

EVU Energieversorgungsunternehmen

f. die angegebene und die folgende Seite

ff. die angegebene und die folgenden Seiten

GWWP Grundwasserwärmepumpe

Hrsg. Herausgeber

hrsg. v. herausgegeben von

$i_{\text{kalk}}$  kalkulatorischer Zinssatz

JAZ Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe (Verhältnis erzeugte Energie zu eingesetzter Energie)

JAZ<sub>calc</sub> Excel basiertes Programm zur Ermittlung der Jahresarbeitszahl

K Kelvin

kg Kilogramm

---

kJ Kilojoule

kWh Kilowattstunde

kWp Kilowatt Peak, Spitzenleistung

MWh Megawattstunde

o. O. ohne Ortsangabe

o. J. ohne Jahresangabe

PV Photovoltaik

Rm Raummeter

S. Seite

Sp. Spalte

s. siehe

TLSRH teilsolare Raumheizung

u.a. und andere, unter anderem

m ü.A. Seehöhe auf Adria bezogen

ü. NN über Normal Null (über Meeresspiegel alte Bezeichnung in BRD)

NHN Normalhöhenull

usw. und so weiter

vgl. vergleiche

VLT Vorlauftemperatur

vs. versus

WW Warmwasser

z.B. zum Beispiel



## 1 Einleitung

*„Selbst bei einer Lösung des Energieproblems darf der Energieverbrauch auf der Erde nicht unbegrenzt gesteigert werden. Sobald dieser Energieverbrauch einige Prozent der von der Sonne jährlich zugeführten Energie erreicht, muß mit schwerwiegenden Veränderungen unserer Umwelt durch zusätzliche Aufheizung der Atmosphäre gerechnet werden (Abschmelzen der Polkappen, Steigen des Meeresspiegels, Überflutung beträchtlicher Teile des derzeitigen Festlandes,...).“<sup>1</sup>*

Dieses Zitat stammt aus einem Schulbuch der Physik aus dem Jahre 1976.

Offensichtlich waren die Auswirkungen einer unbekümmerten Energieverschwendung gepaart mit stetig steigender Bevölkerungszahl vor einem halben Jahrhundert schon gesichertes Wissen und dennoch hat die Menschheit mit ihren politischen Verantwortlichen eigentlich nicht wirklich ernsthaft etwas unternommen um den Prozess zu verlangsamen oder gar zu stoppen.

Durch Verwendung nachhaltiger Energien verringern wir den Energieverbrauch an sich noch nicht, doch können wir durch Vermeidung der Freisetzung, von seit Jahrtausenden gebundenen klimarelevanten Treibhausgasen wie CO<sub>2</sub>, die Erderwärmung verlangsamen, was durch mehrheitliche Verwendung von erneuerbaren Energien möglich wäre.

Als erneuerbare oder auch regenerative Energien bezeichnet man Energiequellen, die sich nicht an den endlichen Ressourcen der Erde bedienen, sondern, sich auf natürlichem Weg kurzfristig (innerhalb menschlicher Zeitmaßstäbe)<sup>2</sup> selbst erneuern, auf künstlichem Weg erneuert werden können oder deren Nutzung nicht zur Erschöpfung dieser Ressource beiträgt. Das Verbrennen von Holz und Holzreststoffen ist CO<sub>2</sub> neutral, da bei der Verbrennung nur soviel CO<sub>2</sub> abgegeben wird wie die Pflanzen zuvor während des Wachstums der Atmosphäre entnommen ha-

---

<sup>1</sup> Schreiner, Physik 1, Verlag Hödler-Pichler-Tempsky, Wien 1982

<sup>2</sup>Vgl. Wesselak V., Schabbach T., Link T., Fischer J., Handbuch Regenerative Energietechnik, Springer-Verlag GmbH Deutschland 2017, S111

ben. Als erneuerbar gilt Biomasse dann, wenn zumindest dieselbe Menge wieder nachwächst bzw. aufgeforstet wird. Grundvoraussetzung für Verwendung von Holz als regenerative Energiequelle ist daher eine nachhaltige Land- und Forstwirtschaft.<sup>3</sup>

Abgesehen vom ökologischen Aspekt kann man mit der Wahl von nachhaltiger Energie die Wertschöpfung von Erdöl exportierenden Ländern zumindest teilweise nach Europa lenken und dadurch regionale Gewerke und Politik stärken.

Es gibt heute eine Vielzahl von Möglichkeiten erneuerbare Energien im privaten Wohnbau zu nutzen, wobei Wärmeenergie im Wohnbau, welche vorher nicht verloren geht, hinterher nicht aufwendig durch Heizen wieder zugeführt werden müsste.

Hat man die Pioniere in den 1970er Jahren, die sich mit einfachsten Installationsmaterialien bereits erste thermische Solaranlagen gebaut haben, noch als Spinner und Möchtegern-Weltverbesserern abgetan, gibt es seit langem industriell erzeugte Module deren Sinnhaftigkeit nicht mehr angezweifelt werden kann. Die Klimaerwärmung mit ihren Auswirkungen ist uns durch ihre ständige Medienpräsenz näher ins Bewusstsein gerückt als sie je zuvor war und nach den weltweit immer häufiger auftretenden Rekordtemperaturen, sowohl im Mittel als auch Absolut, nicht mehr wegzuleugnen, obwohl es einige teils sogar sehr mächtige, demokratisch gewählte Individuen dennoch versuchen.

## 1.1 Problemstellung

Die Verwendung erneuerbarer Energiequellen bei privaten Neubauten für Wohnzwecke sind Stand der Technik und werden von den jeweiligen Gesetzgebern teilweise vorgeschrieben. Bei richtiger Dimensionierung und Einsatz von erneuerbaren Energiequellen steht auch deren Wirtschaftlichkeit außer Frage. Bei vorhandenen Altbauten ist der Einbau oft wesentlich kostenintensiver, da die vorhandene Bausubstanz oft nicht den Anforderungen entspricht. Es bedarf einer genaueren

---

<sup>3</sup>Vgl. <https://www.erneuerbare-energie.at/energie-uebersicht>, abgerufen am 04.01.2020

Prüfung ob und unter welchen Voraussetzungen eine Umrüstung wirtschaftlich Sinn macht. Es ist in den nächsten Jahren mit Vorgaben zu rechnen die auch den privaten Hausbesitzer zwingen werden gewisse Umstellungen im Energiesektor vorzunehmen.

Der Tausch eines Heizölkessels in einem städtischen Altbau der 1970er Jahre wäre durch eine moderne Holzheizung wegen der ausgeglichenen Klimabilanz zwar ökologisch zwar besser (vorausgesetzt einer nachhaltigen Forstwirtschaft), in Anbetracht des benötigten Volumens und des damit verbundenen Aufwandes der Einbringung aber nicht praktikabel:

Bei einem Heizwert von 11,8 kWh/Liter bei Heizöl EL und durchschnittlich 1700 kWh für einen Raummeter Brennholz ergäbe sich folgender Lagerraumvergleich:

Um den Heizwert für 4000 Liter Heizöl EL zu erreichen, würde die selbe Menge an Brennholz ein Volumen  $V$  von

$$V = 4000 * 11,8 / 1700 = 27,7 \text{ Rm}$$

also nahezu das 7 fache Volumen benötigen, welches während einer Heizperiode eingebracht und der Verbrennung zugeführt werden müsste und das mit menschlicher Muskelkraft.

Die Verwendung von Hackgut würde das Problem der vollautomatischen Einbringung lösen, aber das benötigte Lagervolumen nicht wesentlich verkleinern.

Holzpellets kämen bei einem Heizwert von 2700kWh/m<sup>3</sup> immer noch auf ein Volumen:

$$\text{Volumen} = 4000 * 11,8 / 2700 = 17,5 \text{ Rm}$$

Im ländlichen Raum wo Baugrund wesentlich günstiger ist als in Ballungsräumen und Biomasse lokal verfügbar, kann die Heizung mit Biomasse aus Hackschnitzel die beste Wahl sein. Wegen der wesentlich niedrigeren Grundstückspreise kann der benötigte Platz auch günstiger bereitgestellt werden.

Dieses sehr einfache Beispiel zeigt, dass für einen sinnvollen Einsatz erneuerbarer Energie nach heutigem Stand der Technik, bei Altbauten eine umfassende thermische Sanierung vorteilhaft, wenn nicht sogar notwendig sein wird. Damit könnte der Heizwärmebedarf und mit ihm auch der benötigte Lagerraum des Brennstoffes gesenkt und somit eine praktikable Lösung erzielt werden.

## 1.2 Das Ziel der Arbeit

Es soll untersucht werden, ob und inwieweit erneuerbare Energiequellen in Bestandsgebäuden wirtschaftlich eingesetzt werden können und ob durch Kombination verschiedener Quellen bei unterschiedlichen Zukunftsszenarien die Gesamteffizienz gegenüber Einzelnutzung erhöht werden kann. Es soll geprüft werden ob auch bei bestehenden Altbauten deren Einsatz wirtschaftlich umgesetzt werden kann, bzw. Bedingungen aufzeigen unter denen es möglich wäre.

Konkret soll für ein vorhandenes Zweifamilienhaus im Süden von Graz Empfehlungen erarbeitet werden, wie eine sinnvolle Kombination aussehen kann bzw. geprüft werden ob und unter welchen Voraussetzungen eine Investition in ein ökologisches Heizsystem, Kosteneinsparung gegenüber dem jetzigen Zustand bringt.

Des Weiteren soll aufgezeigt werden ob Änderungen der Lebensumstände, des eigenen Verhaltens und Preisentwicklungen am Energiesektor wesentlichen Einfluss auf die ermittelten Ergebnisse haben können.

Die technische Lebensdauer des aktuellen Heizsystems war zu Beginn dieser Diplomarbeit mit 15 Jahren noch nicht erschöpft, jedoch war anzunehmen, dass das letzte Viertel bereits begonnen hat und die Restnutzungsdauer mittelfristig abgeschlossen wäre.

Im Jahr 2019 war es dann doch überraschend als der zuständige Rauchfangkehrermeister, als feuerpolizeilicher Sachverständiger festgestellt hat, dass Wasser in den Brennraum des Ölheizungskessels eindringt und die fristlose Behebung des Mangels angeordnet hat. Die Umsetzung wird im Kapitel 4 näher beschrieben.

---

### 1.3 Methodisches Vorgehen

Zuerst wird ermittelt wo im privaten Bereich Energie in welcher Menge verwendet wird. Mit dieser Basisinformation sollen die Potentiale sichtbar gemacht werden bei denen Einsparungen möglich sind und Maßnahmen aufgezeigt um hier Verbesserungen erreichen zu können.

In weiterer Folge werden unterschiedlichste erneuerbare Energiequellen betrachtet, auf Ihre Tauglichkeit im privaten Wohnbau untersucht und eine sinnhafte bzw. wirtschaftliche Anwendbarkeit auf das betroffene Objekt geprüft.

Hierzu wird der technische Ist-Zustand beschrieben und verschiedene Arten erneuerbarer Energiequellen auf deren Einsatztauglichkeit untersucht. Für die weitere Betrachtungsweise werden nur, für die in der Arbeit untersuchten Liegenschaft, geeignete Energiequellen herangezogen.

Besonderes Augenmerk wird auf die Bereiche gelegt, welche die größten Energiekosten verursachen. Hier wird die monetäre Bewertung der einzelnen Systeme mit dem Ansatz des „Total Cost of Ownership“, einem ganzheitlichen Ansatz, der nicht nur die reinen Anschaffungskosten berücksichtigt sondern alle Kosten und Erlöse über den gesamten Lebenszyklus betrachtet, durchgeführt.

Anschließend werden die möglichen Kombinationen mit unterschiedlich prognostizierten Zukunftsszenarien betrachtet und es sollen unter Anwendung von Entscheidungstheorien Empfehlungen erarbeitet werden.

Staatliche Förderungen sind an Bedingungen geknüpft, die bei Bestandsgebäuden nicht immer erfüllt werden können, dennoch sollen mögliche Förderungen, sofern sinnvoll in die Bewertungen einfließen.

Es sollen auch Lebensgewohnheiten, sowie der Einfluss von unterschiedlichen Verhaltensweisen auf das Ergebnis mit einbezogen werden.

Am Ende wird für verschiedene Zukunfts- und Verhaltensszenarien eine Empfehlung ausgesprochen.

## 2 Energie im privaten Bereich

Der Energieverbrauch im privaten Bereich hängt sehr von der jeweiligen Wohn- und Lebenssituation ab. Angefangen von der Deckung der Grundbedürfnisse wie Heizung und Warmwasserbereitung, bis hin zu Mobilität und diversen Lifestyle Anschaffungen wie z.B. eine Sauna, können die großen Energieverbraucher auch sehr stark variieren. Zur Deckung des Energiebedarfes gibt es wiederum unterschiedliche Energiequellen, die in unterschiedlichen Mengen eingesetzt werden. Es wird daher zuerst untersucht wo die größten Energieverbraucher in den Haushalten liegen.

### 2.1 Energiekostenträger in privaten Haushalten

#### 2.1.1 Energie zur Deckung des Wohnbedarfes

Die mit Abstand größten Energiekostenträger eines durchschnittlichen europäischen Haushaltes sind Heizung und Warmwasserbereitung.

EINSATZ ALLER ENERGIETRÄGER NACH VERWENDUNGSZWECKEN (GJ)  
Ergebnisse für Österreich

ENERGIETRÄGER	2017/2018				
	Summe	Raumheizung	Warmwasser	Kochen	Sonstiges
Steinkohle	313.271	293.316	19.676	279	-
Braunkohle	12.008	12.008	-	-	-
Braunkohlenbriketts	303.785	290.715	12.350	720	-
Koks	278.657	251.965	26.618	75	-
Holz	54.570.942	48.657.938	5.547.812	365.192	-
Pellets, Holzbriketts	7.250.238	6.145.983	1.099.136	5.119	-
davon Pellets	6.206.988	5.168.101	1.037.036	1.851	-
davon Holzbriketts	1.043.250	977.882	62.100	3.269	-
Hackschnitzel	6.847.228	5.937.082	910.145	-	-
Heizöl	40.262.468	35.277.877	4.984.591	-	-
Flüssiggas	1.268.425	1.084.225	164.887	19.314	-
Erdgas	64.327.520	56.440.046	7.554.306	333.168	-
Fernwärme+HZH (ET=UB)	35.218.153	29.091.188	6.126.965	-	-
Strom	63.363.963	9.388.800	10.472.727	6.482.068	37.020.367
Solarwärme	4.695.224	1.341.809	3.353.414	-	-
Wärmepumpe	7.278.300	5.727.549	1.550.751	-	-
<b>Summe</b>	<b>285.990.181</b>	<b>199.940.500</b>	<b>41.823.379</b>	<b>7.205.935</b>	<b>37.020.367</b>

Q: STATISTIK AUSTRIA, Energiestatistik: MZ Energieeinsatz der Haushalte - 2017/2018. Erstellt am 11.06.2019.

Abbildung 1: Energieträger nach Verwendung\*)

\*)Quelle und Darstellung: Statistik Austria<sup>4</sup>

Das größte Potential zur Senkung der Energiekosten erreicht man wenn bei den Energiekostenträgern ansetzt, die den wertmäßig höchsten Anteil aufweisen. Das sind in der Regel, sofern man nicht gerade ein Nullenergiehaus sein Eigen nennt,

<sup>4</sup>[file:///C:/Users/User/Downloads/einsatz\\_aller\\_energietraeger\\_in\\_allen\\_haushalten\\_nach\\_verwendungszwecken\\_2%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/einsatz_aller_energietraeger_in_allen_haushalten_nach_verwendungszwecken_2%20(3).pdf) abgerufen am 09.01.2021 23:12

die Kosten für das Heizen des Gebäudes im Winter und der Übergangszeit, gefolgt von der Warmwasserbereitung für Bad und Dusche. Das Kochen liegt schon weit abgeschlagen und wird in Liegenschaften, in denen regelmäßig eine elektrische Sauna betreiben wird, wahrscheinlich von dieser verdrängt.

Der Gebäudeheizung mit Warmwasserbereitung als größte absolute Energieverbraucher wird daher besonderes Augenmerk geschenkt:

Nachstehend ein Heizkostenvergleich unterschiedlicher Energieträger gemäß Österreichische Energieagentur:

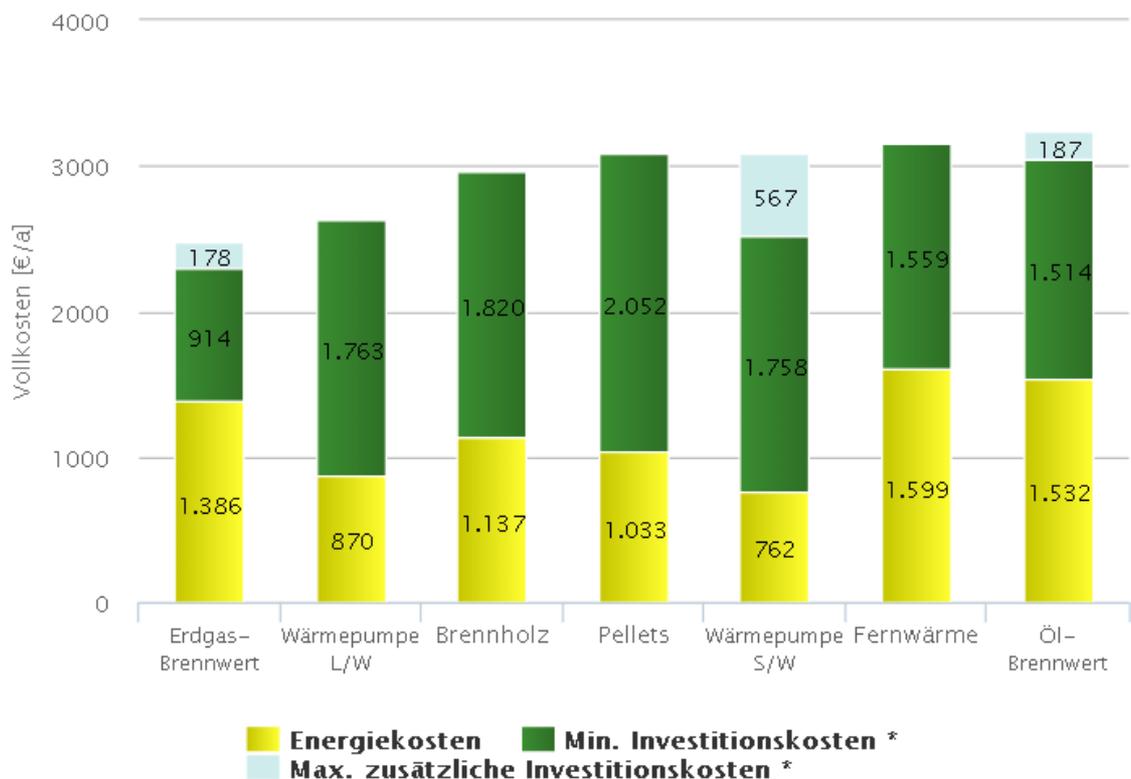


Abbildung 2: Heizkostenvergleich unterschiedlicher Energieträger

Quelle und Darstellung : Energyagency <sup>5</sup>

<sup>5</sup><https://www.energyagency.at/fakten-service/heizkosten/thermisch-saniertes-gebaeude.html> abgerufen am 30.03.2020 19.00

## 2.1.2 Energieverbrauch zur Deckung der Mobilität

Ein Teil des privaten Energieverbrauches wird durch die Benutzung von KFZ verursacht. Für Pendler die nahezu täglich mit einem KFZ zur Arbeit und wieder nach Hause pendeln, können die Treibstoffe die für da KFZ aufgewendet werden, zumindest was den Energiegehalt angeht, ganz schnell zur größten Posten des Energieverbrauches werden. Die selbe Energiemenge zu Hause bei seinem Stromlieferanten zu bezahlen würde viele Autofahrer zu Nutzern öffentlicher Verkehrsmittel mutieren lassen. Warum dann Elektromobilität überhaupt eine Alternative zu Verbrennungsmotoren ist, obwohl das doch die teuerste privat verfügbare Energie ist, liegt daran dass der Verbrennungsmotor mit Antriebsstrang nur einen sehr geringen Teil der im Treibstoff enthaltenen Energie in mechanische Bewegungsenergie umsetzen kann. Der Elektromotor schafft hier meist weit über 90% der im Akku gespeicherten Energie und beim Bremsen wird die kinetische Energie teilweise wieder in elektrische umwandelt und in die Batterie zurückgespeist, während bei der Verbrennungstechnologie die kinetische Energie des fahrenden Autos durch Reibung in den Bremsen einfach in Wärme umgewandelt wird und verloren geht.

Energieeinsatz der Haushalte (Mikrozensus 2017/2018) - Fahrleistungen, Treibstoffeinsatz und Energieverbrauch privater Pkw  
Ergebnisse für Österreich

Verwendeter Treibstoff	Anzahl Pkw	gefahrte Kilometer	Treibstoffverbrauch			Energieverbrauch			Durchschn. Jahreskilometer pro Pkw
			Insgesamt	pro Pkw	pro 100 km	Insgesamt	pro Pkw	pro 100 km	
			in Liter/kWh/kg <sup>1)</sup>			in kWh			
<b>Erster Pkw</b>									
Benzin <sup>2)</sup>	1.038.504	11.985.911.240	835.657.790	805	7,0	7.335.218.379	7.063	61,2	11.542
Diesel <sup>2)</sup>	1.598.492	24.833.338.538	1.633.946.546	1.022	6,6	16.257.768.133	10.171	65,5	15.535
Elektrischer Strom <sup>3)</sup>	2.001	33.098.579	5.247.851	2.623	15,9	5.247.851	2.623	15,9	16.541
Erdgas <sup>3)</sup>	2.770	43.903.009	2.061.633	744	4,7	28.175.651	10.172	64,2	15.849
<b>Zusammen</b>	<b>2.641.767</b>	<b>36.896.251.366</b>				<b>23.989.238.650</b>	<b>9.081</b>	<b>65,0</b>	<b>13.967</b>
<b>Zweit- und weitere Pkw</b>									
Benzin <sup>2)</sup>	888.214	5.790.524.862	416.797.088	469	7,2	3.658.552.217	4.119	63,2	6.519
Diesel <sup>2)</sup>	669.715	5.544.074.989	363.450.419	543	6,6	3.618.331.669	5.400	65,2	8.278
Elektrischer Strom <sup>3)</sup>	3.097	24.243.612	3.727.864	1.204	15,4	3.727.864	1.204	15,4	7.828
Erdgas <sup>3)</sup>	708	5.245.527	276.827	391	5,3	3.783.302	5.344	72,1	7.409
<b>Zusammen</b>	<b>1.561.734</b>	<b>11.364.088.990</b>				<b>7.294.543.522</b>	<b>4.671</b>	<b>64,2</b>	<b>7.277</b>
<b>Insgesamt</b>									
Benzin	1.926.718	17.776.436.102	1.252.454.878	650	7,0	10.993.770.596	5.706	61,8	9.226
Diesel	2.268.207	30.377.413.527	1.997.396.965	881	6,6	19.874.099.802	8.762	65,4	13.393
Elektrischer Strom	5.098	57.342.191	8.975.715	1.761	15,7	8.975.715	1.761	15,7	11.248
Erdgas	3.478	49.148.536	2.338.460	672	4,8	31.958.953	9.189	65,0	14.131
<b>Zusammen</b>	<b>4.203.501</b>	<b>48.260.340.356</b>				<b>31.283.782.172</b>	<b>7.442</b>	<b>64,8</b>	<b>11.481</b>

Q. STATISTIK AUSTRIA, Energiestatistik: Mikrozensus Energieeinsatz der Haushalte 2017/2018 Erstellt am 15.09.2019. – 1) Benzin und Diesel in Liter, elektrischer Strom in kWh, Erdgas in kg. – 2) inkl. beigemischte Biotreibstoffe. – 3) Gebundene Hochrechnung der Elektro- und Erdgasfahrzeuge auf in Österreich angemeldete Privat-PKW auf Österreicherbene und anteilige Aufteilung auf die Bundesländer anhand der KFZ-Bestandsstatistik.

Abbildung 3: Energieeinsatz privater PKW in Österreich

Quelle Statistik Austria<sup>6)</sup>

Durch das immer größer werdende Angebot an Elektrofahrzeugen, könnte man überlegen ob der Einsatz eines solchen Fahrzeuges sinnvoll ist. Die heute üblichen Treibstoffe für Kraftfahrzeuge, beruhen in Europa immer noch zum Großteil

<sup>6)</sup> [file:///C:/Users/User/Downloads/fahrleistungen\\_und\\_treibstoffeinsatz\\_privater\\_pkw\\_nach\\_bundeslaender\\_2000\\_.pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/fahrleistungen_und_treibstoffeinsatz_privater_pkw_nach_bundeslaender_2000_.pdf) abgerufen am 09.01.2021 22:30

auf Erdölbasis und belasten durch deren Verbrennung die Umwelt. Hier auf Elektroenergie umzustellen, kann eine Linderung sein, wobei festzustellen ist, dass es nicht möglich ist zu unterscheiden ob der elektrische Strom den man zur Batterie-ladung verwendet aus einem kalorischen oder Atomkraftwerk stammt, gerade wenn man zu Spitzenzeiten sein Fahrzeug lädt ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass zu Spitzenlastabdeckung gerade kalorische Kraftwerke hochgefahren werden und damit dieser Teil der Energie auf nicht erneuerbarer Energieträger beruht. Auch wenn Österreich einen großen Teil seines Strombedarfes aus Wasserkraft deckt hängen wir am europäischen Netz und werden auch von diesem versorgt.

Denkbar wäre, durch selbst erzeugten Strom mittels PV Anlage, den Eigenverbrauchsanteil zu steigern und damit einerseits die Anlage rentabler macht, und andererseits auch die Energiekosten zur Deckung des Mobilitätsbedürfnis senkt.

### **2.1.3 Kühlen in der warmen Jahreszeit**

Da die Anzahl der Hitzetage in Mitteleuropa stetig steigt und auch die Maximalwerte immer höher werden, wird das Kühlen von Wohnräumen immer öfter nötig und der damit verbundene Energieverbrauch auch immer größer.

Da der Kühlbedarf in den Sommermonaten am größten ist wo auch die Sonneneinstrahlung am stärksten, wäre ein guter Ansatz eine erforderliche Kühlung mit einem System das aus Sonnenkraft betrieben wird zu realisieren, also mit der selben Energie die das Kühlen erst erforderlich macht. So eine Phasengleichheit zwischen Energiebedarf und Angebot ist in vielen anderen Fällen leider nicht gegeben.

### **2.1.4 Freizeit- und Lifestyle Produkte mit hohem Energieverbrauch**

Je nach persönlichen Geschmack und Bedürfnissen halten in privaten Haushalten immer mehr sogenannte Wellness Einrichtungen Einzug wie z.B.:

Infrarotkabinen, Saunaofen, Jacuzzis, Schwimmbäder. Das Aufheizen und auf Temperatur halten ist oft mit hohem Energieverbrauch verbunden.

Sofern so eine Einrichtung vorhanden oder geplant ist soll diese unbedingt in die Gesamtbetrachtung für den Energieverbrauch miteinbezogen werden, auch wenn viele staatliche Förderbedingungen die Mitversorgung solcher Gerätschaften oft dezidiert ausschließen.

## 2.2 Erneuerbare Energie im privaten Wohnbau

### 2.2.1 Solarenergie

„(...) Die Sonne mit einer mittleren Oberflächentemperatur von  $5700^{\circ}\text{C}$  schafft eine Strahlungsleistung von  $61500\text{ kW/m}^2$ . Auf der Erdoberfläche stehen davon in einem normalen Winkel zur Einstrahlrichtung  $1368\text{ W/m}^2$  - dieser Wert wird auch als mittlere Solarkonstante bezeichnet, zur Verfügung. Beim Durchdringen der Atmosphäre kommt es zu einer Abschwächung, welche vom Durchdringungswinkel der Atmosphäre und der Länge des zurückgelegten Weges abhängt, also von Jahres- und Tageszeit sowie der Seehöhe des betrachteten Ortes.“<sup>7</sup> Für den zu erwartenden Ertrag ist daher die genaue geografische Lage, Seehöhe und örtliche Gegebenheiten wie Geländeneigung und Richtung von Bedeutung. Bei gleicher geografischer Lage ist der solare Ertrag im Winter bei südlicher Hangneigung um 10 bis 30% höher als bei nördlicher.“<sup>8</sup>

„(...)Der auf der Erdoberfläche zur Verfügung stehende nutzbare Strahlungsanteil wird in Direkt- und diffuse Strahlung eingeteilt. Die Direktstrahlung ist jener Teil der auf direktem Weg die Erdoberfläche erreicht und die Diffusstrahlung jener der nach Auftreffen auf reflektierende Oberflächen auf indirektem Weg auftritt. Die Summe der beiden wird als Globalstrahlung bezeichnet.“<sup>9</sup>

#### 2.2.1.1 Thermische Solaranlage

Die Nutzung von Sonnenenergie mit thermischen Solaranlagen begann in Österreich in den 1970er Jahre und ist hier zu Beginn der 1980er Jahre im Durchschnitt jährlich um 14% gewachsen. Bis 1994 waren es ausschließlich Anlagen zur Warmwasserbereitung in Einfamilienhäusern. Die ersten teilsolaren Raumheizungen wurden ab 1995 montiert und 1998 wurden die ersten thermischen Solaranlagen zur Unterstützung der Raumheizung in Mehrfamilienhäusern errichtet.<sup>10</sup>

Die thermischen Solaranlagen nutzen sowohl die diffuse als auch die direkte verfügbare Strahlung.

Speichermedien für thermische Solaranlage, sind Pufferspeicher (Wasser dient als Speichermedium) und Bauteilaktivierung (Massive Teile des Gebäudes speichern Wärme).

---

<sup>7</sup> A. Podesser, Klimaatlas Steiermark, Kapitel 1 Strahlung, ZAMG, Wien 2010

<sup>8</sup> Fink A. Purkarthofer G, Weiss W, Tagungsband solare Raumheizung, AAE, Gleisdorf 2001, <https://www.aee-intec.at/Uploads/dateien28.pdf> abgerufen am 26.12.2020 12:00 Uhr

<sup>9</sup> Vgl. Watter H. Regenerative Energiesysteme, Wiesbaden 2019, S.10 ff

<sup>10</sup> Fink A. Purkarthofer G, Weiss W, Tagungsband solare Raumheizung, AAE, Gleisdorf 2001, <https://www.aee-intec.at/Uploads/dateien28.pdf> abgerufen am 26.12.2020, 12:00 Uhr

---

### **2.2.1.2 Photovoltaik**

Unter Photovoltaik versteht man die direkte Umwandlung der Strahlungsenergie der Sonne in elektrische Energie mittels Solarzellen.<sup>11</sup>

Der mittels Solarzellen erzeugte Strom kann entweder direkt verbraucht (unmittelbar), in das öffentliche Stromnetz eingespeist oder in einem Akku Pack (Batterie) als chemische Energie zwischengespeichert und bei Bedarf wieder von diesem entnommen werden.

Speichermedien: Es gibt heute bereits eine Vielzahl unterschiedlicher Batterietechnologien wie z.B. Blei Akkus, auf Lithium Ionen basierte Akkus, Redox-Flow Batterien, Feststoffbatterien etc. Gerade bei den Batteriespeichersystemen wird derzeit weltweit mit Nachdruck geforscht, Treiber ist vor allem die Automobilindustrie die taugliche Systeme für die Serienproduktion sucht, um einerseits die Reichweiten der Fahrzeuge zu steigern und andererseits die Kosten zu senken. Die PV Industrie kann von den Ergebnissen nur profitieren, da der Mangel an kostengünstigen Speichern derzeit noch ein Problem darstellt.

### **2.2.2 Biomasseheizungen**

„(...)Biomasse ist die als chemische Energie gespeicherte Strahlungsenergie der Sonne. Unter diesem Begriff werden sämtliche Stoffe organischer Herkunft zusammengefasst die durch Photosynthese umgewandelt werden. Ein großer Vorteil der Biomasse ist, dass Entstehung und Verwendung zeitlich entkoppelt sind.“<sup>12</sup>

#### **2.2.2.1 Hackschnitzelheizanlage**

Hackgut wird aus Biomasse aus der näheren Umgebung erzeugt und bezogen, in einen Lagerraum eingebracht und über eine Raumaustragung, z.B. Rührwerk mit Förderschnecke dem Brennkessel zugeführt. Der Verbrennungsvorgang mit der Ausbringung des Hackgutes aus dem Lagerraum erfolgt weitgehend automatisch. Es fällt reine Holzasche an, die kompostiert werden kann. Die Aschelade muss jedoch des öfteren je Heizsaison entleert und die Asche entsorgt werden.

Es ist, wie bei allen Feuerungsanlagen, eine regelmäßige Reinigung der Anlage und des Schornsteins durch den Rauchfangkehrer notwendig. Durch die automatisierte Raumaustragung, Zufuhr-Mechanismen und Reinigungsvorrichtungen, sind sehr viele unterschiedliche elektromechanische Teile in Betrieb die einerseits den Wartungsaufwand erhöhen und auch nicht unwesentlich elektrische Energie verbrauchen. Wer nur den Energiegehalt des Brennstoffes und die Anschaffungskosten in einen Vergleich miteinbezieht macht keine ganzheitliche Betrachtung.

---

<sup>11</sup>Vgl. Schabbach, Wesselak, Energie- Den erneuerbaren gehört die Zukunft, Berlin/Heidelberg 2020 S.83ff

<sup>12</sup>Vgl. Schabbach, Wesselak, Energie- Den erneuerbaren gehört die Zukunft, Berlin/Heidelberg 2020 S.5

Durch die sehr unterschiedlichen möglichen Rohstoffe die zur Hackgutserzeugung verwendet werden besteht die Möglichkeit, dass unterschiedliche Qualitäten des Brennstoffes geliefert werden.

Die Feinstaubemissionen sind laut Erzeuger der Heizungen sehr gering, doch wie wird sich die gesetzliche Situation entwickeln, werden Staubabscheider, wie bei mittleren und Großanlagen üblich, nachträglich vorgeschrieben?

### **2.2.2.2 Pelletskessel**

Vom Prinzip her ist funktioniert ein Pelletskessel wie eine Hackgutanlage, nur wird der Brennstoff industriell aufbereitet. Durch Pressung der Biomasse wird die Energiedichte erhöht. Das Lagerraumvolumen sinkt wesentlich gegenüber von Hackgutanlagen.

Der Ascheanteil ist geringer, ein Entleeren der Aschelade ist nur noch wenige Male je Heizperiode notwendig.

Durch die industrielle Erzeugung ist es wesentlich einfacher Brennmaterial mit gleichbleibende Eigenschaften zu bekommen und durch Normung festzulegen. Durch die einheitliche Form werden die Systeme für die Raumaustragung einfacher.

Anstelle von Holzpellets können auch Energieweizen oder andere aus landwirtschaftlichen Betrieben erzeugte Rohstoffe verbrannt werden. Ein Nachteil dieser Variante ist dass das zur Erzeugung benötigte Ackerland dann für die Nahrungsmittelproduktion nicht mehr zur Verfügung steht bzw. sich hier eine Konkurrenzsituation zur Nahrungsmittelproduktion ergeben kann.

### **2.2.2.3 Stückholzheizung mit Holzvergaser Technologie**

Moderne Stückholzheizungen basieren auf Holzvergaser Technologie.

„(vgl...)Bei dieser Technologie findet in einer Brennkammer die Holzvergasung statt, hier wird der Brennstoff zuerst getrocknet, die enthaltene Feuchtigkeit reduziert und das austretende Holzgas vor verbrannt. Die Hauptverbrennung erfolgt zusammen mit der Nachverbrennung der schwer entzündlichen Bestandteile des Holzgases bei Temperaturen um die 1100° C.“<sup>13</sup>

### **2.2.2.4 Biogasanlage**

Für landwirtschaftliche Anwesen möglich, jedoch bei derzeitigem Energiepreisniveau nicht rentabel bzw. nur mit Einberechnung von Förderungen möglich. Bei Wegfall der Förderungen sind die Anlagen meist nicht rentabel zu betreiben.

---

<sup>13</sup>Vgl. <https://www.ofen.de/wissenscenter/infotehk/heizanlagen/wie-funktioniert-ein-holzvergaserkessel>, abgerufen am 20.05.2020 18:34

### **2.2.2.5 Pflanzenölbrenner**

Das Prinzip ist, dass man herkömmliche Ölbrenner leicht modifiziert an Pflanzenölbetrieb anpasst. Vorteil sehr hohe Energiedichte, ähnlich wie Heizöl auf Erdölbasis, man kann auch die über Jahrzehnte ausgereifte Technik für Heizölanlagen mit leichten Modifikationen übernehmen. Ein Nachteil, wie bei Energieweizen, der Brennstoff steht in Konkurrenz zu Nahrungsmittelproduktion und alle heute günstig erzeugten Pflanzen-Öle und Fette werden in riesigen Monokulturen angebaut, in sehr vielen Fällen wird Urwald gerodet um entsprechend große Flächen für die Plantagen zu erhalten. Es wird auch an synthetischen Brennstoffen geforscht, welche auf erneuerbaren Energien beruht.<sup>14</sup>

## **2.2.3 Geothermie**

### **2.2.3.1 Tiefe Geothermie**

Die Tiefe Geothermie wird mit Bohrlöchern von bis zu 5000m Tiefe erschlossen.<sup>15</sup> Durch den Aufwand um in solche Tiefen vorzustoßen, sind diese Energiequellen Großanlagen vorbehalten. Es gibt in einem Radius von 50 km um Graz eine Vielzahl von Thermalbädern die solche „Tiefe Geothermie“ nutzen. Interessant ist auch das Projekt „Thermal Gemüeswelt“ der steirischen Firma Frutura welche Glashäuser mit einer Gesamtfläche von 230000m<sup>2</sup> (im Endausbau) durch Thermalwasser beheizt und somit in der Steiermark Fruchtgemüse durchgehend auch im Winter geerntet werden kann. Das Wasser hat beim Austritt an der Oberfläche eine Temperatur von 125° C, wird über einen Wärmetauscher abgekühlt und anschließend in einem zweiten Bohrloch dem Erdinneren wieder rückgeführt.<sup>16</sup>

Tiefenbohrungen werden auch in wesentlich geringeren Tiefen mit Sole-Kreisen und Wärmepumpen verwendet. Die Bohrungen selbst sind relativ teuer und auch behördlich genehmigungspflichtig. Sie kommen aber dort zu Einsatz wo nicht ausreichend Fläche für einen Erdkollektor besteht und keine andere geeignete Wärmequelle vorhanden ist.

### **2.2.3.2 Oberflächennahe Geothermie**

Erdwärmepumpen: Sole/Wasser Systeme

---

<sup>14</sup>Vgl. <https://www.global2000.at/sites/global/files/Factsheet-GrueneOelheizung-2019-clean.pdf> abgerufen am 14.01.2021 22:00

<sup>15</sup>Vgl. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/geothermie#tiefe-geothermie> abgerufen am 06.06.2020 17:20

<sup>16</sup>Quelle: <http://frutura.com/thermal-gemuesewelt/>

Flächensystem: Die Wärmequelle ist das Erdreich welches das Gebäude umschließt. Es wird ein in sich geschlossenes Rohrsystem im Erdreich verlegt. Die in diesem Rohrsystem zirkulierende Wärmeträgerflüssigkeit wird vom wärmeren Erdreich erwärmt und über die Wärmepumpe wieder abgekühlt. Durch den geschlossenen Rohrkreislauf durch die Wärmequelle muss nur die Rohrreibung überwunden werden um die Flüssigkeit am Zirkulieren zu halten. Der zusätzliche Strombedarf solcher Heizungs- Zirkulationspumpen ist sehr gering, da es hier in den letzten Jahren zu massiven Verbesserungen in der Technologie gekommen ist (ErP Richtlinie). Ein Nachteil ist der große Bedarf an Grundstücksfläche, welcher nach Verlegung der Rohre auch nur mehr eingeschränkt genutzt werden kann. Bei verdichtetem Flachbau ist dies kaum möglich. Ein weiterer Nachteil ist, dass durch die stetige Wärmeentziehung des Bodens sich dieser abkühlt und bis zum Ende der Heizsaison immer kühler werdende Soletemperatur liefert. Ein Umstand der die Arbeitszahl der Wärmepumpe schlechter werden lässt. Die Variante des Ringgrabenkollektor<sup>17</sup> verringert den Flächenbedarf etwas. Durch spiralförmige Verlegung der Kollektorrohre z.B. längs der Grundstücksgrenze erreicht man mit flächenmäßig weniger Grabungen die selbe Einzugsfläche, da sich diese beidseits des Grabens erweitert.

Grundwasserwärmepumpe: Grundwasser hat über das Jahr gesehen eine recht konstante Temperatur, bei ausreichend Abstand zwischen Entnahme und Schluckbrunnen kommt es zu keinem thermischen Kurzschluss, d.h. es steht immer frisches Grundwasser, in der zur Jahreszeit vorhandenen Temperatur zur Verfügung und man muss nicht wie bei Erdkollektoren durch stetige Abkühlung der Wärmequellen sinkende Arbeitszahlen hinnehmen.

Vorteile: Höchster erreichbarer COP Wert (Arbeitszahl) bei Wärmepumpen. Die Temperatur des Grundwassers ist antizyklisch mit der durchschnittlichen Lufttemperatur der aktuellen Jahreszeit. Das Grundwasser im Grazer Feld hat Ende November mit 15° C die höchste Temperatur und erst Ende Mai, wo die Heizsaison bereits wieder zu Ende geht, mit etwa 12° C die tiefste Temperatur. In den Monaten mit dem größten Heizenergiebedarf (Dezember bis Februar) hat die Wärmequelle nahezu die höchste Temperatur was sich sehr positiv auf die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe auswirkt.

Nachteil: Für die Nutzung des Grundwassers als Wärmequelle ist eine wasserrechtliche Bewilligung der Behörden erforderlich. Für die Förderung des Wassers und Rückführung in den Boden sind zwei getrennte Brunnen notwendig was sich auf die Errichtungskosten niederschlägt. Der Energiebedarf der Grundwasserförderpumpe geht zu Lasten der Arbeitszahl der Gesamtanlage. Im Gegensatz zu Heizungspumpen gibt es am Markt für diesen Leistungsbereich keine Brunnenpumpen, welche einen guten Gesamtwirkungsgrad aufweisen bzw. sind die Wirkungsgrade wesentlich niedriger als bei den Heizungspumpen die bei Sole Kollektoren verwendet werden können.

#### -Luft/Wasser Wärmepumpen

Egal ob man Wärmepumpen, welche Außenluft als Energieträger verwenden, zur Heizung im Winter oder Kühlung im Sommer verwendet, gibt es bei dieser Varian-

---

<sup>17</sup>Vgl. <https://www.ringgrabenkollektor.com> abgerufen am 10.01.2021 10:00

te immer beim größten Energiebedarf die schlechtesten Voraussetzungen. Ist es im Sommer sehr heiß, muss die heiße Luft noch weiter erwärmt werden und ist es im Winter sehr kalt, die kalte Luft noch stärker abgekühlt werden um die benötigte Energie der Luft zu entziehen. Die Arbeitszahl wird sich entsprechend verschlechtern.

#### **2.2.4 Windkraftwerke**

Kleinwindkraftanlagen können in exponierten Lagen zur Streuung des Energieeintrages und damit zur Erhöhung der Versorgungssicherheit interessant sein. In den meisten Fällen wird für Ein- und Zweifamilienhäuser Wind keine Rolle spielen, da um wenige kW Leistung zu erhalten schon große Rotordurchmesser gebaut werden müssen. In Bodennähe sind auch die Windgeschwindigkeiten nicht so hoch und eine laminare Windströmung durch Hindernisse gestört. Es müssten höhere Türme gebaut werden um die Bereiche mit günstigerem Windverhältnissen zu erreichen, die in Wohngebieten in der Regel nicht errichtet werden dürfen.

#### **2.2.5 Kleinwasserkraft**

Voraussetzung hierfür ist das Vorhandensein einer geeigneten Quelle mit ausreichender potentieller Energie. Es werden Gewässer, die entweder großen Durchfluss oder großen Höhenunterschied aufweisen, benötigt. In Wohngebieten ist beides typischerweise nicht gängig.

Es ist in jedem Fall eine wasserrechtliche Bewilligung einzuholen. Es ist mit umfangreichen Auflagen, die große Investitionssummen für kleine Leistungen notwendig machen, zu rechnen.

#### **2.2.6 Speicher**

##### **2.2.6.1 *Speichermedien bei Heizungsanwendungen***

Thermische Speicher kann man in sensible Speicher, latente Speicher oder thermochemische Speicher ausführen.<sup>18</sup>

- Pufferspeicher zur Pufferung der Vorlauftemperatur (latenter Speicher)

Anlagen zur Biomassenverbrennung haben im Teillastbetrieb oft einen schlechten Wirkungsgrad bzw. es besteht die Möglichkeit der Versottung wenn die Rauchgastemperatur nicht ausreichend hoch ist. Die Heizung wird daher vorzugsweise mit höherer Leistung betrieben und die Energie in einem Speicher gepuffert..

---

<sup>18</sup> vgl.: Fischer, Link, Schabbach, Wesselak. Handbuch Regenerative Energietechnik. Berlin 2017, S.739ff

- Pufferspeicher als Wärmequelle für eine Wärmepumpe

Nachteil: Wärmenergie kann nicht verlustfrei gespeichert werden, je höher die Temperaturdifferenz des Speicherinhaltes zur Umgebung, desto größer die Verluste durch auskühlen. Wegen der niedrigen Vorlauftemperatur einer Wärmepumpenheizung sind die hier Speicherverluste eines Heizungspuffers wesentlich geringer als beispielsweise bei einem Warmwasserspeicher.

- Eisspeicher: Nützt die frei werdende Kristallisationswärme beim Übergang des Aggregatzustandes von flüssig auf fest (Phasenwechsel). Die Wärmemenge die benötigt wird um Wasser in Eis umzuwandeln entspricht der selben Menge wie benötigt wird um Wasser von 0 auf 80° C zu erwärmen und kann somit leicht mit nachfolgender Formel überschlägig berechnet werden.

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

Q.....Wärmemenge in kJ

m.....Masse in kg

c.....spezifische Wärmekapazität in kJ/kg\*K

$\Delta T$ ....Temperaturdifferenz in K

Annahme für Überschlagsrechnung: Dichte Wasser = 1, d.h. 1 Liter Wasser entspricht 1 kg, c für Wasser = 4,19 kJ/kg\*K

$$Q = 1 * 4,19 * 80 = 335,2 \text{ kJ} = 335,2 \text{ kWs oder } 0,093 \text{ kWh je Liter Wasser.}$$

Bei einem Speichervolumen von 10m<sup>3</sup> würden bei völligen durchfrieren bzw. auftauen nur für den Phasenwechsel

$$10000 * 0,093 = 931,11 \text{ kWh benötigt bzw. freigesetzt was einer Heizölmenge von}$$

87 Liter Heizöl EL entspricht (931,11/10,7).

Wenn dieser Eisspeicher durch geeignete Wärmequellen ständig neu geladen wird, ergeben sich bezogen auf das Volumen sehr hohe Kapazitäten.

Als Wärmequelle für den Eisspeicher dient einerseits das umgebende Erdreich. Es können aber eine Vielzahl unterschiedlicher Wärmequellen zur Aufladung verwendet werden, z.B. thermische Solaranlage, Abwasser etc.

### **2.2.6.2 Energiespeicherung durch Energieumwandlung**

Windkraftwerke und Photovoltaikanlagen können nur dann arbeiten wenn die Primärenergie gerade auch vorhanden ist, also der Wind weht oder die Sonne scheint. Da man dies nicht beeinflussen kann, entstehen sehr oft überschüssige Energie die ein Ansteigen der Netzspannung verursachen, welches durch entsprechendes Netzmanagement verhindert werden muss. So werden Anlagenbetreiber gezwungen ihre Anlagen abzuschalten oder es sind Strafzahlungen zu berappen damit die Anlagen am Netz bleiben dürfen. Es ist daher naheliegend die Über-

schüsse durch Umwandlung in speicherbare Energie zu verbrauchen und bei Energiebedarf wieder in das Netz zu speisen. Bei einem Besuch des Pump-Speicherkraftwerkes Kaprun in Österreich 2019, wurde uns im Zuge einer Führung erzählt, dass immer dann auf Pumpbetrieb umgestellt wird, wenn im Netz zu viel Energie vorhanden ist, so dass diese kostenlos zur Verfügung gestellt wird oder sogar dafür bezahlt wird damit man die Energie abnimmt. Im privaten Bereich kommt man freilich nicht in den Genuss, von Gratisenergie aber die EVU's bieten auch den privaten Haushalten Sondertarife, die bei Bedarf zu oder abgeschaltet werden können. Ob es sich wirklich lohnt muss im Einzelfall geprüft werden, da für die sogenannten Doppeltarifzähler ein höhere Grundgebühr verrechnet wird, die den Vorteil des günstigeren Tarifes zumindest teilweise wieder kompensieren. Nach jeder Speicherung von Energie und anschließender Rückwandlung steht zwar nur noch ein Teil der ursprünglichen Energie zu Verfügung, diese ist aber nach Bedarf abrufbar und kann dann zur Deckung von Lastspitzen verwendet werden. Grundsätzlich geht bei jeder Umwandlung von Energie ein Teil als Verlustenergie verloren, und speichern ist mit wenig Ausnahmen nicht ohne Umwandlung möglich.

Beispiele für Speicher durch Energieumwandlungen sind:

- Pumpspeicherkraftwerk, hier wird elektrische Energie verwendet um Wasser in höhere Lagen zu pumpen und als „potentielle Energie“ zu speichern. Als Verluste sind natürliche Verdunstung und mögliche Leckagen wesentlich. Auch das Pumpen und wieder verstromen über Turbine-Generator Aggregat läuft nicht verlustfrei ab.
- Elektrische Heizpatrone in Brauchwasserspeicher: Hier wird elektrische Energie in thermische Energie umgewandelt. Da es keine absolute Wärmedämmung gibt, verliert jeder noch so gut gedämmte Warmwasserspeicher mit der Zeit an Temperatur und somit an Energiegehalt. Am wenigsten Verlust hätte man ohne Warmwasserspeicherung in dem das Warmwasser erst unmittelbar vor Gebrauch z.B. durch Durchlauferhitzer erwärmt. Die hohe elektrische Anschlussleistung und die Notwendigkeit einer verstärkten Elektroinstallation verhindern dass dies im Privatbereich stärker genutzt wird.
- Power to Gas Anlagen: Durch elektrische Energie wird durch chemische Verfahren ein brennbares Gas erzeugt, dass dann verlustfrei und einfach gespeichert werden kann. Bei Bedarf wird dieses Gas dann durch Verbrennung oder anderen chemischen Reaktionen über eine Aggregat wieder in elektrischer Energie umgewandelt. Das Vergasen und anschließende verstromen ist wiederum verlustbehaftet. Die Speicherung an sich ist verlustfrei sofern es nicht durch Leckagen im Speicher zu ungewollten Gasaustritt kommt.

- Luftdruckspeicher: Elektrische Energie wird über Kompressoren verdichtet und als Druckluft in Druckbehältern gespeichert. Vorausgesetzt das Behältersystem ist dicht, verläuft auch das Speichern ohne Verluste. Das komprimieren der Luft und Rückwandeln über Druckluftmotor-Generator Aggregat in elektrische Energie ist wiederum verlustbehaftet.
- Laden eines Akkumulators. Elektrische Energie wird im Akku in chemischer Form gespeichert. Elektrische Energie im Haushalt wird in Form von Wechselstrom (Einphasensystem) oder Drehstrom (Dreiphasensystem) benötigt. Daher muss die in der Batterie gespeicherte Energie vor dem Verbrauch erst von Gleichstrom in Wechselstrom umgewandelt werden. Dazu bedient man sich eines Wechselrichters. Umwandeln und speichern bringt auch hier Verluste mit sich. Der Gesamtverlust besteht aus den Verlusten des Ladereglers, den Speicherverlusten und den Verlusten des Wechselrichters.
- Bauteilaktivierung: Jedes Gebäude mit festen Wänden hat durch diese eine Wärmespeicherwirkung.

*„Aufgrund ihrer hohen Wärmespeicherfähigkeit erweisen sich thermisch aktivierte Betondecken auch bei unregelmäßigem Wärmeangebot für die Beheizung von Wohngebäuden mittels Nutzung erneuerbarer Energien als bestens geeignet.“<sup>19</sup>*

2019 ist in Hamburg ein Wärmespeicher in Betrieb gegangen der als Speichermedium Vulkansteine enthält. Bei dieser Methode kann überschüssige Wärme zwischengespeichert werden, aber auch überschüssiger Strom durch Heizpatronen in warme Luft umgewandelt werden welche mittels Ventilatoren durch den Steinspeicher geblasen wird. Dabei werden die Steine erwärmt und die Wärmeenergie darin gespeichert. Die Temperatur im Wärmespeicher kann bis zu 750° C betragen. Bei entladen des Speichers, bläst man kalte Luft durch den Steinspeicher, die sich erwärmt und nach verlassen des Speichers einer Dampfturbine zugeführt wird, welche über einen Generator wieder Strom erzeugt.<sup>20</sup> Durch die mehrmalige Umwandlung der Energieform geht auch sehr viel Energie verloren, aber dafür ist die Lebensdauer des Speichers sehr hoch, das verwendete Material ist kostengünstig und es werden keine wertvollen Rohstoffe gebunden oder verbraucht.

---

<sup>19</sup>Quelle <http://literatur.zement.at/themen/40-thermische-bauteilaktivierung-tba/3820-die-thermische-bauteilaktivierung-als-waermespeicher> abgerufen am 2018 11 11 13:55

<sup>20</sup>Quellen: <https://energyload.eu/stromspeicher/grossspeicher-batterieparcs/strom-steinspeicher/>  
<https://www.cleanenergy-project.de/energie/energiespeicher/stromspeicher-aus-natursteinen/>

abgerufen jeweils am 08.11.2020 19.00

## 2.2.7 Fernwärme und Nahwärmenetze

### 2.2.7.1 Fernwärmenetz

Ein regionales Wärmenetz, kann durch unterschiedliche Wärmequellen gespeist werden. Die Fernwärme der Stadt Graz stammte noch 2015 größtenteils aus kalorischen Kraftwerken, die mit Erdgas, Kohle und Öl beheizt wurden.<sup>21</sup>

Durch Kraft Wärme Kopplung bei der thermischen Stromerzeugung wird anfallende Wärmeenergie ausgekoppelt und über Fernwärmeleitungen zu den Verbrauchern geführt. Die Fernwärmeleitung von Kraftwerk Mellach nach Graz ist beispielsweise über 10km lang. Das es hier auch zu nicht unwesentlichen Übertragungsverlusten kommt ist verständlich. Da die Leitungen teilweise über Lande geführt werden, kommt man an sehr kalten Wintertagen zwangsweise zu Temperaturdifferenzen von über 80 K zwischen Außen-Lufttemperatur und Vorlauftemperatur. Es gibt auch Fernwärme aus Abwärme von Industrieanlagen und thermosolaren Großanlagen. Als Beispiel wäre das Projekt Helios in Graz zu nennen: „Das Projekt nutzt vorhandene Ressourcen und vernetzt innovative, erneuerbare Energiegewinnung mit moderner Speichertechnologie. Herzstück dieses Projektes ist ein druckloser Wärmespeicher, der über eine Großsolaranlage, ein Deponiegas-Blockheizkraftwerk und eine Power-to-Heat Anlage beladen wird. Der multifunktionale Wärmespeicher ist direkt in das Fernwärmenetz eingebunden.“<sup>22</sup>

Abbildung 4: Projekt Helios Graz, aufgenommen am 23.05.2020



<sup>21</sup>Quelle Umweltbundesamt: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0549.pdf> abgerufen am 12.06.2020 15:48

<sup>22</sup><https://www.energie-graz.at/egg/unternehmen/geschäftsbereiche/fernwarmer/solares-speicherprojekt-helios> abgerufen am 17.01.2021

Eine weitere Möglichkeit wäre die Speisung durch Thermalwasser aus Tiefengeothermie wie bereits im Kapitel Geothermie behandelt..

### **2.2.7.2 Nahwärmenetz**

Das sind regionale meist mit Biomasse betriebene kleine Fernwärmenetze. Siedlungen und Siedlungsverbänden befinden sich im näheren Umkreis des Wärmeerzeugers. Als Brennstoff wird in Österreich meist Waldhackgut verwendet. Dabei kommt es immer wieder zu Kritik aus der Papierindustrie, welche meint, dass nicht nur minderwertiges Restholz sondern auch Holz, welches für die Faserherstellung Verwendung finden könnte, eingesetzt wird und damit den Preis für diesen Rohstoff künstlich nach oben treibt.

Ein Beispiel für Nahwärme in Graz ist das Brauquartier in Graz Puntigam. Hier wird die Abwärme der benachbarten Brauerei Puntigam zur Beheizung und Warmwassererzeugung für die neue Siedlung „Brauquartier“ verwendet.<sup>23</sup>

**Kalte Nahwärme:** Bei dieser Art der Nahwärme wird Wärmeträgerflüssigkeit mit etwa 10 ° C zur Verfügung gestellt, die Erhöhung auf die benötigte Heizungsvorlauftemperatur erfolgt dann mittels dezentralen Wärmepumpen im jeweiligen Gebäude dass zu beheizen ist. Durch die recht tiefen Temperaturen entstehen wesentlich kleinere Übertragungsverluste. Ein weiterer großer Vorteil dieser Technologie ist dass als Primär-Energiequelle eine Vielzahl unterschiedlicher Energieträger dienen können.

Ein Beispiel hierfür wäre das Hüttengelände in Neustadt am Rügenberg, (D) welches von den Stadwerken Neustadt betrieben wird.<sup>24</sup>

Ein Beispiel für kalte Nahwärme ist Sohnius-Weide in der Gemeinde Nümbrecht, Nordrhein-Westfalen, (D). Bei diesem Projekt dienen unterschiedliche Wärmequellen als Primärenergieträger: So wird die bodennahe Geothermie durch eine solarthermische Anlage, gesammeltes Regenwasser und Abwasser als Wärmequelle unterstützt.<sup>25</sup>

---

<sup>23</sup><https://www.stadtwerke-neustadt.de/sw/leistungen/kaltenahwaerme/> abgerufen am 12.06.2020 15:42

<sup>24</sup><https://www.stadtwerke-neustadt.de/sw/leistungen/kaltenahwaerme/> abgerufen am 12.06.2020 15:23

<sup>25</sup> [https://www.energieagentur.nrw/eanrw/kaltes\\_nahwaermenetz](https://www.energieagentur.nrw/eanrw/kaltes_nahwaermenetz) abgerufen am 26.12.2020 19:00

## 3 Auswahl geeigneter Systeme

### 3.1 Einführung

In diesem Kapitel sollen die Werkzeuge für die Bewertung und Auswahl vorgestellt sowie konkrete Systeme ausgewählt werden, die aufgrund der gegebenen Umstände für das Objekt geeignet erscheinen.

#### 3.1.1 Total Cost of Ownership

„Total cost of ownership (TCO) is a purchasing tool and philosophy which is aimed at understanding the true cost of buying a particular good or service from a particular supplier.“<sup>26</sup>

Die Definition von Total Cost of Ownership nach Gabler Wirtschaftslexikon lautet:

„Summe aller für die Anschaffung eines Vermögensgegenstandes, seine Nutzung und ggf. für die Entsorgung anfallenden Kosten. Total Costs of Ownership sind ein Gestaltungsaspekt während der Phase der Produktentwicklung; mit ihnen wird versucht, die Bestimmungsgründe der Kaufentscheidung des Kunden nachzuvollziehen und zu beeinflussen.“<sup>27</sup>

„(...)Beim Ansatz von Total Cost of Ownership (TCO) werden die geschätzten Kosten wie Entwicklung Design, Beschaffung, Transport, Verarbeitung, Lagerung, Garantie sowie Entsorgungskosten berücksichtigt. Wesentliche Eigenschaften sind die Betrachtung des Gesamtpreises anstelle von Teilpreisen von Beschaffungsobjekten, aller Kosten die über den Lebenszyklus anfallen, Einbezug von Denken und Handeln des Einkaufes und Unternehmensübergreifende Wertschöpfungsketten sowie die Identifikation von Kostentreibern. Eine Abteilungs- und Unternehmensübergreifende Kostenbetrachtung die auch Lieferanten und Kunden enthält.“<sup>28</sup>

Das Problem vieler Großbetriebe ist die Abteilungs- und Tochterfirmen übergreifende Betrachtung der Gesamtkosten, wenn einige dieser Kosten nicht richtig zu-

<sup>26</sup>Lisa M. Ellram, (1995) "Total cost of ownership: an analysis approach for purchasing" <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/09600039510099928/full/html> abgerufen am 17.01.2021

<sup>27</sup> <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/total-cost-ownership-49401> Abruf 02.12.2018 12:10

<sup>28</sup>Wannenwetsch H. Integrierte Materialwirtschaft, Logistik und Beschaffung, Berlin Heidelberg, 2001, 2003, 2006, 2010, 2014, S. 57f

geordnet werden oder auf andere Kostenstellen verschoben werden und somit einer Gesamtbetrachtung entzogen werden.

### 3.1.2 Planungs- und Entscheidungsmethoden

Wer die Wahl hat, hat die Qual, sagt schon der Volksmund und deutet damit an, dass es je nachdem wie man sich entscheidet, es eine gute aber auch eine schlechte Wahl sein könnte. Die Qual besteht darin, dass zum Zeitpunkt der Entscheidung noch nicht ersichtlich ist, wie sich das Ergebnis zu einem späteren Zeitpunkt auswirken wird bzw. dass sich herausstellen könnte, dass eine andere Wahl wesentlich bessere Ergebnisse geliefert hätte.

„(...)Die moderne Entscheidungstheorie ist in der Mitte des vergangenen Jahrhunderts entstanden und heute ein Forschungsgebiet das Ökonomen, Mathematiker, Statistiker, Psychologen, Soziologen, Politologen, Philosophen und Juristen beschäftigt.“<sup>29</sup>

Die Literatur unterscheidet deskriptive (beschreibende), präskriptive (vorschreibende) Entscheidungstheorien.

Die deskriptive Entscheidungstheorie will beschreiben, wie Entscheidungen getroffen werden wobei die präskriptive die Entscheidungsfindung vorschreibt bzw. Lösungsvorschläge aufzeigen will.<sup>30</sup>

„Das Grundmodell der präskriptiven Entscheidungstheorie (auch normative genannt) nach Sieben/Schildbach besteht aus den Bereichen Zielinformationen und Entscheidungsfeldinformationen“<sup>31</sup> und wird im nachstehendem Bild dargestellt:

---

<sup>29</sup>Vgl. Gabler: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/entscheidungstheorie-32315>

<sup>30</sup> vgl. Laux H., R. M. Gillenkirch R.M., Schenk-Mathes H. Y., Entscheidungstheorie, Heidelberg 2018 S.4ff

<sup>31</sup>Quelle: David Müller, Investitionscontrolling, Heidelberg 2014 S.152

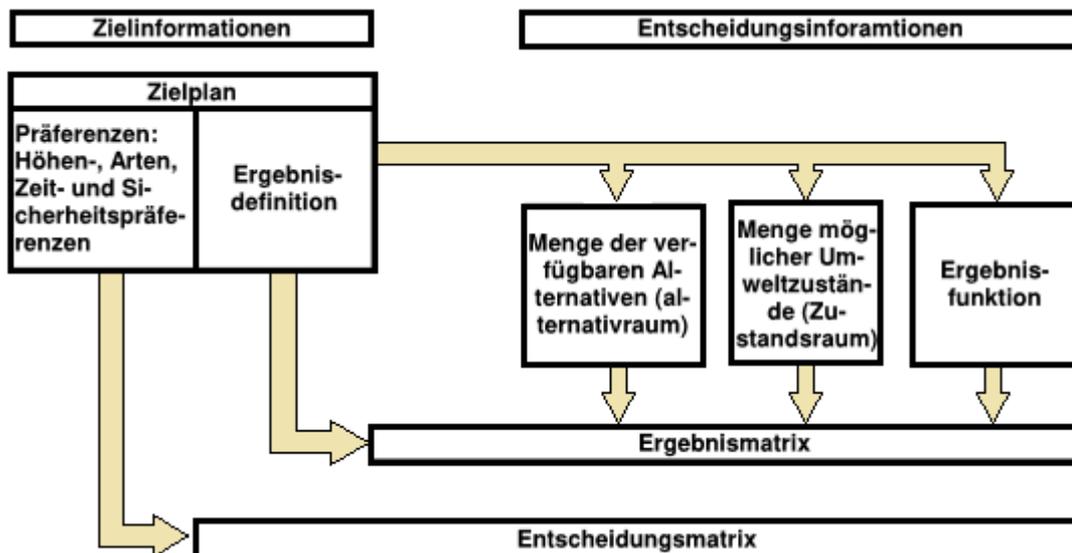


Abbildung 5: Grundmodell präskriptiver Entscheidungstheorie nach Sieben/Schildbach, eigene Darstellung

Daraus ist ersichtlich, bevor Entscheidungen getroffen werden können, müssen Ziele formuliert werden, welche durch die Entscheidungen am Besten erreicht werden sollen.

Den Karren gegen die Wand gefahren zu haben, kann also eine optimale Entscheidung vorausgegangen sein, wenn das zuvor formulierte Ziel lautete „den Karren gegen die Wand fahren“.



Abbildung 6: Mögliche Erwartungsstrukturen, eigene Darstellung nach Laux, Gillenkirch, Schenk-Mathes\*)

\*)<sup>32</sup>

<sup>32</sup>Laux H., R. M. Gillenkirch R.M., Schenk-Mathes H. Y., Entscheidungstheorie, Heidelberg 2018 S.35

„(...) Ein Entscheidungsprozesses beinhaltet nachfolgende Aktivitäten:

1. *Problemformulierung*
2. *Präzisierung des Zielsystems*
3. *Erforschung der möglichen Handlungsalternativen*
4. *Auswahl einer Alternative*
5. *Entscheidungen in der Realisationsphase*<sup>33</sup>

### **Nutzwertanalyse:**

„(...) In der Literatur bezeichnet man Entscheidungen mit mehreren Zielgrößen bei Sicherheit auch als Nutzwertanalyse, dies ist die Analyse einer gewissen Anzahl von Handlungsalternativen mit dem Ziel, diese nach den Vorgaben des Entscheiders zu bewerten. Mit dieser Methode können monetäre und nicht monetäre Aspekte zusammen verglichen werden.“<sup>34</sup>

Bei Gabler Springer wird diese Methode auch als Scoring- oder Rangfolgemodell beschrieben.<sup>35</sup>

Zur Erstellung einer Nutzwertanalyse müssen zuerst vom Entscheider die für ihn wichtigen Kriterien definiert und jedes Kriterium mit einer Gewichtung versehen werden. Anschließend wird für jede Handlungsalternative bei jedem Zielkriterium ein Teilnutzen definiert und mit der Gewichtung multipliziert. Das Ergebnis ist der gewichtete Teilnutzen. Zuletzt werden für jede Handlungsalternative die Summe der gewichteten Teilnutzen berechnet. Das kann sehr gut in einer Matrix dargestellt werden. In Zeiten von Tabellenkalkulation kann man die Berechnung und Darstellung gleich kombinieren, wie nachstehende Darstellung zeigt.

Handlungsalternative	Gewichtung G <sub>x</sub>	Teilnutzen A: TA	Teilnutzen B: TB	Teilnutzen C: TI	Summe gewichtete Teilnutzen: G <sub>x</sub> * Σ T
H1	G1	TA1	TB1	TI1	G1*(TA1+TB2+TI1)
H2	G2	TA2	TB2	TI2	G2*(TA2+TB2+TI2)
H3	G3	TA3	TB3	TI3	G3*(TA3+TB3+TI3)
H <sub>n</sub>	G <sub>n</sub>	TAn	TB <sub>n</sub>	Tin	G <sub>n</sub> *(TAn+TB <sub>n</sub> +Tin)

Abbildung 7: Matrix einer Nutzwertanalyse, eigene Darstellung

<sup>33</sup> H. Laux, R. M. Gillenkirch, H. Y. Schenk-Mathes, Entscheidungstheorie, Heidelberg 2018 S.12

<sup>34</sup> Vgl. H. Schlink, Wirtschaftlichkeitsrechnung für Ingenieure, Springer Fachmedien Wiesbaden 2014, 2017, S.325ff

<sup>35</sup> <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/nutzwertanalyse-42926/version-266266> abgerufen am 25.12.2020

## Investitionsentscheidungsrechnung:

„(...)Es wird zwischen statischen und dynamischen Verfahren unterschieden. Zu den statischen gehören Kostenvergleichsrechnung, Gewinnvergleichsrechnung, Renditevergleichsrechnung sowie die Amortisationsrechnung. Zu den dynamischen zählen Kapitalwertmethode, Interne-Zinssatz-Methode, dynamische Amortisationsrechnung und die Methode der vollständigen Finanzpläne.

Um unterschiedliche Investitionsalternativen vergleichen zu können muss die selbe Zieldefinition und Entscheidungsregel verwendet werden. Es muss von von identischen Datenkonstellationen bezüglich gegenwärtiger und zukünftiger Zustände ausgegangen werden. Differenzen von Investitionshöhe und Laufzeit sind zu berücksichtigen, Auf diese Weise werden identische Betrachtungszeiträume und identische Investitionszahlungen miteinander verglichen.“<sup>36</sup>

Bei langfristigen Investitionen muss ein dynamisches Verfahren gewählt werden um die zeitlichen Unterschiede der einzelnen Zahlungen zu berücksichtigen.<sup>37</sup>

Die Kapitalwertmethode betrachtet als Zielkriterium den Kapitalwert  $C_0$ , welcher den Gegenwartswert darstellt. Es werden alle Zahlungsflüsse der Zukunft mit einem Zinssatz auf den Gegenwartswert korrigiert.

$C_0$ ....Kapitalwert  
 $e_k$ ....Periodeneinkünfte  
 $a_k$ ....Periodenausgaben  
 $R$ .....Restwert  
 $A$ .....Anfangsinvestition

$$C_0 = \sum_{k=1}^n \frac{e_k - a_k}{(1+i)^k} + \frac{R}{(1+i)^n} - A$$

### 3.1.3 Zukunftsszenarien

Da Zukunftsszenarien immer auf Unsicherheiten beruhen, unterliegt auch jede langfristige Investition diesen Unsicherheiten. Beim Festlegen von Zielen kann man auf unterschiedliche Weise drauf Rücksicht nehmen.

Durch Ermittlung von Wahrscheinlichkeiten und Auswahl des Szenarios mit der vermeintlich höchsten Wahrscheinlichkeit kann man versuchen hier durch eine Bewertung eine Präferenz zu vergeben.

Mögliche Unsicherheiten können im Zusammenhang mit dem Thema dieser Arbeit sein:

Energiepreise z.B. für : Rohöl, Heizöl, Gas, Strom, Biomasse

Liefer- bzw. Verfügbarkeit von Rohstoffen/Primärenergien:

---

<sup>36</sup>Müller D., Investitionscontrolling, Heidelberg 2014 S. 359 ff

<sup>37</sup>Vgl. ebd. S.376

Rohöl müsste nach einigen Prognosen aus den 1970er Jahren heute bereits erschöpft sein oder zumindest so rar und wertvoll dass man es nicht einfach zum Verheizen verwenden würde.

PV und thermische Solarkollektoren können durch Beschattung sehr viel an Leistung einbüßen. Mögliche Ursachen wären z.B. durch Verbauung, Bäume und Sträucher, natürliche und unnatürliche Lufttrübung (Nebel, Smog). Es wäre zu überdenken ob man verhindern kann, dass der Nachbar durch hochwachsende Bepflanzung oder einem Gebäudeneubau in Zukunft eine solche Beschattung erzeugen kann. Die Amortisationszeiten solcher Anlagen sind im Zweistelligen Jahresbereich, in dieser Zeitspanne ändern sich auch Flächenwidmungs- und Bebauungspläne des öfteren. Das Risiko eines Rechtsstreites muss man überdenken.

Wie verhält sich die Gesetzgebung? Werden E-Fahrzeuge in Städten vorgeschrieben bzw. wird es verbreitet Fahrverbote von Verbrennungsmotoren in Ballungszentren geben, gibt es bald ein Verbot von Heizsystemen wie Öl, oder gar Strafzahlungen für Feinstaub Emittenten (Hausbrand), davon wären dann auch erneuerbare Energiequellen betroffen.

Kommt eine Anschlusspflicht an Fernwärme, auch bei bereits bestehend Heizanlagen oder eine Stilllegungspflicht von Heizungen mit fossilen Energieträgern?

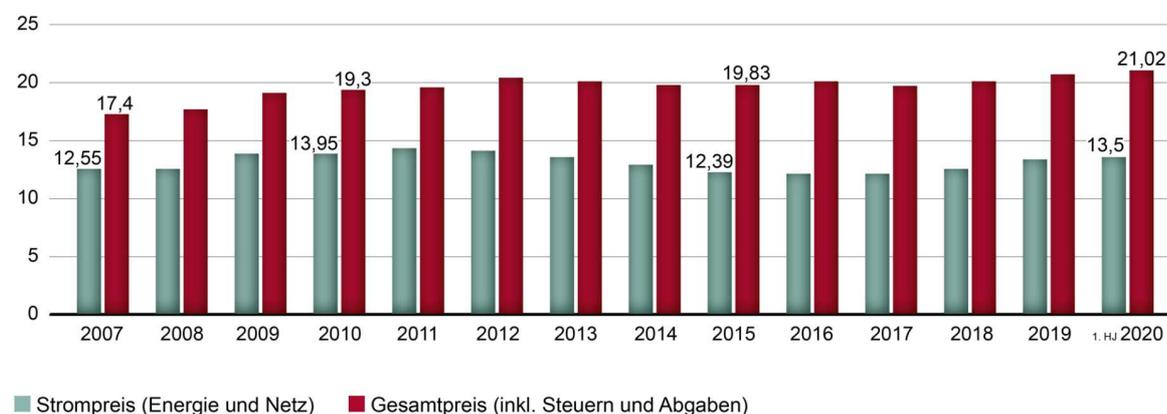
Die Auswirkungen der Corona Pandemie 2020/21 in Europa hat aufgezeigt wie schnell sich ein gesetzlich gesichertes Umfeld in kürzester Zeit drehen kann. In westlichen Demokratien bislang undenkbare Zustände werden von einem Tag auf den Anderen Realität.

Um abzuschätzen was in der Zukunft möglich ist, kann es auch hilfreich sein in die Vergangenheit zu sehen.

Nachstehend die moderate Preisentwicklung von durchschnittlichem Haushaltsstrom von 2007 bis 2020:<sup>38</sup>

#### Entwicklung der Strompreise für Privathaushalte

Angaben in Euro-Cent/kWh



Quelle: Eurostat (2020)

Abbildung 8: Preisentwicklung Haushaltsstrom 2007 bis 2020\*)

Aktuelle Strompreisermittlung für das Bestandsobjekt: Im Jänner der 2020 wurde der Stromanbieter gewechselt, Für den Rumpfzeitraum weisen die Jahresabrechnungen im Juni 2020:

Energieentgelte inkl. MWSt. 165,75€ für 7181 kWh =>  $165,75/7181 = 0,023$  €/kWh

Netzentgelte inkl. MWSt. 603,70 für 7181 kWh =>  $603,70/7181 = 0,084$  €/kWh

Da der Posten Energieentgelte auch den „Wechselbonus“ beinhaltet ist der Preis für die Zukunft nicht relevant, vielmehr ist der vertraglich vereinbarte Preis heranzuziehen.<sup>39</sup>

Grundpauschale	EUR/Monat	7,68
	inkl. 20 % USt	
Energiepreis exkl. Bonus September 2020	ct/kWh	4,14
	inkl. 20 % USt	
Energiepreis inkl. Bonus <sup>3</sup> September 2020	ct/kWh	2,76
	inkl. 20 % USt	
Energiepreis- Obergrenze	ct/kWh	7,80
	inkl. 20 % USt	

Abbildung 9: Auszug aus Preisblatt Energie Steiermark Tarif Steirerflex

Die Energiepreisobergrenze beträgt 0,078 €/kWh. Für die Grundpauschale wird nachfolgender Wert zugeschlagen:  $12 \times 7,68 / 10000 = 0,0092$  €/kWh wobei die 10000 der geschätzte jährliche Mindestverbrauch in kWh ist. Die Obergrenze für das Energieentgelte beträgt somit  $0,078 + 0,0092 = 0,0872$  €/ kWh und der **Gesamt-Strompreis** somit  $0,0872 + 0,084 = 0,171$  €/kWh was für den vereinbarten Vertragszeitraum von 2 Jahren das mögliche Maximum darstellt.

In den früheren 2000 er Jahren boomten erstmals, unter anderem auch wegen entsprechend hoher Förderungen, bei Neubauten und Heizungserneuerungen die Pelletsheizungen. Eines der Verkaufsargumente war, dass man durch den heimischen Rohstoff, unabhängig von Spekulanten und der Öllobby sei und über Jahre konstante Preise erwarten kann.



Abbildung 10: Pelletspreise 2005-2019, Darstellung Heizpellets 24.at\*)

\*) überarbeitet<sup>40</sup>

<sup>39</sup>[https://www.e-steiermark.com/fileadmin/user\\_upload/downloads/Preisblatt Strom Privatkunden steirer-FLEX\\_BIS\\_06.04.2020.pdf](https://www.e-steiermark.com/fileadmin/user_upload/downloads/Preisblatt_Strom_Privatkunden_steirer-FLEX_BIS_06.04.2020.pdf) abgerufen am 08.01.2021 22:30

<sup>40</sup>Quelle:<https://www.heizpellets24.at/pelletpreis> abgerufen am 10.01.2021 16:00

Die Preisentwicklung von Holzpellets im Jahre 2006 zeigte auch aus älterer Darstellung der selben Quelle, dass dies keinesfalls zutrifft, der Preis für Pellets hat in wenigen Monaten um stolze 57% zugelegt.<sup>41</sup> Aus vorhergehender Darstellung gibt es zwischen Juni 2005 und Juli 2007 sogar eine Erhöhung um 83%

### HOLZPELLETSPREISE ÖSTERREICH IM JAHRESVERLAUF

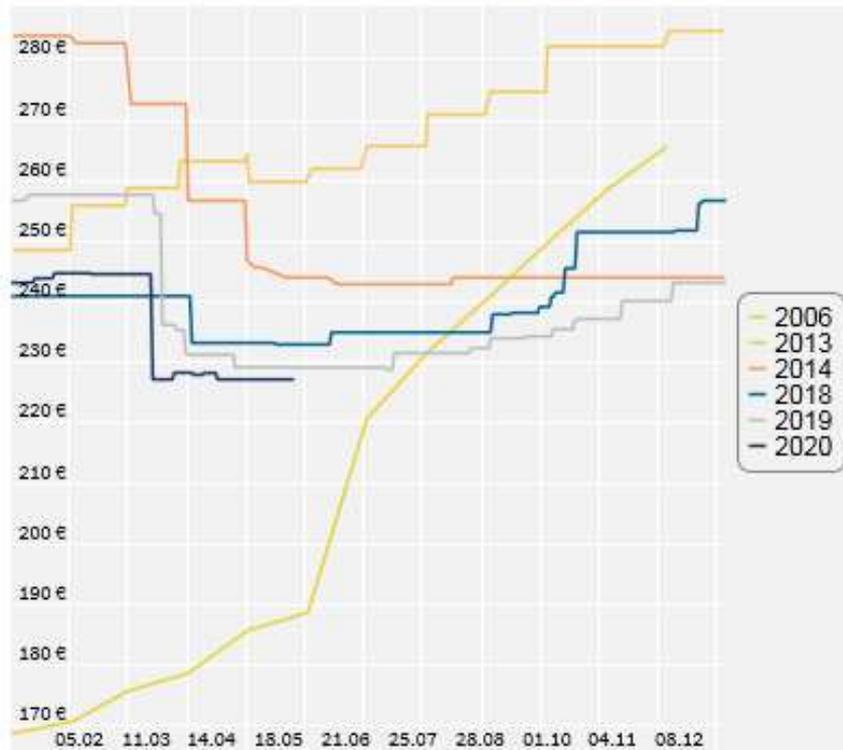


Abbildung 11: Preisentwicklung Holzpellets, Darstellung Heizpellets24.at

Aktuelle Preisrecherche ergibt einen Tagespreis von 0,233 €/kg<sup>42</sup>

### Staatliche Förderungen:

Die Förderlandschaft unterliegt stetigem Wandel, die Klimastrategien der Regierungen müssen aber vermehrt erneuerbare Energieträger bevorzugen, damit die Ziele zur Reduzierung der Treibhausgase erreicht werden können. Viele Investitionen in erneuerbare Energieträger werden erst mit einer Förderung sinnvoll, wobei gerade bei Bestandsgebäuden genau zu prüfen ist ob die Investition förderwürdig ist, da manche der Förder-Bedingungen gar nicht erreicht werden können oder die zusätzlich notwendigen Investitionen das Projekt unwirtschaftlich machen. So gewährt das Land Steiermark keine Zuschüsse wenn das Gebäude im Einzugs-

<sup>41</sup>Quelle: <https://www.heizpellets24.at/charts/holzpellets>, abgerufen am 25.05.2020 10:50

<sup>42</sup>Quelle: <https://www.mypellets.at/shop/warenkorb/> abgerufen am 08.01.2021 11:00

gebiet eines Fernwärmeversorgers liegt, außer es kann nachgewiesen werden, dass ein Anschluss wirtschaftlich nicht möglich ist.

Die Klimaziele der EU schreiben eine Reduzierung der Treibhausgasemission bis 2030 um mindestens 40% gegenüber dem Stand von 1990 vor. Die Ziele sind verbindlich und es wurden Zielvorgaben für die einzelnen Mitgliedstaaten vorgegeben.<sup>43</sup>

*„Beispiele für mögliche Strategien und Maßnahmen:*

- *Verminderung des Verkehrsbedarfs*
- *Förderung des öffentlichen Verkehrs*
- *Entwicklung weg von einem auf fossilen Brennstoffen basierenden Verkehr*
- *Fördersysteme für die Nachrüstung von Gebäuden*
- *Effizientere Heiz- und Kühlsysteme*
- *Einsatz erneuerbarer Energien für Heiz- und Kühlzwecke*
- *Klimafreundlichere landwirtschaftliche Methoden*
- *Erzeugung von Biogas aus Dung*<sup>44</sup>

### **Entsorgungsproblematik:**

Bei langfristigen Investitionen ist in der Gegenwart noch unbekannt welche Kosten bei der Entsorgung in Jahrzehnten anfallen werden.

### **Zinsen:**

Bei niedrigen Zinsen kann eine Investition in Ausgaben einsparende Maßnahmen schneller amortisieren, da die Energieeinsparung einer Zinsausschüttung gleichzusetzen ist. Bei stark steigenden Zinsen kann es lukrativer sein das Kapital anzulegen, als über den Umweg von Energieeinsparungen zu verzinsen.

### **Dekarbonisierung:**

Das Umweltbundesamt Österreich hat zusammen mit der IG Windkraft ein Zukunftsszenario „Erneuerbare Energie 2030-2050“ entwickelt. „Das Ziel des Szenarios ist eine weitgehende Dekarbonisierung des Energiesystems bis zum Jahr 2050,

---

<sup>43</sup>[https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030\\_de](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_de) abgerufen am 8.11.2020 14.50

<sup>44</sup>[https://ec.europa.eu/clima/policies/effort\\_de](https://ec.europa.eu/clima/policies/effort_de), abgerufen am 08.11.2020, 14.53

insbesondere der Emissionen von Treibhausgasen (THG) aus Verbrennung fossiler Rohstoffe<sup>45</sup> „Das Szenario zeigt, dass die Treibhausgas Emissionen aus dem Einsatz fossiler Energieträger bis 2030 um 60 % und bis 2050 um 90 % (gegenüber 2005) reduziert werden können, der Energieverbrauch bis 2030 um 20 % (vergl. mit 2010). Der Anteil erneuerbarer Energieträger steigt bis 2030 auf 61 %, bis 2050 auf 91%.“<sup>46</sup>

## 3.2 Die Ausgangsbasis für die Betrachtung

### 3.2.1 Geographische Lage und Gegebenheiten

Die nachstehenden Bedingungen gelten für den Standort des zu untersuchenden Bestandsgebäudes:

Breitengrad 47°00`65“ Nord, Längengrad 15°26`82“ Ost

Höhe 332,5 m ü.A.

Globale Strahlung 1150 kWh/a

Grundfläche 1090 m<sup>2</sup>, davon verbaut

Fließgewässer: Keine

Grundwasser: ja

Hydrogeologische Verhältnisse:<sup>47</sup>

Mittlerer Grundwasserstand, 328,45 m ü.A.

Grundwassergefälle 2,3 ‰

Grundwassermächtigkeit 10,05 m (bei mittlerem Grundwasserstand),

Grundwassertemperatur 12,5 ° C

Fernwärme: Anschluss nicht wirtschaftlich (Bestätigung vorhanden)

---

<sup>45</sup>Umweltbundesamt REP-0576, Wien 2016, S5

<sup>46</sup>ebdS26. <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0576.pdf> abgerufen am 12.06.2020 16:17

<sup>47</sup>Quelle GIS Steiermark, <https://www.landesentwicklung.steiermark.at/cms/ziel/141976122/DE/> abgerufen am 16.01.2021 14.00

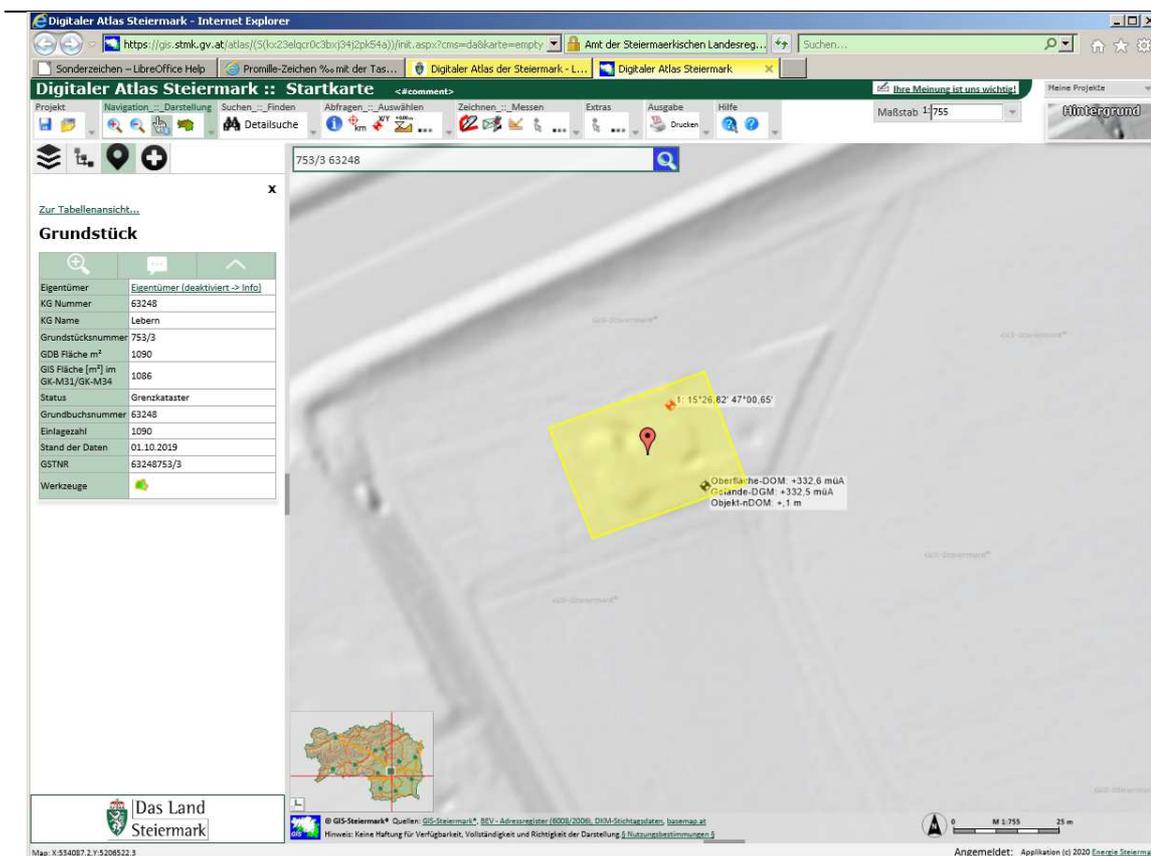


Abbildung 12: geographische Daten aus Grenzkataster\*)

\*)<sup>48</sup>

### 3.2.2 Bausubstanz

Das Mauerwerk stammt aus den späten 1970er Jahren und besteht aus Betonstein mit Blähton Einschlüssen.

Die Dachgeschosswohnung ist als Mansarde mit einer Kniestockhöhe von 1,5 Meter ausgeführt.

Das Satteldach ist nach Süd-Ost (20°) ausgerichtet, es existiert ein thermische Solaranlage mit 6m<sup>2</sup> Kollektorfläche

Mitte der 1990er Jahre wurde eine Heiz-Wärmebedarfsrechnung durchgeführt.

Der ermittelte Heizwärmebedarf (Gebäude Heizlast) bei Norm-Außentemperatur wurde mit 12,474 kW ermittelt.

2008 wurden die gesamten Fenster und Glastüren erneuert sowie eine bis dato noch fehlende Isolierung des Außenmauerwerkes mit 12 cm Polystyrol Platten durchgeführt (der Plan Bestand war 8cm Polystyrol).

<sup>48</sup>Quelle: <https://gis.stmk.gv.at/atlas>

Bei dem Objekt handelt es sich um ein Zweifamilienwohnhaus mit insgesamt ca. 240 m<sup>2</sup> beheizter Wohnfläche.

Die Heizung erfolgt über einen Zentralen Ölbrennwertkessel BJ 2004.

Die Wärmeabgabe im Erdgeschoss erfolgt über eine Bodenheizung, im Obergeschoss ist eine Kombination aus Bodenheizung und großflächigen Kompaktheizkörper verbaut, was eine mittlere Vorlauftemperatur (max. 50° C) ermöglicht.

Da für ein weiteres Bauvorhaben, ohnehin ein Energieausweis für das Gebäude benötigt wird, wurde im Frühjahr 2019 ein solches in Auftrag gegeben.

Da einige Dämmmaßnahmen gegenüber dem Plan Bestand aus den 1990er Jahren besser ausgeführt wurden, zeigt das Ergebnis der aktuellen Berechnung wie erwartet auch leicht bessere Werte:

Heizwärmebedarf 58 kWh/m<sup>2</sup>\*a

Gebäude-Heizlast: 10,8 kW

### **3.2.3 Energieverbrauch**

#### **3.2.3.1 Heizung**

Bestand Heizölbrennwertkessel Baujahr 2004

Nach einer umfassenden thermischen Sanierung im Jahr 2008 konnte der Durchschnittsverbrauch von Heizöl von 3000 Liter pro Jahr um 1/3 auf durchschnittlich 1850 Liter gesenkt werden.

#### **3.2.3.2 Elektrische Energie**

Der Verbrauch liegt bei 6000 Kilowattstunden/Jahr (Wohnung TOP2 , inklusive Haustechnik)

#### **3.2.3.3 Treibstoff für KFZ**

Erst PKW Kilometerleistung 10000km, Treibstoff Benzin,

Zweit-PKW Kilometerleistung 1000km, Treibstoff Diesel

Diverses: Moped, Rasenmäher u. Motorsense Benzin, (bald dritt PKW)

Plug in Hybrid 12KWh Akku

### **3.2.4 Diverse Freizeiteinrichtungen und mögliche zukünftige Verbraucher**

Schwimmbäder, Jacuzzis, Sauna, E-Bikes und Scooter, Partykeller mit Elektroheizung, Klimaanlage, Fahrzeuge mit Plug-in-Hybrid Technologie, voll-elektrifizierte Kraftfahrzeuge,

Viele dieser Einrichtungen werden von privaten Hausbesitzern im Laufe Zeit angeschafft und wirken sich dann mehr oder weniger auf den Energieverbrauch aus.

Bei der weiteren Betrachtung von Zukunftsszenarien kann ein größerer zusätzlicher Energieverbrauch Auswirkungen auf eine mögliche Entscheidung bringen, ob das jetzt eine einzige Einrichtung oder mehrere kleine sind, welche den erhöhten Verbrauch verursachen, macht keinen Unterschied. Das gleiche gilt natürlich auch bei einem größeren Einsparungspotenzial, wobei hier die Möglichkeiten nicht ganz so vielfältig erscheinen..

## **3.3 Berechnung und Auswahl**

### **3.3.1 Einführung**

Für weitere Beurteilung von Systemen muss vorerst betrachtet werden, welche Ressourcen sind am Standort verfügbar oder können mit geringem Aufwand erschlossen werden bzw. welche sind in der näheren Umgebung verfügbar und können problemlos und nachhaltig angeliefert werden.

Als Ressourcen werden in diesem Zusammenhang betrachtet:

Wasser, Energie, Fläche, Rohstoffe

Es werden nachstehend von den in 2.2 genannten Energiequellen und Systeme jene ausgewählt, welche für das Objekt in Frage kommen können. Es sollen hier etwaige Risiken, die in Zusammenhang mit diesen Ressourcen stehen, benannt werden um in weiterer Folge in die Bewertung einfließen zu können.

Systeme wo es keine geeigneten Ressourcen vor Ort gibt, werden nicht weiter betrachtet.

Bleiben mehrere Handlungsalternativen werden diese mithilfe einer Beurteilungsmatrix gegenübergestellt, Kriterien formuliert und eine Gewichtung dieser vorgenommen, um letztendlich eine Entscheidung zu treffen (Nutzwertanalyse).

### 3.3.1.1 Technische Beurteilung auf Eignung der Systeme

**Solare Strahlung** (zu 2.2.1 ): Am Standort gibt es eine jährliche Solare Einstrahlung von 1150kWh/m<sup>2</sup>. Das Grundstück weist eine Fläche von 1090m<sup>2</sup> davon sind rund 300m<sup>2</sup> verbaut, weitere 200 m<sup>2</sup> sind durch Baum und Strauchbewuchs beeinträchtigt, wobei es nicht ausgeschlossen wird, hier bei Bedarf mechanisch einzugreifen.

Es steht dem Inhaber auch ein direkt angrenzendes bebautes Grundstück mit 520m<sup>2</sup> zur Verfügung, Das Satteldach ist nach West Ost ausgerichtet, wobei der südliche Teil des Gebäudes durch einen 40 Jahre alten Laubbaum beschattet wird.

Als weitere Option gäbe es ein landwirtschaftliches Grundstück im Ausmaß von 2500<sup>2</sup>, welches derzeit ungenutzt ist (Brachland) und für weitere Szenarien käuflich erworben werden könnte. Dieses Grundstück befindet sich zu 100% im Bauverbotsbereich der A2 Südautohahn, ist daher als Spekulationsland nicht geeignet und von da her vermutlich zum ortsüblichen Preis für landwirtschaftliche Nutzflächen erwerbbar. Die Nutzung für Photovoltaik wäre zumindest teilweise möglich.

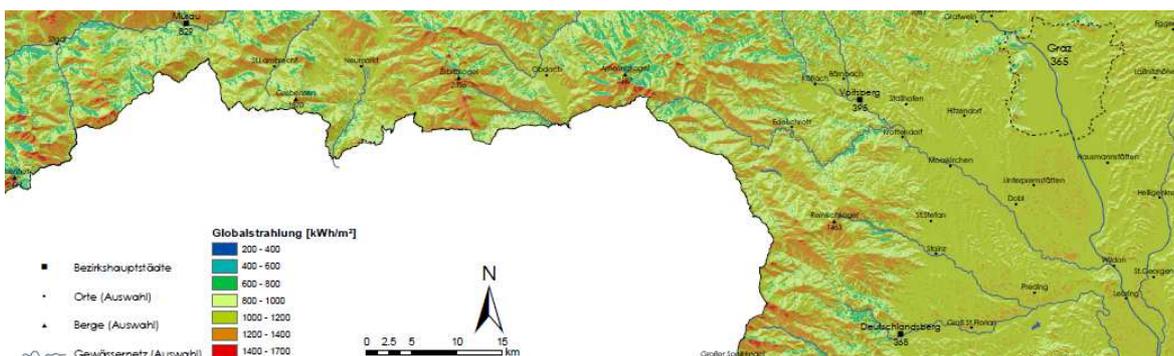


Abbildung 13: Auszug Globalstrahlung Steiermark, Quelle ZAMG\*

\*)<sup>49</sup>

Das Gebäudedach kann zur Nutzung von solarer Energie genutzt werden, bzw. es ist bereits eine thermische Solaranlage zur Warmwasserbereitung vorhanden.

Mögliche Risiken wären Umstände welche die solare Einstrahlung beeinträchtigen: Natürliche, Lufttrübung durch Gewitter, Nebel; Beschattung durch Pflanzen und Bäume

Unnatürliche: Smog

<sup>49</sup>Quelle ZAMG:

[https://www.umwelt.steiermark.at/cms/dokumente/10703586\\_16178332/f5c0f0d0/global\\_rea\\_jahr.pdf](https://www.umwelt.steiermark.at/cms/dokumente/10703586_16178332/f5c0f0d0/global_rea_jahr.pdf), abgerufen am 25.05.2020 10:55

Der Bereich südlich des Hauses wäre bedingt nutzbar. Das direkt angrenzende Grundstück ist derzeit landwirtschaftliche Fläche und auch als solche im Flächenwidmungsplan ausgewiesen. Das gibt Gewissheit, dass es mittelfristig zu keiner Verbauung kommt, welche die Einstrahlung nachhaltig beeinträchtigen würde. Es wird immer wieder auch Mais angebaut, es ist daher direkt an der Grundstücksgrenze im Sommer geringfügig mit Beschattung zu rechnen.

Die zusätzliche solare Nutzung stellt für das Bestandsgebäude in jeden Fall eine Möglichkeit dar und wird daher näher betrachtet werden.

### **Biomasseheizungen** (zu 2.2.2)

Hackgut und Pellets sind in Österreich nachhaltig verfügbar. Die Sicherstellung der nachhaltigen Waldwirtschaft ist im österreichischen Forstgesetz vorgeschrieben:

In §1 österreichischen Forstgesetz 1975 ist die Nachhaltigkeit wie folgt definiert::

*„(3) Nachhaltige Waldbewirtschaftung im Sinne dieses Bundesgesetzes bedeutet die Pflege und Nutzung der Wälder auf eine Art und in einem Umfang, dass deren biologische Vielfalt, Produktivität, Regenerationsvermögen, Vitalität sowie Potenzial dauerhaft erhalten wird, um derzeit und in Zukunft ökologische, ökonomische und gesellschaftliche Funktionen auf lokaler, nationaler und globaler Ebene, ohne andere Ökosysteme zu schädigen, zu erfüllen. Insbesondere ist bei Nutzung des Waldes unter Berücksichtigung des langfristigen forstlichen Erzeugungszeitraumes und allenfalls vorhandener Planungen vorzusorgen, dass Nutzungen entsprechend der forstlichen Zielsetzung den nachfolgenden Generationen vorbehalten bleiben.“<sup>50</sup>*

Die Papierindustrie in Österreich sieht die Verbrennung von Waldhackgut als Konkurrenz zur Rohstoffversorgung für die Zellstofferzeugung. Auch wenn Biomasse aus Wald in großer Menge und nachhaltig vorhanden scheint, bringt eine erhöhte Nachfrage auch höhere Preise und trifft damit direkt die Papierindustrie, die den Rohstoff dann auch zu höheren Preisen einkaufen muss.

Windwürfe sorgen immer wieder für große Mengen an Biomasse die nur sehr schwer aufzuarbeiten ist, und gleichzeitig für einen gewaltigen Preisdruck. Als Verwender von Biomasse sicher eine angenehme Situation. Aber die Preisspirale kann auch ganz schnell nach oben gehen. Ein stabiler Preis ist in keinem Fall langjährig sichergestellt. Es waren in Mitteleuropa in der Vergangenheit vor allem Stürme und Borkenkäfer, die den Wäldern zugesetzt und für großen Nachschub an Biomasse am Markt gesorgt haben, woraufhin oft die Rundholzpreise stark gesunken sind. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass mit zunehmender Trockenheit auch vermehrt Waldbrände den Wäldern zusetzen, welche verwertbare Biomasse vernichtet und durch die Verknappung der Ressource die Preise sprunghaft steigen.

<sup>50</sup>Quelle: <https://www.jusline.at/gesetz/forstg/paragraf/1> abgerufen am 22.05.2020 16:34

In den USA konnte man in den letzten 20 Jahren bereits einen rasanten Zuwachs an Waldbränden feststellen.<sup>51</sup>

Als gesichert gilt, dass in Österreich nach wie vor mehr Holz nachwächst als geschlägert wird. Ob das bei massivem Umstieg auf Holz-oder Biomasseheizungen, die den Rohstoff Holz als Basis hat, nachhaltig der Fall sein kann ist aber durchaus umstritten.

Nach Angaben der Papierlobby in Österreich reicht es nicht nach Angaben der Waldlobby reicht es doch. Die einen fürchten und die andern hoffen auf höhere Preise.<sup>52</sup>

„Im Jahr 2018 wuchsen in Österreich 29,7 Mio. Kubikmeter zu, davon wurden 26,2 Mio. Kubikmeter genutzt.“<sup>53</sup> Das ergibt eine zusätzlich nutzbare Menge von 3,5 Mio. Kubikmeter.

Ein Blick in die Ausfuhrstatistik zeigt, dass in Österreich 2018 bei Rohholz 9,116 Mio. Festmeter Einfuhren nur 830 Tausend Festmeter an Ausfuhren gegenüberstehen, was einem Defizit von 8,286 Mio. Festmetern entspricht.<sup>54</sup> Es wird somit heute in Österreich wesentlich mehr Rohholz importiert als durch eigenen Nachwuchs abgedeckt werden könnte.

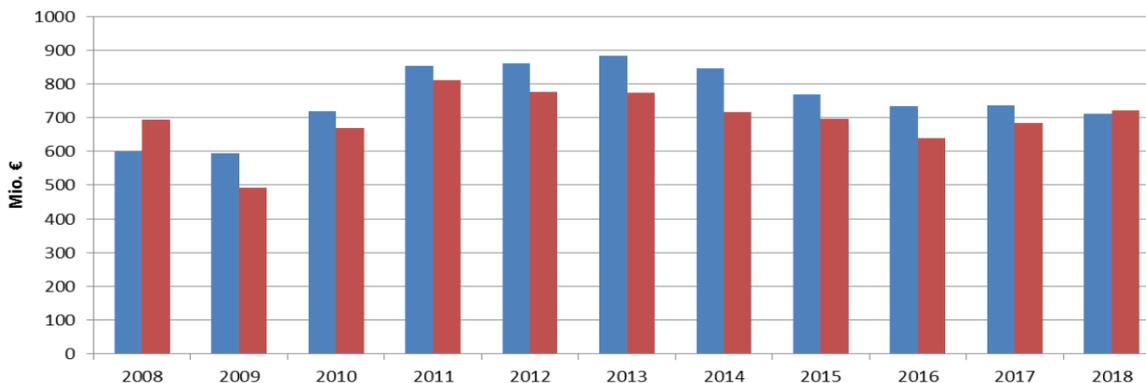


Abbildung 14: Zuwachs und Nutzung des stehenden Holzes 2008-18

Quelle: Statistik Austria<sup>55</sup>

Die Preisentwicklung bei Holzpellets hängt auch ganz stark vom Rohstoff Holz ab. Wie in Abschnitt 3.1.3 bereits dargestellt ist auch hier der Preis immer großen

<sup>51</sup>Vgl. <https://www.greenpeace.de/themen/klimawandel/folgen-des-klimawandels/klimawandel-foerdert-wald-braende>; abgerufen am 06.06.2020 12.42

<sup>52</sup>Vgl. <https://bauernzeitung.at/papierindustrie-gegen-biomasse-kraftwerke/>

<sup>53</sup>Vgl. <https://www.bmlrt.gv.at/service/presse/forst/2019/K-stinger---sterreichs-Wald-w-chst-je-des-Jahr-um-3.400-Hektar.html> abgerufen am 30.05.2020 14.00

<sup>54</sup>Quelle: Statistik Austria

<sup>55</sup>[http://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/wirtschaft/land\\_und\\_forstwirtschaft/gesamtrechnung/forstwirtschaft-liche\\_gesamtrechnung/index.html](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/land_und_forstwirtschaft/gesamtrechnung/forstwirtschaft-liche_gesamtrechnung/index.html) angerufen am 30.05.2020 18:00

Schwankungen ausgesetzt gewesen und auch die letzten Jahre zeigen ein sehr inkonstantes Verhalten.

Durch den relativ großen Lagerraumbedarf ist es kaum möglich Holzbiomasse auf Vorrat einzulagern um kurzfristige Preisschwankungen zu umgehen.

Die unterschiedlichen Angaben in Handelsbilanz und Statistik machen es schwer einen Gesamtübersicht über die Nachhaltigkeit zu geben.

Auch gibt es immer wieder Berichte von illegal geschlägertem Holz aus Osteuropa, die nach Österreich oder Deutschland gelangen. Das geht vermutlich zu Lasten der Nachhaltigkeit, da man ansonsten legal importieren könnte.<sup>56</sup>

Allein die Größenordnung des importierten Rohholzes zum Gesamtnachwuchs zeigt jedoch dass der Rohstoff Holz sehr wohl erschöpflich ist und damit auf die Lebensdauer eines neuen Heizsystems auch zu Engpässen und damit enormen Preissteigerungen kommen kann.

Getreide oder Ölfrüchte für die thermische Energiegewinnung stehen in Flächenkonkurrenz mit der Nahrungsmittelerzeugung aber auch die Erhaltung der Biodiversität und der Wohnbau benötigt Fläche.

**Geothermie:** Es ist ausreichend Grundstücksfläche vorhanden um Erdwärme für eine Wärmepumpe nutzen zu können. Der Erd-Kollektor müsste aber auf mehrere Teilflächen aufgeteilt werden. Es gibt auf der Liegenschaft einen Grundwasserbrunnen, der in der Vergangenheit als Nutzwasserbrunnen verwendet wurde. Der Grundwasserspiegel befindet sich etwa 5 m über der Geländeoberkante. Aktuell wird der Brunnen nicht benutzt, es gibt aber eine Verbindung in das Bestandsgebäude, wodurch mit sehr geringen Aufwand eine zusätzliche Wasserleitung installiert werden kann. Die Grundwassermächtigkeit von 10m gilt als zukunftssicher, auch wenn Grundwasserspiegel massiv abfällt, ist zu erwarten dass durch Vertiefen des Brunnens das Grundwasser wieder erschlossen werden kann, wobei mit einem aktuellen Wasserstand von 1,6m dieses Szenario mittelfristig nicht zu erwarten ist.

### **3.3.1.2 Auswahl der Systeme, Kombinationen und Szenarien**

Unterschiedliche Entscheidungsprobleme ziehen unterschiedliche Entscheidungsprozesse nach sich.

Bei der Auswahl von Handlungsalternativen mit monetären und nicht monetären Auswahlkriterien bietet sich eine Nutzwertanalyse an.

---

<sup>56</sup>vgl. <https://www.addendum.org/holzmafia/parkett-ukraine/> ; [https://www.deutschlandfunk.de/waelder-in-osteuropa-gefaehrlicher-hunger-nach-holz.697.de.html?dram:article\\_id=291837](https://www.deutschlandfunk.de/waelder-in-osteuropa-gefaehrlicher-hunger-nach-holz.697.de.html?dram:article_id=291837), abgerufen am 06.06.2020 10.42

Bei einem Entscheidungsproblem ob man eine Investition mit einer einzigen Handlungsvariante tätigen soll, wäre die Amortisationsrechnung heranzuziehen. Da es sich bei haustechnischen Anlagen immer um langfristige Investitionen handelt, ist die Berechnung mittels einem dynamischen Verfahren durchzuführen, welches zukünftige Erlöse und Ausgaben auf einen Zeitpunkt korrigiert.

In Kapitel 2.2 finden sich eine Vielzahl von Möglichkeiten erneuerbare Energiequellen für den privaten Bereich zu benutzen. Alle diese Varianten jetzt in eine Bewertungsmatrix zu packen wäre, sehr aufwendig und wenig bis gar nicht zielführend. Es sind weder die Anwendungsgebiete zu vergleichen noch gibt es gemeinsame Parameter zu bewerten. Es wird daher eine mehrstufige Vorauswahl getroffen, Nachstehende Grafik soll den gewählten Entscheidungsprozess veranschaulichen, wobei sich die gezeigten Stufen wie folgt in der Arbeit wiederfinden.

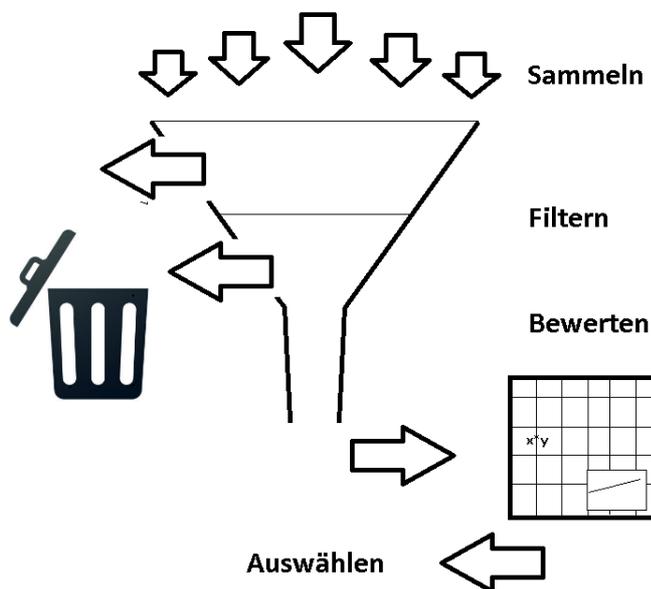


Abbildung 15: Entscheidungsprozess, eigene Darstellung

Sammeln von Alternativen findet sich in Kapitel 2 wo eine Aufzählung unterschiedlicher regenerativer Energien stattfindet welche für ein Wohnobjekt Anwendung finden könnten.

Das Filtern beginnt dann in Kapitel 3.2 wo Alternativen ohne passende Ressourcen und aus andern Gründen ausgeschieden werden. Bewerten und Auswählen geschieht nachfolgend ab Kapitel 3.3. wo die verbleibenden Handlungsalternativen genauer durchleuchtet und gegenübergestellt werden.

Den größten Anteil am privaten Energieverbrauch stellt die Gebäudeheizung dar, daher wird darauf besonderes Augenmerk gelegt.

**Sole/Wasser oder Wasser/Wasser Wärmepumpe:** Da ein Wasserbrunnen vorhanden ist, der für die Entnahme des Grundwassers zu Heizzwecken ausreichend

bemessen ist, bietet die Grundwasserwärmepumpe wegen der etwas höher zu erwartenden Arbeitszahl gegenüber eines Flächenkollektor-Systems einen Vorteil. Die Kosten des neu zu bauenden Schluckbrunnens sind in etwas günstiger wie der Flächenkollektor, welcher wegen der ungünstigen Konstellation auf mehrere Teilflächen erstrecken müsste. Ähnlich gelagert ist es mit der Variante des Spiralkollektor. Aus genannten Gründen wird die Variante mit **Grundwasserwärmepumpe** für die weitere Prüfung herangezogen.

**Pelletsheizung/ Hackgutheizung/ Stückholzheizung:** Bei der Stückholzheizung gibt es derzeit nur beschränkte Möglichkeiten einer automatischen Einbringung des Brennstoffes in den Brennraum. Es gibt Systeme die Scheitholz automatisiert nachlegen, jedoch muss hier zumindest ein Wochenbehälter händisch gefüllt werden. Eine Masterarbeit aus dem Jahr 2013<sup>57</sup> hat sich intensiv mit der Problematik beschäftigt, Recherchen haben kein Serienprodukt am Markt gefunden.

Die Variante Stückholzheizung/Holzvergaser wird daher für weitere Betrachtung ausgeschieden.

Da es für Waldhackgut nicht genug Lagerräumvolumen für die Einlagerung eines Saisonbedarfes gibt und wegen der Konsistenz ein wesentlich höherer technischer Aufwand nötig ist, um eine betriebssichere Einbringung in den Brennraum zu gewährleisten wird auch diese Variante im Vorfeld ausgeschieden,

### 3.3.2 Bewertung der Systeme

Die Zielgewichtung für eine Auswahl eines Heizsystems soll in nachfolgender Reihenfolge erfolgen:

- Gesamtkosten über einen definierten Lebenszyklus
- Aufwand für Bedienung und Betrieb
- Wartungsintensität bzw. erforderlicher Handlungsaufwand für den Betrieb

In die Bewertung sollen neben den Anschaffungskosten auch die Zusatzkosten über den gesamten Lebenszyklus, sowie die subjektiv definierten Präferenzen einfließen.

Als erste Kennziffer werden die Anschaffungskosten der Investition ermittelt.

„Eine Investition ist ein Zahlungsstrom, der mit einer Auszahlung beginnt.“<sup>58</sup>

---

<sup>57</sup>Lukas Hatzmann, Automatische Scheitholzbeschickung, Masterarbeit, Graz 2013 Quelle: <https://diglib.tugraz.at/download.php?id=576a76d1cbf86&location=browse>

<sup>58</sup>Kay Poggensee, Investitionsrechnung, Wiesbaden 2009, 2011, 2015, S.10

Die Berechnungen erfolgen mit Kapitalwertmethode.<sup>59</sup>

$$C_0 = \sum_{k=1}^n \frac{e_k - a_k}{(1+i)^k} + \frac{R}{(1+i)^n} - A$$

Es werden alle zukünftigen Einnahmen und Zahlungen auf den Zeitpunkt dieser Erstauszahlung korrigiert. Um auf Unsicherheiten bei Brennstoffpreisen sowie die unterschiedlichen Preisentwicklungen der einzelnen Brennstoffe eingehen zu können, wurden bei den nachfolgenden Berechnungen die Preissteigerungen der unterschiedlichen Brennstoffen vom kalkulatorischen Zinssatz abgetrennt. Es werden zuerst die Zahlungen für den Brennstoff im jeweiligen Jahr mittels einer durchschnittlichen Preissteigerung für den jeweiligen Brennstoff ermittelt und anschließend mit dem kalkulatorischem Zinssatz auf den Gegenwartswert korrigiert. Fiktive Ausgaben für Betriebskosten werden zum Gegenwartswert angenommen und müssen daher nicht korrigiert werden bzw. ergibt sich bei Jahresberechnung mit dem kalkulatorischen Zinssatz und anschließender Diskontierung mit genau diesem ohnehin der ursprünglich angenommene Wert.

Da es bei der Betrachtung von Heizsystemen ausschließlich Ausgaben gibt, wird zur Ermittlung der Gesamtkosten gleich mit positiven Werten gerechnet und im Falle eines Restwertes lediglich dieser abgezogen. Das im Wert positive Ergebnis zeigt die Gesamtausgaben auf den Gegenwartswert korrigiert. Es wird also der negative Kapitalwert dargestellt.

$$-C_0 = a_0 + \sum_{k=1}^n \frac{a_k}{(1+i)^k} - \frac{R}{(1+i)^n}$$

---

<sup>59</sup> Vgl. Kay Poggensee, Investitionsrechnung, Wiesbaden 2009, 2011, 2015, S.111

### 3.3.2.1 Grundwasserwärmepumpe vs. Pelletsheizung

Anschaffungskosten Grundwasserwärmepumpe:

GWWP					
Einzelposten	Verwendung	AFA	Einzelkosten	Zwischensumme	Gesamt
hydrologisches Gutachten	Wasserrecht	50 Jahre	€ 1.332	€ 1.472	€ 4.308
Gebühren Bescheid			€ 140		
Material Schluckbrunnen	Schluckbrunnen		€ 1.996	€ 2.836	
Setzen Schluckbrunnen			€ 840		
Energieausweis	Wärmepumpen- heizung	22 Jahre	€ 390	€ 24.515	€ 24.515
Wasseruntersuchung			€ 118		
Wärmepumpe+Installateur+Entsorgung Altanlage			€ 22.560		
ZDS 4" Wärmepumpen-Tiefbrunnenpumpe WP			€ 856		
Elektromaterial			€ 931		
Energieberatung			€ 50		
<b>Anschaffungskosten ohne Förderung</b>					<b>€ 28.823</b>

Abbildung 16: Kostenaufstellung Anschaffung Grundwasserwärmepumpe

Anschaffungskosten Pelletsheizung:

Die Ermittlung der Anschaffungskosten sind hier leichter zu ermitteln, weil Heizung und Vorratsbehälter aus einem einzigen Anbot entnommen werden können.

Pelletsheizung		
Einzelposten	AFA	Einzelkosten
Pelletsanlage nach Anbot	22 Jahre	€ 21.904
Entsorgung Altanlage		€ 760
Energieausweis		€ 390
Energieberatung		€ 50
<b>Anschaffungskosten ohne Förderung</b>		<b>€ 23.104</b>

Abbildung 17: Kostenaufstellung Anschaffung Pelletsheizung  
Szenario 1:

Die technische Lebensdauer der Heizung wird mit maximal 22 Jahren angenommen. Das Wasserrecht wird für 50 Jahre erteilt und auch die technische Lebensdauer des Schluckbrunnens wird in diesem Bereich liegen.

Bei Austausch der Wärmepumpe nach Erreichen der technischen Lebensdauer können sowohl das vorhandene Wasserrecht als auch der Schluckbrunnen unverändert genutzt werden. Daher wird für diese Kosten ein Restwert ermittelt, der von den Gesamtkosten abgezogen werden kann.

Es wird von einem jährlichen Heizbedarf inkl. Warmwasserbereitung von 20 MWh (exklusiv Anteil vorhandener thermischer Solaranlage) ausgegangen, das entspricht in etwa dem Energie-Äquivalent des durchschnittlichen jährlichen Heizölbedarfs der letzten 10 Jahre.

Die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe mit Berücksichtigung des elektrischen Eigenverbrauchs inklusive aller Heizungspumpen sowie der Wärmequellenpumpe

wird mit 3,9 geschätzt und für die Berechnung herangezogen. Die so ermittelten Stromkosten werden nach aktuellem Marktpreis gewählt. Der Zinssatz für die Kapitalwertermittlung wird mit 2% festgesetzt.

Weitere Annahmen für Wartung und Reparatur:

Es wird alle 5 Jahre 1 Kanister mit 4 Liter Inhalt Frostschutzmittel nachgefüllt. Der Preis für 1 Kanister beträgt im Jahr 2020 € 50,--

Die technische Lebensdauer der Wärmequellenpumpe wird mit 14 Jahren angenommen, dann erfolgt ein Austausch, die Kosten hierfür betragen im Jahr 2020 € 856,-- für die Montage im Brunnen wird ein Aufpreis von € 144,-- veranschlagt.

Dichtheitsprüfung des Kältekreises: Derzeit gibt es keine gesetzliche Vorschrift für ein Intervall, was sich in den nächsten Jahren durchaus ändern kann. Es wird daher die Annahme getroffen, dass alle 8 Jahre eine Dichtheitsprüfung vorgenommen wird, die Kosten hierfür werden mit € 1000,-- geschätzt.

Der Preis für eine Kilowattstunde Strom die ein Endverbraucher zahlen muss wird mit 0,17 € angenommen bzw. wurde dies im Kapitel 3.1.3 so ermittelt.

Die Brechung erfolgt mit Tabellenkalkulationsprogramm. Die einzelnen Parameter können daher ganz leicht geändert werden und somit andere Szenarien ohne großen Aufwand durchgerechnet und dargestellt werden.

Der Heizwert für Holzpellets wird mit 4,8 kWh/kg angenommen.<sup>60</sup>

Der Preis je kg Holzpellets wurde 0,233 ermittelt (Tagespreis für Abnahmemenge von 6000kg, inkl. Einblaspauschale)<sup>61</sup>

Abbildung 18: Tagespreis Holzpellets Dezember 2020  
Warenkorb

Produkt	Preis	Anzahl	Zwischensumme
 My Premium Pellets (1t, Loose) - 20 <small>Lieferzeit: 1-2 Wochen</small>	226,00 €	6	1.356,00 €
<input type="text" value="Gutscheincode"/> <input type="button" value="Gutschein anwenden"/> <input type="button" value="Warenkorb aktualisieren"/>			
<b>Warenkorb-Summe</b>			
Zwischensumme	1.356,00 €		
Versand	Gib deine Adresse ein, um die Versandoptionen anzuzeigen. <a href="#">Versandkosten berechnen</a>		
Einblaspauschale	42,38 €		
Gesamtsumme	1.398,38 €		
inkl. 15 % MwSt.	160,88 €		
<input type="button" value="Weiter zur Kasse"/>			

<sup>60</sup>Quelle: <https://www.propellets.at/heizwert-von-pellets> abgerufen am 12.12.2020 16.00 Uhr

<sup>61</sup>Quelle: <https://www.mypellets.at/shop/warenkorb/> abgerufen am 0.01.2021 11.00 Uhr

Der Energieverbrauch der Pelletsheizung mit Austragsystem, und Heizungspumpen wird auf 800 kWh je Heizsaison geschätzt.

Die Kosten des Schornsteinfegers belaufen jährlich auf : € 138,--<sup>62</sup><sup>63</sup>

Große Wartung, alle 2 Jahre: € 350,--

Alle 9 Jahre Reparatur mit Verschleißteile Tausch: € 900,--

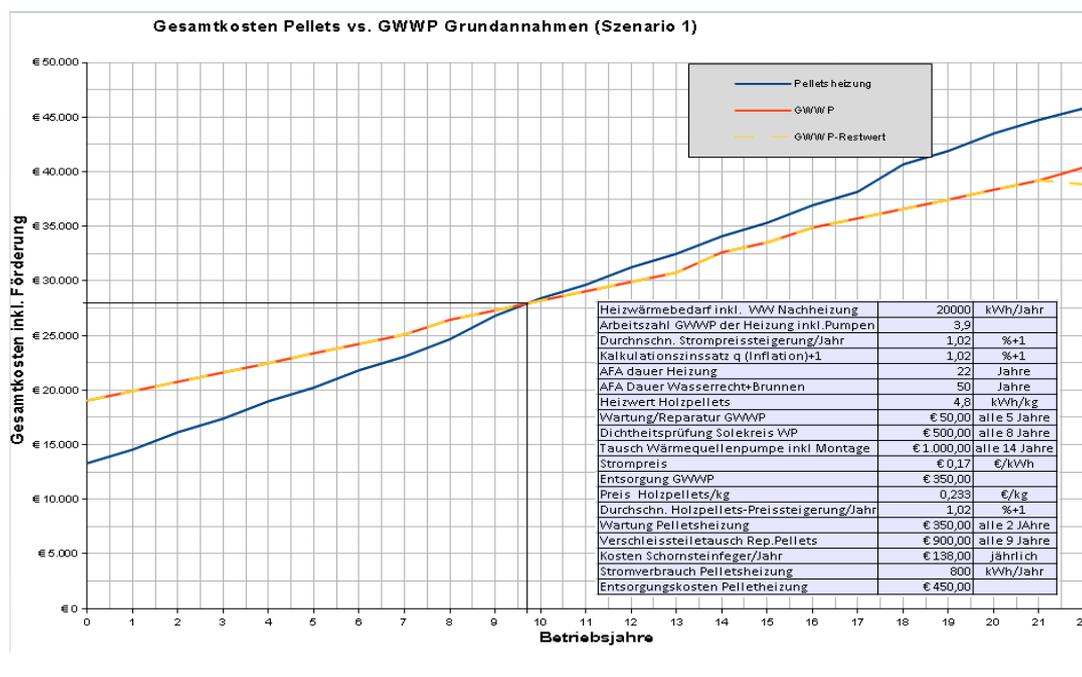
Die Entsorgungskosten der Pelletsanlage belaufen sich auf € 450,--

Es werden in Summe 10770,-- € an Förderungen für die Pelletsheizung kalkuliert, die Förderung für Grundwasserwärmepumpenanlage fällt um 1000,-- Euro niedriger aus und beträgt daher insgesamt 9770,--€<sup>64</sup>

Alle Preissteigerungen der Brennstoffe werden hier noch gleich hoch wie der kalkulatorische Zinssatz mit 2% angenommen.

Die Gesamtförderungen werden erst nach Fertigstellung nach Übermittlung aller geforderten Bestätigungen ausbezahlt, in der nachfolgenden Darstellung sind die Förderungen aber bereits beim Anschaffungswert berücksichtigt.

Abbildung 19: Gesamtkostenvergleich GWWP vs. Pelletsheizung, Szenario 1,



<sup>62</sup>Steiermärkische Kehrordnung 2018 – StKO 2018, Quelle: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrStmk&Gesetzesnummer=20001420> abgerufen am 8.12.2020 13.00Uhr [Abfrage=LrStmk&Gesetzesnummer=20001420](https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrStmk&Gesetzesnummer=20001420) abgerufen am 08.12.2020 11.00 Uhr

<sup>63</sup>Änderung der Steiermärkischen Kehrordnung 2018; Quelle: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrStmk&Gesetzesnummer=20001435> abgerufen am 08.12.2020 11.00 Uhr

<sup>64</sup>Summe der tatsächlich ausbezahlten Fördersumme im Jahr 2020 (Bund, Land und Kommune)

Die Anschaffungskosten der Grundwasserwärmepumpe sind höher als bei einer Pelletsanlage. Im Laufe des zehnten Betriebsjahres liegt im Gesamtkostenvergleich die GWWP aber bereits kostentechnisch günstiger. Nach Ablauf der technischen Lebensdauer kann man bei den Gesamtkosten noch den Restwert für Wasserrecht und Schluckbrunnen abziehen, was aber keinen großen Einfluss hat. Der Knick im 22. Jahr bei der Pelletsheizung beruht darauf, dass das Brennmaterial schon vor Beginn der Heizsaison eingekauft werden muss, wobei die Stromrechnung für den Betrieb der Wärmepumpe anteilig bereits über das Jahr verteilt bezahlt wird. Bei diesen Annahmen wäre die Grundwasserwärmepumpe vorzuziehen.

Szenario 2:

Bei diesem Szenario wird davon ausgegangen, dass sich die Preissteigerungen für Holzpellets unter der Inflation und der Strompreis über der Inflation entwickelt und bei der Pelletsheizung die Kosten für Wartung und Reparaturen geringfügig günstiger als bei der GWWP ausfallen. Die GWWP erzielt nur eine Jahresarbeitszahl von 3,6 und die Entsorgung kostet 100 Euro mehr als bei der Pelletsanlage.

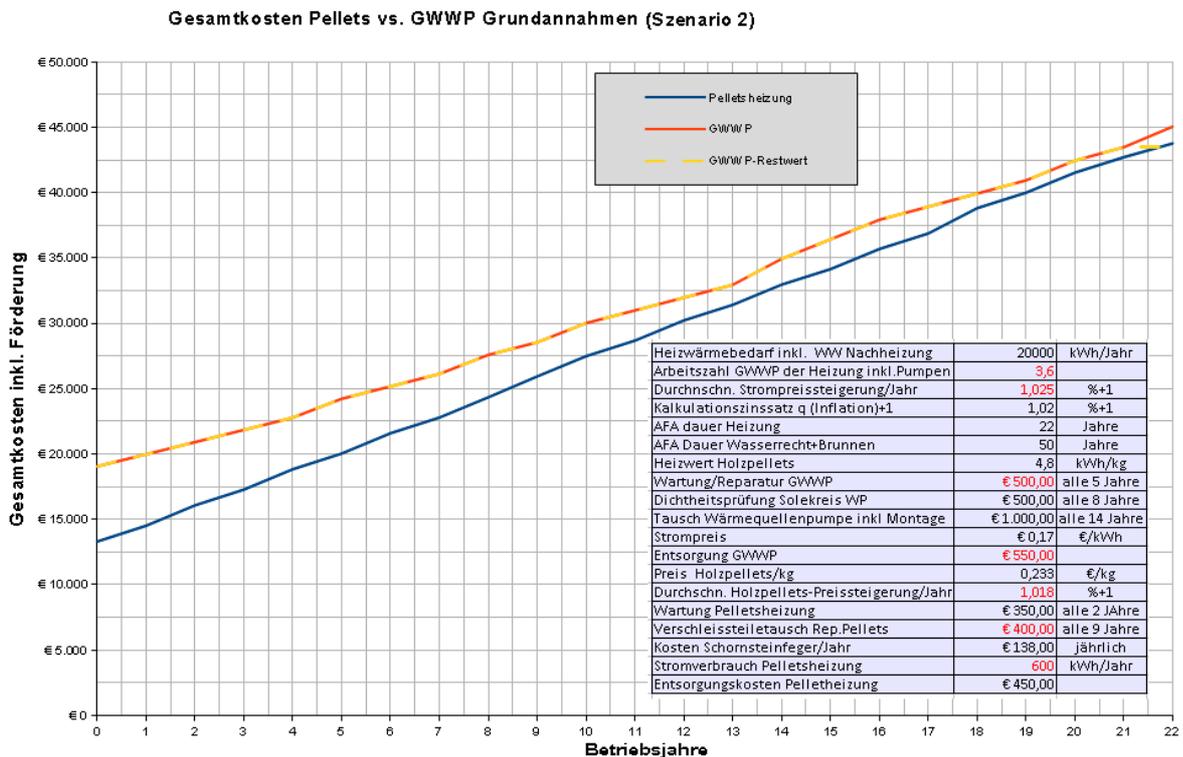


Abbildung 20: Gesamtkostenvergleich GWWP vs. Pelletsheizung, Szenario 2

Nach dieser, für die Pelletsheizung sehr günstigen Annahmen, bleibt diese auch bei den Gesamtkosten nach 22 Jahren, die günstigere Alternative. Selbst nach Berücksichtigung des Restwertes für Wasserrecht und Schluckbrunnen gibt es für die GWWP nur einen geringen Vorteil, der nur dann etwas bringt wenn nach der technischen Lebensdauer wieder eine GWWP eingebaut würde.

### Szenario 3

Die Wärmepumpenanlage erreicht nur eine Jahresarbeitszahl von 3, was je nach Wärmepumpentype bei Verwendung für Heizung und Warmwasserbereitung durchaus möglich ist. Die Jahresarbeitszahl muss für die Förderungen mittels Programm JAZ<sub>calc</sub> nachgewiesen werden, was von einem zertifizierten Wärmepumpeninstallateur zu bestätigen ist.

Bei diesem Szenario fällt die Wärmepumpenheizung aus den Förderungen, da diese als Förderbedingung eine JAZ von mindestens 3,5 vorschreiben.

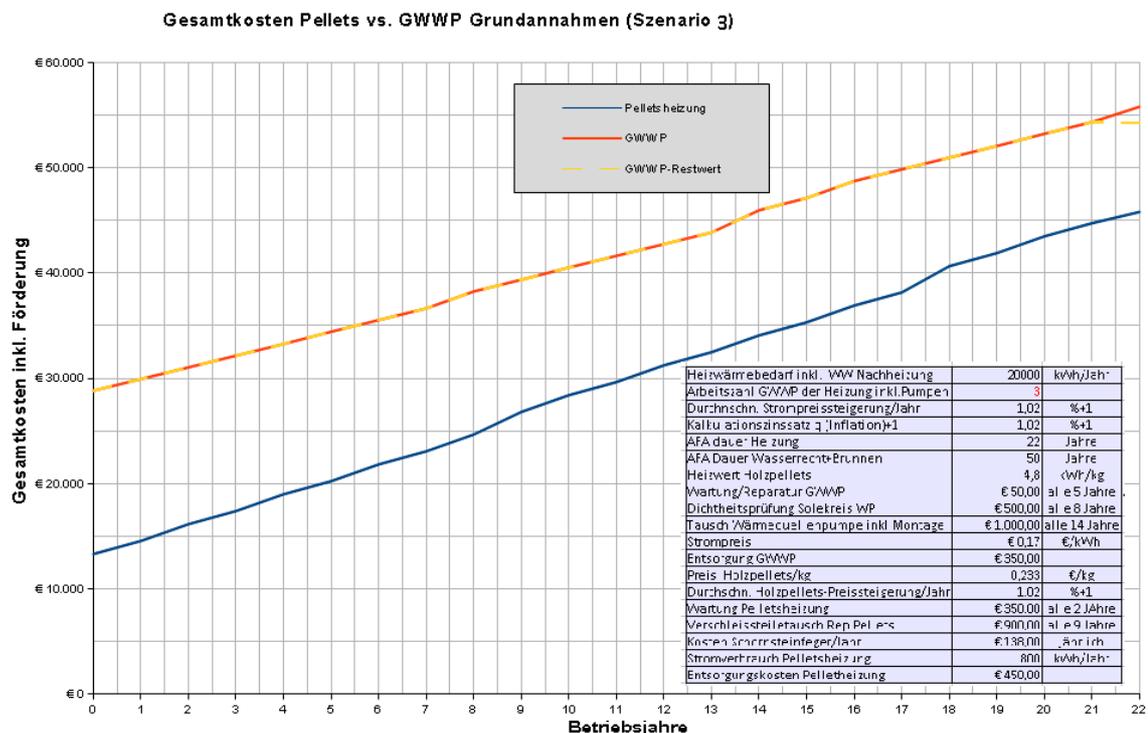


Abbildung 21: Gesamtkostenvergleich GWWP vs. Pelletsheizung, Szenario 3

Da die Pelletsheizung gefördert wird und die Grundwasserwärmepumpe nicht, sind die Anschaffungskosten in etwa doppelt so hoch. Diese können auch in einer Betriebsdauer von 22 Jahren nicht kompensiert werden.

Wenn damit zu rechnen ist dass das Projekt zur Errichtung einer Wärmepumpenanlage nicht förderwürdig ist, wäre die Pelletsheizung von der Kostenbetrachtung in jeden Fall die bessere Handlungsalternative.

## Nutzwertanalyse GWWP vs. Pelletsheizung

Um eine Auswahl zu treffen werden die beiden Handlungsalternativen auch einer Nutzwertanalyse unterzogen und die einzelnen Unsicherheiten im Vorfeld bewertet. Die Gewichtung der einzelnen Parameter ist nach den Kriterien des Auftraggebers, bei Unternehmen ist es das Management, zu erstellen. Neben den Anschaffungskosten, Betriebskosten, ist dem Autor wichtig auch die Preisstabilität und den Wartungsaufwand zu bewerten. Auch wenn der Rauchfangkehrer selbst den Weg in den Heizungskeller findet muss dafür Sorge getragen werden, dass ihm Einlass gewährt wird. Auch eine Aschelade entleert sich nicht alleine und das Entleeren ist eine Tätigkeit die mehrmals in der Heizsaison durchgeführt werden muss um die Betriebssicherheit zu gewährleisten.

Wichtung für Nutzwertanalyse:

Anschaffungskosten	50%
Brennstoffkosten	30%
Preisstabilität	10%
Wartungsaufwand	10%

Für Anschaffungs- und Brennstoffkosten werden die ermittelten Kosten in k€ herangezogen und gerundet. Für die Bewertung der Preisstabilität wird aus den Preisen zwischen 2007 und 2020 der Faktor zwischen jeweils höchstem zu niedrigstem Preis ermittelt (aus Kapitel 3.1) und dann mit der Summe der Brennstoffkosten aller Jahre in k€ (aus Tabellenkalkulation) multipliziert. Für die Bewertung des Wartungsaufwandes wird für die GWWP der Wert 10 festgelegt und für die Pelletsheizung der Wert 30. Damit soll der in etwa 3 fache Wartungsaufwand bei der Pelletsheizung gegenüber einer Wärmepumpe berücksichtigt werden.

Szenario 1		GWWP		Pelletsheizung	
Posten	Wichtung	Basis	Wert	Basis	Wert
Anschaffungskosten	50,00%	19	9,5	12	6
Energiekosten	30,00%	15	4,5	27	8,1
Preisstabilität Energie	10,00%	18	1,8	44	4,4
Wartungsaufwand	10,00%	10	1,0	30	3,0
Nutzwert			16,8		21,5

Szenario 2		GWWP		Pelletsheizung	
Posten	Wichtung	Basis	Wert	Basis	Wert
Anschaffungskosten	50,00%	19	9,5	12	6
Energiekosten	30,00%	25	7,5	30	9
Preisstabilität Energie	10,00%	30	3,0	49	4,9
Wartungsaufwand	10,00%	10	1,0	30	3,0
Nutzwert			21,0		22,9

Szenario 3		GWWP		Pelletsheizung	
Posten	Wichtung	Basis	Wert	Basis	Wert
Anschaffungskosten	50,00%	29	14,5	12	6
Energiekosten	30,00%	29	8,7	30	9
Preisstabilität Energie	10,00%	35	3,5	49	4,9
Wartungsaufwand	10,00%	10	1,0	30	3,0
Nutzwert			27,7		22,9

Abbildung 22: Ergebnis Nutzwertanalyse  
GWWP vs. Pelletsheizung

Sowohl bei Szenario 1 als auch Szenario 2 ist die Grundwasserwärmepumpe die Alternative die zu empfehlen wäre. Lediglich die Variante, wo es keine Förderung für Wärmepumpenheizung gibt, jedoch für die Pelletsheizung schon, liegt die die Pelletsheizung als Handlungsalternative vor einer Heizung mit Grundwasserwärmepumpe.

### 3.3.2.2 Thermische Solaranlage

Am Bestandsgebäude ist bereits seit 1997 eine thermische Solaranlage für Warmwasserbereitung installiert. Die technische Lebensdauer ist zwar theoretisch erreicht jedoch liefert diese nach wie vor, zumindest 8 Monate im Jahr einen wesentlichen Anteil an der Warmwasserbereitung. In den Sommermonaten kann eine 100% Abdeckung des Warmwasserbedarfes erreicht werden. Das Heizsystem kann somit über die Sommermonate abgestellt bzw. auf Bereitschaft zur Warmwasser Nachheizung betrieben werden.

Raumheizung mit thermischer Solaranlage: Der Energiebedarf von Raumheizung und Sonnenscheindauer ist antizyklisch, der Jahreszeit mit dem größten Energiebedarf für Heizen steht die geringste Sonnenscheindauer des Jahres gegenüber. Zusätzlich gibt es wegen der größeren Temperaturdifferenz von Vorlauftemperatur zu Umgebungstemperatur auch höhere Verluste in der Zeit des größten Energiebedarfes. Ausrichtung und Dimensionierung der Anlage muss für die Wintermonate optimiert werden. Eine 100% Abdeckung des Heizenergiebedarfes für das Bestandsgebäude ist wirtschaftlich nicht möglich, sowohl Kollektorfläche als auch Volumen des Pufferspeichers wären so groß zu dimensionieren, dass es auch technisch kaum durchführbar wird.

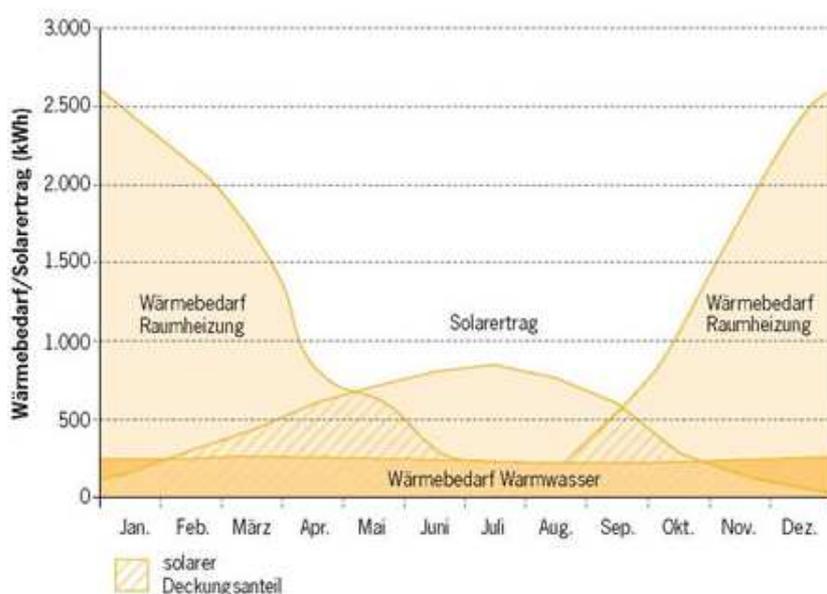


Abbildung 23: Solarer Ertrag vs. Energiebedarf Heizen, Warmwasser im Jahreskreis\*)

\*) Darstellung Solaranlagenportal<sup>65</sup>

<sup>65</sup><https://www.solaranlagen-portal.com/solar/wirtschaftlichkeit/ertrag> abgerufen am 09.01.2021 21:45

Es bliebe die Möglichkeit einer teilsolaren Raumheizung bei der ein zusätzliches Heizsystem sowohl die Spitzenlasten als auch die volle Heizleistung bei längerer Pause des Solarertrages, wie es in trüben Wintertagen öfters zu erwarten ist, übernehmen muss. Die Anschaffungskosten einer entsprechenden Kombination sind entsprechend hoch.

Für nachfolgendes Szenario wird die fiktive Annahme getroffen, dass für Anschaffungskosten von 13.000,- € (inkl. maximal möglicher Förderung) eine teilsolare Raumheizung angeschafft werden kann, die 50% des Heizwärmebedarfes abdecken kann. Diese Zusatzkosten werden dem Heizsystemvergleich Grundwasserwärmepumpe und Pelletsheizung hinzugerechnet und die Gesamtkostenentwicklung der einzelnen Systeme im Diagramm dargestellt. Durch die 50% geringere Einsatzdauer werden die Wartungskosten bei der Pelletsanlage gekürzt. Der verminderte Betriebskostenbedarf bewirkt einen flacheren Verlauf der Gesamtkosten beider Handlungsalternativen aber die erhöhten Anschaffungskosten können auch über die fiktive Annahme der technischen Lebensdauer von 22 Jahren nicht wettgemacht werden.

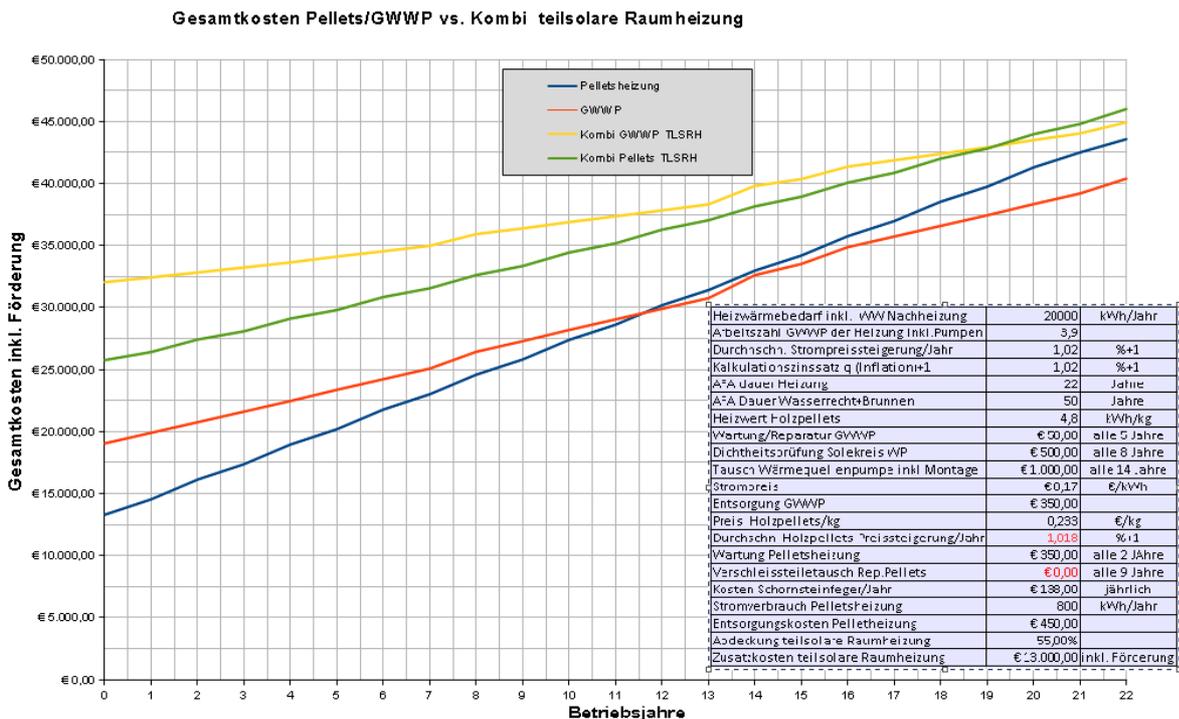


Abbildung 24: Gesamtkostenvergleich GWWP/ Pellets vs. Kombination mit teilsolarer Raumheizung

Aufgrund des extrem hohen Kapitaleinsatzes, welcher sich voraussichtlich bis Ende der technischen Lebensdauer nicht amortisiert, ist diese Variante nicht zu empfehlen.

### 3.3.2.3 Photovoltaik

Für PV Anlagen mit einer Engpassleistung über 5kW gibt es eine Abnahmeverpflichtung gemäß Ökostromgesetz 2012 (ÖSG2012)<sup>66</sup>. Bei PV Anlagen gilt die Modulspitzenleistung als Engpassleistung (§5 Abs.12). Es ist nur die OeMAG (Abwicklungsstelle für Ökostrom AG) zur Abnahme verpflichtet welche jedoch nur den Marktpreis zahlt.

*„Gemäß § 41 Ökostromgesetz 2012 hat die Energie-Control Austria vierteljährlich die durchschnittlichen Marktpreise elektrischer Grundlastenergie festzustellen und in geeigneter Weise zu veröffentlichen.“<sup>67</sup>*

Die Betriebsförderung nach §12 ÖSG besagt, dass die OeMAG bis zur Erschöpfung des Fördertopfes die Abnahme des Ökostromes zu erhöhten Einspeisetarifen, welche in §19 ÖSG festgelegt sind, für die Dauer von 13 Jahre (§16 ÖSG) durchzuführen hat. Nach den Ablauf der 13 Jahre wird nur mehr der Marktpreis erstattet. Die Förderzusicherung für Anlagen die im Jahre 2020 gebaut werden und eine Förderzusicherung erhalten gibt es für die ersten 13 Jahre einen garantierten Einspeisetarif von 0,0767 Euro verbunden mit einer Förderung des Anschaffungspreises mit maximal 250,-- € je kWp.<sup>68</sup>

Für nachstehende Vergleiche wurde ein Angebot für eine 5kW Peak PV Anlage eingeholt, das Angebot bietet die Auswahl von 3 unterschiedlichen Modul Typen. Die Kosten für Installation, Wechselrichter etc. sind von der Modulwahl unabhängig. Die Anschaffungskosten unterscheiden sich und ebenso der zu erwartende Ertrag.

Im Angebot sind zwei Anlagen mit monokristallinen Modulen (PVP und LG Neon 2) sowie eine Anlage mit polykristallinen Modulen (REC TWIN).

Für alle Module gilt eine Leistungsgarantie von 80% der Nennleistung nach 25 Betriebsjahren. Daher wurde für die Berechnungen der solare Jahresertrag linear verringert sodass nach dem 25 Betriebsjahr nur noch 80% der Anfangsleistung berücksichtigt wird.

Für die Berechnung wird mit einem Jahresertrag von 1000kWh je kWp ausgegangen.<sup>69</sup>

---

<sup>66</sup><https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20007386> abgerufen am 31.12.2020 19:00 Uhr

<sup>67</sup><https://www.e-control.at/de/marktteilnehmer/oeko-energie/marktpreis>, abgerufen am 02.01.2021 15:33

<sup>68</sup>Quelle: <https://www.pvaustria.at/forderungen/>, abgerufen am 08.01.2021 22:00

<sup>69</sup>Vgl. [https://pvaustria.at/sonnenklar\\_rechner/](https://pvaustria.at/sonnenklar_rechner/) abgerufen am 16.01.22.00

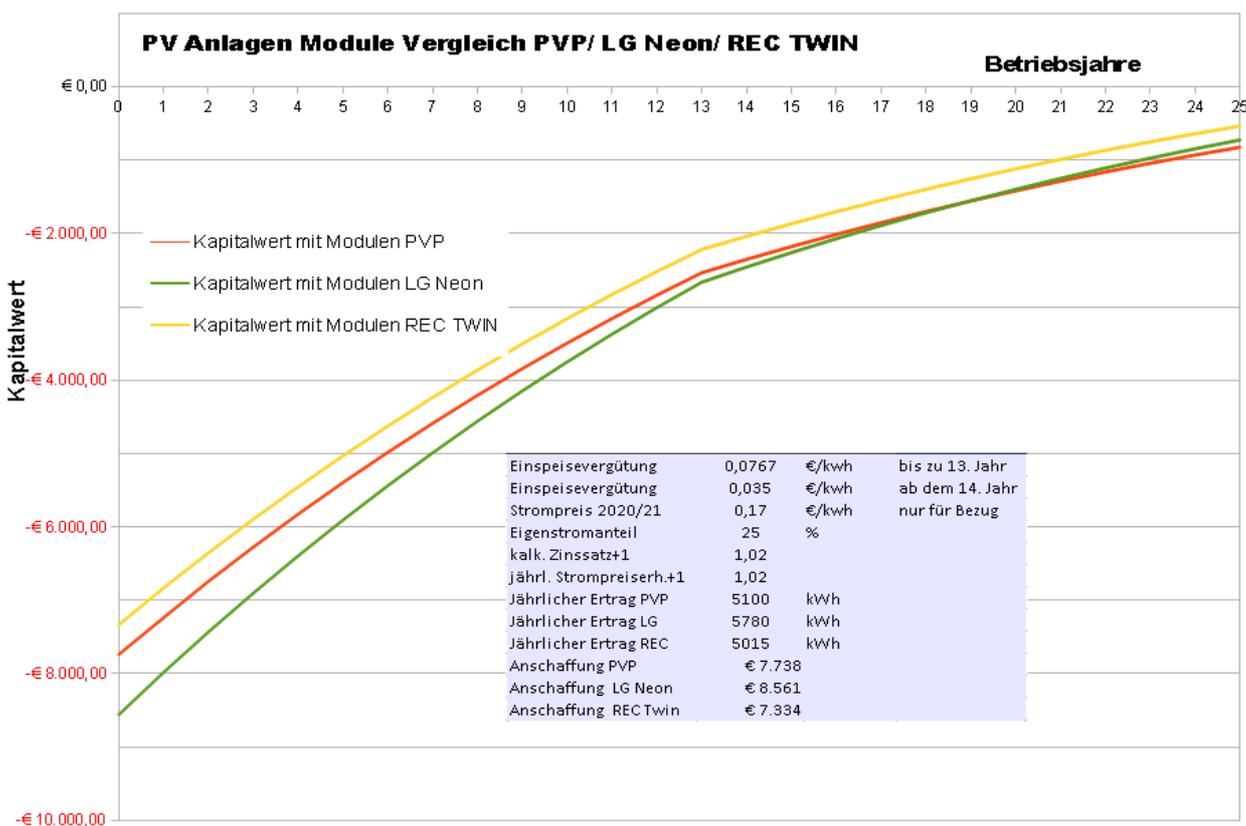


Abbildung 25: PV Module Vergleich PVP/LG Neon/ REC TWIN

Durch die stetig sinkenden Förderungen bei PV Anlagen ist trotz Ausschöpfung von diesen, nach den Richtlinien 2020 bei einem Eigenverbrauch von 25 % auch nach 25 Jahren keine positiver Kapitalwert erreichbar.

Nachfolgendes Szenario zeigt den Kapitalwert bei Steigerung des Eigenbedarfes auf 50 % der erzeugten Energie, wenn der Strompreis auf 0,2€ je kWh steigen würde.

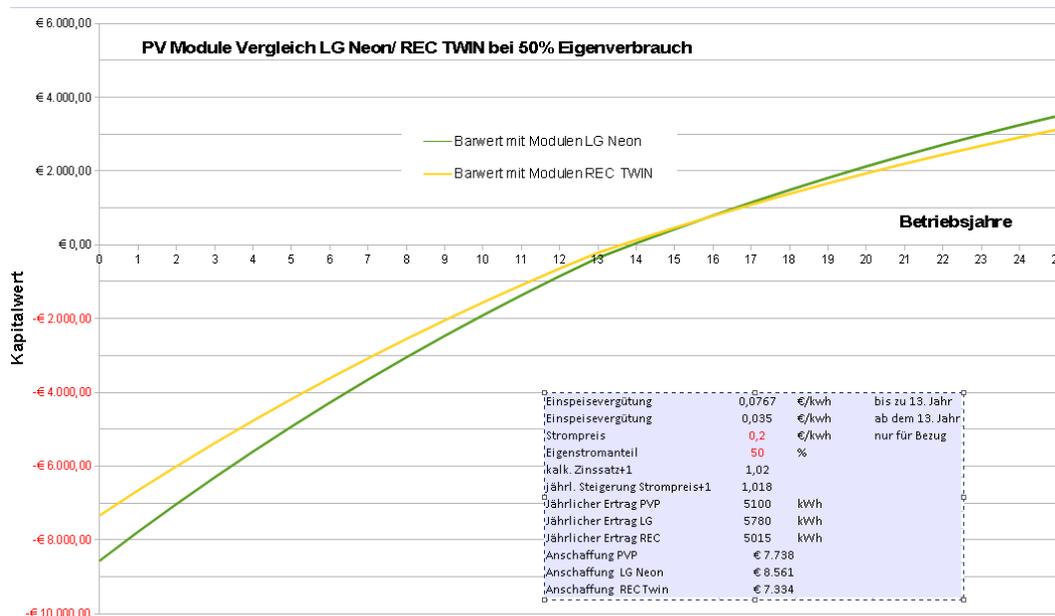


Abbildung 26: PV Module Vergleich LG Neon/ REC TWIN bei 50% Eigenverbrauch

Bei geringfügig höheren Strompreisen und einer Steigerung des Eigenverbrauches auf 50% schafft man kurz nach Beginn des 14. Betriebsjahres einen positiven Kapitalwert. Das stimmt nur insoweit, als wenn man den Energiebedarf auch wirklich hat und die erzeugte Energie nicht einfach sprichwörtlich beim Fenster hinaus heizt in dem man z.B. die Überschussenergie mittels Elektroheizstäben in den Warmwasserspeicher abgibt der durch übermäßig hohe Temperaturunterschiede zur Umgebung auch höhere Verluste hat, welche man im Sommer vielleicht auch noch kühlen muss. Das Betreiben der Klimaanlage würde den scheinbaren Eigenverbrauch noch weiter steigern.

Das nächste Diagramm zeigt, wie sich um ein und dieselbe Anlage verhält, wenn man den Eigenverbrauch immer weiter steigern könnte. Es ist zu erkennen, je höher der Eigenverbrauch sowie der Strompreis bzw. auch die zu erwartende jährliche Steigerung umso mehr verkürzt die Amortisation einer PV Anlage.

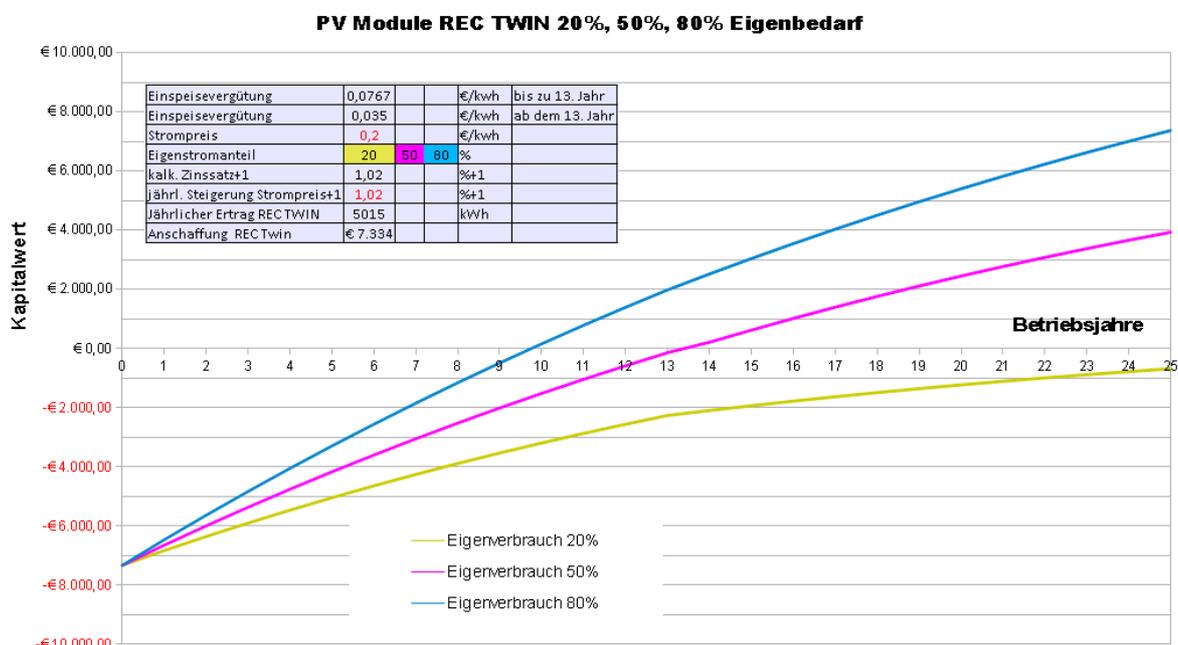


Abbildung 27: PV Module LG Neon bei 20% 50% 80% Eigenbedarf

### 3.3.2.4 Erhöhung des Eigenstrombedarfs einer PV Anlage durch Batteriespeicher

Um den Eigenverbrauch einer PV Anlage zu erhöhen muss man entweder durch Energiemanagement Elektrogeräte dann einschalten, wenn die PV Anlage Überschussenergie erzeugt oder/und die bei Tag erzeugte ungenutzte Energie zwischenspeichern um dann verbraucht werden zu können, wenn sie benötigt wird. Nachfolgende Szenario geht von einem Eigenverbrauch von 25% aus. Mittels Hochvoltbatterie mit 11kWh Speicherkapazität kann der Eigenverbrauch auf 50% , bei Verwendung von 2 solcher Akkus auf 80 % gesteigert werden. Je Akku BYD B-BOX HVM 11.0 installiert wird von Zusatzkosten von 6500,--€ ausgegan-

**PV Module LG Neon ohne Akku, 11kWh bzw. 22kWh Akkupack**

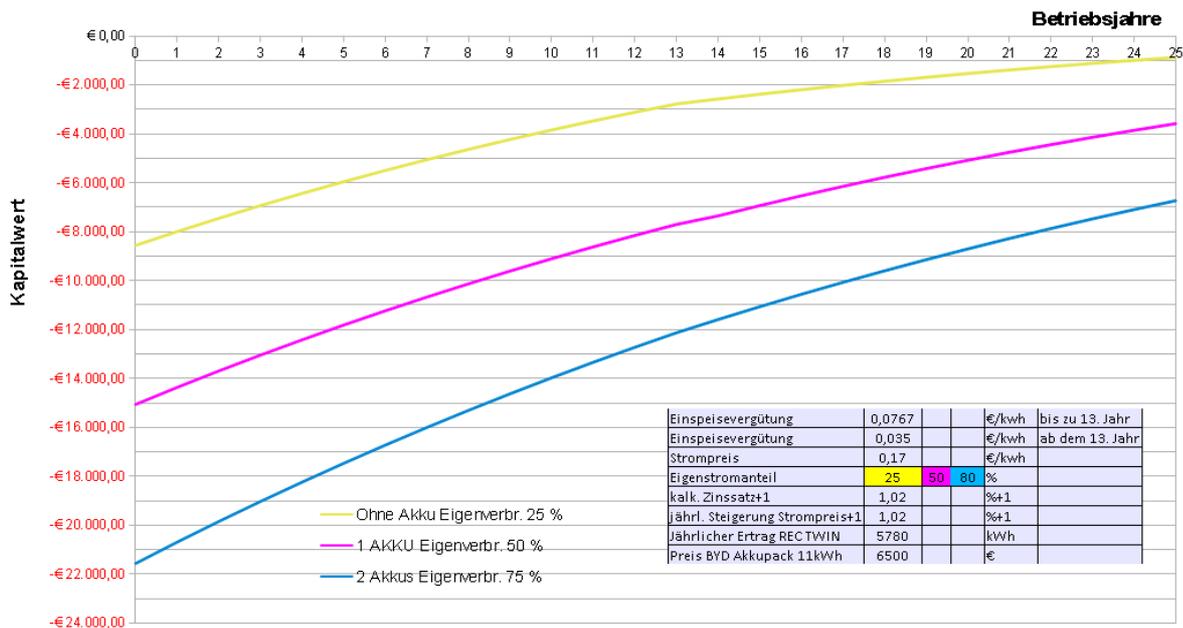


Abbildung 28: Kapitalwert PV Anlage mit 1, 2 und ohne Akku Pack gen.

Hier ist deutlich zu erkennen, dass bei der derzeitigen Lage von Strompreis und Kosten, sich eine Batteriespeicher nicht amortisiert. Es ist zu beachten, dass die technische Lebensdauer eines Akkupacks bei weitem nicht die garantierte Lebensdauer der PV Module erreichen wird und falls doch vermutlich mit noch wesentliche höheren Kapazitätsverlusten als es bei den PV Modulen der Fall ist.

Von einer Verwendung für PV Anlage mit Akkuspeicher kann unter diesen Voraussetzungen abgeraten werden.

### 3.3.2.5 Photovoltaik vs. thermischer Solaranlage

Es wird hier kein direkter Vergleich angestellt, da zur Warmwassererzeugung eine thermische Solaranlage wegen des ca. 4 fach geringeren Platzbedarfes, immer den Vorzug gegenüber einer PV Anlage hat. Ein Argument, dass die Installation

der Rohre vom Dach in den Keller nur mit außerordentlich großem technischen und finanziellen Aufwand möglich ist, greift beim zu untersuchenden Bestandsgebäude nicht, da die Installationen bereits vorhanden sind.

Wie bereits im vorigen Punkt angesprochen, besteht bei Umwandlung von Überschussenergie aus der PV Anlage mittels Elektroheizstäben in Warmwasser die Gefahr durch übermäßige Aufheizung des Speichers sehr viel Wärme in das Gebäude abgegeben wird, was in den Sommermonaten dazu führen kann, dass eine Klimaanlage entsprechend mehr arbeiten muss. Man hat dann zwar den Eigenbedarf an PV Strom erhöht, aber nur künstlich den der Großteil wäre ohne die Wärmeverluste im Warmwasserspeicher gar nicht vorhanden gewesen.

### **3.3.2.6 Kombination von Wärmepumpe mit thermischer Solaranlage**

Je höher die von einer Wärme erzeugte Vorlauftemperatur ist, umso geringer wird die Arbeitszahl der Wärmepumpe. Das heißt, es muss mehr elektrische Energie für dieselbe physikalische Arbeit aufwendet werden. Wärmepumpen müssen daher vorzugsweise in Verbindung mit einem Niedertemperatur Wärmeabgabesystem betrieben werden (Bodenheizung, Wandheizung) um möglichst wirtschaftlich zu arbeiten. Um einen Warmwasserspeicher aufzuheizen benötigt man aber höhere Temperaturen. Nach dem zweiten Hauptsatz der Wärmelehre kann Energie von selbst nur von Körpern mit höherer Temperatur auf Körper mit niedrigerer Temperatur übergehen.<sup>70</sup> Was soviel bedeutet, dass die erzeugte Vorlauftemperatur der Wärmepumpe in jedem Fall höher sein muss als die gewünschte Speichertemperatur sonst kann über eine Wärmetauscher System keine Energieabgabe erfolgen.

Die Arbeitszahl einer Wärmepumpe sinkt aber je höher die benötigte Vorlauftemperatur ist. Durch Verwendung einer thermischen Solaranlage in Verbindung mit einer Wärmepumpenanlage können die Betriebsstunden der Wärmepumpe mit sehr hoher Vorlauftemperatur und niedriger Arbeitszahl sehr stark reduziert werden. Die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe steigt somit an, die Anzahl der Schaltungen reduziert sich, die theoretische Lebensdauer der Wärmepumpe steigt. Von daher eine sehr sinnvolle Kombination.

---

<sup>70</sup>Schreiner J, Physik, Wien 1982 S. 105

### 3.3.2.7 Kombination von Wärmepumpe mit PV Anlage

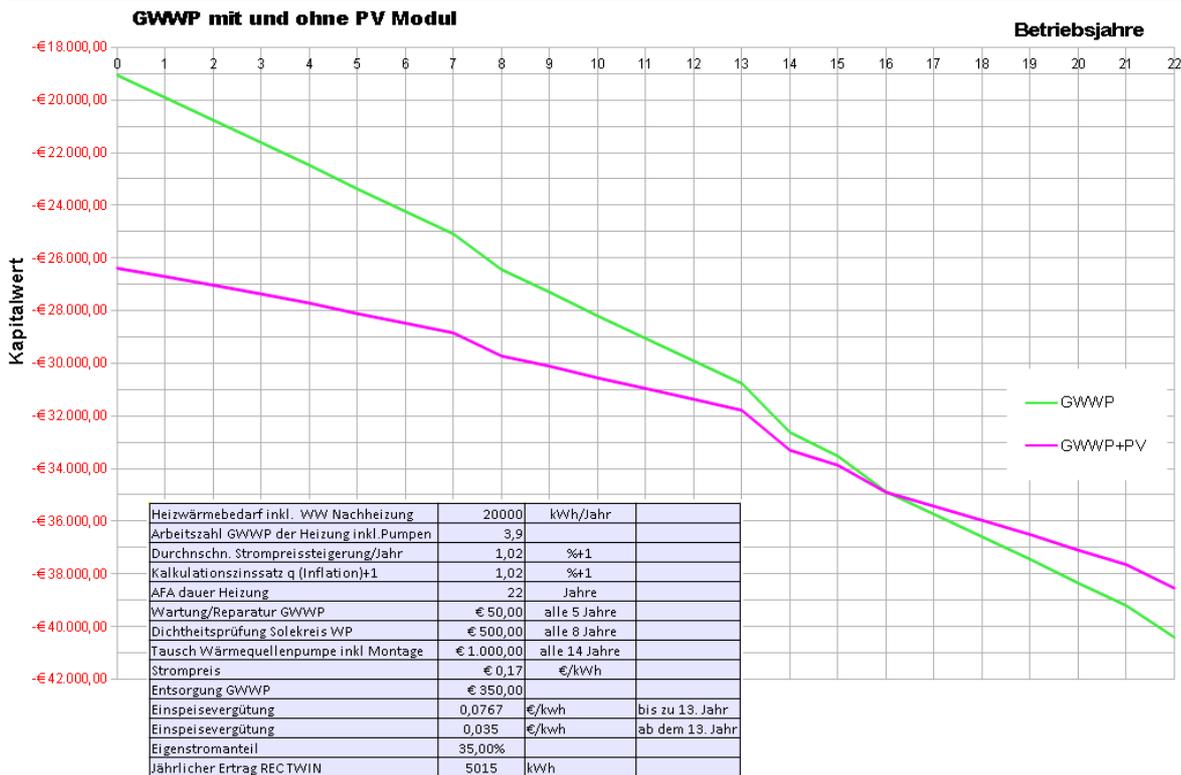


Abbildung 29: Kapitalwert GWWP mit und ohne PV Anlage

Durch die Wärmepumpe kann der Eigenbedarfsanteil gesteigert werden. Da die Wärmepumpenheizung am meisten Energie benötigt wenn die solare Einstrahlung am geringsten ist ist die zu erwartende Erhöhung des Eigenbedarfes leider nicht sehr hoch. Die Amortisationszeit der PV Anlage verkürzt sich aber in jeden Fall gegenüber einem Betrieb ohne Wärmepumpe.

---

## 4 Zusammenfassende Erkenntnisse

### 4.1 Ergebnisse

Das Hauptaugenmerk der Arbeit lag in der Auswahl eines Heizsystems für das untersuchte Bestandsgebäude, da hier der größte Ausgabentreiber detektiert wurde.

Nach einer Vorauswahl sind zwei Entscheidungsvarianten übrig geblieben, ein Pelletsheizsystem oder eine Sole/Wasserwärmepumpe in der Ausprägung als Grundwasserwärmepumpe. Die GWWP weil einerseits Grundwasser in Oberflächennähe als auch ein Wasserbrunnen mit ausreichender Kapazität vorhanden ist und somit für diesen Teil die Anschaffungskosten wegfallen. Des Weiteren ist wegen der gegenüber dem Erdreich höheren Wärmequellentemperatur auch mit einer höheren Arbeitszahl zu rechnen.

Beim nachfolgendem Vergleich hat sich gezeigt dass mit den gegebenen Rahmenbedingungen und Vorgaben für Wartungsfreundlichkeit der Grundwasserwärmepumpe bei unterschiedlichsten Zukunftsszenarien der Vorzug gegenüber einer Pelletsheizung zu geben ist.

Lediglich bei der Annahme, dass die Grundwasserpumpe nicht gefördert wird und die Pelletsheizung doch, konnte die Pelletsheizung die Entscheidung für sich verbuchen.

Bei der Auswahl von Solaranlagen wurde aufgezeigt, dass es nicht sinnvoll ist thermische mit PV Anlagen zu vergleichen, da dies dem sprichwörtlichen Vergleich von Äpfel mit Birnen nahekommt. Für die Warmwasserzeugung ist in jedem Fall die thermische Solaranlage vorzuziehen, da sie bis zu 4 mal mehr Ertrag bei gleicher Fläche abwirft.

Bei PV Modulen werden die Einspeisevergütungen von Jahr zu Jahr niedriger, aber auch die Modulkosten sinken stetig. Die Untersuchung zeigt hier deutlich, dass die Errichtung einer PV Anlage bei entsprechendem Eigenverbrauch auch ohne Förderungen interessant sein kann, da sich die Anlagen mit steigendem Eigenbedarf auch schneller amortisieren. Um den Eigenverbrauch zu steigern ist die Elektromobilität ein interessantes Thema, leider ist auch hier der in dieser Arbeit oft benannte Antizyklus, vom Erzeugungszeitpunkt der Energie versus dem benötigten Verbrauchszeitpunkt der Spaßverderber. Es ist zwar schön wenn ich meinen PKW elektrisch gratis laden könnte, was aber gerade wieder einmal nicht möglich ist, weil der PV Strom am Dach des Eigenheimes erzeugt wird, der PKW aber mit

leerer Batterie am Firmenparkplatz parkt. Wenn dann der Wagen am späteren Nachmittag an die Steckdose kommt, ist durch die Süd Ost Ausrichtung des Hausdaches der PV Strom Ertrag vermutlich gerade zu Ende gegangen. Ein Wechselakkusystem würde hier Abhilfe schaffen, nur wird dieses Wunschscenario aufgrund der hohen Batteriepreise noch länger ein Wunsch bleiben. Jede sinnvolle Art den Eigenstromanteil zu erhöhen trägt dazu bei, dass sich eine PV Anlage schneller amortisiert. Dazu kann auch die Änderung von Gewohnheiten zählen. Das kann das Einschalten der Waschmaschine als auch das Vorkochen des Abendessens sein, solange sich die Tätigkeiten in das Zeitfenster verschieben lassen an dem die PV Anlage Strom produziert. Smarte Elektrogeräte die so einen Zustand selbstständig erkennen oder über smarte Haustechnik zum richtigen Zeitpunkt eingeschaltet werden, könnten hier einen wesentlichen Anteil beitragen. Dass der Saunagang nur mehr bei Sonnenschein stattfinden darf, ist damit nicht unbedingt gemeint, aber ja, das wäre auch eine Möglichkeit wenn auch nicht praktikabel. Das Betreiben einer Klimaanlage zum Kühlen mit PV Überstrom wäre wegen der Deckungsgleichheit des Kühlbedarfes und der Energieproduktion eine empfehlenswerte Variante.

Die Untersuchung der Erhöhung des Eigenstromanteils von PV Anlagen durch Batteriespeicher hat ergeben, dass sich die zusätzlichen Anschaffungskosten wegen der eher kleinen zu erwarteten Erhöhung des Eigenbedarfes nicht rechnet. Man könnte auch sagen, dass es für den aktuellen Preis derzeit noch zu wenig Akku-Kapazität gibt, oder dass die aktuellen Strompreise noch zu niedrig sind um dieser Möglichkeit eine Empfehlung auszusprechen.

Im Frühjahr 2019 wurde beim zu untersuchenden Bestandsobjekt der vorhandene Ölkessel leck, eine Reparatur war nicht mehr möglich, daher musste eine Alternative besorgt werden. Es wurden Angebote über Ölkessel, Pelletsheizung und Grundwasserwärmepumpe eingeholt.

Am wenigsten Aufwand wäre ein Tausch des Ölkessels gewesen, oder auch eine Aufrüstung auf einen Ölkessel in Brennwerttechnologie mit einem Angebotspreis von rund 11.000,- € . Das Ziel, einen Umstieg auf eine klimafreundliche Alternative wäre aber verfehlt.

Da sich, nach Abzug von Fördergeldern, die Mehrkosten gegenüber einer umweltfreundlichen Alternative deutlich innerhalb der zu erwarteten Lebensdauer amortisieren, wurde die Realisierung ins Auge gefasst.

Eine Pelletsheizung inkl. Raumaustragung stand mit 21.000,- € im Anbot.

Die Grundwasserwärmepumpe war mit 23.000,- Euro und geschätzten 4.000,-€ für den Schluckbrunnen im Rennen.

Aufgrund der Fördersituation standen für die Grundwasserwärmepumpe voraussichtlich 5400,- Euro an staatlicher Förderung in Aussicht, daher wurde entschie-

den um die wasserrechtliche Bewilligung für die Entnahme und Rückführung des um 5 Kelvin abgekühlten Grundwassers, anzusuchen.

Zuallererst wurde die Erstellung eines Energieausweises für das Bestandsgebäude beauftragt. Dieser Ausweis dient als Basis für die Auslegung des Heizsystems und auch Voraussetzung für eine Förderung des Bundeslandes Steiermark.

Mit der im Energieausweis ermittelten Heizlast wurde ein hydrologisches Gutachten beauftragt und damit das Ansuchen um wasserrechtliche Bewilligung bei den Behörden eingereicht. Die wasserrechtliche Verhandlung im Spätsommer ergab, dass dem Projekt-Ansuchen stattgegeben wird. Daher wurde umgehend die Liefersituation geprüft, da ja noch vor der Heizsaison ein neue Anlage gebraucht wurde.

Tatsächlich gewährte Förderungen:

Landesförderung, Förderstelle Steiermärkische Landesregierung, maximales Fördervolumen 5400,--€ für Grundwasserwärmepumpe. Zuzüglich 150€ je Tausch einer alten Heizungspumpe gegen eine Hocheffizienzheizungspumpe begrenzt auf 3 Stück.

Raus aus Öl: Dieser Fördertopf war eigentlich schon im Frühjahr 2019 erschöpft. Es wurde aber von der Bundesregierung beschlossen diesen zu erweitern und als Stichtag für den Start der Anmeldung wurde der 23.09.2019 festgelegt. Die Anmeldung erfolgte bereits am ersten Tag und die Förderzusicherung ist nur wenige Tage später eingelangt. Diese Förderung war mit 5000,-- € dotiert, wurde aber um 1000,--€ auf nunmehr 4000,-- € gekürzt, weil die Förderbedingungen das eingesetzte Kältemittel in der Wärmepumpe, so vorsehen.

Auch von der Kommune, der Marktgemeinde Feldkirchen bei Graz gab es eine Förderung in der Höhe von 300--€ , es mussten lediglich die Rechnung des Installateurs vorgelegt werden.

In Summe wurden im Jahr 2020 € 9770,-- an Fördermittel für die Errichtung einer Grundwasserwärmepumpe ausbezahlt.

Das Thema der Arbeit war erneuerbare Energiequellen, daher wurde ein Heizungsvergleich mit einer Ölheizung in der Arbeit nicht dargestellt. Durch den Vorteil der stabileren und wesentlich niedrigeren Jahresheizkosten einer GWWP würden sich die höheren Anschaffungskosten gegenüber eine Ölheizung aber in einigen Jahren amortisiert haben. Ohne Förderung würde sich dieser Zeitraum aber zumindest verdoppeln und damit die Variante mit erneuerbarer Energie nicht mehr interessant sein.

## 4.2 Empfehlungen

Die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes regenerativer Energiesysteme hängt sehr von der Gewährung von öffentlichen Förderungen ab, welche derzeit einem stetigen Wandel unterworfen sind.

Wenn für ein Vorhaben mit einer Förderungen kalkuliert wird, sind im Vorfeld unbedingt genau die Förderbedingungen zu prüfen und etwaige Abweichungen genau zu beleuchten. Ein wesentlicher Aspekt ist auch die Größe des Fördertopfes, meist gibt es mehr Ansuchen als der Topf budgetiert ist und wird nach dem System „First Come First Serve“ ausgeschüttet.

Eine PV Anlage wird erst in Verbindung mit einem möglichst hohen Eigennutzungsanteil ohne geförderte Einspeisetarife wirtschaftlich zu empfehlen sein.

Überschüsse mit Elektroheizpatronen in Warmwasser zu verwandeln, wäre grundsätzlich möglich, nur ist durch die thermische Solaranlage der Speicher bei richtiger Dimensionierung bereits gut ausgelastet. Da die thermische Solaranlage sowohl direkte als auch diffuse Strahlung nutzt, hat diese gegenüber einer PV Anlage einen wesentlich besseren Wirkungsgrad. Es wird für die selbe erzeugte Energiemenge wesentlich weniger von der Ressource Platz benötigt.

Die Preise für Batteriespeicher sinken weiterhin und auch die Technologien entwickeln sich weiter. Interessant scheint der Ansatz zu sein Akkus die wegen Kapazitätsschwund nicht mehr für den Gebrauch in Fahrzeugen taugen als PV Speicher zu verwenden. Die für den Fahrzeuggebrauch lahme Kapazität ist für den Hausgebrauch aber immer noch hervorragend.

Im Bereich PV Anlagen ist ein neues Fördergesetz, das erneuerbaren Ausbaugesetz in Vorbereitung. Dieses wird die derzeit noch gültige Ökostromförderung ablösen. Inwieweit sich die derzeit stark limitierten Fördertöpfe dadurch erweitern bleibt abzuwarten. Wenn die Anschaffung einer PV Anlage angedacht wird, ist unbedingt die aktuelle Situation zu klären.

Die Analyse der Vergangenheit hat gezeigt dass die Strompreise nicht so starken Schwankungen unterlagen wie es bei anderen Brennstoffen der Fall ist. Sollte in Zukunft der Strompreis dennoch sehr stark ansteigen, reduziert sich aber auch die Amortisationszeit einer PV Anlage, auch die Möglichkeiten einer Eigenbedarfserhöhung mittels Batteriespeicherung sollte man dann neuerlich überprüfen.

## 4.3 Abschließende Bemerkungen

Die wirtschaftliche Durchführbarkeit von Projekten zur Nutzung von erneuerbaren Energien bei Bestandsgebäuden hängt derzeit sehr stark davon ab, ob Förderun-

gen der öffentlichen Hand für das Projekt bezahlt werden oder nicht. Da gerade derzeit die Förderbedingungen, Höhen und Art der Förderung sich im Jahrestakt ändern, kann nicht mit Sicherheit vorausgesagt werden, ob für ein zukünftiges Projekt in welcher Höhe eine Förderung bezahlt wird, und welche Bedingungen dafür einzuhalten sind. Eine weitere Unsicherheit in diesem Zusammenhang ist die Art der Topfförderung, die solange ausbezahlt werden bis der Topf erschöpft ist. Es gibt natürlich vor Projektstart eine Förderzusicherung (oder auch nicht), aber sobald diese erteilt ist, beginnt der Fristenlauf für die Umsetzung und Einreichung der relevanten Unterlagen. Bei besonders lukrativen Förderungen gibt es bei Eröffnung der Anmeldung regelmäßige Überlastungen der Webseiten wo man sich registrieren muss. Also scheitern viele schon bei der ersten Hürde der rechtzeitigen Anmeldung.

Die Förderhöhe bei der Pelletsheizung wurde in den Berechnungen um 1000,-- € höher angenommen als bei einer Heizung mit Grundwasserwärmepumpe. Tatsächlich liegt diese aber darunter bzw. lag zum relevanten Zeitpunkt der Errichtung darunter. Da dies auf das Ergebnis keinen Einfluss hat wurden die Berechnungen und Diagramme nicht angepasst.



---

## Literaturverzeichnis

- Energie-  
Den erneuer-  
baren gehört  
die Zukunft
- Schabbach Thomas , Wesselak Viktor, Energie-Den erneuerbaren gehört die Zukunft, Berlin/Heidelberg, Springer Verlag 2020
- Entscheidungstheorie
- Laux Helmut, Gillenkirch Robert M., Schenk-Mathes Heike Y.; Entscheidungstheorie, Berlin, Springer-Verlag, 2018
- Handbuch  
oberflächen-  
nahe Geo-  
thermie
- Bauer, M., Freeden, W., Jacobi, H., & Neu, T. (2018). Handbuch Oberflächennahe Geothermie. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2018
- Handbuch  
Regenerative  
Energien,
- Wesselak Viktor , Schabbach Thomas, Link Thomas, Fischer Joachim, Handbuch Regenerative Energietechnik. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2017
- Integrierte  
Materialwirt-  
schaft, Logis-  
tik und Be-  
schaffung
- Wannenwetsch Helmut, Integrierte Materialwirtschaft, Logistik und Beschaffung, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2001, 2003, 2006, 2010, 2014, S57f
- Investitions-  
controlling
- Müller D., Investitionscontrolling, Heidelberg 2014

---

Investitionsrechnung	Poggensee Kay, Investitionsrechnung, Springer Fachmedien Wiesbaden 2009, 2011, 2015,
Klimaatlas Steiermark	Prettenthaler Franz, Podesser Alexander, Pilger Harald, Klimaatlas Steiermark, Periode 1971-2000, Wien, Verlag ÖAW, 2010, ISBN13:978-3-7001-6754-9
Physik	Josef Schreiner, Physik, Verlag Hölder-Pichler-Tempsky, Wien 1982, ISBN 3.209.00157-x
Regenerative Energiesysteme	Watter Holger, Regenerative Energiesysteme Grundlagen, Systemtechnik und Analysen ausgeführter Beispiele nachhaltiger Energiesysteme, Springer Fachmedien Wiesbaden 2009, 2011, 2013, 2015, 2019
Total Cost of Ownership	Krischun Sascha, Total Cost of Ownership: Bedeutung für das internationale Beschaffungsmanagement Hamburg, Diplomica Verlag GmbH, 2010
Wirtschaftlichkeitsrechnung für Ingenieure	Schlink Haiko, Wirtschaftlichkeitsrechnung für Ingenieurgrundlagen für die Entwicklung technischer Produkte 2. überarbeitete und ergänzte Auflage, Wiesbaden Springer Fachmedien 2014, 2017

## Internetquellen:

AA-Kaminwelt, Sandra Truog, URL: <https://www.ofen.de/wissenscenter/infothek/heizanlagen/wie-funktioniert-ein-holzvergaserkessel>, abgerufen am 20.05.2020 18:34

AAE INTEC, Arbeitsgemeinschaft erneuerbare Energie,

Fink A, Purkarthofer G, Weiss W, Tagungsband solare Raumheizung, AAE, Gleisdorf 2001, <https://www.aee-intec.at/0uploads/dateien28.pdf> abgerufen am 26.12.2020, 12:00 Uhr

Epp B, Staller H. (2017-01). Erneuerbare Energie, Artikel: Energiebewertung in frühen Planungsphasen <http://www.aee.at/aee/zeitschrift-erneuerbare-energie?id=973> abgerufen am 16.01.2021 13.30

Purkarthofer G. Technologieportrait Solarthermie 2005, URL: <https://www.aee-intec.at/0uploads/dateien634.pdf>

Addendum, Quo Vadis Veritas Redaktions GmbH, URL <https://www.addendum.org/holzmafia/parkett-ukraine/>; [https://www.deutschlandfunk.de/waelder-in-osteuropa-gefaehrlicher-hunger-nach-holz.697.de.html?dram:article\\_id=291837](https://www.deutschlandfunk.de/waelder-in-osteuropa-gefaehrlicher-hunger-nach-holz.697.de.html?dram:article_id=291837), abgerufen am 06.06.2020 10.42

Agrar Media Verlagsgesellschaft mbH, <https://bauernzeitung.at/papierindustrie-gegen-biomasse-kraftwerke/> abgerufen am 16.01.2021 14.14

Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Digitaler Atlas Steiermark, <https://www.landesentwicklung.steiermark.at/cms/ziel/141979637/DE> abgerufen am 16.01.2021 11:40

[http://gis2.stmk.gv.at/atlas\(S\(0vb131obu4h2aglw1efmf0gh\)\)/init.aspxkarte=gew&ks=das&cms=da&masstab=800000&t=636606999399981203](http://gis2.stmk.gv.at/atlas(S(0vb131obu4h2aglw1efmf0gh))/init.aspxkarte=gew&ks=das&cms=da&masstab=800000&t=636606999399981203), abgerufen am 12.01.2021

<https://www.landesentwicklung.steiermark.at/cms/ziel/141976122/DE/> abgerufen am 16.1.2021 14.00

<https://gis.stmk.gv.at/atlas> abgerufen am 16.1.2021 14.00

<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20007386> abgerufen am 31.12.2020 19.00 Uhr

Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus, Österreich URL: <https://www.bmlrt.gv.at/service/presse/forst/2019/K-stinger---sterreichs-Wald-w-chst-jedes-Jahr-um-3.400-Hektar.html>

DAA Deutsche Auftragsagentur GmbH, <https://www.solaranlagen-portal.com/solar/wirtschaftlichkeit/ertrag>, abgerufen am 09.01.2021 21:45

EA Austrian Energy Agency, URL: <https://www.energyagency.at/fakten-service/heizkosten/thermisch-sanier-tes-gebaeude.html> abgerufen am 30.03.2020 19.00

Ellram Lisa M., (1995) Total cost of ownership: an analysis approach for purchasing: URL: [https://www.researchgate.net/publication/235292888\\_Total\\_Cost\\_of\\_Ownership\\_An\\_Analysis\\_Approach\\_for\\_Purchasing](https://www.researchgate.net/publication/235292888_Total_Cost_of_Ownership_An_Analysis_Approach_for_Purchasing)

EnergieAgentur.NRW GmbH, [https://www.energieagentur.nrw/eanrw/kaltes\\_nahwaermenetz](https://www.energieagentur.nrw/eanrw/kaltes_nahwaermenetz) abgerufen am . 12.2020 19.00

Energie Graz GmbH & Co KG, URL: <https://www.energie-graz.at/egg/unternehmen/geschafsbereiche/ferwar-me/solares-speicherprojekt-helios> abgerufen am 16.01.2021 12.22

Energie-Control Austria für die Regulierung der Elektrizitäts- und Erdgaswirtschaft (E-Control), URL: [https://www.e-control.at/de/marktteilnehmer/oeko-energie/marktpreis\\_](https://www.e-control.at/de/marktteilnehmer/oeko-energie/marktpreis_) abgerufen am 02.01.2021 15:33

Energie Steiermark Kunden GmbH, URL: [https://www.esteiermark.com/fileadmin/user\\_upload/downloads/Preisblatt\\_Strom\\_Privatkunden\\_steirerFLEX\\_BIS\\_06.04.2020.pdf](https://www.esteiermark.com/fileadmin/user_upload/downloads/Preisblatt_Strom_Privatkunden_steirerFLEX_BIS_06.04.2020.pdf) abgrufen am 08.01.2021 22:30

Erneuerbare Energie AG, <https://www.erneuerbare-energie.at/energie-uebersicht> abgerufen am 04.01.2020

European Commission, URL: [https://ec.europa.eu/clima/policies/effort\\_de](https://ec.europa.eu/clima/policies/effort_de), abgerufen am 08.11.2020, 14.53

Formeleditor. <https://fed.matheplanet.com/mpr.php> abgerufen am 16.01.2021 14.30

Forstgesetz 1975, Quelle: Jusline, ADVOKAT Unternehmensberatung Greiter & Greiter GmbH, URL : <https://www.jusline.at/gesetz/forstg>

Frutura GmbH. <http://frutura.com/thermal-gemuesewelt/> abgerufen am 05.05.2020 14.00

Gabler Wirtschaftslexikon:  
<https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/total-cost-ownership-49401> abgerufen am 16.01.2021 12:10  
<https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/entscheidungstheorie-32315> abgerufen am 16.01.2021 13.19  
<https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/nutzwertanalyse-42926/version-266266> abgerufen am 25.12.2020

Global 2000, URL <https://www.global2000.at/sites/global/files/Factsheet-GrueneOelheizung-2019-clean.pdf> abgerufen am 14.01.2021 22:00

GlobalCom PR-Network GmbH, <https://www.cleanenergy-project.de/energie/energiespeicher/stromspeicher-aus-natursteinen/> abgerufen am 08.11.2020 19.00

<https://www.greenpeace.de/themen/klimawandel/folgen-des-klimawandels/klimawandel-foerdert-waldbraende;> abgerufen am 06.06.2020 12.42

Hatzmann Lukas , Automatische Scheitholzbeschickung, Masterarbeit, Graz 2013 URL: <https://diglib.tugraz.at/download.php?id=576a76d1cbf86&location=browse> abgerufen am 16.01.2021 14:10

HeizPellets24 interaid GmbH, URL: <https://www.heizpellets24.at/pelletpreis> abgerufen am 10.01.2021 16:00  
URL: <https://www.heizpellets24.at/charts/holzpellelets>, abgerufen am 25.05.2020 10:50

Muggenhuber Thomas, URL: <https://www.ringgrabenkollektor.com> abgerufen am 10.01.2021

My Pellets Handels GmbH, URL: <https://www.mypellets.at/shop/warenkorb/> abgerufen am 0.01.2021 11.00  
Uhr

Österreichs E-Wirtschaft, URL: <https://oesterreichsenergie.at/strompreis.html>, abgerufen am 13.12.2020  
17:50

proPellets Austria, URL: <https://www.propellets.at/heizwert-von-pellets> abgerufen am 12.12.2020 16.00

PV Austria, PV und Speicher Förderungen, <https://www.pvaustria.at/forderungen/> abgerufen am 05.01.2021,  
[https://pvaustria.at/sonnenklar\\_rechner/](https://pvaustria.at/sonnenklar_rechner/) abgerufen am 16.01.22.00

RIS, Rechtsinformationssystem des Bundes, URL: [https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?  
Abfrage=LrStmk&Gesetzesnummer=20001420](https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrStmk&Gesetzesnummer=20001420) abgerufen am 16.01.2021 14.40,  
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrStmk&Gesetzesnummer=2000142> abgerufen am  
10.12.2020 14.00  
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrStmk&Gesetzesnummer=20001420> abgerufen am  
16.01.2021 14.44  
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrStmk&Gesetzesnummer=20001435> abgerufen am  
16.01.2021 14.47

Stadtwerke Neustadt: <https://www.stadtwerke-neustadt.de/sw/leistungen/kaltenahwaerme/> abgerufen am  
12.06.2020 15.42, <https://www.stadtwerke-neustadt.de/sw/leistungen/kaltenahwaerme/> abgerufen am  
12.06.2020 15:23

Statistik Austria,  
[https://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/energie\\_umwelt\\_innovation\\_mobilitaet/energie\\_und\\_umwelt/energie/energieeinsatz\\_der\\_haushalte/index.html](https://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/energie_und_umwelt/energie/energieeinsatz_der_haushalte/index.html) abgerufen am 12.10.2021, [http://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/wirtschaft/land\\_und\\_forstwirtschaft/gesamtrechnung/forstwirtschaftliche\\_gesamtrechnung/index.html](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/wirtschaft/land_und_forstwirtschaft/gesamtrechnung/forstwirtschaftliche_gesamtrechnung/index.html) abgerufen am 30.05.2020 18:00  
Energiestatistik: MZ Energieeinsatz der Haushalte URL: [file:///C:/Users/User/Downloads/einsatz\\_aller\\_energietraeger\\_in\\_allen\\_haushalten\\_nach\\_verwendungszwecken\\_2%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/einsatz_aller_energietraeger_in_allen_haushalten_nach_verwendungszwecken_2%20(3).pdf) abgerufen am 09.01.2021 23:12  
URL: [file:///C:/Users/User/Downloads/fahrleistungen\\_und\\_treibstoffeinsatz\\_privater\\_pkw\\_nach\\_bundeslaender\\_2000\\_.pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/fahrleistungen_und_treibstoffeinsatz_privater_pkw_nach_bundeslaender_2000_.pdf) abgerufen am 09.01.2021 22:30

Umweltbundesamt Deutschland, <https://www.umweltbundesamt.de>, abgerufen am 06.06.2020,  
<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/geothermie#tiefe-geothermie>  
abgerufen am 06.06.2020 17:20

Umweltbundesamt GmbH, Wien, <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0576.pdf>  
abgerufen am 16.01.2021 12.20  
<https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0549.pdf> abgerufen am 12.06.2020 15:48

VS Intellectual Property GmbH, <https://energyload.eu/stromspeicher/grossspeicher-batterieparke/strom-stein-speicher/> abgerufen am 16.02.2021 12.14

ZAMG, Zentralanstalt für Meteorologie, Podesser A., Klimaatlas Steiermark , Kapitel 1 Strahlung, ZAMG, Wien, 2010:URL: [https://www.umwelt.steiermark.at/cms/dokumente/10703586\\_16178332/799ba36f/1\\_STRAHLUNG%20-%20Vers\\_2.0.pdf](https://www.umwelt.steiermark.at/cms/dokumente/10703586_16178332/799ba36f/1_STRAHLUNG%20-%20Vers_2.0.pdf) abgerufen am 16.01.2021 11.35

Zement + Beton Handels- und Werbeges.m.b.H, URL: <http://literatur.zement.at/themen/40-thermische-bauteilaktivierung-tba/3820-die-thermische-bauteilaktivierung-als-waermespeicher> abgerufen am 2018 11 11 13:55

---

## Anlagen

Teil 1 Angebote.....	A-I-IV
Angebot PV.....	A-I-III
Angebot Pelletsheizung.....	A-III-V
Teil 2 Berechnungen.....	A-VII -XV
GWWP vs. Pelletsheizung Szenario 1.....	A-VII
GWWP vs. Pelletsheizung Szenario 2.....	A-VIII
GWWP vs. Pelletsheizung Szenario 3.....	A-IX
Gesamtkosten Pellets/GWWP vs. Kombination mit teilsolare Raumheizung.....	A-X
PV Module Vergleich PVP/LG Neon/ REC TWIN.....	A-XI
PV Module Vergleich LG Neon /REC TWIN bei Eigenverbrauch 50%.....	A-XII
PV Module REC TWIN bei 20%, 50% und 80% Eigenverbrauch.....	A-XIII
PV Module LG Neon mit und ohne Batteriespeicher 11/22kWh.....	A-XIV
Kombination von Wärmepumpe mit PV Anlage.....	A-XV
Selbstständigkeitserklärung.....	A.XVII





**Herr  
Manfred Hofer  
Steirerweg 1  
8073 Feldkirchen bei Graz**

**Angebot**

**40181496**

Datum 12.02.2019  
Kundennummer 224747  
Projektleiter Pranjkovic Marinko  
Unsere UID ATU64883102  
Seite 1

**Ihr persönliches Photovoltaik Kraftwerk von E1**

Sehr geehrter Herr Hofer!

Unzählige zufriedene Kunden von E1 Wärme und Energie GmbH setzen bereits auf die Kraft der Sonne. Sie produzieren täglich kostenlosen Strom ohne Lärm, ohne Staub und ohne Atomkraft.

Herr Pranjkovic hat Ihr Objekt besichtigt und mit Ihnen Ihre Wünsche und Anforderungen besprochen. Als Spezialist für Wärme und Energie haben wir Ihre Anlage mit größter Sorgfalt auf Ihre speziellen Bedürfnisse abgestimmt.

Position	Menge EH	Bezeichnung	Preis	Positionspreis
<b>1. 5,10kWp PVP-Module mit Fronius Symo 5.0</b>				
<b>1.1. Anlage am Dach</b>				
1.1.1	17,00 ST	PVP 300 Wp Mono - Modul - Allround Entwickelt und hergestellt in Österreich  - 10 Jahre Produktgarantie - 25 Jahre Leistungsgarantie 80% - Ausschließlich 4 mm Solarglas mit antireflex Beschichtung - Extrem stabiler Aluminiumrahmen - Geeignet bis 8000 Pa / m <sup>2</sup> Schneelast - besonders langlebig durch ausgewählte, europäische Qualitätslieferanten - Qualitätsnorm: IEC 61215 und IEC 61730 - Positive Leistungstoleranz: bis zu +3% - Maße (L/B/H): 1668 x 994 x 40,5mm - Gewicht: 21 kg	145,78	2.478,26
1.1.2	17,00 ST	REC 295 Poly - Modul REC TWINPEAK 2 Serie  - 10 Jahre Produktgarantie - 25 Jahre lineare Leistungsgarantie - robustes und nachhaltiges Produktdesign - optimiert für Verschattungen - mehr erzeugte Energie pro Quadratmeter durch höchste Effizienz - höchste Qualität durch vollautomatischen Produktionsprozess - Maße (L/B/H): 1675 x 997 x 38mm - Gewicht: 18,5 kg	126,00	<i>Alternativ (2.142,00)</i>
1.1.3	17,00 ST	LG Neon 2 - 340 Wp Module	194,21	<i>Alternativ (3.301,57)</i>

E1 Wärme und Energie GmbH, Mitterstraße 180a, 8055 Graz



Position	Menge EH	Bezeichnung	Preis	Positionspreis
		schwarze Zelle und schwarzer Rahmen		
		Elektrische und mechanische Eigenschaften:		
		Maximale Leistung: 340 W MPP-Spannung: 34,5 V MPP-Strom: 9,86 A Leerlaufspannung: 41,1 V Kurzschlussstrom: 10,53 A Modulwirkungsgrad: 19,8 % Abmessungen: 1686 x 1016 x 40 mm (L x B x H) Gewicht: 18 kg		
1.1.4	1,00 PA	Unterkonstruktion für Ziegeldach	881,85	881,85
		Als Montagesystem verwenden wir die Qualitätsmarke Schletter bzw. K2, die sich besonders in der sicheren Statik und Langlebigkeit auszeichnet.		
		Die Aufdachkonstruktion wurde für einen Sparrenabstand bis 100cm berechnet.		
		Gültig für 2 getrennte Modulfelder		
1.1.5	17,00 ST	Montage der Dachkonstruktion und Module	67,10	1.140,70
		sowie verkabeln und verschalten der Module. Lieferung und Montage der Anlage erfolgt durch unser qualifiziertes Montagepersonal.		
<b>1.2. Anlage im Haus</b>				
1.2.1	1,00 PA	Überspannungsableiter nach Hauseintritt je String, abgestimmt auf Ihre Anlage	231,30	231,30
1.2.2	1,00 PA	Elektroinstallation bis zum Wechselrichter bestehend aus:	871,85	871,85
		- Erdungsleitung bis zur Unterkonstruktion der Module - Errichten einer Gleichstromverbindungsleitung für einen String vom Wechselrichter bis zum Generator - Inbetriebnahme der Anlage - Errichten der Anlage unter der Einhaltung der Brandschutzrichtlinie ÖVE-Richtlinie ÖVE-R 11-1:2013-03-01		
1.2.3	1,00 ST	Fronius Symo 5.0-3-M mit Wandmontage inkl. Anschluss	1.341,08	1.341,08
		Mit seinen Leistungsklassen von 5,0 kW ist der trafofreie Fronius Symo der dreiphasige Wechselrichter für Privathaushalte. Durch die hohe Systemspannung, den breiten Eingangsspannungsbereich sowie dem uneingeschränkten Einsatz im Innen- und Außenbereich ist die maximale Flexibilität bei der Anlagenauslegung gewährleistet.		
		- 3phasige Einspeisung zur Vermeidung von Spannungsasymmetrien - Trafofreie Konvertierung		



Seite 3 von Angebot 40181496

Position	Menge EH	Bezeichnung	Preis	Positionspreis
		- Wirkungsgrad 98 % - Datalogging und diverse Schnittstellen serienmäßig: Ethernet, RJ45 - Integrierter elektronischer DC-Freischalter - MPP- Tracking- Bereich: 163 - 800V - W-Lan Antenne integriert!		
1.2.4	1,00 ST	Fronius Smart Meter 63A-3 Einbau und verdrahten im Verteiler	193,05	<i>Alternativ</i>
		- Nennspannung: 400-4015V - Max. Strom: 3x63A - Anschlussquerschnitt Strompfad: 1-16mm <sup>2</sup> - Eigenverbrauch: 1,5W		
1.2.5	1,00 PA	Installation vom Wechselrichter	434,87	434,87
		- Errichten der AC-Leitungen vom Wechselrichter zum Verteiler - Einbau und Verdrahtung eines Leitungsschutzschalters 3+N, B/16A		

### 1.3. Dokumentation

1.3.1	1,00 PA	Dokumentation	110,00	110,00
		Die Dokumentation ist für Sie wichtig, um noch nach Jahrzehnten Ihre berechtigten Gewährleistungen in Anspruch nehmen zu können.		

Netto-Summe				<b>7.489,91</b>
Mwst 2	20,00 %	von	7.489,91	1.497,98
<b>Gesamt</b>			<b>EUR</b>	<b>8.987,89</b>

#### Mögliche Förderungen:

- KLIEN-Förderung PV: €250,-/kWp (max. 500kWp)
- Gemeindeförderung: Auskunft bei Ihrer Gemeinde einholen.

**\*\*Bei Auftragserteilung übernehmen wir für Sie alle Formalitäten und die komplexe Abwicklung der Förderung\*\***

#### Mögliche Zusatzleistungen:

- Einbindung des Wechselrichters an ein Computer oder EDV Netzwerk, damit Sie die Daten an Ihrem EDV Gerät speichern und ablesen können.

## Angebot Pelletsheizung



Herrn  
Manfred Hofer  
Steirerweg 1  
8073 Feldkirchen bei Graz

**ANGEBOT Nr. 219094 vom 16.05.2019 Kd.Nr. 5190**

Unsere UID-Nr.: ATU 46426201

Pos.Nr.	Menge Einh	Beschreibung	Einzelpreis [in EUR]	Gesamtpreis [in EUR]
01	1,00 ST	Pelletsessel Hoval BioLyt (15)	9.663,00	9.663,00
02	1,00 ST	Zuführeinheit RAS 81 Zum Einbau in die Pelletsbox am Kessel	983,00	983,00
03	1,00 ST	TopTronic® E GLT Modul 0-10V	425,00	425,00
04	1,00 ST	Sicherheitsset SG15-1? Geeignet bis max. 50 kW	55,00	55,00
05	1,00 ST	Motorische Rücklauf-Hochhaltegruppe RH 25-12-MB / SPS-S 7	1.015,00	1.015,00
06	1,00 ST	Dreiwegkugelhahn VBG60 25 , PN 16 mit Anschlussverschraubung Rp 1?	236,00	236,00
07	1,00 ST	Elektromotorischer Drehantrieb GLB341.9E Betriebsspannung 230 V, 50/60 Hz	154,00	154,00
08	1,00 ST	Energiepufferspeicher mit Wärmedämmung Hoval EnerVal (300)	729,00	729,00
Übertrag				13.260,00

ANGEBOT Nr. 219094 vom 16.05.2019 an Herrn

Manfred Hofer

Seite 2

Pos.Nr.	Menge Einh	Beschreibung	Einzelpreis [in EUR]	Gesamtpreis [in EUR]
			Übertrag	13.280,00
09	1,00 ST	Schutzrohr-Tauchhülse SB280 ½? Messing vernickelt	22,00	22,00
10	1,00 ST	Thermometer Typ TMOV inkl. Tauchhülse ½?	22,90	22,90
11	1,00 ST	Elko-Flex Expansionsgefäß N 50 Liter	131,53	131,53
12	1,00 ST	Eder Wartungseinheit für EL-KO Flex	25,80	25,80
13	1,00 ST	Schnellkupplung SU R ¼? x ¼? für Membrandruckausdehnungsgefäße	27,40	27,40
14	1,00 ST	Pellets-Gewebesilo HP 24x24/ 2100/	3.270,00	3.270,00
15	1,00 ROL	Förder- und Rückluftschlauch RAS 23 mit Erdungslitze, DN 51, Rolle mit 25 m	267,00	267,00
16	1,00 ST	Brandschutzmanschetten RAS 29	131,00	131,00
17	-15,00 %	von 01 bis 15 aus EUR 17026,63 Rabatt	-2.553,99	-2.553,99
18	1,00 Stk	Rohr-, Form-, Klein-, Dicht- und Befestigungsmaterial	1.350,00	1.350,00
19	16,00 Std	Partiестunde	110,00	1.760,00
20	2,00 Stk	KFZ Pauschale	35,00	70,00
21	1,00 Stk	Inbetriebnahme d.d. Hoval KD	470,00	470,00
Nettobetrag (EUR)			EUR 18.253,64	18.253,64
+ 20,00 % USt (EUR)			EUR 3.650,73	3.650,73
Bruttobetrag (EUR)			EUR 21.904,37	21.904,37

Wir hoffen, dass dieses Angebot Ihren Vorstellungen entspricht und sichern Ihnen im Falle einer Auftragserteilung eine technisch einwandfreie und fachgerechte Ausführung zu.  
Material und Arbeitszeit wird nach tatsächlichem Aufwand abgerechnet.

Mit freundlichen Grüßen



**GLETTLER**  
**INSTALLATIONEN**  
Energie & Service

A-8112 Gratwein, Bahnhofstraße 41  
Tel.: 03124/54720 Fax: DW 10  
www.glettler-installationen.at  
office@glettler-installationen.at

**Anlagen Teil 2, Berechnungen**

## GWWP vs. Pelletsheizung Szenario 1

### Grundwasserwärmepumpe

Anschaffungspreis			Gesamtförderung GWWP	€ 9.770
Brunnen+Wasserrecht	€ 4.308,00			
Anschaffungspreis Heizung	€ 24.515,00			
Gesamt Anschaffungswert	€ 28.823,00			

Jahr	Strom/Brennstoff	Preissteigerung Strom	Wartung Preis 2020	Wartung Preis + Inflation	Betriebskosten/q <sup>^</sup> k	Restwert Wasserrecht Brunnen/q <sup>^</sup> k	Entsorgungskosten	Gesamtkosten		
								ohne Förderung	Inkl. Förderung	Inkl. Förderung abzgl. Restwert
0				€ 0,00	€ 4.308,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 28.823	€ 19.053	€ 19.053
1	871,79	1,000		€ 0,00	€ 854,70	€ 4.139,06	€ 0,00	€ 29.678	€ 19.908	€ 19.908
2	889,23	1,020		€ 0,00	€ 854,70	€ 3.975,09	€ 0,00	€ 30.532	€ 20.762	€ 20.762
3	907,02	1,040		€ 0,00	€ 854,70	€ 3.815,95	€ 0,00	€ 31.387	€ 21.617	€ 21.617
4	925,16	1,061		€ 0,00	€ 854,70	€ 3.661,53	€ 0,00	€ 32.242	€ 22.472	€ 22.472
5	943,66	1,082	50,00	€ 51,00	€ 904,70	€ 3.511,70	€ 0,00	€ 33.147	€ 23.377	€ 23.377
6	962,53	1,104		€ 0,00	€ 854,70	€ 3.366,34	€ 0,00	€ 34.001	€ 24.231	€ 24.231
7	981,78	1,126		€ 0,00	€ 854,70	€ 3.225,32	€ 0,00	€ 34.856	€ 25.086	€ 25.086
8	1001,42	1,149	500,00	€ 510,00	€ 1.354,70	€ 3.088,54	€ 0,00	€ 36.211	€ 26.441	€ 26.441
9	1021,45	1,172		€ 0,00	€ 854,70	€ 2.955,89	€ 0,00	€ 37.065	€ 27.295	€ 27.295
10	1041,88	1,195	50,00	€ 51,00	€ 904,70	€ 2.827,25	€ 0,00	€ 37.970	€ 28.200	€ 28.200
11	1062,71	1,219		€ 0,00	€ 854,70	€ 2.702,52	€ 0,00	€ 38.825	€ 29.055	€ 29.055
12	1083,97	1,243		€ 0,00	€ 854,70	€ 2.581,59	€ 0,00	€ 39.679	€ 29.909	€ 29.909
13	1105,65	1,268		€ 0,00	€ 854,70	€ 2.464,37	€ 0,00	€ 40.534	€ 30.764	€ 30.764
14	1127,76	1,294	1000,00	€ 1.020,00	€ 1.854,70	€ 2.350,75	€ 0,00	€ 42.389	€ 32.619	€ 32.619
15	1150,31	1,319	50,00	€ 51,00	€ 904,70	€ 2.240,64	€ 0,00	€ 43.294	€ 33.524	€ 33.524
16	1173,32	1,346	500,00	€ 510,00	€ 1.354,70	€ 2.133,94	€ 0,00	€ 44.648	€ 34.878	€ 34.878
17	1196,79	1,373		€ 0,00	€ 854,70	€ 2.030,56	€ 0,00	€ 45.503	€ 35.733	€ 35.733
18	1220,72	1,400		€ 0,00	€ 854,70	€ 1.930,42	€ 0,00	€ 46.358	€ 36.588	€ 36.588
19	1245,14	1,428		€ 0,00	€ 854,70	€ 1.833,43	€ 0,00	€ 47.212	€ 37.442	€ 37.442
20	1270,04	1,457	50,00	€ 51,00	€ 904,70	€ 1.739,50	€ 0,00	€ 48.117	€ 38.347	€ 38.347
21	1295,44	1,486		€ 0,00	€ 854,70	€ 1.648,54	€ 0,00	€ 48.972	€ 39.202	€ 39.202
22	1321,35	1,516		€ 0,00	€ 854,70	€ 1.560,49	€ 350,00	€ 50.176	€ 40.406	€ 38.846
€ 23.799,11										

### Pelletsheizung

Anschaffungspreis € 23.104

Förderung Pelletsheizung € 10.770,00

Jahr	Kosten Brennstoff Holzpellets	Preissteigerung Holzpellets	kalkulatorischer Zinssatz/Inflation	Wartung Preis 2020	Schornsteinfeger 2020	Stromkosten Pelletsheizung	Preis Wartung Schornsteinfeger	Betriebskosten/q <sup>^</sup> k	Entsorgungskosten	Gesamtkosten	
										ohne Förderung	Pelletsheizung
0	€ 970,83	1	1,000					€ 970,83	€ 0,00	€ 24.074,83	€ 13.304,83
1	€ 990,25	1,02	1,020			€ 138,00	€ 138,00	€ 1.244,83	€ 0,00	€ 25.319,67	€ 14.549,67
2	€ 1.010,06	1,040	1,040	€ 350,00	€ 138,00	€ 141,49	€ 488,00	€ 1.594,83	€ 0,00	€ 26.914,50	€ 16.144,50
3	€ 1.030,26	1,061	1,061		€ 138,00	€ 144,32	€ 138,00	€ 1.244,83	€ 0,00	€ 28.159,33	€ 17.389,33
4	€ 1.050,86	1,082	1,082	€ 350,00	€ 138,00	€ 147,21	€ 488,00	€ 1.594,83	€ 0,00	€ 29.754,17	€ 18.984,17
5	€ 1.071,88	1,104	1,104		€ 138,00	€ 150,15	€ 138,00	€ 1.244,83	€ 0,00	€ 30.999,00	€ 20.229,00
6	€ 1.093,32	1,126	1,126	€ 350,00	€ 138,00	€ 153,16	€ 488,00	€ 1.594,83	€ 0,00	€ 32.593,83	€ 21.823,83
7	€ 1.115,18	1,149	1,149		€ 138,00	€ 156,22	€ 138,00	€ 1.244,83	€ 0,00	€ 33.838,67	€ 23.068,67
8	€ 1.137,49	1,172	1,172	€ 350,00	€ 138,00	€ 159,35	€ 488,00	€ 1.594,83	€ 0,00	€ 35.433,50	€ 24.663,50
9	€ 1.160,24	1,195	1,195	€ 900,00	€ 138,00	€ 162,53	€ 1.038,00	€ 2.144,83	€ 0,00	€ 37.578,33	€ 26.808,33
10	€ 1.183,44	1,219	1,219	€ 350,00	€ 138,00	€ 165,78	€ 488,00	€ 1.594,83	€ 0,00	€ 39.173,17	€ 28.403,17
11	€ 1.207,11	1,243	1,243		€ 138,00	€ 169,10	€ 138,00	€ 1.244,83	€ 0,00	€ 40.418,00	€ 29.648,00
12	€ 1.231,25	1,268	1,268	€ 350,00	€ 138,00	€ 172,48	€ 488,00	€ 1.594,83	€ 0,00	€ 42.012,83	€ 31.242,83
13	€ 1.255,88	1,294	1,294		€ 138,00	€ 175,93	€ 138,00	€ 1.244,83	€ 0,00	€ 43.257,67	€ 32.487,67
14	€ 1.280,99	1,319	1,319	€ 350,00	€ 138,00	€ 179,45	€ 488,00	€ 1.594,83	€ 0,00	€ 44.852,50	€ 34.082,50
15	€ 1.306,61	1,346	1,346		€ 138,00	€ 183,04	€ 138,00	€ 1.244,83	€ 0,00	€ 46.097,33	€ 35.327,33
16	€ 1.332,75	1,373	1,373	€ 350,00	€ 138,00	€ 186,70	€ 488,00	€ 1.594,83	€ 0,00	€ 47.692,17	€ 36.922,17
17	€ 1.359,40	1,400	1,400		€ 138,00	€ 190,43	€ 138,00	€ 1.244,83	€ 0,00	€ 48.937,00	€ 38.167,00
18	€ 1.386,59	1,428	1,428	€ 1.250,00	€ 138,00	€ 194,24	€ 1.388,00	€ 2.494,83	€ 0,00	€ 51.431,83	€ 40.661,83
19	€ 1.414,32	1,457	1,457		€ 138,00	€ 198,13	€ 138,00	€ 1.244,83	€ 0,00	€ 52.676,67	€ 41.906,67
20	€ 1.442,61	1,486	1,486	€ 350,00	€ 138,00	€ 202,09	€ 488,00	€ 1.594,83	€ 0,00	€ 54.271,50	€ 43.501,50
21	€ 1.471,46	1,516	1,516		€ 138,00	€ 206,13	€ 138,00	€ 1.244,83	€ 0,00	€ 55.516,33	€ 44.746,33
22		1,546	1,546	€ 350,00	€ 138,00	€ 210,25	€ 488,00	€ 624,00	€ 450,00	€ 56.590,33	€ 45.820,33
€ 26.502,76											

Heizwärmebedarf inkl. WW Nachheizung	20000	kWh/Jahr
Arbeitszahl GWWP der Heizung inkl. Pumpen	3,9	
Durchschn. Strompreissteigerung/Jahr	1,02	%+1
Kalkulationszinssatz q (Inflation)+1	1,02	%+1
AFA Dauer Heizung	22	Jahre
AFA Dauer Wasserrecht+Brunnen	50	Jahre
Heizwert Holzpellets	4,8	kWh/kg
Wartung/Reparatur GWWP	€ 50,00	alle 5 Jahre
Dichtheitsprüfung Solekreis WP	€ 500,00	alle 8 Jahre
Tausch Wärmequellenpumpe inkl. Montage	€ 1.000,00	alle 14 Jahre
Strompreis	€ 0,17	€/kWh
Entsorgung GWWP	€ 350,00	
Preis Holzpellets/kg	0,233	€/kg
Durchschn. Holzpellets-Preissteigerung/Jahr	1,02	%+1
Wartung Pelletsheizung	€ 350,00	alle 2 Jahre
Verschleisssteilertausch Reparatur Pellets	€ 900,00	alle 9 Jahre
Kosten Schornsteinfeger/Jahr	€ 138,00	jährlich
Stromverbrauch Pelletsheizung	800	kWh/Jahr
Entsorgungskosten Pelletsheizung	€ 450,00	

## GWWP vs. Pelletsheizung Szenario 2

### Grundwasserwärmepumpe

Anschaffungspreis	
Brunnen+Wasserrecht	€ 4.308,00
Anschaffungspreis Heizung	€ 24.515,00
Gesamt Anschaffungswert	€ 28.823,00

Gesamtförderung GWWP € 9.770

Jahr	Strom/Brennstoff	Preissteigerung Strom	Wartung Preis 2020	Wartung Preis + Inflation	Betriebskosten/q^k	Restwert Wasserrecht, Brunnen/q^k	Entsorgungskosten	Gesamtkosten abzgl Förderung		
								ohne Förderung	Inkl. Förderung	Inkl. Förderung-abzgl. Restwert
0				€ 0,00		€ 4.308,00	€ 0,00	€ 28.823	€ 19.053	€ 19.053
1	944,44	1,000		€ 0,00	€ 925,93	€ 4.139,06	€ 0,00	€ 29.749	€ 19.979	€ 19.979
2	968,06	1,025		€ 0,00	€ 930,46	€ 3.975,09	€ 0,00	€ 30.679	€ 20.909	€ 20.909
3	992,26	1,051		€ 0,00	€ 935,03	€ 3.815,95	€ 0,00	€ 31.614	€ 21.844	€ 21.844
4	1017,06	1,077		€ 0,00	€ 939,61	€ 3.661,53	€ 0,00	€ 32.554	€ 22.784	€ 22.784
5	1042,49	1,104	500,00	€ 510,00	€ 1.444,22	€ 3.511,70	€ 0,00	€ 33.998	€ 24.228	€ 24.228
6	1068,55	1,131		€ 0,00	€ 948,84	€ 3.366,34	€ 0,00	€ 34.947	€ 25.177	€ 25.177
7	1095,27	1,160		€ 0,00	€ 953,49	€ 3.225,32	€ 0,00	€ 35.901	€ 26.131	€ 26.131
8	1122,65	1,189	500,00	€ 510,00	€ 1.458,17	€ 3.088,54	€ 0,00	€ 37.359	€ 27.589	€ 27.589
9	1150,71	1,218		€ 0,00	€ 962,87	€ 2.955,89	€ 0,00	€ 38.322	€ 28.552	€ 28.552
10	1179,48	1,249	500,00	€ 510,00	€ 1.467,59	€ 2.827,25	€ 0,00	€ 39.789	€ 30.019	€ 30.019
11	1208,97	1,280		€ 0,00	€ 972,33	€ 2.702,52	€ 0,00	€ 40.762	€ 30.992	€ 30.992
12	1239,19	1,312		€ 0,00	€ 977,10	€ 2.581,59	€ 0,00	€ 41.739	€ 31.969	€ 31.969
13	1270,17	1,345		€ 0,00	€ 981,88	€ 2.464,37	€ 0,00	€ 42.721	€ 32.951	€ 32.951
14	1301,93	1,379	1000,00	€ 1.020,00	€ 1.986,70	€ 2.350,75	€ 0,00	€ 44.707	€ 34.937	€ 34.937
15	1334,48	1,413	500,00	€ 510,00	€ 1.491,53	€ 2.240,64	€ 0,00	€ 46.199	€ 36.429	€ 36.429
16	1367,84	1,448	500,00	€ 510,00	€ 1.496,40	€ 2.133,94	€ 0,00	€ 47.695	€ 37.925	€ 37.925
17	1402,03	1,485		€ 0,00	€ 1.001,28	€ 2.030,56	€ 0,00	€ 48.696	€ 38.926	€ 38.926
18	1437,08	1,522		€ 0,00	€ 1.006,19	€ 1.930,42	€ 0,00	€ 49.703	€ 39.933	€ 39.933
19	1473,01	1,560		€ 0,00	€ 1.011,12	€ 1.833,43	€ 0,00	€ 50.714	€ 40.944	€ 40.944
20	1509,84	1,599	500,00	€ 510,00	€ 1.516,08	€ 1.739,50	€ 0,00	€ 52.230	€ 42.460	€ 42.460
21	1547,58	1,639		€ 0,00	€ 1.021,06	€ 1.648,54	€ 0,00	€ 53.251	€ 43.481	€ 43.481
22	1586,27	1,680		€ 0,00	€ 1.026,06	€ 1.560,49	€ 550,00	€ 54.827	€ 45.057	€ 43.496
								€ 27.259,36		

### Pelletsheizung

Anschaffungspreis € 23.104

Förderung Pelletsheizung € 10.770,00

Jahr	Kosten Brennstoff Holzpellets	Preissteigerung Holzpellets	kalkulatorischer Zinssatz/Inflation	Wartung Preis 2020	Schornsteinfeger 2020	Stromkosten Pelletsheizung	Preis Wartung, Schornsteinfeger	Betriebskosten/q^k	Entsorgungskosten	Gesamtkosten Pelletszg.	
										ohne Förderung	inkl Förderung
0	€ 970,83	1	1,000					€ 970,83	€ 0,00	€ 24.074,83	€ 13.304,83
1	€ 988,31	1,018	1,020		€ 138,00	€ 104,55	€ 138,00	€ 1.209,43	€ 0,00	€ 25.284,26	€ 14.514,26
2	€ 1.006,10	1,036	1,040	€ 350,00	€ 138,00	€ 107,16	€ 488,00	€ 1.558,03	€ 0,00	€ 26.842,30	€ 16.072,30
3	€ 1.024,21	1,055	1,061		€ 138,00	€ 109,84	€ 138,00	€ 1.206,64	€ 0,00	€ 28.048,94	€ 17.278,94
4	€ 1.042,64	1,074	1,082	€ 350,00	€ 138,00	€ 112,59	€ 488,00	€ 1.555,26	€ 0,00	€ 29.604,19	€ 18.834,19
5	€ 1.061,41	1,093	1,104		€ 138,00	€ 115,40	€ 138,00	€ 1.203,88	€ 0,00	€ 30.808,07	€ 20.038,07
6	€ 1.080,52	1,113	1,126	€ 350,00	€ 138,00	€ 118,29	€ 488,00	€ 1.552,50	€ 0,00	€ 32.360,57	€ 21.590,57
7	€ 1.099,97	1,133	1,149		€ 138,00	€ 121,25	€ 138,00	€ 1.201,14	€ 0,00	€ 33.561,71	€ 22.791,71
8	€ 1.119,77	1,153	1,172	€ 350,00	€ 138,00	€ 124,28	€ 488,00	€ 1.549,78	€ 0,00	€ 35.111,49	€ 24.341,49
9	€ 1.139,92	1,174	1,195	€ 400,00	€ 138,00	€ 127,38	€ 538,00	€ 1.598,42	€ 0,00	€ 36.709,91	€ 25.939,91
10	€ 1.160,44	1,195	1,219	€ 350,00	€ 138,00	€ 130,57	€ 488,00	€ 1.547,08	€ 0,00	€ 38.256,99	€ 27.486,99
11	€ 1.181,33	1,217	1,243		€ 138,00	€ 133,83	€ 138,00	€ 1.195,73	€ 0,00	€ 39.452,73	€ 28.682,73
12	€ 1.202,59	1,239	1,268	€ 350,00	€ 138,00	€ 137,18	€ 488,00	€ 1.544,40	€ 0,00	€ 40.997,12	€ 30.227,12
13	€ 1.224,24	1,261	1,294		€ 138,00	€ 140,61	€ 138,00	€ 1.193,07	€ 0,00	€ 42.190,20	€ 31.420,20
14	€ 1.246,27	1,284	1,319	€ 350,00	€ 138,00	€ 144,12	€ 488,00	€ 1.541,75	€ 0,00	€ 43.731,94	€ 32.961,94
15	€ 1.268,71	1,307	1,346		€ 138,00	€ 147,73	€ 138,00	€ 1.190,43	€ 0,00	€ 44.922,37	€ 34.152,37
16	€ 1.291,54	1,330	1,373	€ 350,00	€ 138,00	€ 151,42	€ 488,00	€ 1.539,12	€ 0,00	€ 46.461,49	€ 35.691,49
17	€ 1.314,79	1,354	1,400		€ 138,00	€ 155,21	€ 138,00	€ 1.187,82	€ 0,00	€ 47.649,31	€ 36.879,31
18	€ 1.338,46	1,379	1,428	€ 750,00	€ 138,00	€ 159,09	€ 888,00	€ 1.936,52	€ 0,00	€ 49.585,83	€ 38.815,83
19	€ 1.362,55	1,403	1,457		€ 138,00	€ 163,06	€ 138,00	€ 1.185,23	€ 0,00	€ 50.771,06	€ 40.001,06
20	€ 1.387,08	1,429	1,486	€ 350,00	€ 138,00	€ 167,14	€ 488,00	€ 1.533,94	€ 0,00	€ 52.305,00	€ 41.535,00
21	€ 1.412,04	1,454	1,516		€ 138,00	€ 171,32	€ 138,00	€ 1.182,66	€ 0,00	€ 53.487,66	€ 42.717,66
22		1,481	1,546	€ 350,00	€ 138,00	€ 175,60	€ 488,00	€ 601,59	€ 450,00	€ 54.539,25	€ 43.769,25

Heizwärmebedarf inkl. WW Nachheizung	20000	kWh/Jahr
Arbeitszahl GWWP der Heizung inkl. Pumpen	3,6	
Durchschn. Strompreissteigerung/Jahr	1,025	%+1
Kalkulationszinssatz q (Inflation)+1	1,02	%+1
AFA Dauer Heizung	22	Jahre
AFA Dauer Wasserrecht+Brunnen	50	Jahre
Heizwert Holzpellets	4,8	kWh/kg
Wartung/Reparatur GWWP	€ 500,00	alle 5 Jahre
Dichtheitsprüfung Solekreis WVP	€ 500,00	alle 8 Jahre
Tausch Wärmequellenpumpe inkl. Montage	€ 1.000,00	alle 14 Jahre
Strompreis	€ 0,17	€/kWh
Entsorgung GWWP	€ 550,00	
Preis Holzpellets/kg	0,233	€/kg
Durchschn. Holzpellets-Preissteigerung/Jahr	1,018	%+1
Wartung Pelletsheizung	€ 350,00	alle 2 Jahre
Verschleisssteiletausch Reparatur Pellets	€ 400,00	alle 9 Jahre
Kosten Schornsteinfeger/Jahr	€ 138,00	jährlich
Stromverbrauch Pelletsheizung	600	kWh/Jahr
Entsorgungskosten Pelletsheizung	€ 450,00	

## GWWP vs. Pelletsheizung Szenario 3

### Grundwasserwärmepumpe

Anschaffungspreis			Gesamtförderung GWWP	€ 9.770
Brunnen+Wasserrecht	€ 4.308,00			
Anschaffungspreis Heizung	€ 24.515,00			
Gesamt Anschaffungs wert	€ 28.823,00			

Jahr	Strom/Brennstoff	Preissteigerung Strom	Wartung Preis 2020	Wartung Preis + Inflation	Betriebskosten/q^k	Restwert Wasserrecht Brunnen/q^k	Entsorgungskosten	Gesamtkosten		
								ohne Förderung	Inkl. Förderung	Inkl. Förderung abzgl. Restwert
0					€ 0,00	€ 4.308,00	€ 0,00	€ 28.823	€ 19.053	€ 19.053
1	1133,33	1,000			€ 0,00	€ 1.111,11	€ 4.139,06	€ 0,00	€ 29.934	€ 20.164
2	1156,00	1,020			€ 0,00	€ 1.111,11	€ 3.975,09	€ 0,00	€ 31.045	€ 21.275
3	1179,12	1,040			€ 0,00	€ 1.111,11	€ 3.815,95	€ 0,00	€ 32.156	€ 22.386
4	1202,70	1,061			€ 0,00	€ 1.111,11	€ 3.661,53	€ 0,00	€ 33.267	€ 23.497
5	1226,76	1,082	50,00		€ 51,00	€ 1.161,11	€ 3.511,70	€ 0,00	€ 34.429	€ 24.659
6	1251,29	1,104			€ 0,00	€ 1.111,11	€ 3.366,34	€ 0,00	€ 35.540	€ 25.770
7	1276,32	1,126			€ 0,00	€ 1.111,11	€ 3.225,32	€ 0,00	€ 36.651	€ 26.881
8	1301,84	1,149	500,00		€ 510,00	€ 1.611,11	€ 3.088,54	€ 0,00	€ 38.262	€ 28.492
9	1327,88	1,172			€ 0,00	€ 1.111,11	€ 2.955,89	€ 0,00	€ 39.373	€ 29.603
10	1354,44	1,195	50,00		€ 51,00	€ 1.161,11	€ 2.827,25	€ 0,00	€ 40.534	€ 30.764
11	1381,53	1,219			€ 0,00	€ 1.111,11	€ 2.702,52	€ 0,00	€ 41.645	€ 31.875
12	1409,16	1,243			€ 0,00	€ 1.111,11	€ 2.581,59	€ 0,00	€ 42.756	€ 32.986
13	1437,34	1,268			€ 0,00	€ 1.111,11	€ 2.464,37	€ 0,00	€ 43.867	€ 34.097
14	1466,09	1,294	1000,00		€ 1.020,00	€ 2.111,11	€ 2.350,75	€ 0,00	€ 45.979	€ 36.209
15	1495,41	1,319	50,00		€ 51,00	€ 1.161,11	€ 2.240,64	€ 0,00	€ 47.140	€ 37.370
16	1525,32	1,346	500,00		€ 510,00	€ 1.611,11	€ 2.133,94	€ 0,00	€ 48.751	€ 38.981
17	1555,82	1,373			€ 0,00	€ 1.111,11	€ 2.030,56	€ 0,00	€ 49.862	€ 40.092
18	1586,94	1,400			€ 0,00	€ 1.111,11	€ 1.930,42	€ 0,00	€ 50.973	€ 41.203
19	1618,68	1,428			€ 0,00	€ 1.111,11	€ 1.833,43	€ 0,00	€ 52.084	€ 42.314
20	1651,05	1,457	50,00		€ 51,00	€ 1.161,11	€ 1.739,50	€ 0,00	€ 53.245	€ 43.475
21	1684,07	1,486			€ 0,00	€ 1.111,11	€ 1.648,54	€ 0,00	€ 54.356	€ 44.586
22	1717,76	1,516			€ 0,00	€ 1.111,11	€ 1.560,49	€ 350,00	€ 55.817	€ 46.047
								€ 30.938,85		

Förderung Pelletsheizung € 10.770,00

### Pelletsheizung

Anschaffungspreis € 23.104

Jahr	Kosten Brennstoff Holzpellets	Preissteigerung Holzpellets	kalkulatorischer Zinssatz/Inflation	Wartung Preis 2020	Schornstein feger 2020	Stromkosten Pelletsheizung	Preis Wartung, Schornstein feger	Betriebskosten/q^k	Entsorgungskosten	Gesamtkosten	
										ohne Förderung	Pelletsheizung
0	€ 970,83	1	1,000					€ 970,83	€ 0,00	€ 24.074,83	€ 13.304,83
1	€ 990,25	1,02	1,020		€ 138,00	€ 138,72	€ 138,00	€ 1.244,83	€ 0,00	€ 25.319,67	€ 14.549,67
2	€ 1.010,06	1,040	1,040	€ 350,00	€ 138,00	€ 141,49	€ 488,00	€ 1.594,83	€ 0,00	€ 26.914,50	€ 16.144,50
3	€ 1.030,26	1,061	1,061		€ 138,00	€ 144,32	€ 138,00	€ 1.244,83	€ 0,00	€ 28.159,33	€ 17.389,33
4	€ 1.050,86	1,082	1,082	€ 350,00	€ 138,00	€ 147,21	€ 488,00	€ 1.594,83	€ 0,00	€ 29.754,17	€ 18.984,17
5	€ 1.071,88	1,104	1,104		€ 138,00	€ 150,15	€ 138,00	€ 1.244,83	€ 0,00	€ 30.999,00	€ 20.229,00
6	€ 1.093,32	1,126	1,126	€ 350,00	€ 138,00	€ 153,16	€ 488,00	€ 1.594,83	€ 0,00	€ 32.593,83	€ 21.823,83
7	€ 1.115,18	1,149	1,149		€ 138,00	€ 156,22	€ 138,00	€ 1.244,83	€ 0,00	€ 33.838,67	€ 23.068,67
8	€ 1.137,49	1,172	1,172	€ 350,00	€ 138,00	€ 159,35	€ 488,00	€ 1.594,83	€ 0,00	€ 35.433,50	€ 24.663,50
9	€ 1.160,24	1,195	1,195	€ 900,00	€ 138,00	€ 162,53	€ 1.038,00	€ 2.144,83	€ 0,00	€ 37.578,33	€ 26.808,33
10	€ 1.183,44	1,219	1,219	€ 350,00	€ 138,00	€ 165,78	€ 488,00	€ 1.594,83	€ 0,00	€ 39.173,17	€ 28.403,17
11	€ 1.207,11	1,243	1,243		€ 138,00	€ 169,10	€ 138,00	€ 1.244,83	€ 0,00	€ 40.418,00	€ 29.648,00
12	€ 1.231,25	1,268	1,268	€ 350,00	€ 138,00	€ 172,48	€ 488,00	€ 1.594,83	€ 0,00	€ 42.012,83	€ 31.242,83
13	€ 1.255,88	1,294	1,294		€ 138,00	€ 175,93	€ 138,00	€ 1.244,83	€ 0,00	€ 43.257,67	€ 32.487,67
14	€ 1.280,99	1,319	1,319	€ 350,00	€ 138,00	€ 179,45	€ 488,00	€ 1.594,83	€ 0,00	€ 44.852,50	€ 34.082,50
15	€ 1.306,61	1,346	1,346		€ 138,00	€ 183,04	€ 138,00	€ 1.244,83	€ 0,00	€ 46.097,33	€ 35.327,33
16	€ 1.332,75	1,373	1,373	€ 350,00	€ 138,00	€ 186,70	€ 488,00	€ 1.594,83	€ 0,00	€ 47.692,17	€ 36.922,17
17	€ 1.359,40	1,400	1,400		€ 138,00	€ 190,43	€ 138,00	€ 1.244,83	€ 0,00	€ 48.937,00	€ 38.167,00
18	€ 1.386,59	1,428	1,428	€ 1.250,00	€ 138,00	€ 194,24	€ 1.388,00	€ 2.494,83	€ 0,00	€ 51.431,83	€ 40.661,83
19	€ 1.414,32	1,457	1,457		€ 138,00	€ 198,13	€ 138,00	€ 1.244,83	€ 0,00	€ 52.676,67	€ 41.906,67
20	€ 1.442,61	1,486	1,486	€ 350,00	€ 138,00	€ 202,09	€ 488,00	€ 1.594,83	€ 0,00	€ 54.271,50	€ 43.501,50
21	€ 1.471,46	1,516	1,516		€ 138,00	€ 206,13	€ 138,00	€ 1.244,83	€ 0,00	€ 55.516,33	€ 44.746,33
22		1,546	1,546	€ 350,00	€ 138,00	€ 210,25	€ 488,00	€ 624,00	€ 450,00	€ 56.590,33	€ 45.820,33
								€ 26.502,76			

Heizwärmebedarf inkl. WW Nachheizung	20000	kWh/Jahr
Arbeitszahl GWWP der Heizung inkl. Pumpen	3	
Durchschn. Strompreissteigerung/Jahr	1,02	%+1
Kalkulationszinssatz q (Inflation)+1	1,02	%+1
AFA Dauer Heizung	22	Jahre
AFA Dauer Wasserrecht+Brunnen	50	Jahre
Heizwert Holzpellets	4,8	kWh/kg
Wartung/Reparatur GWWP	€ 50,00	alle 5 Jahre
Dichtheitsprüfung Solekreis WP	€ 500,00	alle 8 Jahre
Tausch Wärmequellenpumpe inkl. Montage	€ 1.000,00	alle 14 Jahre
Strompreis	€ 0,17	€/kWh
Entsorgung GWWP	€ 350,00	
Preis Holzpellets/kg	0,233	€/kg
Durchschn. Holzpellets-Preissteigerung/Jahr	1,02	%+1
Wartung Pelletsheizung	€ 350,00	alle 2 Jahre
Verschleissstilletausch Reparatur Pellets	€ 900,00	alle 9 Jahre
Kosten Schornsteinfeger/Jahr	€ 138,00	jährlich
Stromverbrauch Pelletsheizung	800	kWh/Jahr
Entsorgungskosten Pelletsheizung	€ 450,00	

# Gesamtkosten Pellets/GWWP vs. Kombination mit teilsolare Raumheizung

**Grundwasserwärmepumpe**

Anschaffungspreis  
 Brunnen+Wasserrecht € 4.308,00  
 Anschaffungspreis Heizung € 24.515,00  
 Gesamt Anschaffungswert € 28.823,00

Gesamtförderung GWWP € 9.770

Jahr	Strom/Brennstoff	Preissteigerung Strom	Wartung Preis 2020	Wartung Preis + Inflation	Betriebskosten/q <sup>a</sup>	Restwert Brunnen/q <sup>a</sup> k	Entsorgungskosten	Gesamtkosten			
								ohne Förderung	inkl Förderung	GWWP-Restwert	Kombi GWWP TLSRH
0				€ 0,00		€ 4.308,00	€ 0,00	€ 28.823	€ 19.053	€ 19.053	€ 32.053
1	871,79	1,000		€ 0,00	€ 854,70	€ 4.139,06	€ 0,00	€ 29.678	€ 19.908	€ 19.908	€ 32.438
2	889,23	1,020		€ 0,00	€ 854,70	€ 3.975,09	€ 0,00	€ 30.532	€ 20.762	€ 20.762	€ 32.831
3	907,02	1,040		€ 0,00	€ 854,70	€ 3.815,95	€ 0,00	€ 31.387	€ 21.617	€ 21.617	€ 33.234
4	925,16	1,061		€ 0,00	€ 854,70	€ 3.661,53	€ 0,00	€ 32.242	€ 22.472	€ 22.472	€ 33.646
5	943,66	1,082	50,00	€ 51,00	€ 904,70	€ 3.511,70	€ 0,00	€ 33.147	€ 23.377	€ 23.377	€ 34.116
6	962,53	1,104		€ 0,00	€ 854,70	€ 3.366,34	€ 0,00	€ 34.001	€ 24.231	€ 24.231	€ 34.545
7	981,78	1,126		€ 0,00	€ 854,70	€ 3.225,32	€ 0,00	€ 34.856	€ 25.086	€ 25.086	€ 34.983
8	1001,42	1,149	500,00	€ 510,00	€ 1.354,70	€ 3.088,54	€ 0,00	€ 36.211	€ 26.441	€ 26.441	€ 35.928
9	1021,45	1,172		€ 0,00	€ 854,70	€ 2.955,89	€ 0,00	€ 37.065	€ 27.295	€ 27.295	€ 36.382
10	1041,88	1,195	50,00	€ 51,00	€ 904,70	€ 2.827,25	€ 0,00	€ 37.970	€ 28.200	€ 28.200	€ 36.893
11	1062,71	1,219		€ 0,00	€ 854,70	€ 2.702,52	€ 0,00	€ 38.825	€ 29.055	€ 29.055	€ 37.362
12	1083,97	1,243		€ 0,00	€ 854,70	€ 2.581,59	€ 0,00	€ 39.679	€ 29.909	€ 29.909	€ 37.839
13	1105,65	1,268		€ 0,00	€ 854,70	€ 2.464,37	€ 0,00	€ 40.534	€ 30.764	€ 30.764	€ 38.323
14	1127,76	1,294	1000,00	€ 1.020,00	€ 1.854,70	€ 2.350,75	€ 0,00	€ 42.389	€ 32.619	€ 32.619	€ 39.814
15	1150,31	1,319	50,00	€ 51,00	€ 904,70	€ 2.240,64	€ 0,00	€ 43.294	€ 33.524	€ 33.524	€ 40.362
16	1173,32	1,346	500,00	€ 510,00	€ 1.354,70	€ 2.133,94	€ 0,00	€ 44.648	€ 34.878	€ 34.878	€ 41.368
17	1196,79	1,373		€ 0,00	€ 854,70	€ 2.030,56	€ 0,00	€ 45.503	€ 35.733	€ 35.733	€ 41.880
18	1220,72	1,400		€ 0,00	€ 854,70	€ 1.930,42	€ 0,00	€ 46.358	€ 36.588	€ 36.588	€ 42.399
19	1245,14	1,428		€ 0,00	€ 854,70	€ 1.833,43	€ 0,00	€ 47.212	€ 37.442	€ 37.442	€ 42.925
20	1270,04	1,457	50,00	€ 51,00	€ 904,70	€ 1.739,50	€ 0,00	€ 48.117	€ 38.347	€ 38.347	€ 43.507
21	1295,44	1,486		€ 0,00	€ 854,70	€ 1.648,54	€ 0,00	€ 48.972	€ 39.202	€ 39.202	€ 44.045
22	1321,35	1,516		€ 0,00	€ 854,70	€ 1.560,49	€ 350,00	€ 50.176	€ 40.406	€ 38.846	€ 44.940

**Pelletsheizung**

Anschaffungspreis € 23.104

Förderung Pelletsheizung € 10.770

Jahr	Kosten Brennstoff Holzpellets	Preissteigerung Holzpellets	kalkulatorischer Zinssatz/Inflation	Wartung Preis 2020	Schornsteinfeger 2020	Stromkosten Pelletsheizung	Preis Wartung, Schornsteinfeger	Betriebskosten/q <sup>a</sup> k	Gesamtkosten			
									Entsorgungskosten	ohne Förderung	Pelletsheizung	Kombi Pellets TLSRH
0	€ 970,83	1	1,000					€ 970,83	€ 0,00	€ 24.075	€ 13.305	€ 25.771
1	€ 988,31	1,018	1,020		€ 138,00	€ 138,72	€ 138,00	€ 1.242,93	€ 0,00	€ 25.318	€ 14.548	€ 26.417
2	€ 1.006,10	1,036	1,040	€ 350,00	€ 138,00	€ 141,49	€ 488,00	€ 1.591,03	€ 0,00	€ 26.909	€ 16.139	€ 27.423
3	€ 1.024,21	1,055	1,061		€ 138,00	€ 144,32	€ 138,00	€ 1.239,13	€ 0,00	€ 28.148	€ 17.378	€ 28.090
4	€ 1.042,64	1,074	1,082	€ 350,00	€ 138,00	€ 147,21	€ 488,00	€ 1.587,24	€ 0,00	€ 29.735	€ 18.965	€ 29.118
5	€ 1.061,41	1,093	1,104		€ 138,00	€ 150,15	€ 138,00	€ 1.235,35	€ 0,00	€ 30.971	€ 20.201	€ 29.805
6	€ 1.080,52	1,113	1,126	€ 350,00	€ 138,00	€ 153,16	€ 488,00	€ 1.583,47	€ 0,00	€ 32.554	€ 21.784	€ 30.853
7	€ 1.099,97	1,133	1,149		€ 138,00	€ 156,22	€ 138,00	€ 1.231,59	€ 0,00	€ 33.786	€ 23.016	€ 31.560
8	€ 1.119,77	1,153	1,172	€ 350,00	€ 138,00	€ 159,35	€ 488,00	€ 1.579,71	€ 0,00	€ 35.365	€ 24.595	€ 32.627
9	€ 1.139,92	1,174	1,195	€ 0,00	€ 138,00	€ 162,53	€ 138,00	€ 1.227,83	€ 0,00	€ 36.593	€ 25.823	€ 33.353
10	€ 1.160,44	1,195	1,219	€ 350,00	€ 138,00	€ 165,78	€ 488,00	€ 1.575,96	€ 0,00	€ 38.169	€ 27.399	€ 34.437
11	€ 1.181,33	1,217	1,243		€ 138,00	€ 169,10	€ 138,00	€ 1.224,10	€ 0,00	€ 39.393	€ 28.623	€ 35.181
12	€ 1.202,59	1,239	1,268	€ 350,00	€ 138,00	€ 172,48	€ 488,00	€ 1.572,23	€ 0,00	€ 40.965	€ 30.195	€ 36.283
13	€ 1.224,24	1,261	1,294		€ 138,00	€ 175,93	€ 138,00	€ 1.220,38	€ 0,00	€ 42.186	€ 31.416	€ 37.044
14	€ 1.246,27	1,284	1,319	€ 350,00	€ 138,00	€ 179,45	€ 488,00	€ 1.568,52	€ 0,00	€ 43.754	€ 32.984	€ 38.163
15	€ 1.268,71	1,307	1,346		€ 138,00	€ 183,04	€ 138,00	€ 1.216,67	€ 0,00	€ 44.971	€ 34.201	€ 38.939
16	€ 1.291,54	1,330	1,373	€ 350,00	€ 138,00	€ 186,70	€ 488,00	€ 1.564,82	€ 0,00	€ 46.536	€ 35.766	€ 40.074
17	€ 1.314,79	1,354	1,400		€ 138,00	€ 190,43	€ 138,00	€ 1.212,97	€ 0,00	€ 47.749	€ 36.979	€ 40.866
18	€ 1.338,46	1,379	1,428	€ 350,00	€ 138,00	€ 194,24	€ 488,00	€ 1.561,13	€ 0,00	€ 49.310	€ 38.540	€ 42.016
19	€ 1.362,55	1,403	1,457		€ 138,00	€ 198,13	€ 138,00	€ 1.209,30	€ 0,00	€ 50.519	€ 39.749	€ 42.823
20	€ 1.387,08	1,429	1,486	€ 350,00	€ 138,00	€ 202,09	€ 488,00	€ 1.557,46	€ 0,00	€ 52.077	€ 41.307	€ 43.987
21	€ 1.412,04	1,454	1,516		€ 138,00	€ 206,13	€ 138,00	€ 1.205,63	€ 0,00	€ 53.282	€ 42.512	€ 44.807
22		1,481	1,546	€ 350,00	€ 138,00	€ 210,25	€ 488,00	€ 624,00	€ 450,00	€ 54.356	€ 43.586	€ 46.016

Heizwärmebedarf inkl. WW Nachheizung	20000	kWh/Jahr
Arbeitszahl GWWP der Heizung inkl. Pumpen	3,9	
Durchschn. Strompreissteigerung/Jahr	1,02	%+1
Kalkulationszinssatz q (Inflation)+1	1,02	%+1
AFA Dauer Heizung	22	Jahre
AFA Dauer Wasserrecht+Brunnen	50	Jahre
Heizwert Holzpellets	4,8	kWh/kg
Wartung/Reparatur GWWP	€ 50,00	alle 5 Jahre
Dichtheitsprüfung Solekreis WP	€ 500,00	alle 8 Jahre
Tausch Wärmequellenpumpe inkl. Montage	€ 1.000,00	alle 14 Jahre
Strompreis	€ 0,17	€/kWh
Entsorgung GWWP	€ 350,00	
Preis Holzpellets/kg	0,233	€/kg
Durchschn. Holzpellets-Preissteigerung/Jahr	1,018	%+1
Wartung Pelletsheizung	€ 350,00	alle 2 Jahre
Verschleisssteiletausch Reparatur Pelletszg.	€ 0,00	alle 9 Jahre
Kosten Schornsteinfeger/Jahr	€ 138,00	jährlich
Stromverbrauch Pelletsheizung	800	kWh/Jahr
Entsorgungskosten Pelletsheizung	€ 450,00	
Abdeckung teilsolare Raumheizung	55,00%	
Zusatzkosten teilsolare Raumheizung	€ 13.000,00	inkl. Förderung

## PV Module Vergleich PVP/LG Neon/ REC TWIN

		Preis	Förderung
PV Anlage	PVP 300Wp		
Kosten			
Kosten f. Anlage und Errichtung		8988	1250
PV Anlage	REC TWINPEAK 295		
Kosten			
Kosten f. Anlage und Errichtung		8584	1250
PV Anlage	LG Neon 2 340Wp		
Kosten			
Kosten f. Anlage und Errichtung		9811	1250

Einspeisevergütung	0,0767	€/kwh	bis zu 13. Jahr
Einspeisevergütung 2	0,035	€/kwh	ab dem 14. Jahr
Strompreis 2020/21	0,17	€/kwh	nur für Bezug
Eigenstromanteil	25	%	
kalk. Zinssatz+1	1,02		
jährlich Strompreiserh.+1	1,02		
Jährlicher Ertrag PVP	5100	kWh	
Jährlicher Ertrag LG	5780	kWh	
Jährlicher Ertrag REC	5015	kWh	
Anschaffung PVP	€ 7.738		
Anschaffung LG Neon	€ 8.561		
Anschaffung REC Twin	€ 7.334		

Jahr	Jahr	Leistung v PN	Netz- speisung in kWh	Eigenver- brauch in kWh	Vergü- tung ESP	Vergütung Eigen	Netzspei- sung in kWh	Eigenver- brauch in kWh	Vergütung ESP	Vergü- tung Ei- gen	Barwert mit Modulen LG Neon	Netzspei- sung in kWh	Eigenver- brauch in kWh	Vergütung ESP	Vergü- tung Ei- gen	Barwert mit Modulen REC TWIN
0						-€ 7.738,00					-€ 8.561,00					-€ 7.334,00
1	100	3825	1275	€ 293,38	€ 216,75	-€ 7.237,88	4335	1445	€ 332,49	€ 245,65	-€ 7.982,86	3761,25	1253,75	€ 288,49	€ 213,14	-€ 6.832,37
2	98,4	3763,8	1254,6	€ 288,68	€ 217,55	-€ 6.741,57	4265,64	1421,88	€ 327,17	€ 246,55	-€ 7.431,71	3701,07	1233,69	€ 283,87	€ 213,92	-€ 6.354,18
3	97,6	3733,2	1244,4	€ 286,34	€ 220,09	-€ 6.274,34	4230,96	1410,32	€ 324,51	€ 249,44	-€ 6.902,19	3670,98	1223,66	€ 281,56	€ 216,43	-€ 5.894,74
4	96,8	3702,6	1234,2	€ 283,99	€ 222,66	-€ 5.825,62	4196,28	1398,76	€ 321,85	€ 252,34	-€ 6.393,63	3640,89	1213,63	€ 279,26	€ 218,95	-€ 5.453,49
5	96	3672	1224	€ 281,64	€ 225,23	-€ 5.394,84	4161,6	1387,2	€ 319,19	€ 255,26	-€ 5.905,42	3610,8	1203,6	€ 276,95	€ 221,48	-€ 5.029,89
6	95,2	3641,4	1213,8	€ 279,30	€ 227,82	-€ 4.981,47	4126,92	1375,64	€ 316,53	€ 258,20	-€ 5.436,94	3580,71	1193,57	€ 274,64	€ 224,03	-€ 4.623,42
7	94,4	3610,8	1203,6	€ 276,95	€ 230,43	-€ 4.584,99	4092,24	1364,08	€ 313,87	€ 261,15	-€ 4.987,59	3550,62	1183,54	€ 272,33	€ 226,59	-€ 4.233,54
8	93,6	3580,2	1193,4	€ 274,60	€ 233,04	-€ 4.204,88	4057,56	1352,52	€ 311,21	€ 264,12	-€ 4.556,79	3520,53	1173,51	€ 270,02	€ 229,16	-€ 3.859,76
9	92,8	3549,6	1183,2	€ 272,25	€ 235,67	-€ 3.840,64	4022,88	1340,96	€ 308,55	€ 267,10	-€ 4.144,00	3490,44	1163,48	€ 267,72	€ 231,74	-€ 3.501,60
10	92	3519	1173	€ 269,91	€ 238,31	-€ 3.491,81	3988,2	1329,4	€ 305,89	€ 270,09	-€ 3.748,65	3460,35	1153,45	€ 265,41	€ 234,34	-€ 3.158,58
11	91,2	3488,4	1162,8	€ 267,56	€ 240,97	-€ 3.157,90	3953,52	1317,84	€ 303,23	€ 273,09	-€ 3.370,22	3430,26	1143,42	€ 263,10	€ 236,95	-€ 2.830,23
12	90,4	3457,8	1152,6	€ 265,21	€ 243,63	-€ 2.838,46	3918,84	1306,28	€ 300,58	€ 276,11	-€ 3.008,19	3400,17	1133,39	€ 260,79	€ 239,57	-€ 2.516,12
13	89,6	3427,2	1142,4	€ 262,87	€ 246,30	-€ 2.533,05	3884,16	1294,72	€ 297,92	€ 279,14	-€ 2.662,06	3370,08	1123,36	€ 258,49	€ 242,20	-€ 2.215,80
14	88,8	3396,6	1132,2	€ 260,52	€ 248,99	-€ 2.250,74	3849,48	1283,16	€ 295,66	€ 282,18	-€ 2.455,44	3339,99	1113,33	€ 256,27	€ 244,84	-€ 2.036,52
15	88	3366	1122	€ 258,27	€ 251,68	-€ 2.176,34	3814,8	1271,6	€ 293,49	€ 285,23	-€ 2.257,79	3309,9	1103,3	€ 254,06	€ 247,48	-€ 1.865,04
16	87,2	3335,4	1111,8	€ 256,01	€ 254,38	-€ 2.009,65	3780,12	1260,04	€ 291,30	€ 288,29	-€ 2.068,87	3279,81	1093,27	€ 251,84	€ 250,14	-€ 1.701,12
17	86,4	3304,8	1101,6	€ 253,75	€ 257,08	-€ 1.850,44	3745,44	1248,48	€ 289,11	€ 291,36	-€ 1.888,43	3249,72	1083,24	€ 249,62	€ 252,80	-€ 1.544,57
18	85,6	3274,2	1091,4	€ 251,49	€ 259,80	-€ 1.698,51	3710,76	1236,92	€ 286,82	€ 294,44	-€ 1.716,24	3219,63	1073,21	€ 247,40	€ 255,47	-€ 1.395,16
19	84,8	3243,6	1081,2	€ 249,23	€ 262,52	-€ 1.553,64	3676,08	1225,36	€ 284,53	€ 297,52	-€ 1.552,06	3189,54	1063,18	€ 245,18	€ 258,14	-€ 1.252,71
20	84	3213	1071	€ 247,01	€ 265,24	-€ 1.415,64	3641,4	1213,8	€ 282,62	€ 300,61	-€ 1.395,65	3159,45	1053,15	€ 242,96	€ 260,82	-€ 1.117,01
21	83,2	3182,4	1060,8	€ 244,75	€ 267,97	-€ 1.284,31	3606,72	1202,24	€ 280,71	€ 303,70	-€ 1.246,82	3129,36	1043,12	€ 240,74	€ 263,50	-€ 987,87
22	82,4	3151,8	1050,6	€ 242,49	€ 270,70	-€ 1.159,47	3572,04	1190,68	€ 278,80	€ 306,79	-€ 1.105,33	3099,27	1033,09	€ 238,52	€ 266,19	-€ 865,11
23	81,6	3121,2	1040,4	€ 240,23	€ 273,43	-€ 1.040,93	3537,36	1179,12	€ 276,89	€ 309,89	-€ 970,99	3069,18	1023,06	€ 236,30	€ 268,88	-€ 748,55
24	80,8	3090,6	1030,2	€ 237,97	€ 276,17	-€ 928,51	3502,68	1167,56	€ 275,00	€ 312,99	-€ 843,58	3039,09	1013,03	€ 234,08	€ 271,57	-€ 638,01
25	80	3060	1020	€ 235,71	€ 278,90	-€ 822,05	3468	1156	€ 273,11	€ 316,09	-€ 722,92	3009	1003	€ 231,76	€ 274,25	-€ 533,31

## PV Module Vergleich LG Neon /REC TWIN bei Eigenverbrauch 50%

PV Anlage	PVP 300Wp	Module	17			5,1 kWp
Anlage und Errichtung				8988	1250	€ 7.738
PV Anlage	REC TWINPEAK 295	Module	17			5,015 kWp
Anlage und Errichtung				8584	1250	€ 7.334
PV Anlage	LG Neon 2 340Wp	Module	17			5,78 kWp
Kosten				9811	1250	€ 8.561

Einspeisevergütung	0,0767	€/kWh bis zu 13. Jahr
Einspeisevergütung	0,035	€/kWh ab dem 13. Jahr
Strompreis	0,2	€/kWh nur für Bezug
Eigenstromanteil	50	%
kalk. Zinssatz+1	1,02	
jährl. Steigerung Strompreis+1	1,018	
Jährlicher Ertrag PVP	5100	kWh
Jährlicher Ertrag LG	5780	kWh
Jährlicher Ertrag REC	5015	kWh
Anschaffung PVP	€ 7.738	
Anschaffung LG Neon	€ 8.561	
Anschaffung REC Twin	€ 7.334	

Jahr	Leistung v PN	Netzspei- sung in kWh	Eigenver- brauch in kWh	Vergü- tung ESP	Vergü- tung Ei- gen	Barwert mit Modulen PVP	Netzspei- sung in kWh	Eigenver- brauch in kWh	Vergütung ESP	Vergütung Eigen	Barwert mit Modulen LG Neon	Netzspei- sung in kWh	Eigenver- brauch in kWh	Vergü- tung ESP	Vergü- tung Ei- gen	Barwert mit Modulen RECTWIN
0						-€ 7.738,00					-€ 8.561,00					-€ 7.334,00
1	100	2550	2550	€ 195,59	€ 510,00	-€ 7.046,25	2890	2890	€ 221,66	€ 578,00	-€ 7.777,02	2507,5	2507,5	€ 192,33	€ 501,50	-€ 6.653,78
2	98,4	2509,2	2509,2	€ 192,46	€ 510,87	-€ 6.383,80	2843,76	2843,76	€ 218,12	€ 578,99	-€ 7.026,24	2467,38	2467,38	€ 189,25	€ 502,36	-€ 6.002,37
3	97,6	2488,8	2488,8	€ 190,89	€ 515,84	-€ 5.744,38	2820,64	2820,64	€ 216,34	€ 584,62	-€ 6.301,56	2447,32	2447,32	€ 187,71	€ 507,24	-€ 5.373,61
4	96,8	2468,4	2468,4	€ 189,33	€ 520,82	-€ 5.127,40	2797,52	2797,52	€ 214,57	€ 590,26	-€ 5.602,32	2427,26	2427,26	€ 186,17	€ 512,14	-€ 4.766,91
5	96	2448	2448	€ 187,76	€ 525,81	-€ 4.532,28	2774,4	2774,4	€ 212,80	€ 595,92	-€ 4.927,86	2407,2	2407,2	€ 184,63	€ 517,05	-€ 4.181,71
6	95,2	2427,6	2427,6	€ 186,20	€ 530,82	-€ 3.958,45	2751,28	2751,28	€ 211,02	€ 601,59	-€ 4.277,51	2387,14	2387,14	€ 183,09	€ 521,97	-€ 3.617,44
7	94,4	2407,2	2407,2	€ 184,63	€ 535,83	-€ 3.405,35	2728,16	2728,16	€ 209,25	€ 607,28	-€ 3.650,67	2367,08	2367,08	€ 181,56	€ 526,90	-€ 3.073,56
8	93,6	2386,8	2386,8	€ 183,07	€ 540,85	-€ 2.872,45	2705,04	2705,04	€ 207,48	€ 612,97	-€ 3.046,71	2347,02	2347,02	€ 180,02	€ 531,84	-€ 2.549,54
9	92,8	2366,4	2366,4	€ 181,50	€ 545,88	-€ 2.359,20	2681,92	2681,92	€ 205,70	€ 618,67	-€ 2.465,03	2326,96	2326,96	€ 178,48	€ 536,79	-€ 2.044,85
10	92	2346	2346	€ 179,94	€ 550,92	-€ 1.865,11	2658,8	2658,8	€ 203,93	€ 624,38	-€ 1.905,06	2306,9	2306,9	€ 176,94	€ 541,74	-€ 1.559,00
11	91,2	2325,6	2325,6	€ 178,37	€ 555,96	-€ 1.389,67	2635,68	2635,68	€ 202,16	€ 630,09	-€ 1.366,23	2286,84	2286,84	€ 175,40	€ 546,69	-€ 1.091,48
12	90,4	2305,2	2305,2	€ 176,81	€ 561,00	-€ 932,39	2612,56	2612,56	€ 200,38	€ 635,80	-€ 847,98	2266,78	2266,78	€ 173,86	€ 551,65	-€ 641,82
13	89,6	2284,8	2284,8	€ 175,24	€ 566,05	-€ 492,79	2589,44	2589,44	€ 198,61	€ 641,52	-€ 349,76	2246,72	2246,72	€ 172,32	€ 556,61	-€ 209,55
14	88,8	2264,4	2264,4	€ 79,25	€ 571,09	-€ 141,98	2566,32	2566,32	€ 89,82	€ 647,23	€ 47,83	2226,66	2226,66	€ 77,93	€ 561,57	€ 135,42
15	88	2244	2244	€ 78,54	€ 576,13	€ 195,51	2543,2	2543,2	€ 89,01	€ 652,95	€ 430,31	2206,6	2206,6	€ 77,23	€ 566,53	€ 467,29
16	87,2	2223,6	2223,6	€ 77,83	€ 581,17	€ 520,00	2520,08	2520,08	€ 88,20	€ 658,66	€ 798,06	2186,54	2186,54	€ 76,53	€ 571,48	€ 786,36
17	86,4	2203,2	2203,2	€ 77,11	€ 586,20	€ 831,79	2496,96	2496,96	€ 87,39	€ 664,36	€ 1.151,43	2166,48	2166,48	€ 75,83	€ 576,43	€ 1.092,96
18	85,6	2182,8	2182,8	€ 76,40	€ 591,23	€ 1.131,20	2473,84	2473,84	€ 86,58	€ 670,06	€ 1.490,76	2146,42	2146,42	€ 75,12	€ 581,38	€ 1.387,38
19	84,8	2162,4	2162,4	€ 75,68	€ 596,25	€ 1.418,53	2450,72	2450,72	€ 85,78	€ 675,75	€ 1.816,40	2126,36	2126,36	€ 74,42	€ 586,31	€ 1.669,92
20	84	2142	2142	€ 74,97	€ 601,25	€ 1.694,07	2427,6	2427,6	€ 84,97	€ 681,42	€ 2.128,68	2106,3	2106,3	€ 73,72	€ 591,23	€ 1.940,87
21	83,2	2121,6	2121,6	€ 74,26	€ 606,25	€ 1.958,10	2404,48	2404,48	€ 84,16	€ 687,08	€ 2.427,92	2086,24	2086,24	€ 73,02	€ 596,14	€ 2.200,50
22	82,4	2101,2	2101,2	€ 73,54	€ 611,22	€ 2.210,92	2381,36	2381,36	€ 83,35	€ 692,72	€ 2.714,44	2066,18	2066,18	€ 72,32	€ 601,04	€ 2.449,10
23	81,6	2080,8	2080,8	€ 72,83	€ 616,19	€ 2.452,78	2358,24	2358,24	€ 82,54	€ 698,34	€ 2.988,55	2046,12	2046,12	€ 71,61	€ 605,92	€ 2.686,94
24	80,8	2060,4	2060,4	€ 72,11	€ 621,13	€ 2.683,97	2335,12	2335,12	€ 81,73	€ 703,94	€ 3.250,56	2026,06	2026,06	€ 70,91	€ 610,77	€ 2.914,27
25	80	2040	2040	€ 71,40	€ 626,05	€ 2.904,73	2312	2312	€ 80,92	€ 709,52	€ 3.500,76	2006	2006	€ 70,21	€ 615,61	€ 3.131,35

### PV Module REC TWIN bei 20%, 50% und 80% Eigenverbrauch

PV Anlage REC TWINPEAK 295		Kaufpreis	Förderung	Anschaffung
kWp	5,015			
Anlage und Errichtung		8584	1250	€ 7.334

Einspeisevergütung	0,0767		€/kWh	bis zu 13. Jahr
Einspeisevergütung	0,035		€/kWh	ab dem 13. Jahr
Strompreis	0,2		€/kWh	
Eigenstromanteil	20	50	80	%
kalk. Zinssatz+1	1,02		%+1	
jährl. Steigerung Strompreis+1	1,02		%+1	
Jährlicher Ertrag REC TWIN	5015		kWh	

Leistung v PN %	Netz- Eigen- spei- ver- sung in brauch kWh in kWh			Vergü- Vergütung tung ESP Eigen Eigenver- brauch 20%			Netzspei- Eigenver- sung in brauch in kWh kWh			Vergütung Vergütung ESP Eigen Eigenver- brauch 50%			Netz- Eigen- spei- ver- Vergü- tung Vergütung ESP Eigen Eigenver- brauch 80%		
	kWh	in kWh	ESP	Eigen	verbrauch 20%	kWh	kWh	ESP	Eigen	verbrauch 50%	kWh	in kWh	ESP	Eigen	verbrauch 80%
					-€ 7.334,00					-€ 7.334,00					-€ 7.334,00
100	4012	1003	€ 307,72	€ 200,60	-€ 6.835,65	2507,5	2507,5	€ 192,33	€ 501,50	-€ 6.653,78	1003	4012	€ 76,93	€ 802,40	-€ 6.471,91
98,4	3947,8	986,952	€ 302,80	€ 201,34	-€ 6.360,86	2467,38	2467,38	€ 189,25	€ 503,35	-€ 6.001,42	987,0	3947,8	€ 75,70	€ 805,35	-€ 5.641,98
97,6	3915,7	978,928	€ 300,34	€ 203,70	-€ 5.904,98	2447,32	2447,32	€ 187,71	€ 509,24	-€ 5.370,80	978,9	3915,7	€ 75,08	€ 814,78	-€ 4.836,61
96,8	3883,6	970,904	€ 297,87	€ 206,07	-€ 5.467,44	2427,26	2427,26	€ 186,17	€ 515,17	-€ 4.761,36	970,9	3883,6	€ 74,47	€ 824,26	-€ 4.055,29
96	3851,5	962,88	€ 295,41	€ 208,45	-€ 5.047,68	2407,2	2407,2	€ 184,63	€ 521,13	-€ 4.172,58	962,9	3851,5	€ 73,85	€ 833,80	-€ 3.297,49
95,2	3819,4	954,856	€ 292,95	€ 210,85	-€ 4.645,15	2387,14	2387,14	€ 183,09	€ 527,12	-€ 3.603,92	954,9	3819,4	€ 73,24	€ 843,39	-€ 2.562,70
94,4	3787,3	946,832	€ 290,49	€ 213,26	-€ 4.259,33	2367,08	2367,08	€ 181,56	€ 533,14	-€ 3.054,87	946,8	3787,3	€ 72,62	€ 853,03	-€ 1.850,42
93,6	3755,2	938,808	€ 288,03	€ 215,68	-€ 3.889,71	2347,02	2347,02	€ 180,02	€ 539,20	-€ 2.524,93	938,8	3755,2	€ 72,01	€ 862,72	-€ 1.160,16
92,8	3723,1	930,784	€ 285,56	€ 218,11	-€ 3.535,79	2326,96	2326,96	€ 178,48	€ 545,28	-€ 2.013,62	930,8	3723,1	€ 71,39	€ 872,45	-€ 491,45
92	3691,0	922,76	€ 283,10	€ 220,56	-€ 3.197,09	2306,9	2306,9	€ 176,94	€ 551,39	-€ 1.520,46	922,8	3691,0	€ 70,78	€ 882,23	€ 156,17
91,2	3658,9	914,736	€ 280,64	€ 223,01	-€ 2.873,14	2286,84	2286,84	€ 175,40	€ 557,53	-€ 1.044,98	914,7	3658,9	€ 70,16	€ 892,05	€ 783,18
90,4	3626,8	906,712	€ 278,18	€ 225,48	-€ 2.563,47	2266,78	2266,78	€ 173,86	€ 563,69	-€ 586,74	906,7	3626,8	€ 69,54	€ 901,91	€ 1.390,00
89,6	3594,8	898,688	€ 275,72	€ 227,95	-€ 2.267,66	2246,72	2246,72	€ 172,32	€ 569,88	-€ 145,29	898,7	3594,8	€ 68,93	€ 911,80	€ 1.977,08
88,8	3562,7	890,664	€ 273,26	€ 230,43	-€ 2.097,86	2226,66	2226,66	€ 170,78	€ 576,08	€ 209,42	890,7	3562,7	€ 68,32	€ 921,74	€ 2.516,69
88	3530,6	882,64	€ 270,80	€ 232,92	-€ 1.935,65	2206,6	2206,6	€ 169,25	€ 582,31	€ 619,92	882,6	3530,6	€ 67,71	€ 931,70	€ 3.038,76
87,2	3498,5	874,616	€ 268,34	€ 235,42	-€ 1.780,81	2186,54	2186,54	€ 167,71	€ 588,56	€ 1.014,86	874,6	3498,5	€ 67,10	€ 941,69	€ 3.543,65
86,4	3466,4	866,592	€ 265,88	€ 237,93	-€ 1.633,13	2166,48	2166,48	€ 166,17	€ 594,82	€ 1.394,63	866,6	3466,4	€ 66,49	€ 951,72	€ 4.031,70
85,6	3434,3	858,568	€ 263,42	€ 240,44	-€ 1.492,41	2146,42	2146,42	€ 164,63	€ 601,10	€ 1.759,62	858,6	3434,3	€ 65,88	€ 961,76	€ 4.503,27
84,8	3402,2	850,544	€ 260,96	€ 242,96	-€ 1.358,44	2126,36	2126,36	€ 163,09	€ 607,39	€ 2.110,20	850,5	3402,2	€ 65,27	€ 971,83	€ 4.958,69
84	3370,1	842,52	€ 258,50	€ 245,48	-€ 1.231,03	2106,3	2106,3	€ 161,55	€ 613,70	€ 2.446,74	842,5	3370,1	€ 64,66	€ 981,91	€ 5.398,31
83,2	3338,0	834,496	€ 256,04	€ 248,00	-€ 1.109,99	2086,24	2086,24	€ 160,01	€ 620,01	€ 2.769,60	834,5	3338,0	€ 64,05	€ 992,01	€ 5.822,43
82,4	3305,9	826,472	€ 253,58	€ 250,53	-€ 995,13	2066,18	2066,18	€ 158,48	€ 626,33	€ 3.079,13	826,5	3305,9	€ 63,44	€ 1.002,12	€ 6.231,38
81,6	3273,8	818,448	€ 251,12	€ 253,06	-€ 886,28	2046,12	2046,12	€ 156,94	€ 632,65	€ 3.375,67	818,4	3273,8	€ 62,83	€ 1.012,24	€ 6.625,48
80,8	3241,7	810,424	€ 248,66	€ 255,59	-€ 783,26	2026,06	2026,06	€ 155,40	€ 638,98	€ 3.659,56	810,4	3241,7	€ 62,22	€ 1.022,37	€ 7.005,03
80	3209,6	802,4	€ 246,20	€ 258,12	-€ 685,90	2006	2006	€ 153,86	€ 645,31	€ 3.931,12	802,4	3209,6	€ 61,61	€ 1.032,49	€ 7.370,32

**PV Module LG Neon mit und ohne Batteriespeicher 11/22kWh**

PV Anlage LG Neon 2.340Wp	Kaufpreis	Förderung	Anschaffung
5,78 kWp			
Kosten Anlage und Errichtung	9811	1250	€ 8.561

Einspeisevergütung	0,0767		€/kWh	bis zu 13. Jahr
Einspeisevergütung	0,035		€/kWh	ab dem 13. Jahr
Strompreis	0,17		€/kWh	
Eigenstromanteil	25	50	80	%
kalk. Zinssatz+1	1,02		%+1	
jährl. Steigerung Strompreis+1	1,02		%+1	
Jährlicher Ertrag REC TWIN	5780		kWh	
Preis BYD Akkupack 11kWh	6500		€	

Jahr v. PN	Leistung	Netzspeisung in kWh	Eigenverbrauch in kWh	Vergütung ESP	Vergütung Eigen	Ohne Akku Eigenverbr. 25 %	Netzspeisung in kWh	Eigenverbrauch in kWh	Vergütung ESP	Vergütung Eigen	1 AKKU Eigenverbr. 50 %	Netzspeisung in kWh	Eigenverbrauch in kWh	Vergütung ESP	Vergütung Eigen	2 Akkus Eigenverbr. 75 %
0	%					-€ 8.561,00					-€ 15.061,00					-€ 21.561,00
1	100	4335	1445	€ 332,49	€ 245,65	-€ 7.994,19	2890	2890	€ 221,66	€ 491,30	-€ 14.362,02	1156	4624	€ 88,67	€ 786,08	-€ 20.686,25
2	98,4	4265,6	1421,9	€ 327,17	€ 246,55	-€ 7.453,86	2843,8	2843,8	€ 218,12	€ 493,11	-€ 13.692,12	1137,5	4550,0	€ 87,25	€ 788,97	-€ 19.844,37
3	97,6	4231,0	1410,3	€ 324,51	€ 249,44	-€ 6.934,71	2820,6	2820,6	€ 216,34	€ 498,88	-€ 13.044,98	1128,3	4513,0	€ 86,54	€ 798,21	-€ 19.027,64
4	96,8	4196,3	1398,8	€ 321,85	€ 252,34	-€ 6.436,13	2797,5	2797,5	€ 214,57	€ 504,69	-€ 12.420,03	1119,0	4476,0	€ 85,83	€ 807,50	-€ 18.235,51
5	96	4161,6	1387,2	€ 319,19	€ 255,26	-€ 5.957,49	2774,4	2774,4	€ 212,80	€ 510,53	-€ 11.816,68	1109,8	4439,0	€ 85,12	€ 816,84	-€ 17.467,44
6	95,2	4126,9	1375,6	€ 316,53	€ 258,20	-€ 5.498,19	2751,3	2751,3	€ 211,02	€ 516,40	-€ 11.234,36	1100,5	4402,0	€ 84,41	€ 826,24	-€ 16.722,91
7	94,4	4092,2	1364,1	€ 313,87	€ 261,15	-€ 5.057,65	2728,2	2728,2	€ 209,25	€ 522,30	-€ 10.672,54	1091,3	4365,1	€ 83,70	€ 835,68	-€ 16.001,39
8	93,6	4057,6	1352,5	€ 311,21	€ 264,12	-€ 4.635,31	2705,0	2705,0	€ 207,48	€ 528,23	-€ 10.130,67	1082,0	4328,1	€ 82,99	€ 845,17	-€ 15.302,38
9	92,8	4022,9	1341,0	€ 308,55	€ 267,10	-€ 4.230,60	2681,9	2681,9	€ 205,70	€ 534,19	-€ 9.608,23	1072,8	4291,1	€ 82,28	€ 854,70	-€ 14.625,39
10	92	3988,2	1329,4	€ 305,89	€ 270,09	-€ 3.843,01	2658,8	2658,8	€ 203,93	€ 540,18	-€ 9.104,72	1063,5	4254,1	€ 81,57	€ 864,28	-€ 13.969,93
11	91,2	3953,5	1317,8	€ 303,23	€ 273,09	-€ 3.472,00	2635,7	2635,7	€ 202,16	€ 546,19	-€ 8.619,64	1054,3	4217,1	€ 80,86	€ 873,90	-€ 13.335,54
12	90,4	3918,8	1306,3	€ 300,58	€ 276,11	-€ 3.117,07	2612,6	2612,6	€ 200,38	€ 552,23	-€ 8.152,52	1045,0	4180,1	€ 80,15	€ 883,56	-€ 12.721,74
13	89,6	3884,2	1294,7	€ 297,92	€ 279,14	-€ 2.777,72	2589,4	2589,4	€ 198,61	€ 558,29	-€ 7.702,87	1035,8	4143,1	€ 79,44	€ 893,26	-€ 12.128,09
14	88,8	3849,5	1283,2	€ 134,73	€ 282,18	-€ 2.575,15	2566,3	2566,3	€ 89,82	€ 564,37	-€ 7.351,36	1026,5	4106,1	€ 35,93	€ 902,99	-€ 11.587,24
15	88	3814,8	1271,6	€ 133,52	€ 285,23	-€ 2.381,38	2543,2	2543,2	€ 195,06	€ 570,47	-€ 6.933,72	1017,3	4069,1	€ 35,60	€ 912,75	-€ 11.064,07
16	87,2	3780,1	1260,0	€ 132,30	€ 288,29	-€ 2.196,17	2520,1	2520,1	€ 193,29	€ 576,59	-€ 6.532,27	1008,0	4032,1	€ 35,28	€ 922,54	-€ 10.558,21
17	86,4	3745,4	1248,5	€ 131,09	€ 291,36	-€ 2.019,27	2497,0	2497,0	€ 191,52	€ 582,72	-€ 6.146,56	998,8	3995,1	€ 34,96	€ 932,36	-€ 10.069,31
18	85,6	3710,8	1236,9	€ 129,88	€ 294,44	-€ 1.850,45	2473,8	2473,8	€ 189,74	€ 588,88	-€ 5.776,20	989,5	3958,1	€ 34,63	€ 942,20	-€ 9.597,02
19	84,8	3676,1	1225,4	€ 128,66	€ 297,52	-€ 1.689,49	2450,7	2450,7	€ 187,97	€ 595,04	-€ 5.420,77	980,3	3921,2	€ 34,31	€ 952,06	-€ 9.140,99
20	84	3641,4	1213,8	€ 127,45	€ 300,61	-€ 1.536,15	2427,6	2427,6	€ 186,20	€ 601,21	-€ 5.079,89	971,0	3884,2	€ 33,99	€ 961,94	-€ 8.700,89
21	83,2	3606,7	1202,2	€ 126,24	€ 303,70	-€ 1.390,23	2404,5	2404,5	€ 184,42	€ 607,40	-€ 4.753,17	961,8	3847,2	€ 33,66	€ 971,84	-€ 8.276,37
22	82,4	3572,0	1190,7	€ 125,02	€ 306,79	-€ 1.251,52	2381,4	2381,4	€ 182,65	€ 613,59	-€ 4.440,25	952,5	3810,2	€ 33,34	€ 981,74	-€ 7.867,13
23	81,6	3537,4	1179,1	€ 123,81	€ 309,89	-€ 1.119,81	2358,2	2358,2	€ 180,88	€ 619,78	-€ 4.140,76	943,3	3773,2	€ 33,02	€ 991,66	-€ 7.472,84
24	80,8	3502,7	1167,6	€ 122,59	€ 312,99	-€ 994,90	2335,1	2335,1	€ 179,10	€ 625,98	-€ 3.854,34	934,0	3736,2	€ 32,69	€ 1.001,57	-€ 7.093,19
25	80	3468	1156	€ 121,38	€ 316,09	-€ 876,61	2312	2312	€ 177,33	€ 632,18	-€ 3.580,65	924,8	3699,2	€ 32,37	€ 1.011,49	-€ 6.727,89

## Kombination von Wärmepumpe mit PV Anlage

<b>Grundwasserwärmepumpe</b>	
Anschaffungspreis Brunnen+Wasserrecht	€ 4.308,00
Anschaffungspreis He	€ 24.515,00
<b>Gesamt Anschaffungs</b>	<b>€ 28.823,00</b>

<b>Gesamtförderung GWWP</b>	<b>€ 9.770</b>
---------------------------------	----------------

PV Anlage REC TWINP	295kW peak	5,015
Anlage und Errichtung		€ 7.334

Gesamtkosten

Jahr	ff	Preis- Strom/B rennstoff Strom	Steigerung Wartung Preis 2020	Wartung Preis + Inflation	Betriebs- kosten/q^ k	Entsorgu- ngskost en	GWWP ohne Förderung	GWWP abzgl Förderung	Netz- spei- sung	Eigen- ver- brauch	Vergütung ESP	Perioden Vergütung Eigen	GWWP+PV	
0				€ 0,00		€ 0,00	-€ 28.823	-€ 19.053,00	kWh	kWh		Ek-ak/q^k	-€ 26.387,00	
1	871,79	1,000		€ 0,00	€ 854,70	€ 0,00	-€ 29.678	-€ 19.907,70	3259,8	1755,25	€ 250,02	€ 298,39	-€ 317,04	-€ 26.704,04
2	889,23	1,020		€ 0,00	€ 854,70	€ 0,00	-€ 30.532	-€ 20.762,40	3232,6	1740,62	€ 247,94	€ 301,82	-€ 326,29	-€ 27.030,32
3	907,02	1,040		€ 0,00	€ 854,70	€ 0,00	-€ 31.387	-€ 21.617,10	3205,4	1726	€ 245,86	€ 305,27	-€ 335,36	-€ 27.365,68
4	925,16	1,061		€ 0,00	€ 854,70	€ 0,00	-€ 32.242	-€ 22.471,80	3178,3	1711,37	€ 243,77	€ 308,74	-€ 344,26	-€ 27.709,95
5	943,66	1,082	50,00	€ 51,00	€ 904,70	€ 0,00	-€ 33.147	-€ 23.376,50	3151,1	1696,74	€ 241,69	€ 312,22	-€ 403,01	-€ 28.112,95
6	962,53	1,104		€ 0,00	€ 854,70	€ 0,00	-€ 34.001	-€ 24.231,21	3123,9	1682,11	€ 239,61	€ 315,72	-€ 361,59	-€ 28.474,54
7	981,78	1,126		€ 0,00	€ 854,70	€ 0,00	-€ 34.856	-€ 25.085,91	3096,8	1667,49	€ 237,52	€ 319,24	-€ 370,01	-€ 28.844,55
8	1001,42	1,149	500,00	€ 510,00	€ 1.354,70	€ 0,00	-€ 36.211	-€ 26.440,61	3069,6	1652,86	€ 235,44	€ 322,76	-€ 878,28	-€ 29.722,83
9	1021,45	1,172		€ 0,00	€ 854,70	€ 0,00	-€ 37.065	-€ 27.295,31	3042,4	1638,23	€ 233,35	€ 326,31	-€ 386,40	-€ 30.109,23
10	1041,88	1,195	50,00	€ 51,00	€ 904,70	€ 0,00	-€ 37.970	-€ 28.200,01	3015,3	1623,61	€ 231,27	€ 329,86	-€ 444,38	-€ 30.553,61
11	1062,71	1,219		€ 0,00	€ 854,70	€ 0,00	-€ 38.825	-€ 29.054,71	2988,1	1608,98	€ 229,19	€ 333,43	-€ 402,21	-€ 30.955,82
12	1083,97	1,243		€ 0,00	€ 854,70	€ 0,00	-€ 39.679	-€ 29.909,41	2960,9	1594,35	€ 227,10	€ 337,00	-€ 409,91	-€ 31.365,72
13	1105,65	1,268		€ 0,00	€ 854,70	€ 0,00	-€ 40.534	-€ 30.764,11	2933,8	1579,73	€ 225,02	€ 340,59	-€ 417,47	-€ 31.783,19
14	1127,76	1,294	1000,00	€ 1.020,00	€ 1.854,70	€ 0,00	-€ 42.389	-€ 32.618,81	2906,6	1565,1	€ 101,73	€ 344,19	-€ 1.516,75	-€ 33.299,94
15	1150,31	1,319	50,00	€ 51,00	€ 904,70	€ 0,00	-€ 43.294	-€ 33.523,51	2879,4	1550,47	€ 100,78	€ 347,79	-€ 571,41	-€ 33.871,35
16	1173,32	1,346	500,00	€ 510,00	€ 1.354,70	€ 0,00	-€ 44.648	-€ 34.878,21	2852,3	1535,84	€ 99,83	€ 351,40	-€ 1.026,01	-€ 34.897,35
17	1196,79	1,373		€ 0,00	€ 854,70	€ 0,00	-€ 45.503	-€ 35.732,91	2825,1	1521,22	€ 98,88	€ 355,01	-€ 530,55	-€ 35.427,90
18	1220,72	1,400		€ 0,00	€ 854,70	€ 0,00	-€ 46.358	-€ 36.587,62	2798,0	1506,59	€ 97,93	€ 358,63	-€ 535,04	-€ 35.962,94
19	1245,14	1,428		€ 0,00	€ 854,70	€ 0,00	-€ 47.212	-€ 37.442,32	2770,8	1491,96	€ 96,98	€ 362,25	-€ 539,47	-€ 36.502,41
20	1270,04	1,457	50,00	€ 51,00	€ 904,70	€ 0,00	-€ 48.117	-€ 38.347,02	2743,6	1477,34	€ 96,03	€ 365,87	-€ 593,86	-€ 37.096,27
21	1295,44	1,486		€ 0,00	€ 854,70	€ 0,00	-€ 48.972	-€ 39.201,72	2716,5	1462,71	€ 95,08	€ 369,50	-€ 548,19	-€ 37.644,45
22	1321,35	1,516		€ 0,00	€ 854,70	€ 350,00	-€ 50.176	-€ 40.406,42	2689,3	1448,08	€ 94,13	€ 373,12	-€ 895,61	-€ 38.540,06

Heizwärmebedarf inkl. WW Nachheizung	20000	kWh/Jahr	
Arbeitszahl GWWP der Heizung inkl. Pumpen	3,9		
Durchschn. Strompreissteigerung/Jahr	1,02	%+1	
Kalkulationszinssatz q (Inflation)+1	1,02	%+1	
AFA dauer Heizung	22	Jahre	
Wartung/Reparatur GWWP	€ 50,00	alle 5 Jahre	
Dichtheitsprüfung Solekreis WP	€ 500,00	alle 8 Jahre	
Tausch Wärmequellenpumpe inkl. Montage	€ 1.000,00	alle 14 Jahre	
Strompreis	€ 0,17	€/kWh	
Entsorgung GWWP	€ 350,00		
Einspeisevergütung	0,0767	€/kwh	bis zu 13. Jahr
Einspeisevergütung	0,035	€/kwh	ab dem 13. Jahr
Eigenstromanteil	35,00%		
Jährlicher Ertrag RECTWIN	5015	kWh	



**Selbstständigkeitserklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Feldkirchen bei Graz, den 18. Jänner 2021

Manfred Hofer