
DIPLOMARBEIT

Herr
Christian Osztovits

**Energieautarkie im
Einfamilienhaus im Jahr 2016
durch regenerative Energien
und deren Wirtschaftlichkeit**

Mittweida, 2016

DIPLOMARBEIT

Energieautarkie im Einfamilienhaus im Jahr 2016 durch regenerative Energien und deren Wirtschaftlichkeit

Autor:

Herr Christian Osztovits

Studiengang:

Wirtschaftsingenieurwesen

Seminargruppe:

KW12wNA-F

Erstprüfer:

Prof. Dr.-Ing. Ralf Hartig

Zweitprüfer:

Prof. Mag. Erich Greistorfer

Einreichung:

Mittweida, März 2016

Verteidigung/Bewertung:

Wr Neustadt, 8.4.2016

THESIS

**Energy self-sufficiency in
detached house 2016 by
using renewable energy
systems and its economy**

author:

Mr. Christian Osztovits

course of studies:

Economics for Engineers

seminar group:

KW12wNA-F

first examiner:

Prof. Dr.-Ing. Ralf Hartig

second examiner:

Prof. Mag. Erich Greistorfer

submission:

Mittweida, March 2016

defence/ evaluation:

Wr. Neustadt, 8.4.2016

Bibliografische Beschreibung:

Osztovits, Christian:

Energieautarkie im Einfamilienhaus im Jahr 2016 durch regenerative Energien und dessen Wirtschaftlichkeit– Untersuchung anhand zwei empirischer Beispiele ob Autarkie durch regenerative Energien im Einfamilienhaus im Jahr 2016 möglich und wirtschaftlich ist. –2016.

Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen, Diplomarbeit, 2016

Referat:

Die Arbeit befasst sich mit dem Einsatz regenerativer Energiesysteme im Einfamilienhaus. Das Hauptziel ist aber, dass die Wirtschaftlichkeit anhand von zwei empirischen Beispielen festgestellt werden soll. Dazu muss eine Analyse der zur Verfügung stehenden Systeme für den jeweiligen Anwendungsfall erstellt werden. Zur Durchführung der Prüfung auf Wirtschaftlichkeit müssen ausführliche Voruntersuchungen getätigt werden. Zusätzlich soll untersucht werden, wie wirtschaftlich teilweiser Einsatz regenerativer Energiesysteme ist.

Inhalt

Inhalt	1
Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	7
Abkürzungsverzeichnis	9
1 Einleitung	10
1.1 <i>Motivation</i>	10
1.2 <i>Problemstellung</i>	13
1.2.1 <i>Problematik der Autarkie im elektrotechnischen Bereich</i>	13
1.2.1.1 <i>Verbrauch</i>	13
1.2.1.2 <i>Speicherung</i>	15
1.2.2 <i>Problematik der Autarkie im heiztechnischen Bereich</i>	16
1.2.2.1 <i>Verbrauch</i>	16
1.2.2.2 <i>Speicherung</i>	17
1.2.3 <i>Voraussetzungen für die Umsetzung</i>	18
1.3 <i>Zielsetzung der Arbeit</i>	18
1.3.1 <i>Ermittlung des Energiebedarfs für die empirischen Beispiele</i>	18
1.3.2 <i>Methode zur Prüfung auf Autarkie</i>	19
1.3.3 <i>Prüfung auf Wirtschaftlichkeit</i>	19
1.3.3.1 <i>Voraussetzungen und Annahmen für die Zukunft</i>	19
1.3.3.2 <i>Wirtschaftlichkeit im elektrotechnischen Bereich</i>	20
1.3.3.3 <i>Wirtschaftlichkeit im heiztechnischen Bereich</i>	21
1.4 <i>Berechnungsmethode zur Feststellung der Wirtschaftlichkeit</i>	23
2 Vorstellung und Auswahl regenerativer Energiequellen	27
2.1 <i>Arten der zur Verfügung stehenden Systeme</i>	27
2.1.1 <i>Passive Solarenergienutzung durch Verglasung</i>	27
2.1.2 <i>Solarthermische Kollektoren</i>	28
2.1.3 <i>Solare Nahwärme</i>	29
2.1.4 <i>Photovoltaikanlagen</i>	29
2.1.5 <i>Solkraftwerke</i>	31
2.1.6 <i>Kleinwindkraftanlagen</i>	32
2.1.7 <i>Großwindkraftanlagen</i>	33
2.1.8 <i>Offshore-Windkraftanlagen</i>	33
2.1.9 <i>Laufwasserkraftwerke</i>	34
2.1.10 <i>Speicherwasserkraftwerke</i>	35
2.1.11 <i>Pumpspeicherkraftwerke</i>	36
2.1.12 <i>Geothermische Großanlagen</i>	36

2.1.13	Wärmepumpen	37
2.1.14	Holzheizungen	39
2.1.15	Pellets	39
2.1.16	Pflanzenöl	40
2.1.17	Hackschnitzelanlagen	41
2.1.18	Biogasanlagen	41
2.1.19	Biomassekraftwerke	42
2.2	<i>Auswahl der geeigneten Systeme</i>	43
3	Anwendbarkeitsprüfung	45
3.1	<i>Anwendbarkeit im Ytong-Niedrigenergiehaus Rauhriegel</i>	45
3.1.1	Energieverbrauchsberechnung	46
3.1.1.1	Wärmeenergiebedarf	46
3.1.1.2	Elektrischer Energiebedarf	47
3.1.2	Prüfung der ausgewählten Systeme auf Autarkie	47
3.1.2.1	Solarthermische Kollektoren	48
3.1.2.2	Photovoltaikanlage	50
3.1.2.3	Kleinwindkraftanlage	53
3.1.2.4	Wärmepumpe	55
3.1.2.5	Holzvergaser	57
3.1.2.6	Pelletsheizung	58
3.1.2.7	Pflanzenöl	59
3.2	<i>Anwendbarkeit im Holz-Fertigteilhaus Oberwart</i>	60
3.2.1.1	Wärmeenergiebedarf	62
3.2.1.2	Elektrischer Energiebedarf	63
3.2.2	Prüfung der ausgewählten Systeme auf Autarkie	63
3.2.2.1	Passive solare Wärmegewinne	63
3.2.2.2	Solarthermische Kollektoren	64
3.2.2.3	Photovoltaikanlage	65
3.2.2.4	Kleinwindkraftanlage	68
3.2.2.5	Wärmepumpe	68
3.2.2.6	Holzvergaser	71
3.2.2.7	Pelletsheizung	72
3.2.2.8	Pflanzenöl	72
3.3	<i>Berechnung der Systeme</i>	73
3.3.1	Berechnungen der Systeme für das Ytong-Haus Rauhriegel	73
3.3.1.1	Solarthermische Anlage	74
3.3.1.2	Photovoltaikanlage	76
3.3.1.3	Kleinwindkraftanlage	80
3.3.1.4	Wärmepumpe	81
3.3.1.5	Holzvergaser	84
3.3.1.6	Pelletsheizung	85
3.3.1.7	Kombinationen zur Elektroenergiegewinnung	86

3.3.1.8	Kombinationen zur Gewinnung von Wärmeenergie	89
3.3.1.9	Kombinationen mehrerer Systeme	90
3.3.2	Berechnung der Systeme im Holz-Fertigteilhaus Oberwart	91
3.3.2.1	Solarthermische Anlage	91
3.3.2.2	Photovoltaikanlage	93
3.3.2.3	Kleinwindkraftanlage	96
3.3.2.4	Wärmepumpe.....	97
3.3.2.5	Holzvergaser	100
3.3.2.6	Pelletsheizung.....	101
3.3.2.7	Kombinationen zur Elektroenergiegewinnung.....	102
3.3.2.8	Kombinationen zur Gewinnung von Wärmeenergie.....	104
3.3.2.9	Kombination mehrerer Systeme	105
4	Schlussfolgerungen.....	107
4.1	<i>Erkenntnisse Ytong-Haus Rauhriegel.....</i>	<i>107</i>
4.2	<i>Erkenntnisse Holz-Fertigteilhaus Oberwart.....</i>	<i>109</i>
4.3	<i>Empfehlungen für die Umsetzung</i>	<i>112</i>
5	Resümee	113
5.1	<i>Kurzdarstellung der Untersuchung</i>	<i>113</i>
5.2	<i>Wesentliche Ergebnisse und Erkenntnisse.....</i>	<i>113</i>
5.3	<i>Ausblick auf Autarkie im Einfamilienhaus für die Zukunft.....</i>	<i>114</i>
	Literatur	115
	Internetquellen	117
	Selbstständigkeitserklärung	119

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch 2012 in %.....	10
Abb. 2: Struktur des energetischen Endverbrauches nach Sektoren im Jahr 2013	11
Abb. 3:durchschnittlicher Stromverbrauch in kWh/Jahr	13
Abb. 4: Produktvergleich Kühl-Gefrierkombi.....	14
Abb. 5: Produktvergleich Wäschetrockner	14
Abb. 6: Gruppierung Stromspeicher	15
Abb. 7: Speicherkosten pro kWh.....	16
Abb. 8: solare Gebäudeausrichtung	17
Abb. 9: aktuelle Stromkosten Normaltarif	20
Abb. 10: aktuelle Stromkosten Heiztarif	21
Abb. 11: Vollkostenvergleich für neue Heizsysteme in Österreich.....	22
Abb. 12: Methoden der Investitionsrechnung	23
Abb. 13: Beispiel Photovoltaik.....	26
Abb. 14: solares Bauen und Sanieren.....	27
Abb. 15: thermische Solarkollektoren.....	28
Abb. 16: solare Nahwärme.....	29
Abb. 17: Effizienz moderner Photovoltaikzellen	30
Abb. 18: solare Nahwärme.....	31
Abb. 19: Großwindkraftanlagen.....	33
Abb. 20: Offshore Windrad.....	34
Abb. 21: Flusskraftwerk.....	35
Abb. 22: Drei-Schluchten-Staudamm	35
Abb. 23: Kraftwerk Kaprun	36
Abb. 24: geothermische Großanlage.....	37
Abb. 25: Prinzip Wärmepumpe	38
Abb. 26: Holzvergaser	39
Abb. 27: Pelletheizung	40
Abb. 28: Elsbett-Motor	40
Abb. 29: Hackschnitzelanlage	41
Abb. 30: Biogasanlage	42
Abb. 31: Biomassekraftwerk	42
Abb. 32: Ansichten Haus Rauhriegel.....	45
Abb. 33: Grundstücke Haus Rauhriegel	46
Abb. 34: Heizwärmebedarf Energieausweis Rauhriegel.....	46
Abb. 35: Heizwärmebedarf der Monate Energieausweis Rauhriegel.....	47
Abb. 36: Schema Solaranlage Rauhriegel autark.....	48

Abb. 37: Energielieferung Solaranlage Rauhriegel autark	49
Abb. 38: Deckungsanteil Solaranlage Rauhriegel autark	49
Abb. 39: Schema Solaranlage Rauhriegel optimal	49
Abb. 40: Energielieferung Solaranlage Rauhriegel optimal	50
Abb. 41: Deckungsanteil Solaranlage Rauhriegel optimal	50
Abb. 42: Schema Photovoltaik Rauhriegel autark.....	51
Abb. 43: Deckungsanteil Photovoltaik Rauhriegel autark	51
Abb. 44: Schema Photovoltaik Rauhriegel autark mit Generator	52
Abb. 45: Deckungsanteil Photovoltaik Rauhriegel autark mit Generator	52
Abb. 46: Schema Photovoltaik Rauhriegel 5kWp	52
Abb. 47: Energiefluss Photovoltaik Rauhriegel 5kWp	53
Abb. 48: Deckungsanteil Photovoltaik Rauhriegel 5kWp	53
Abb. 49: Berechnung Warmwasser-Luftwärmepumpe Rauhriegel.....	56
Abb. 50: Berechnung Erdwärmepumpe Rauhriegel.....	57
Abb. 51: Berechnung Luftwärmepumpe Rauhriegel	57
Abb. 52: Ansicht Nordost und Südost Oberwart	61
Abb. 53: Ansicht Südwest und Nordwest Oberwart	61
Abb. 54: Grundstück Haus Oberwart.....	62
Abb. 55: Heizwärmebedarf Energieausweis Oberwart.....	62
Abb. 56: Heizwärmebedarf Energieausweis Oberwart.....	63
Abb. 57: Schema Solaranlage Oberwart	65
Abb. 58: Heizwärme Solaranlage Oberwart.....	65
Abb. 59: Heizwärme Solaranlage Oberwart.....	65
Abb. 60: Schema Photovoltaik Oberwart autark	66
Abb. 61: Schema Photovoltaik Oberwart autark	66
Abb. 62: Schema Photovoltaik Oberwart autark mit Generator.....	67
Abb. 63: Deckungsanteil Photovoltaik Oberwart autark mit Generator.....	67
Abb. 64: Schema Photovoltaik Oberwart 5 kWp	67
Abb. 65: Deckungsanteil Photovoltaik Oberwart 5 kWp.....	68
Abb. 66: Berechnung Warmwasser-Luftwärmepumpe Oberwart	69
Abb. 67: Berechnung Erdwärmepumpe Oberwart	70
Abb. 68: Berechnung Luftwärmepumpe Oberwart.....	70
Abb. 69: Haushaltsstrompreis im europäischen Vergleich	73
Abb. 70: Preis- und Steuerentwicklung im Vergleich	73
Abb. 71: Solaranlage 1 Rauhriegel.....	75
Abb. 72: Solaranlage 2 Rauhriegel.....	76
Abb. 73: Photovoltaik 1 Rauhriegel	77
Abb. 74: Photovoltaik 2 Rauhriegel	78

Abb. 75: Photovoltaik 3 Rauhriegel	79
Abb. 76: Windrad Rauhriegel	81
Abb. 77: Warmwasserwärmepumpe Rauhriegel	82
Abb. 78: Erdwärmepumpe Rauhriegel	83
Abb. 79: Luftwärmepumpe Rauhriegel	84
Abb. 80: Holzvergaser Rauhriegel	85
Abb. 81: Pelletsheizung Rauhriegel	86
Abb. 82: Erzeugung PV/Windrad Rauhriegel	87
Abb. 83: Abdeckung PV/Windrad Rauhriegel.....	88
Abb. 84: Ergebnis PV/Windrad Rauhriegel.....	88
Abb. 85: Erzeugung Solaranlage/Holzvergaser Rauhriegel	90
Abb. 86: Solaranlage Oberwart	92
Abb. 87: Photovoltaik 1 Oberwart.....	93
Abb. 88: Photovoltaik 2 Oberwart.....	94
Abb. 89: Photovoltaik 3 Oberwart.....	95
Abb. 90: Windrad Oberwart.....	96
Abb. 91: Warmwasserwärmepumpe Oberwart.....	97
Abb. 92: Erdwärmepumpe Oberwart.....	98
Abb. 93: Luftwärmepumpe Oberwart.....	99
Abb. 94: Holzvergaser Oberwart	100
Abb. 95: Pelletsheizung Oberwart	101
Abb. 96: Erzeugung Photovoltaik/Windrad Oberwart	103
Abb. 97: Abdeckung Photovoltaik/Windrad Oberwart	103
Abb. 98: Ergebnis Photovoltaik/Windrad Oberwart.....	104
Abb. 99: Erzeugung Solaranlage/Holzvergaser Oberwart	105

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Berechnungsdaten	22
Tab. 2: Systemdatenbeispiel	24
Tab. 3: Beispiel Berechnungstabelle Excel.....	24
Tab. 4: Erklärung der Excel-Berechnungstabelle.....	25
Tab. 5: Beispiel Ergebnistabelle	25
Tab. 6: Auswahl geeigneter Systeme	44
Tab. 7: Windgeschwindigkeit Rauhriegel.....	53
Tab. 8: Windenergieertrag Rauhriegel pro Monat.....	54
Tab. 9: Daten Holzvergaser Rauhriegel.....	58
Tab. 10: Daten Pelletsofen Rauhriegel.....	59
Tab. 11: Daten Holzvergaser Oberwart	71
Tab. 12: Daten Pelletsofen Oberwart	72
Tab. 13: Daten Solarthermische Anlage 1 Rauhriegel.....	74
Tab. 14: Ergebnis Solarthermische Anlage 1 Rauhriegel	75
Tab. 15: Daten Solarthermische Anlage 2 Rauhriegel.....	75
Tab. 16: Ergebnis Solarthermische Anlage 2 Rauhriegel	76
Tab. 17: Daten PV Anlage 1 Rauhriegel.....	77
Tab. 18: Ergebnis PV Anlage 1 Rauhriegel	77
Tab. 19: Daten PV Anlage 2 Rauhriegel.....	78
Tab. 20: Ergebnis PV Anlage 2 Rauhriegel	78
Tab. 21: Daten PV Anlage 3 Rauhriegel.....	79
Tab. 22: Ergebnis PV Anlage 3 Rauhriegel	79
Tab. 23: Kosten Windkraftanlage	80
Tab. 24: E Windkraftanlage Rauhriegel.....	80
Tab. 25: Ergebnis Windkraftanlage Rauhriegel	80
Tab. 26: Daten Warmwasserwärmepumpe Rauhriegel	81
Tab. 27: Ergebnis Warmwasserwärmepumpe Rauhriegel.....	81
Tab. 28: Daten Erdwärmepumpe Rauhriegel.....	82
Tab. 29: Ergebnis Erdwärmepumpe Rauhriegel	82
Tab. 30: Daten Luftwärmepumpe Rauhriegel	83
Tab. 31: Ergebnis Luftwärmepumpe Rauhriegel.....	83
Tab. 32: Daten Holvergaser Rauhriegel	84
Tab. 33: Ergebnis Holvergaser Rauhriegel.....	84
Tab. 34: Daten Pelletsheizung Rauhriegel	85
Tab. 35: Ergebnis Pelletsheizung Rauhriegel.....	85
Tab. 36: Daten Kombination PV/Windrad Rauhriegel.....	87
Tab. 37: Ergebnis Kombination PV/Windrad Rauhriegel	88

Tab. 38: Daten Kombination Solaranlage/Holzvergaser Rauhriegel	89
Tab. 39: Ergebnis Kombination Solaranlage/Holzvergaser Rauhriegel	89
Tab. 40: Ergebnis Kombination mit Heizstab Rauhriegel.....	91
Tab. 41: Daten Solaranlage Oberwart.....	92
Tab. 42: Ergebnis Solaranlage Oberwart	92
Tab. 43: Daten Photovoltaik 1 Oberwart	93
Tab. 44: Ergebnis Photovoltaik 1 Oberwart.....	93
Tab. 45: Daten Photovoltaik 2 Oberwart	94
Tab. 46: Ergebnis Photovoltaik 2 Oberwart.....	94
Tab. 47: Daten Photovoltaik 3 Oberwart	95
Tab. 48: Ergebnis Photovoltaik 3 Oberwart.....	95
Tab. 49: Daten Windrad Oberwart	96
Tab. 50: Ergebnis Windrad Oberwart	96
Tab. 51: Daten Warmwasserwärmepumpe Oberwart.....	97
Tab. 52: Ergebnis Warmwasserwärmepumpe Oberwart	97
Tab. 53: Daten Erdwärmepumpe Oberwart.....	98
Tab. 54: Ergebnis Erdwärmepumpe Oberwart	98
Tab. 55: Daten Luftwärmepumpe Oberwart	99
Tab. 56: Ergebnis Luftwärmepumpe Oberwart.....	99
Tab. 57: Daten Holzvergaser Oberwart.....	100
Tab. 58: Ergebnis Holzvergaser Oberwart	100
Tab. 59: Daten Pelletsheizung Oberwart.....	101
Tab. 60: Ergebnis Pelletsheizung Oberwart	101
Tab. 61: Daten Kombination PV/Windrad Oberwart	102
Tab. 62: Ergebnis Kombination PV/Windrad Oberwart.....	103
Tab. 63: Daten Kombination Solaranlage/Holzvergaser Oberwart	104
Tab. 64: Ergebnis Kombination Solaranlage/Holzvergaser Oberwart.....	105
Tab. 65: Ergebnis Kombination Heizstab Oberwart.....	106
Tab. 66: Daten Ölbrenner Rauhriegel	108
Tab. 67: Vergleich Ölbrenner/Holzvergaser Rauhriegel	109
Tab. 68: Daten Ölbrenner Oberwart.....	111
Tab. 69: Vergleich Ölbrenner/Holzvergaser Oberwart.....	111

Abkürzungsverzeichnis

%/h	Prozent pro Stunde
€	Euro
€/kWh	Kosten pro Kilowattstunde
°C	Temperatur in Grad Celsius
a	Jahr
Abb.	Abbildung
BHKW	Blockheizkraftwerk
cm	Zentimeter
excl.	exklusiv
H	Nutzhöhe in Meter
ho	Wasserstand vor der Stauwehr
hu	Wasserstand nach der Stauwehr
HWB	Heizwärmebedarf
inkl.	inklusive
kg	Kilogramm
kWh	Kilowattstunde
kWh/a	Kilowattstunde pro Jahr
kWp	Kilowatt peak
l	Liter
LiFePo4	Lithium-Eisen-Phosphat
m	Meter
m ²	Quadratmeter
m ³	Kubikmeter
min-1	Umdrehungen pro Minute
Mrd.	Milliarde
MWp	Megawatt peak
MwSt.	Mehrwertsteuer
N	Nord
η	Wirkungsgrad
O	Ost
Ø	im Durchschnitt
p.a.	pro Jahr, per anno
Q	Abfluss in m ³ /s
rm	Raummeter
Rm	Raummeter
S	Süd
β	Jahresarbeitszahl
Tab.	Tabelle
TWh	Terawattstunde
vgl.	vergleiche
W	West
W	Watt
w	Feuchtigkeit in Prozent
WWB	Warmwasserwärmebedarf

1 Einleitung

In diesem Kapitel wird der Hintergrund der Arbeit erläutert und besonders auf die Problemstellung hinsichtlich der Erreichung von Autarkie mit regenerativen Energiequellen hingewiesen. Weiters wird die Zielstellung der Arbeit definiert und Methoden zur Berechnung von Energiebedarf und Wirtschaftlichkeit definiert.

1.1 Motivation

Regenerative Energien sind seit mehreren Jahren ein wesentliches gesellschaftliches Diskussionsthema und spielen auch am Energiesektor eine immer größere Rolle. So nimmt beispielsweise Österreich im Stromverbrauch aus erneuerbaren Energien mit mehr als 65% den Spitzenplatz in Europa ein.

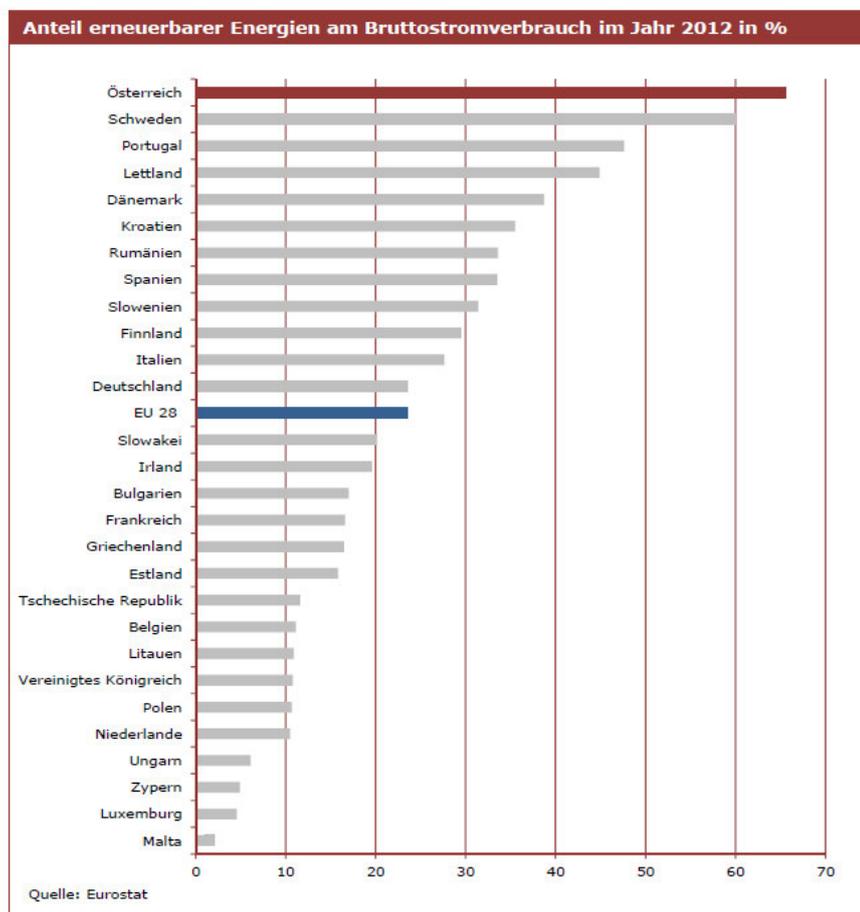


Abb. 1: Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch 2012 in %

Quelle: Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft: Energiestatus Österreich 2015. [http://www.bmfwf.gv.at/EnergieUndBergbau/Energiebericht/Documents/Energiestatus %20%C3%96sterreich%202015.pdf](http://www.bmfwf.gv.at/EnergieUndBergbau/Energiebericht/Documents/Energiestatus%20%C3%96sterreich%202015.pdf), 15.3.2016

Erneuerbare Energiequellen sind, wie schon in vielen Dokumentationen, Zeitungsberichten und anderen Lektüren erörtert, nicht nur die Chance, den Klima-

wandel zu bremsen oder ganz zu stoppen, sondern auch das wahrscheinlich am besten dafür geeignetste Mittel für eine gerechtere Verteilung von Wohlstand rund um den Erdball. Diese Arbeit widmet sich einem Sektor in dem viele etwas bewegen können, die ein Eigenheim besitzen, den Einfamilienhäusern. In Österreich beträgt der Anteil der privaten Haushalte am Gesamtenergiebedarf nahezu 25% und ist damit ein wesentlicher Faktor genauso wie Verkehr mit rund 33% und Industrie mit rund 30%.

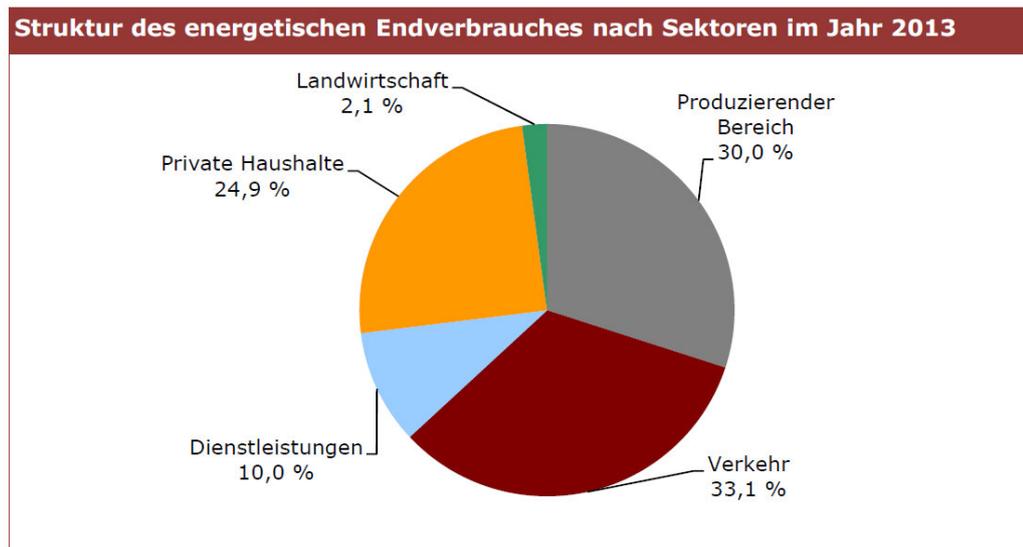


Abb. 2: Struktur des energetischen Endverbrauches nach Sektoren im Jahr 2013

Quelle: Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft: Energiestatus Österreich 2015. <http://www.bmwf.w.gv.at/EnergieUndBergbau/Energiebericht/Documents/Energiestatus%20%C3%96sterreich%202015.pdf>, 15.3.2016

Diese Arbeit untersucht anhand von zwei empirischen Beispielen, inwieweit eine Energieautarkie für Einfamilienhäuser technisch möglich ist, und ob sich eine dementsprechende Ausführung wirtschaftlich rechnen kann. Durch meine Tätigkeit als Ausbilder für Elektrotechnik und Mechatronik komme ich unweigerlich mit diesem Thema immer wieder in Berührung. Bisher war festzustellen, dass immer mehr Menschen, vor allem junge Menschen, auf regenerative Energien setzen. Die Vorstellung, überhaupt nicht mehr an eine Stromversorgung oder Fernwärmeheizung bzw. Öl, Gas oder andere Primärenergien gebunden zu sein, löst in vielen eine besondere Euphorie aus. Wer dieses Thema schon seit vielen Jahren beobachtet, stößt oft auch auf Unverständnis, weil vieles möglich ist, aber, nur wenig umgesetzt wird. Aber man ist immer wieder erfreut, wenn es neue oder verbesserte Möglichkeiten gibt, mehr und mehr Unabhängigkeit bei der Stromversorgung

oder beim Heizen zu erlangen. Alle Systeme, die am Markt sind, und auch jene, die hinzukommen, sollten kritisch betrachtet und untersucht werden. Nicht immer erweist sich eine technische Innovation als alltagstauglich bzw. ist besonders für diejenigen Vorsicht zu wahren, die auch Rücksicht auf die Umwelt nehmen wollen und glauben, dies durch Einsatz regenerativer Energiesysteme automatisch zu tun. Besonders ist für nachhaltig Denkende immer die sogenannte Gesamtenergiebilanz zu beachten. Beispielsweise haben Photovoltaikanlagen anfangs so viel Energie in der Erzeugung verbraucht, dass sie 15 bis 20 Jahre in Betrieb sein mussten, um diese Energie wieder zu erzeugen. Jedoch hat sich in diesem Fall die technische Weiterentwicklung so positiv ausgewirkt, dass man mittlerweile eine Amortisationszeit unter 5 Jahren hinsichtlich Energiebilanz erreicht. Es ist auf jeden Fall eine globale Chance, regenerative Energien zu nutzen. Überall, wo Menschen wohnen, das wird jeder, der öfters verreist, feststellen können, bestehen sehr viele Möglichkeiten, Energie erst gar nicht zu verbrauchen oder sie auf andere Weise zu erzeugen. Gemacht wird es aber anscheinend erst dann, wenn es zuerst vorgemacht wird und die Wirtschaftlichkeit stimmt. Leider wird diese sehr oft nicht ehrlich gerechnet. Wartungskosten, Errichtungskosten und das Risiko, großen Preisschwankungen ausgesetzt zu sein, wird meist verharmlost oder einfach weggelassen. Natürlich müssen beispielsweise die Errichtungskosten für einen Öllagerraum und für einen Heizraum oder ähnliches in eine ehrliche Berechnung miteinfließen. Entweder geht Wohnraum, Lagerraum oder Kapital verloren.

Deswegen soll in dieser Arbeit sehr kritisch und umfassend untersucht werden, welche Möglichkeiten es gibt, um selbst regenerative Energie in Strom oder Wärme umzuwandeln und inwieweit dies auch wirtschaftlich ist, speziell in Einfamilienhäusern. Seit vielen Jahren gibt es Passivhäuser, die zwar ein spezielles Lüftungssystem mit Wärmetauscher, aber keine Heizung benötigen. Auch Plusenergie-Häuser, die im Jahresdurchschnitt mehr Energie erzeugen, als sie verbrauchen, sind schon seit längerem am Markt. Das autarke Haus ist nur von Idealisten in die Tat umgesetzt worden. Jedoch mehren sich seit kurzer Zeit Anbieter des Autarken Hauses wie z.B. die Helma Eigenheim AG in Deutschland, die ein autarkes Haus als Komplettpaket anbietet.

1.2 Problemstellung

1.2.1 Problematik der Autarkie im elektrotechnischen Bereich

1.2.1.1 Verbrauch

Der Stromverbrauch je Haushalt ist sehr individuell, kann aber statistisch erfasst und unterteilt werden in Haushalte, die mit Strom Warmwasser bereiten und heizen, und in die Haushalte, die keinen Strom zum Heizen verwenden.

Abhängig von der Haushaltsgröße	Ohne elektrische Hauptheizung und Warmwasserbereitung	Mit überwiegend elektrischer Warmwasserbereitung
1 Person	1.000 – 1.800	1.700 – 2.900
2 Personen	1.800 – 2.900	3.500 – 4.500
3 Personen	2.600 – 3.800	4.700 – 6.200
4 Personen	3.200 – 4.400	6.000 – 7.600
für jede weitere Person im Haushalt	+ 500	+ 1300

Abb. 3: durchschnittlicher Stromverbrauch in kWh/Jahr

Quelle: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Energie und Kosten sparen bei Haushaltsgeräten.

<http://www.klimaaktiv.at/publikationen/energiesparen/haushaltsgeraet.html>, 15.3.2016

Ein durchschnittlicher österreichischer Haushalt 2014 besteht aus 2,23 Personen, näherungsweise würde das einen durchschnittlichen Stromverbrauch von 2430 kWh/Jahr ergeben. Die Problematik hinsichtlich erneuerbarer Energien ergibt sich hier durch witterungs- und tageszeitbedingte Erzeugung oder einen unregelmäßigen Verbrauch. Ebenso ist immer individuell zu prüfen, wann welche Mengen benötigt werden: Durch sorgfältige Erhebungen im Einzelfall oder schon vorausschauende Anschaffung energieeffizienter Geräte, die auch mittels Smart Meter dann ihre Arbeit verrichten können, wenn z.B. Strom aus Sonnenenergie verfügbar ist, wie z.B. eine Waschmaschine oder ein Geschirrspüler. Die Beleuchtung sollte auf energiesparende Lampen umgestellt oder schon prinzipiell so ausgelegt werden, z.B. auf LED Lampen.

Ein weiterer Faktor wäre natürlich eine intelligente Haussteuerung mittels eines Bussystems oder Mini-Server, die den Verbrauch optimieren können und auch Fernzugriffe auf die Haustechnik erlauben. Beispielsweise durch Präsenzmelder

die Beleuchtungen ausschalten, die unnötig eingeschaltet sind oder eben, wie vorher erwähnt, Waschmaschinen oder andere Geräte dann in Betrieb nehmen, wann es am sinnvollsten ist.

In den folgenden Grafiken wird der Unterschied zwischen energieeffizienten Geräten und Standardgeräten ersichtlich.

	Effizientes Gerät topprodukt.Gold	Ineffizientes aktuelles Gerät	Altes ineffizientes Gerät (10 Jahre)
Beschreibung	Kühl-Gefrierkombi mit ca. 340l Kühlvolumen (Kühlbereich ca. 250l, Tiefkühlbereich ca. 90l)		
Effizienzklasse	A+++	A+	B
Energieverbrauch (kWh/a)	157	314	535
Energieeinsparung pro Jahr gegenüber (kWh)			
A+	157 (50%)		
Bestandsgerät	378 (70%)	221 (40%)	
Kosteneinsparung über 10 Jahre (€)			
A+	298		
Bestandsgerät	718	420	

Abb. 4: Produktvergleich Kühl-Gefrierkombi

Quelle: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Energie und Kosten sparen bei Haushaltsgeräten.

<http://www.klimaaktiv.at/publikationen/energiesparen/haushaltsgeraet.html>, 15.3.2016

	Effizientes Produkt topprodukt.Gold	Ineffizientes aktuelles Produkt
Beschreibung	8 kg Fassungsvermögen	
Effizienzklasse	A+++	B
Energieverbrauch (kWh/a)	158	504
Energieeinsparung pro Jahr gegenüber ineffizientem aktuellen Produkt (kWh/Prozent)	346 69%	
Kosteneinsparung über 10 Jahre (€)	692	

Abb. 5: Produktvergleich Wäschetrockner

Quelle: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Energie und Kosten sparen bei Haushaltsgeräten.

<http://www.klimaaktiv.at/publikationen/energiesparen/haushaltsgeraet.html>, 15.3.2016

Somit bestehen zwei Probleme bei der Nutzung regenerativer Energie zur Stromerzeugung:

1. Stromerzeugung und Stromverbrauch können zeitlich stark variieren
2. Der Verbrauch ist ein wesentlicher Faktor und kann durch Anschaffung hocheffizienter Verbraucher und intelligenter Steuerung wesentlich beeinflusst werden.

1.2.1.2 Speicherung

Je nachdem, welche Technologien zur Stromerzeugung durch regenerative Energie ausgewählt werden bzw. welche Kombinationen aus mehreren, spielt die Speicherung eine große Rolle, entweder als Spitzlastspeicher oder als Langzeitspeicher. Auf jeden Fall muss zu jeder Zeit diese Menge an Energie geliefert werden können, die gerade benötigt wird. Dasselbe Problem besteht auch im öffentlichen Versorgungsnetz. Es muss fast exakt diese Menge an Strom geliefert bzw. erzeugt werden, die gerade verbraucht wird, nur eben in viel größerem Ausmaß.

Elektrische Energie zu speichern ist durch mehrere Varianten möglich:



Abb. 6: Gruppierung Stromspeicher
Quelle: eigene Darstellung

Die Kosten pro Kilowattstunde zeigen wesentliche Unterschiede:

Verfahren ^[2]	max. Leistung in MW	Lebensdauer in Zyklen	Wirkungsgrad in %	Selbstentladung in %/h	Investition in €/kWh Speicherkapazität	Kosten für jede gespeicherte kWh in Eurocent
Normaler Kondensator	0,01	100 Mio.	95	0,01		
Superkondensator	0,1	0,5 Mio.	90	0,2	10.000	
supraleitende Spule	7	1 Mio	90	?	30–2000	
Schwungrad (Stahl, alte Bauart) 3.000 min ⁻¹	15	1 Mio	90	3–20	5000	
Schwungrad (aufgewickelter CFK) 80.000 min ⁻¹	50	1 Mio	95	0,1–10	1200 ^[3]	ab 0,15 ^[4]
Batterie-Speicherkraftwerk (mit Akkumulatoren)	27 ^[6]	<1000	80	0,01	100	
LiFePO4 Akkumulator	?	8000 bei 100DOD% ^[7]	90	0,01	ca. 420 ^[8]	0,5 - 6 ^[9]
Pumpspeicherkraftwerk	>3000 ^[10]	>1000	80	0	71	3-5 (Speicherdauer 1 Tag) ^[11]
Druckluftspeicherkraftwerk	290	?	42 ^[12] –54 ^[13]	?	Pilotanlagen ^[14]	heute:5, ab 2019:3 (Speicherdauer 1 Tag) ^[11]
Wasserstoff	0,2	30.000 h ^[15] (Brennstoffzelle)	34–62 ^[16]	0,1	Versuchsanlagen ^[17]	heute:25, ab 2019:10 (unabhängig von Speicherdauer) ^[11]
Methansynthese		?	30–54 ^[16]	< 0,00001	Versuchsanlagen ^[19]	
Hochtemperatur-Wärmespeicher			40–50	0,01	Versuchsanlagen ^{[20][21]}	

Abb. 7: Speicherkosten pro kWh

Quelle: wikipedia.de: Energiespeicher. <https://de.wikipedia.org/wiki/Energiespeicher>, 15.3.2016

Weiters sind nicht alle Speicher für den Einsatz im privaten Haushalt geeignet. Hier ist auf jeden Fall exakt zu berechnen, welche Systeme in welchen Kombinationen in Frage kommen könnten.

1.2.2 Problematik der Autarkie im heiztechnischen Bereich

1.2.2.1 Verbrauch

Wie beim Verbrauch elektrischer Energie ist auch bei der Heizenergie die oberste Prämisse, erst gar nicht so viel Wärmeenergie zu brauchen. Dies kann heutzutage sehr gut beim Bau realisiert werden. Durch geeignete Dämmsysteme und richtige Kombination von Glasflächen und Gebäudeausrichtung kann sehr viel Vorarbeit für geringen Verbrauch geleistet werden. Durch Nutzung der solaren Einstrahlung kann durch geeignete Fensterflächen Wärmeenergie gewonnen werden, die gar nicht erst anders aufgebracht werden muss. Bei Passiv- oder Niedrigenergiehäusern kann das schon ein wesentlicher Anteil sein.

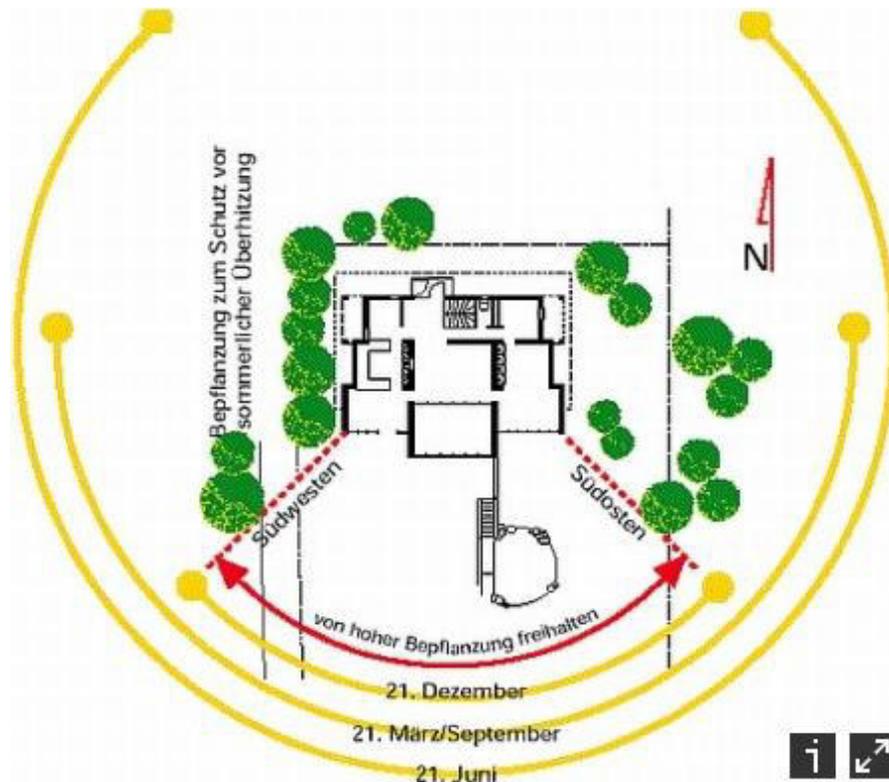


Abb. 8: solare Gebäudeausrichtung

Quelle: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie: Wärmegewinne durch die Gebäudeorientierung. http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Solar_Gebaeudeorientierung_165600.html, 15.3.2016

1.2.2.2 Speicherung

Abgesehen von den klassischen Warmwasserwärmespeichern, gibt es mittlerweile ein großes Angebot an Alternativen. Unter anderem ist die Bauteilaktivierung seit längerem eine beliebte Variante, Wärme zu speichern. So werden beispielsweise Fundamentplatten entsprechend isoliert und über Rohrleitungen ähnlich wie bei einer Fußbodenheizung als Speicher genutzt.

Prinzipiell unterscheidet man zwischen Kurzzeit- und Langzeitspeichern. Kurzzeitspeicher können nur Stunden oder wenige Tage Wärme speichern. Langzeitspeicher sollen die Wärme für mehrere Wochen oder Monate speichern bzw. saisonal. Speicher sind auf jeden Fall ein wesentlicher Kostenfaktor und müssen daher sorgfältig berechnet und ausgewählt werden. Möchte man einen hohen Autarkiegrad erreichen, muss man auf jeden Fall den Heizenergiebedarf gebäudetechnisch auf ein Minimum bringen und in einen Langzeitspeicher investieren. Ebenso sind Kombinationen unterschiedlicher Techniken möglich, müssen aber immer auf die jeweilige Anlage abgestimmt werden.

1.2.3 Voraussetzungen für die Umsetzung

Zusammengefasst müssen mehrere Faktoren überprüft werden, ob Energieautarkie zu erreichen ist:

- Umfangreiche Kenntnis aller zu Verfügung stehenden Technologien
- Geografische Lage und mögliche zukünftige Beschattungen
- Höhe der durchschnittlichen solaren Einstrahlungsenergie pro m²
- Höhe der durchschnittlich zu gewinnenden Windenergie
- Bauungsrichtlinien hinsichtlich Windkraftanlagen, Solaranlagen, etc.
- Umsetzbare Speichervarianten für Wärmeenergie und elektrische Energie

Wenn diese wesentlichen Faktoren geklärt sind, kann für jeden Einzelfall eine Berechnung auf Umsetzung durchgeführt werden.

1.3 Zielsetzung der Arbeit

1.3.1 Ermittlung des Energiebedarfs für die empirischen Beispiele

Ein Ytong-Niedrigenergiehaus und ein Holz-Fertigteilhaus, das ebenfalls ein Niedrigenergiehaus ist, sollen als Beispiele dienen, um zu überprüfen, inwieweit eine Energieautarkie zu erreichen ist. Beide Gebäude wurde 2015 errichtet und haben unterschiedliche Voraussetzung.

Das Ytong-Haus ist als Bungalow auf 460m Höhenlage gebaut und geografisch genau in Nord-Südrichtung ausgerichtet. Es hat ein Pultdach mit einer Fläche von ca. 210 m² in Südrichtung. In Ost-, Süd- und Westrichtung befinden sich keine Objekte oder Bewuchs, die zu Beschattungen führen könnten.

Das Holz-Fertigteilhaus befindet sich auf 300m Höhenlage neben einer Autostraße in einem bebauten Gebiet und ist zweigeschossig. Ausgerichtet ist es von Nordost nach Südwest und hat ein Walmdach mit ca. 30 m² je Seite. Das Grundstück ist

von mehreren Bauten, Bäumen und Sträuchern umgeben, was später für Berechnungen der Sonnenenergienutzung eine Rolle spielt.

Bei beiden Gebäuden stehen der Einreichplan und der Energieausweis zur Verfügung.

Der Energiebedarf für Berechnungen wird aus den bereits erstellten Energieausweisen ermittelt.

1.3.2 Methode zur Prüfung auf Autarkie

Die Deckung des elektrischen Energiebedarfs ist so gut wie kein technisches Problem. Mehrere Möglichkeiten sollen überprüft werden. Der größte Teil kann beispielsweise mit einer Photovoltaikanlage abgedeckt werden, weiters könnten eine oder mehrere Kleinwindkraftanlagen eingesetzt werden. Wasserkraft oder eine Kraftwärmekopplung wären weitere Alternativen. Jedoch kann die notwendige Energie nicht immer dann erzeugt werden, wann sie gebraucht wird. Es ergeben sich saisonale oder tageszeitliche Verschiebungen. Es sind Systeme notwendig, die Erzeugung, Speicherung und Verbrauch optimieren.

Jede dieser Technologien kann auch Energie für den Heizwärmebedarf erzeugen. Deswegen können mögliche Überschüsse oder Verluste möglicherweise auch in die Heizwärmeproduktion fließen. Weitere regenerative Energien zur Deckung von Wärmeenergie wären Biomasse und Geothermie.

In Kapitel 2.1. werden die wichtigsten regenerativen Energiequellen und Systeme zur Verwertung bzw. Umwandlung vorgestellt, um in späterer Folge eine Auswahl der in Frage kommenden Systeme treffen zu können.

1.3.3 Prüfung auf Wirtschaftlichkeit

1.3.3.1 Voraussetzungen und Annahmen für die Zukunft

Um aussagekräftig auf Wirtschaftlichkeit prüfen zu können, müssen möglichst realistische Werte für zukünftige Entwicklungen herangezogen werden, beispielsweise für die Verzinsung. Momentan werden Wohnbaukredite für Wohnraumschaf-

fung oder -sanierung ab 2,8 % Effektivzinssatz auf 10 Jahre mit einer Laufzeit auf bis zu 40 Jahre angeboten.

Die Nutzungsdauer der Anlagen hängt natürlich stark von deren Qualität und somit vom Produzenten ab, aber auch von der ordnungsgerechten Installation und Bemessung durch die Installationsfirma.

1.3.3.2 Wirtschaftlichkeit im elektrotechnischen Bereich

Die Wirtschaftlichkeit im elektrotechnischen Bereich geht von der durchschnittlichen Entwicklung des netzbezogenen Strompreises und der Vergütung für verkauften Strom der letzten 19 Jahre aus.

Die Recherche nach dem aktuellen Strompreis im Normaltarif bei 2850 kWh Verbrauch hat folgendes ergeben:

	MyElectric Der Rabattierte € 463,02 weiter	Verbund H2Ö-Float € 463,65 weiter	MAXENERGY Aqua Garant12 € 463,79 weiter	energie BURGENLAND Optima Basis Online € 573,98 Kein Abschluss möglich
Zusammensetzung der Stromkosten (inkl. MwSt)				
Stromverbrauch	€ 216,72	€ 106,87	€ 234,86	€ 201,26
Grundgebühr	€ 14,40	€ 21,60	€ 84,00	€ 15,84
Laufende Rabatte	€ -3,56			€ -13,44
Strompreis 	€ 227,56	€ 128,47	€ 318,86	€ 203,66
Netzgebühren	€ 212,66	€ 212,66	€ 212,66	€ 212,66
Steuern und Abgaben	€ 157,66	€ 157,66	€ 157,66	€ 157,66
Gesamtpreis laufend 	€ 597,87	€ 498,79	€ 689,18	€ 573,98

Abb. 9: aktuelle Stromkosten Normaltarif

Quelle: durchblicker.at: Stromvergleich für Österreich.

<https://durchblicker.at/strom/vergleich/ergebnis/gegenueberstellung>, 10.3.2016

Die daraus errechneten Kosten pro kWh ergeben 0,165 €.

$$\frac{\text{€}}{\text{kWhWärme}} = \frac{463,02}{2850} = 0,165$$

Durch Ergänzung der Recherche mit einem Wärmetarif für beispielsweise eine Wärmepumpe und einem Verbrauch von ebenfalls 2850kWh pro Jahr hat sich folgendes ergeben:

	 H2O-Float € 773,01 weiter	 Optima Basis Online & Partner € 962,64 Kein Abschluss möglich	 Stromtarif FloatPrivat € 852,03 weiter	 H2O-Web € 854,10 weiter
Zusammensetzung der Stromkosten (inkl. MwSt)				
Stromverbrauch	€ 106,87	€ 201,26	€ 77,50	€ 174,72
Heizstromverbrauch	€ 106,87	€ 191,18	€ 134,74	€ 151,20
Grundgebühr	€ 21,60	€ 15,84	€ 21,60	€ 21,60
Laufende Rabatte		€ -63,84		
Strompreis	€ 235,35	€ 344,45	€ 233,83	€ 347,52
Netzgebühren	€ 334,60	€ 334,60	€ 334,60	€ 334,60
Steuern und Abgaben	€ 283,60	€ 283,60	€ 283,60	€ 283,60
Gesamtpreis laufend	€ 853,54	€ 962,64	€ 852,03	€ 965,71
Neukundenrabatt	€ -80,53			€ -111,62
Gesamtpreis im 1. Jahr	€ 773,01	€ 962,64	€ 852,03	€ 854,10

Abb. 10: aktuelle Stromkosten Heiztarif

Quelle: durchblicker.at: Stromvergleich für Österreich.

<https://durchblicker.at/strom/vergleich/ergebnis/gegenueberstellung>, 10.3.2016

Der durchschnittliche Energiepreis pro kWh beim Wärmetarif ergab 0,11€. Dies wurde aus der Differenz des Gesamtpreises von Wärmetarif und Normaltarif, dividiert durch den Jahresverbrauch, errechnet.

$$\frac{\text{€}}{\text{kWh Wärme}} = \frac{773,01 - 463,02}{2850} = 0,11$$

Die Diplomarbeit wird alle sinnvoll anwendbaren Systeme auf ihre Wirtschaftlichkeit prüfen, und das technisch und wirtschaftlich beste System bzw. die beste Kombination von mehreren Systemen soll ermittelt werden.

1.3.3.3 Wirtschaftlichkeit im heiztechnischen Bereich

Da nicht alle Varianten für das Erzeugen von Warmwasser und Heizungsenergie bei unterschiedlichen Anlagen zur Verfügung stehen, werden die für die beiden in der Arbeit untersuchten Häuser anwendbaren Anlagen für die Wirtschaftlichkeitsrechnung herangezogen.

Die Energiepreise für Brennholz, Pellets und Heizöl werden folgender Tabelle entnommen:

Modernisierungsbeispiel einer Heizungsanlage in einem EFH:


 Wohnfläche: **150** m²
 Heizlast: **12** kW
 Nutzwärmeverbrauch: **15.000** kWh / Jahr
 Kapitalverzinsung: **3,0** Prozent
 Betrachtungszeitraum: **15** Jahre

	Heizöl EL in Liter	Erdgas in kWh	Pellets in kg	Brennholz in m ³	Flüssiggas in Liter	Fernwärme in kWh	Erdwärme in kWh
Kaufpreis in € / Einheit	0,538	0,0681	0,237	75,29	0,515	0,0756	0,147
Heizwert in kWh je Einheit	10,0	1,0	4,8	1.960	6,6	1,0	1,0
Nutzungsgrad in %	96%	96%	84%	75%	96%	98%	AZ 1 : 3,3
Brennstoffbedarf in Einheit	1.563	17.344	3.720	10	2.367	15.306	4.545
Brennstoffbedarf in kWh	15.625	17.344	17.857	20.000	15.625	15.306	4.545
Abfüllpauschale	37,17		39,70	35,00	25,10		
Zählermiete - Messpreis in € / Jahr		18,72				102,81	32,17
Abnahmepauschale in € / Jahr		61,43					62,34
Leistungspreis in € / kWh / Jahr						70,46	
Hilfsenergie € / Jahr	56,64	8,94	81,97		8,94		
verbrauchsgeb. Kosten € / Jahr	935,0	1.270,9	1.003,4	803,3	1.253,9	2.105,0	763,8
kapitalgeb. Kosten in € gesamt	9.075	11.875	21.000	16.575	9.900	13.375	23.875
kapitalgeb. Kosten € / Jahr	741	882	1.669	1.352	829	819	1.661
betriebsgeb. Kosten in € / Jahr	220	217	370	450	200	106	101
Gesamtkosten in € / Jahr	1.896	2.368	3.042	2.605	2.283	3.013	2.535
Vergleich in Prozent	100%	125%	160%	137%	120%	159%	134%

Abb. 11: Vollkostenvergleich für neue Heizsysteme in Österreich

 Quelle: Institut für Wärme und Öltechnik: Vollkostenvergleich für neue Heizsysteme in Österreich.
http://www.iwo-austria.at/fileadmin/user_upload/kostenvergleich/Vollkostenvergleich.pdf, 15.3.2016

Für die Berechnung der Kosten pro kWh wurden folgende Daten ermittelt und verwendet:

Berechnungsdaten			
Bezeichnung	Ø Jahre	Wert	Preis/Einheit
Inflation	19	1,80%	
Zinssatz Kredit	10 fix	2,80%	
Zinssatz Sparbuch	10 fix	1,50%	
Brennholz/RM	7	2,25%	€ 75,29
Pellets	7	3,68%	€ 0,237
Strompreis	19		€ 0,165
Strompreis Heizung	19		€ 0,110
Stromvergütung	19		€ 0,069
Strompreissteigerung		2,19%	
Kosten/kWp			€ 1.600,00
Akkukosten/kWh			€ 1.000,00

Tab. 1: Berechnungsdaten

Quelle: eigene Darstellung

Die Kosten pro kWp beziehen sich auf die installierte Photovoltaikanlage inklusive Installationsarbeiten, und die Akkukosten pro kWh beziehen sich auf ein fertig installiertes Akkusystem.

1.4 Berechnungsmethode zur Feststellung der Wirtschaftlichkeit

Es gibt mehrere Möglichkeiten, Investitionen zu vergleichen bzw. sie auf Wirtschaftlichkeit zu prüfen.

Sie unterteilen sich in folgende Varianten:

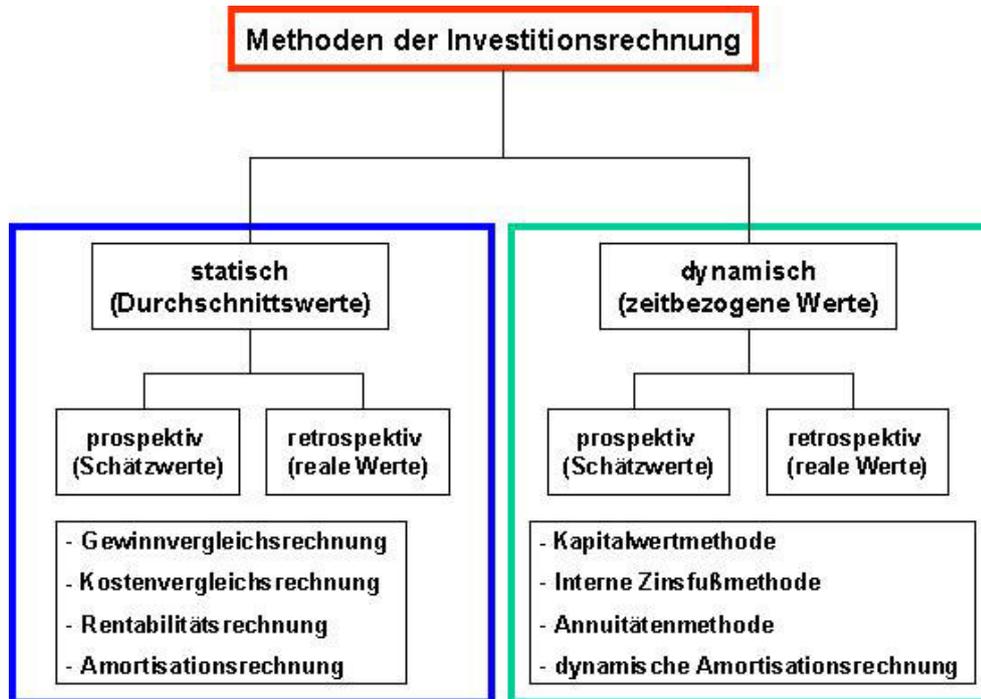


Abb. 12: Methoden der Investitionsrechnung

Quelle: PLM Portal: Investitionsrechnung. <http://www.plmportal.de/index.php?id=1231>, 15.3.2016

Für diese Diplomarbeit wird die Kapitalwertmethode ausgewählt. Über 60 Prozent der Großbetriebe in Deutschland wenden dynamische Methoden für Wirtschaftlichkeitsberechnungen an. Besonderes Merkmal dieser Berechnungsmethode ist die Berücksichtigung der Zeitpunkte von Einzahlungen und Ausgaben. Es kann zu jedem Zeitpunkt des Berechnungszeitraumes der Wert des eingesetzten Kapitals, abzüglich Auszahlungen und zuzüglich Einzahlungen, bezogen auf den heutigen Wert, festgestellt werden. Dieser wird als Barwert angegeben.

Am Beispiel einer Photovoltaikanlage soll die angewandte Methodik veranschaulicht werden:

Die Daten für die Anlagen werden in einer Tabelle angegeben:

PV-Leistung	3,00 kWp
Systempreis	4800,00 €
Förderung	-1375,00
Gesamtinvestitionskosten	3425,00 €
Wartungskosten pro Jahr	150,00 €
Ø Preissteigerung Strom pro Jahr	2,19 %
Ø Sparzinssatz Bank (-KESt)	1,50 %
Ø Inflation	1,80 %
Elektroenergie Eigenverbrauch	1000 kWh
Elektroenergieüberschuss	2000 kWh
Deckung	35%
€/kWh Netzbezug	0,165 €/kWh
€/kWh Netzeinspeisung	0,060 €/kWh

Tab. 2: Systemdatenbeispiel

Quelle: eigene Darstellung

Die Daten werden immer mit der gleichen Methodik und den spezifischen Systemdaten in einer Excel-Tabelle verarbeitet:

Jahre	1	2	3	4	5	
Barwertfaktor (1,8%)	1,00	0,98	0,96	0,95	0,93	
Kapital Wertverfall ((+1,8% -1,5%)/a)	3425	3415	3404	3394	3384	
Kapitalkosten Barwert (2,8%)	381	374	367	361	354	
FIXKOSTEN eigenfinanziert	3425	1707	1135	849	677	
FIXKOSTEN fremdfinanziert	3806	2082	1502	1209	1031	
Erträge aus Stromverkauf	120	122	125	128	131	
Wartung (+1,8%/a)	150	153	155	158	161	
Variable kosten Summe	30	30	30	30	30	
VARIABLE KOSTEN Barwert	30	30	29	29	28	
Gesamtkosten/a eigenfinanziert	3455	1737	1164	877	705	
Gesamtkosten/a fremdfinanziert	3836	2111	1532	1238	1059	
Kosten/kWh eigenfinanziert	Nutzen	3,46	1,74	1,16	0,88	0,71
kosten/kWh fremdfinanziert		3,84	2,11	1,53	1,24	1,06
Kosten/kWh Netzbezug Barwert in €	0,165	0,166	0,16	0,167	0,168	

Tab. 3: Beispiel Berechnungstabelle Excel

Quelle: eigene Darstellung

Erklärung der Tabelle:

Jahre	Anzahl der Nutzungsjahre
Barwertfaktor	Abzinsfaktor kumuliert auf das jeweilige Jahr
Kapital Wertverfall	Abzinsung mit der Differenz aus Inflation minus Sparbuchzinsen
Kapitalkosten Barwert	Barwert der Kreditrate
Fixkosten eigenziert	abgezinste Investition
Fixkosten fremdfinanziert	abgezinste Summe von Investition und Kapitalkosten
Erträge aus Stromverkauf	aufgezinste Opportunitätserlöse Stromverkauf
Wartungskosten	aufgezinste Wartungskosten
Variable Kosten	Summe aller laufenden Kosten
Barwert variable Kosten	abgezinste variable Kosten
Gesamtkosten eigenfinanziert	Summe aus Fix- und variablen Kosten im jeweiligen Jahr eigenfinanziert
Gesamtkosten fremdfinanziert	Summe aus Fix- und variablen Kosten im jeweiligen Jahr fremdfinanziert
Kosten/kWh Nutzen	Quotient aus Gesamtkosten durch Bedarf
Kosten/kWh Netzbezug in €	Barwert der Netzbezugskosten

Tab. 4: Erklärung der Excel-Berechnungstabelle
Quelle: eigene Darstellung

Die ermittelten Ergebnisse werden für jedes System in einer Tabelle angeführt und oft auch grafisch veranschaulicht:

Photovoltaik autark Barwertvergleich in Cent	Kosten/kWh eigenfinanziert	Kosten/kWh fremdfinanziert	Kosten/kWh Netzbezug
Jahre			
5	70,5	105,9	16,8
10	35,9	39,2	17,1
15	24,2	26,2	17,4
20	18,3	19,6	17,8
25	14,6	15,6	18,1

Tab. 5: Beispiel Ergebnistabelle
Quelle: eigene Darstellung

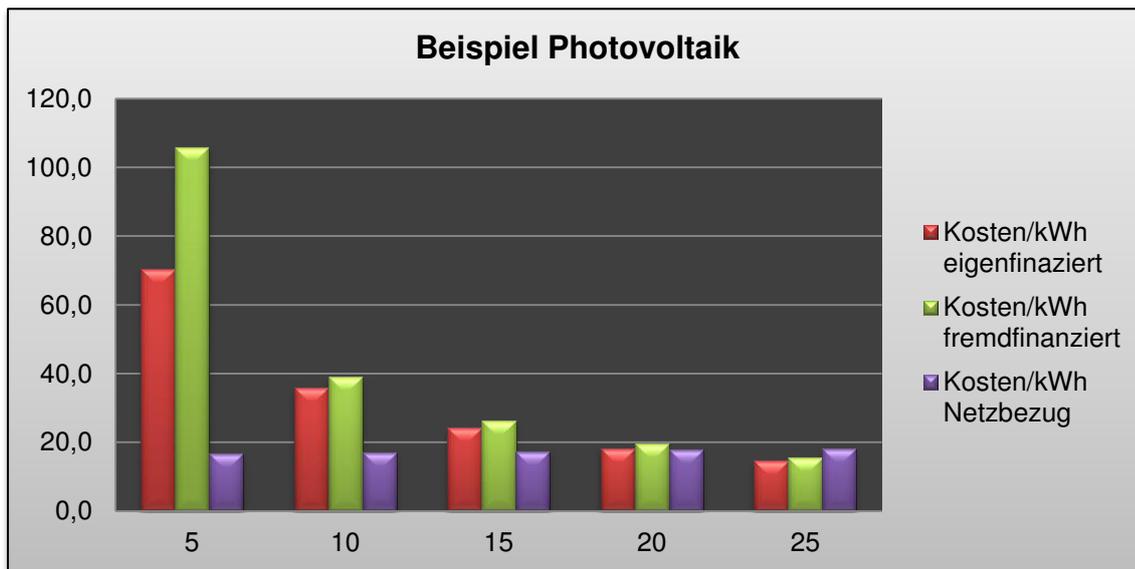


Abb. 13: Beispiel Photovoltaik
Quelle: eigene Darstellung

2 Vorstellung und Auswahl regenerativer Energiequellen

2.1 Arten der zur Verfügung stehenden Systeme

Um einen Gesamtüberblick der wichtigsten und bekanntesten regenerativen Energiequellen zu bekommen, werden diese in einer Kurzfassung vorgestellt.

2.1.1 Passive Solarenergienutzung durch Verglasung¹

Passive Solarenergienutzung kann einen maßgeblichen Beitrag leisten, den Heizwärmebedarf eines Gebäudes zu senken. Einstrahlungsenergie von 4-8 kWh/m²a können erreicht werden. Je nachdem, wie gut das jeweilige Gebäude gedämmt ist, kann bei genügend Fensterfläche einiges an Heizenergie eingespart werden. Zu beachten ist jedoch, dass diese Energiegewinne sehr unregelmäßig auftreten, es ist jedoch ein Heizsystem, das mehrere Tage nicht auf diese Einstrahlungsenergiegewinne angewiesen ist, auf jeden Fall notwendig.

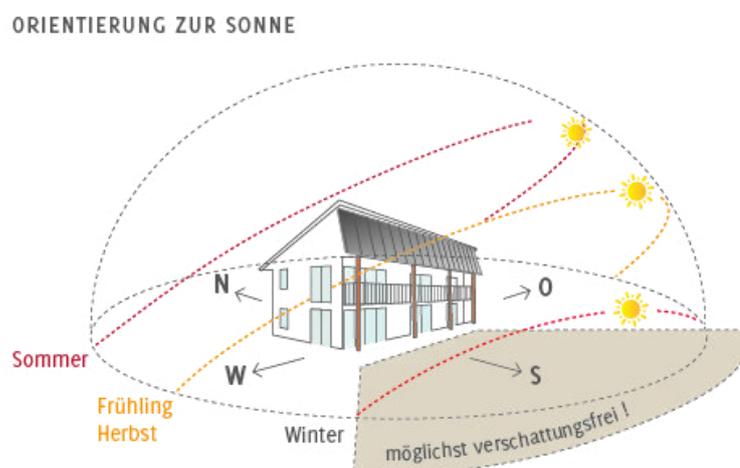


Abb. 14: solares Bauen und Sanieren

Quelle: Sonnenhaus Institut e.V.: solares Bauen und Sanieren. <http://www.sonnenhausinstitut.de/solararchitektur/heizen-mit-pellets-und-sanieren.html>, 15.3.2016

¹ vgl. [EiUr2012]

2.1.2 Solarthermische Kollektoren^{2,3}

Unterschieden werden Speicherkollektoren, Flachkollektoren und Vakuumröhrenkollektoren, bei denen es jeweils noch unterschiedliche Bauarten gibt.

In Europa sind die Flachkollektoren Marktführer, in China sind Vakuumröhrenkollektoren beliebter. Den besseren Wirkungsgrad haben Vakuumröhrenkollektoren, die aber in der Anschaffung teurer und, je nach Bauart, in der Lebensdauer beschränkt sind, weil das Vakuum sich nicht auf unbestimmte Zeit erhalten lässt. Jedoch gibt es in dieser Hinsicht große Unterschiede, abhängig vom Hersteller. Für große Temperaturdifferenzen und gute Erträge in den Wintermonaten sind sie auf jeden Fall die bessere Wahl. Deswegen ist, je nach Anwendung, zu entscheiden, welcher Kollektor der wirtschaftlichere ist.

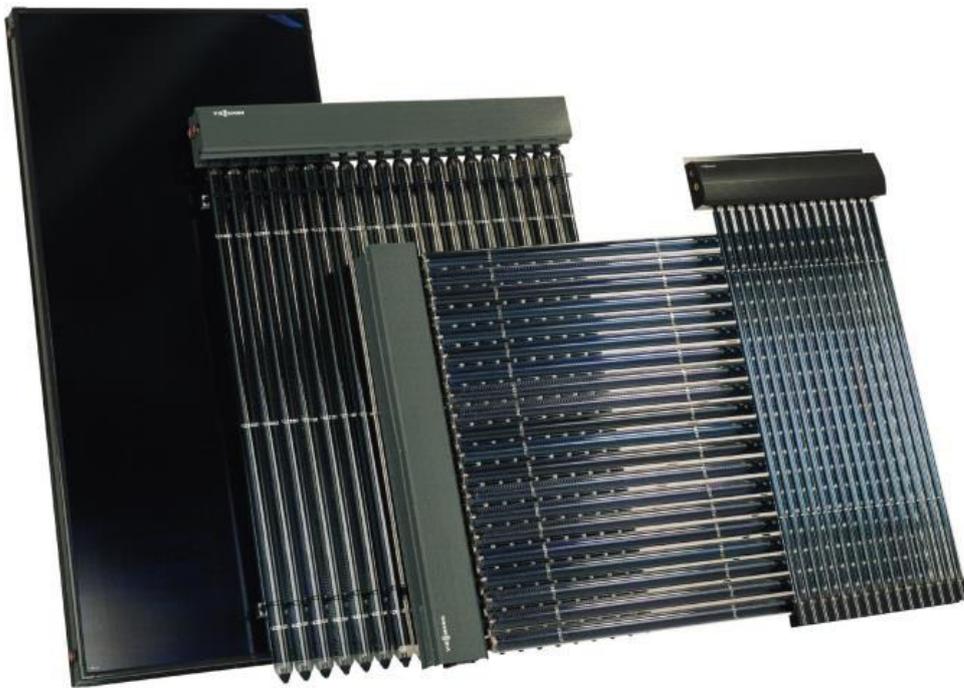


Abbildung: Viessmann Werke

Abb. 15: thermische Solarkollektoren

Quelle: Quaschnig, Volker: regenerative Energiesysteme Bild 3.13.-9.Aufl. München: Hanser 2015

² vgl. [QuVo2015]

³ vgl. [ScWe2013]

2.1.3 Solare Nahwärme⁴

Von solarer Nahwärme spricht man, wenn eine zentrale Wärmeversorgung von Gewerbeparks oder Wohnsiedlungen durch eine dementsprechende große thermische Solaranlage erfolgt. Die Solaranlage kann sowohl auf einem Bauwerk, freistehend oder auch auf mehreren Gebäuden aufgebaut sein. Es können Kurzzeit- oder Langzeitspeicher zum Einsatz kommen, das hängt im Wesentlichen vom Gesamtenergiebedarf ab, d.h. von den zu versorgenden Wohneinheiten oder dem Wärmebedarf der Gewerbebetriebe. Sie erreichen einen Deckungsgrad von 10-70%.

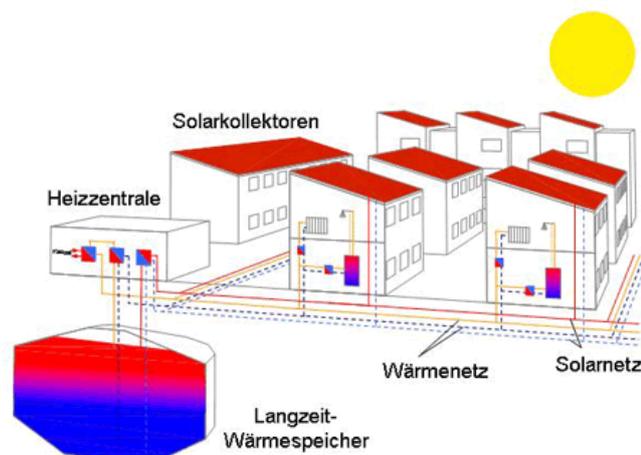


Abb. 16: solare Nahwärme

Quelle: AEE - Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE – Dachverband: Aufbau einer solar unterstützten Nahwärme mit Langzeit-Wärmespeicher. http://www.aee.at/aee/images/Bilder-fuer-Zeitungen/2008-04/images/08_2.gif, 15.3.2016

2.1.4 Photovoltaikanlagen⁵

Die Photovoltaiktechnik hat seit den 90er Jahren starke Entwicklungssprünge gemacht, und die modernsten Zellen erreichen einen Wirkungsgrad von 46%, in der Serienproduktion werden Zellenwirkungsgrade von 24% erreicht.

⁴ vgl. [QuVo2015]

⁵ vgl. [QuVo2015]

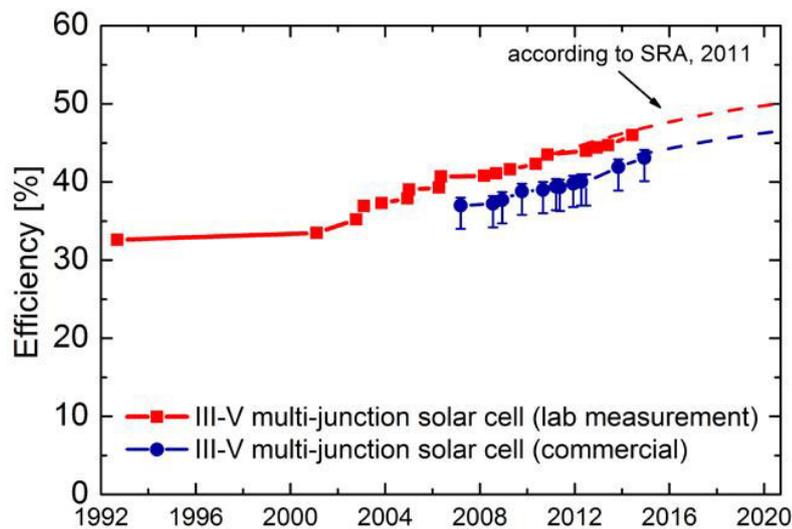


Abb. 17: Effizienz moderner Photovoltaikzellen

Quelle: Fraunhofer Institut Freiburg: current status of concentrator photovoltaic (CPV) technology, <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/veroeffentlichungen-pdf-dateien/studien-und-konzeptpapiere/current-status-of-concentrator-photovoltaic-cpv-technology-in-englischer-sprache.pdf>, 15.3.2016

Durch die Photovoltaiktechnik wird Licht direkt in elektrische Energie umgewandelt. Es gibt verschiedene Zellen mit unterschiedlichem Aufbau. Hauptsächlich werden Siliziumzellen verwendet, monokristallin oder polykristallin. Immer mehr kommen aus Kostengründen und auch durch die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten Dünnschichtzellen zum Einsatz, deren Wirkungsgrad derzeit bei 5-10% liegt. Vorteile der Dünnschichtzellen sind, dass sie sehr leicht sind, auf verschiedene Trägermaterialien wie Glas, Metall oder Kunststoffe aufgedampft werden können, auch bei Hitze in Sommermonaten den Wirkungsgrad halten und bei diffusem Licht noch relativ gut funktionieren.

In den letzten Jahren haben sich die Speichermöglichkeiten und Speicherkosten für Strom stark verbessert. Somit kann bei entsprechend ausgerichteten Flächen ein hoher Autarkiegrad mit Photovoltaikmodulen und Speichern erreicht werden.



Abb. 18: solare Nahwärme

Quelle: Schwäbisch Hall: C-Solarstromspeicher-Funktion. <https://www.schwaebisch-hall.de/content/dam/dambsh/wohnen-und-leben/energie-sparen/sonnenenergie/speicher-fuer-sonnenstrom/C-Solarstromspeicher-Funktion.jpg>. 15.3.2016

Immer öfter werden auch Photovoltaikkraftwerke errichtet, deren Leistung einige MWp erreichen kann.

2.1.5 Solarkraftwerke⁶

Solarkraftwerke können rein für die Stromerzeugung, Wärmeerzeugung oder beides ausgelegt sein. Meist wird jedoch Strom erzeugt. Die gängigsten Kraftwerkstypen sind:

- solarthermischen Parabolrinnen-Kraftwerke
- Solarturm-Kraftwerke
- Aufwindkraftwerk

Das Prinzip der Parabolrinnenkraftwerke funktioniert folgendermaßen: Sonnenstrahlung wird konzentriert auf eine Rohrleitung gespiegelt und so der Wärmeträger im Rohr zu erhitzt. Der Wärmeträger ist meistens Thermoöl, das auf bis zu 400

⁶ vgl. [QuVo2015]

Grad Celsius erhitzt wird. Diese Wärmeenergie wird dann in einem Dampfgenerator mit Hilfe von Wasser in elektrische Energie umgewandelt.

In Solarturm-Kraftwerken wird das Sonnenlicht über hunderte oder tausende Spiegel, die der Sonne nachgeführt werden, auf eine Turmspitze gerichtet. Dabei entstehen bis zu 1000°C, und das Trägermedium Luft wandelt die Wärmeenergie direkt über eine Gasturbine in Strom um, oder flüssiges Salz wird erhitzt, und die Wärmeenergie wird über eine Dampfturbine mit Hilfe von Wasserdampf in Strom umgewandelt. Der Wirkungsgrad ist höher wie bei Parabolrinnen-Kraftwerken, die Stromgestehungskosten sind in etwa gleich.

Aufwindkraftwerke nutzen den thermodynamischen Effekt warmer Luft. Durch ein Kunststoff- oder Glasdach wird die darunter befindliche Luft erwärmt. Diese strömt zum kreisförmig vom Dach umgebenen Turm, in dem wie in einem Windrad die Windenergie über einen Generator in elektrische Energie umgewandelt wird. Der Wirkungsgrad in Bezug auf die anderen Kraftwerkstypen ist eher gering, es werden aber große Flächen für das Dach benötigt.

2.1.6 Kleinwindkraftanlagen⁷

Eine allgemein gültige Definition von Kleinwindkraftanlagen gibt es nicht. In Deutschland spricht man von Kleinwindkraftanlagen, wenn man eine Gesamthöhe, geringer als 50 Meter, und eine Leistung, geringer als 50 kW, einhält. Prinzipiell stellt eine Windkraftanlage eine interessante Variante dar, wenn man Inselanlagen autark betreiben möchte. Besonders in Verbindung mit einer Photovoltaikanlage kann man einen sehr hohen Autarkiegrad erreichen, da Windkraftanlagen auch in der Nacht und den Wintermonaten Strom erzeugen. Jedenfalls muss vor einer Installation eine Windmessung über einen längeren Zeitraum, am besten ein Jahr, am gewählten Standort durchgeführt werden, da dies klarstellt, ob die Anlage überhaupt annähernd rentabel betrieben werden kann. Weiters sind verschiedene bürokratische Hürden zu überwinden. Im Burgenland muss beispielsweise das Baugesetz, das Elektrizitätswesengesetz und das Raumplanungsgesetz eingehalten werden.

⁷ vgl. [JüPa2014]

2.1.7 Großwindkraftanlagen⁸

In Deutschland könnte man alle Windkraftanlagen über 50kW als Großwindkraftanlagen definieren. Die Leistung von Großwindkraftanlagen hat sich seit den 1980er Jahren stark gesteigert.

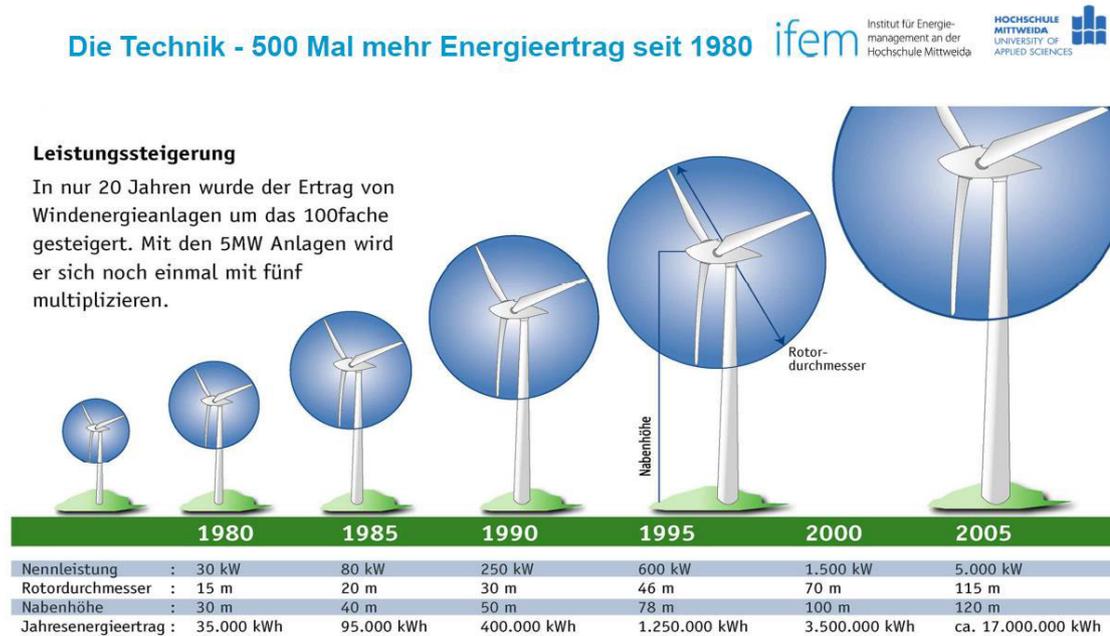


Abb. 19: Großwindkraftanlagen

Quelle: Hartig, Ralf, Institut für Energiemanagement an der Hochschule Mittweida: Skriptum Erneuerbare Energien, SS 2015, 5. Grundlagen der Windenergie, Komponenten und Anlagen S.23.

Mittlerweile tragen Großwindkraftanlagen wesentlich zur elektrischen Energieversorgung bei. Beispielsweise wäre das Burgenland durch die große Anzahl an Windkraftanlagen und durch die speziellen geografischen Vorteile für Windkraft in der Lage, sich selbst nur durch Windkraft mit Strom zu versorgen. 15 Windparks mit 221 Windenergieanlagen und einer Leistung von insgesamt 500 MW produzieren jährlich über 1 Mrd. kWh oder über 1TWh Ökostrom.

2.1.8 Offshore-Windkraftanlagen⁹

Offshore Windkraftanlagen sind Windkraftanlagen im Meer. Das Fundament ist am Meeresgrund idealerweise in Meerestiefen von max. 50m, die Nabe des Windrades befindet sich ca. 100m über dem Meeresspiegel.

⁸ vgl. [EnBu2016]

⁹ vgl. [Riff2016]



Abb. 20: Offshore Windrad

Quelle: Offshore-Windpark RIFFGAT GmbH & Co. KG: Windkraftanlagen.
http://www.riffgat.de/uploads/pics/windrad_groessenvergleich_neu2_640.jpg, 15.3.2016

Der Vorteil solcher Anlagen ist das höhere und viel gleichmäßigere Windaufkommen auf offener See, die Wirkungsgrade sind um 50% oder mehr höher als bei Windkraftanlagen an Land. Spezielle Herausforderungen bei dieser Technik sind die Verankerung am Meeresboden und die Materialbeständigkeit gegenüber dem aggressiven Salzwasser. Natürlich sind solche Anlagen nur für Länder mit Meerzugang möglich.

2.1.9 Laufwasserkraftwerke¹⁰

Laufwasser- oder Flusskraftwerke sind in Österreich weit verbreitet. Durch das Aufstauen über eine Wehr wird ein Rückstau erzeugt und durch den Höhenunterschied des Wasserpegels über eine Turbine und einen Generator Strom erzeugt. Oft werden alte Wassermühlen zu kleinen Laufwasserkraftwerken umgebaut. Große Flusskraftwerke findet man nahezu entlang jedes größeren Flusses in Österreich. Nur wer das Wasserrecht hat, und das sind meistens nur ehemalige Wassermühlen, darf privat Strom erzeugen, selbst verbrauchen oder ins Netz speisen.

¹⁰ vgl. [QuVo2015]

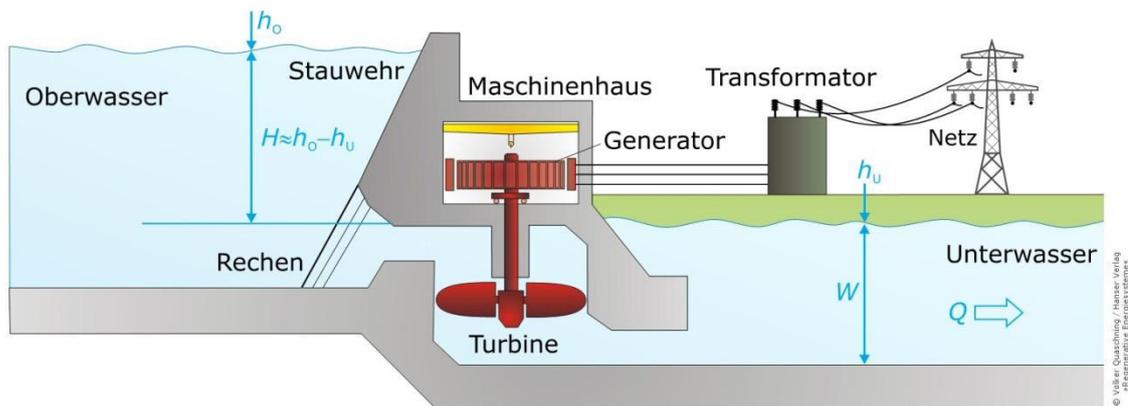


Abb. 21: Flusskraftwerk

Quelle: Quaschnig, Volker: regenerative Energiesysteme Bild 7.6.-9.Aufl. München: Hanser 2015

2.1.10 Speicherwasserkraftwerke¹¹

Ein großer Staudamm, der einen großen baulichen Aufwand und eine starken Einschnitt in die Natur bedeutet, stellt das Herzstück eines Speicherwasserkraftwerkes dar. Im Gegensatz zu Laufwasserkraftwerken, die nahezu keine Speicherkapazität haben, können Speicherkraftwerke Schwankungen des Wasserangebots gut ausgleichen. Sie sind nur in speziellen Gebieten möglich, aber durch den großen Eingriff in die Natur sehr umstritten.



Abb. 22: Drei-Schluchten-Staudamm

Quelle: Frankfurter Allgemeine Wirtschaft: Drei-Schluchten-Staudamm erzielt Weltrekord bei Stromproduktion. <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/wirtschaftswissen/china-ueberholt-brasilien-drei-schluchten-staudamm-erzielt-weltrekord-bei-stromproduktion-13351178.html>, 15.3.2016

¹¹ vgl. [QuVo2015]

2.1.11 Pumpspeicherkraftwerke¹²

Sie sind wohl eher als großer Speicher zu sehen, denn als Wasserkraftwerke. Die Aufgabe von Pumpspeicherkraftwerken besteht darin, elektrische Energie potenziell zu speichern. Wasser wird in ein sogenanntes Oberbecken auf einen Berg gepumpt und dann dort gespeichert. Wird elektrische Energie benötigt, wird das Wasser über ein Rohr in die Turbine geleitet, wo wiederum mit einem Generator Strom erzeugt wird. Das Kraftwerk kann somit sehr gut Spitzenbedarf abdecken. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass dann Wasser in das Oberbecken gepumpt werden kann, wenn überschüssige Energie, momentan aus Atomkraftwerken in der Nacht und zukünftig aus Photovoltaik oder Windkraftwerken, zur Verfügung steht.

Bekanntestes Pumpspeicherkraftwerk in Österreich ist das Kraftwerk Kaprun, das erst vor kurzem ausgebaut wurde, zurzeit eine Leistung von bis zu 333 MW erreicht und im Jahr bis zu 700 Millionen kWh Strom erzeugt.



Abb. 23: Kraftwerk Kaprun

Quelle: city sam: kraftwerk-glockner-kaprun. <http://www.salzburg.citysam.de/fotos-salzburg/kraftwerk-glockner-kaprun-1.htm>, 15.3.2016

2.1.12 Geothermische Großanlagen¹³

Sowohl Wärme als auch Strom kann aus geothermischer Wärme erzeugt werden. In sogenannten geothermischen Kraftwerken beides. Die Energie wird dabei aus dem Erdmantel gewonnen. Je nach geografischer Lage, muss man mehr oder

¹² vgl. [QuVo2015]

¹³ vgl. [QuVo2015]

weniger tief bohren, um die gewünschten Temperaturen zu erreichen. Im Durchschnitt ändert sich die Temperatur um $+1^{\circ}\text{C}$ pro 33m Tiefe. In Vulkangebieten muss man weit weniger tief bohren, um die gewünschten Temperaturen zwischen knapp unter 100°C für Heizzwecke und 200°C für Stromerzeugung zu erreichen. Es gibt Anlagen, die nur zu Heizzwecken gebaut wurden, Anlagen, die nur der Stromerzeugung dienen, und Anlagen, die beides bewerkstelligen und somit einen höheren Wirkungsgrad erreichen. Die Wirkungsgrade liegen zwischen 5-15% brutto, was eher gering gegenüber anderen regenerativen Energiequellen erscheint.

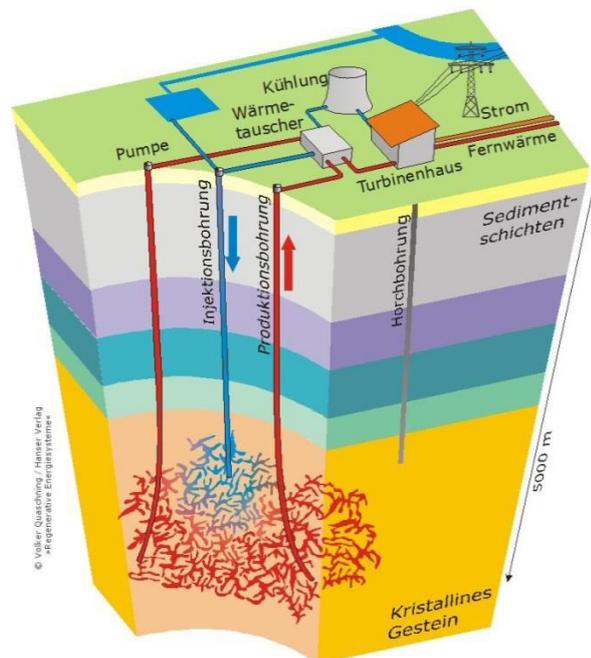


Abb. 24: geothermische Großanlage

Quelle: Quaschnig, Volker: regenerative Energiesysteme Bild 8.9.-9.Aufl. München: Hanser 2015

2.1.13 Wärmepumpen¹⁴

Sie sind in den letzten Jahren immer beliebter und werden sehr häufig in neue Gebäude verschiedener Größen eingebaut. Sie können zur Warmwasserbereitung, zum Heizen oder für beides eingesetzt werden. Die am häufigsten verbauten sind Luftwärme- und Erdwärmepumpen. Bei den Erdwärmepumpen unterscheidet man zwischen Systemen mit Flächenkollektoren, die ca. 1,5m unter der Erdoberfläche vergraben sind, und Systemen mit Tiefenkollektoren, die ca. 100m tief in die Erde ragen und eine Tiefenbohrung notwendig machen. Immer beliebter werden

¹⁴ [ScWe2013]

auch Eisspeichersysteme, die aus einer Kombination von Wärmepumpe und thermischer Solaranlage bestehen. Das Grundprinzip der Wärmepumpe ist relativ einfach und ähnlich wie bei einem Kühlschrank oder einem Tiefkühlschrank, jedoch mit dem Unterschied, dass die Abwärme, die bei solche Geräten als Verlust bezeichnet wird, bei Wärmepumpen zur Erwärmung eines Trägermediums wie Luft oder Wasser genutzt wird.

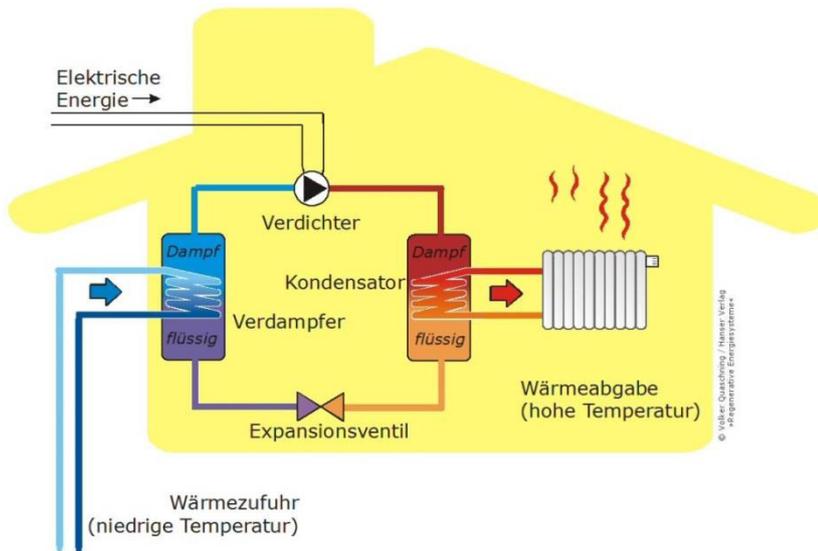


Abb. 25: Prinzip Wärmepumpe

Quelle: Quaschnig, Volker: regenerative Energiesysteme Bild 8.10.-9.Aufl. München: Hanser 2015

Der Wirkungsgrad von Wärmepumpen wird durch die Jahresarbeitszahl angegeben. Für den Verdichtungsprozess wird elektrische Energie eingesetzt und die Arbeitszahl gibt an, in welchem Verhältnis Wärme in Bezug auf die eingesetzte elektrische Energie erzeugt werden kann. Moderne Geräte haben im Feldtest folgende Mittelwerte erreicht:

- Sole/Wasser mit Wärmequelle Erdreich 3,88
- Wasser/Wasser mit Wärmequelle Grundwasser 3,71
- Mit Luft/Wasser mit Wärmequelle Luft 2,89

2.1.14 Holzheizungen¹⁵

Moderne Holzvergaserheizungen mit Lambda-Sonde und drehzahlgesteuerter Luftzufuhr erreichen Wirkungsgrade von über 90%. Holz ist als nachwachsender Rohstoff und seiner CO₂-Bilanz von 0 einer der umweltfreundlichsten Heizstoffe, wenn hauptsächlich Holz aus Ausforstungen verwendet wird. Jedes in Österreich heimische Holz ist für Holzvergaser geeignet. Für den Menschen kann der von Holzheizungen produzierte Feinstaub aber zu gesundheitlichen Problemen führen, deshalb sind Holzheizungen mit möglichst kleinem Feinstaubausstoß vorzuziehen. 5mg Feinstaub pro m³ Rauchgas stellen einen sehr guten Wert dar. Holzvergaser müssen immer in Volllast betrieben werden und benötigen daher unbedingt einen Pufferspeicher. Geräte von ca. 3-30KW Leistung sind heute Standard.



Abb. 26: Holzvergaser

Quelle: heizungsfinder.de: Die Funktionsweise vom Holzvergaserkessel.
<https://cdn.daa.net/images/holzheizung/holzvergaser-funktionsweise.jpg>, 15.3.2016

2.1.15 Pellets¹⁶

Sie werden aus Holz bzw. Sägemehl hergestellt und haben einen um ca. 20% höheren Energiegehalt pro Kilogramm als Scheitholz. Auch durch die Pressung ergibt sich ein Lagervorteil. Pellets brauchen für die gleiche Heizleistung in etwa nur den halben Lagerraum in Bezug auf Holz. Pelletöfen haben gegenüber Holzvergasern einen geringfügig höheren Wirkungsgrad von 92-96% und benötigen nicht unbedingt einen Pufferspeicher, zumindest genügen wesentlich kleinere Pufferspeicher als bei Holzvergasern.

¹⁵ [ScWe2013]

¹⁶ [ScWe2013]

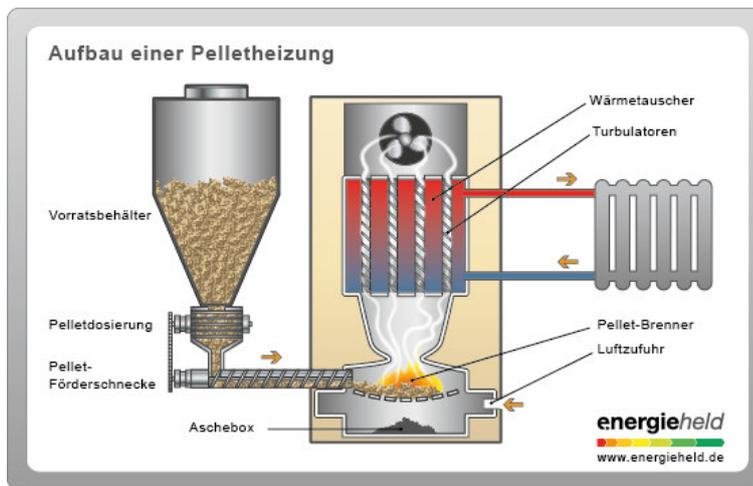


Abb. 27: Pelletheizung

Quelle: energieheld.de: Technischer Aufbau einer Pelletsheizung.
<http://www.energieheld.de/files/pelletheizung-aufbau-energieheld.png>, 15.3.2016

2.1.16 Pflanzenöl

Pflanzenöl kann durch Umbau in Ölheizung, in speziellen Pflanzenölheizungen oder als Treibstoff für Dieselmotoren verwendet werden. Als Heizmedium ist Pflanzenöl momentan nicht zu Heizöl konkurrenzfähig, auch wegen des starken Ölpreisverfalls und der zunehmenden Bedeutung anderer regenerativer Heizsysteme. Für Dieselmotoren kann Pflanzenöl nur dann eingesetzt werden, wenn der Motor dafür geeignet ist, was nur teilweise der Fall ist, oder der Motor nachgerüstet wird. Ein speziell für Pflanzenöl konzipierte Motor ist der Elsbett-Motor, er funktioniert ähnlich wie ein Dieselmotor, jedoch mit kleinen technischen Änderungen oder Erweiterungen. Er ist eine interessante Variante für Kraft-Wärme-Kopplungen. Die Wirtschaftlichkeit hängt aber immer vom aktuellen Pflanzenölpreis bzw. Diesel- oder Heizölpreis ab.



Abb. 28: Elsbett-Motor

Quelle: Wikipedia: Elsbett-3-Zylinder-Reihenmotor.
<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/72/Motor.gif>, 15.3.2016

2.1.17 Hackschnitzelanlagen

Der Vorteil von Hackschnitzelanlagen liegt darin, dass bei der Produktion von Hackschnitzel sämtliches Abfallholz verwendet werden kann. Zu beachten ist, dass Hackschnitzelheizungen große Lagerkapazitäten für die Hackschnitzel benötigen und eher für Häuser mit sehr hohem Energiebedarf oder für Mehrfamilienhäuser oder als Gemeinschaftsanlage wirtschaftlich sind. Oft werden solche Anlagen für kleine Fernwärmenetze verwendet. Das Hackgut wird über eine Transportschnecke dem Brenner zugeführt und dort verbrannt, wodurch Wärmeenergie gewonnen wird. Pufferspeicher können eingesetzt werden.

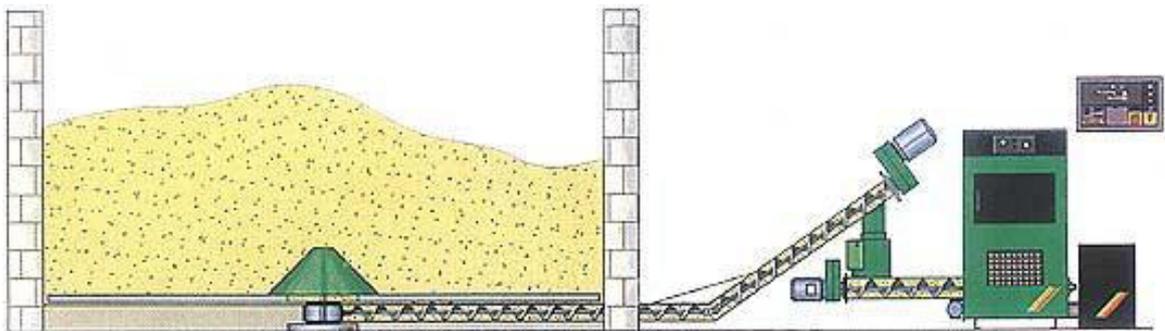


Abb. 29: Hackschnitzelanlage

Quelle: heizung-wuehr.de: Hackschnitzelanlagen. http://www.heizung-wuehr.de/images/hackschnitzel_anlage.jpg, 15.3.2016

2.1.18 Biogasanlagen¹⁷

In Biogasanlagen wird Gas, das aus der Gärung von Silage, meist aus Maispflanzen, gewonnen wird, von Gasmotoren in Strom umgewandelt. Die Abwärme wird meist in ein Fernwärmenetz eingespeist. Biogas kann auch aus Mist oder Gülle von Nutztieren wie beispielsweise Rindern, Schweinen oder Hühnern gewonnen werden.

¹⁷ vgl. [QuVo2015]



Abb. 30: Biogasanlage

Quelle: bvz.at: Biogas-Anlage. http://static2.noenachrichten.at/storage/pic/importe/dialog/oberwart/aktuell/1592334_0_440_0008_5948682_owz35eva_pinkafeld_fernwaerme_kelag_2_.jpg?version=1409124562, 15.3.2016

ten.at/storage/pic/importe/dialog/oberwart/aktuell/1592334_0_440_0008_5948682_owz35eva_pinkafeld_fernwaerme_kelag_2_.jpg?version=1409124562, 15.3.2016

2.1.19 Biomassekraftwerke¹⁸

Ähnlich wie Biogasanlagen produzieren Biomassekraftanlagen Strom, Wärme und manchmal Prozessdampf für die Industrie. Es werden Waldhackschnitzel und Sägewerksresthölzer verwendet. Die Anlagen können einen Wirkungsgrad von 95% erreichen.

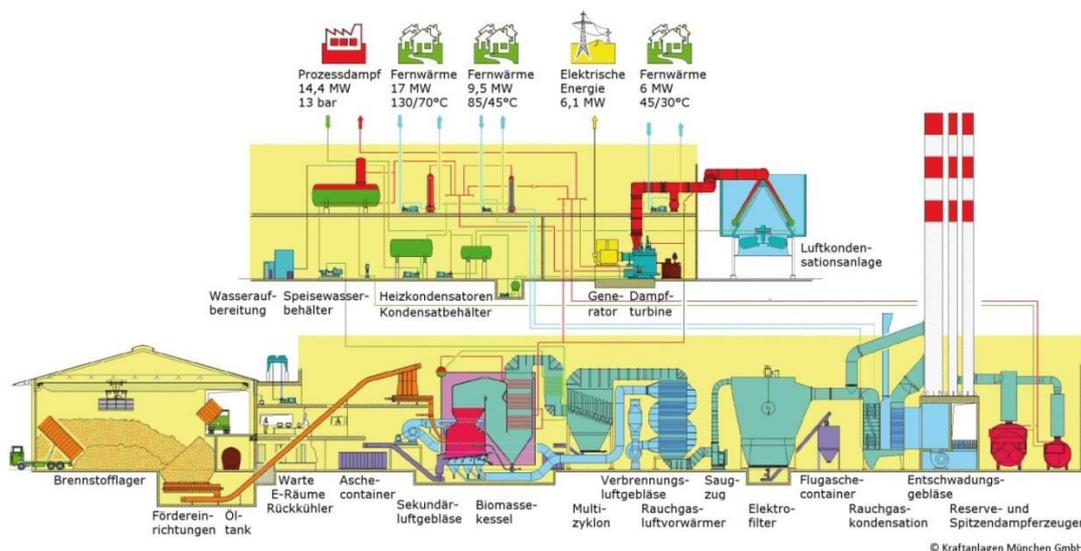


Abb. 31: Biomassekraftwerk

Quelle: Quaschnig, Volker: regenerative Energiesysteme Bild 9.8.-9.Aufl. München: Hanser 2015

¹⁸ vgl. [QuVo2015]

2.2 Auswahl der geeigneten Systeme

In der folgenden Tabelle wird ausgewählt, welche Technologien für Kleinanlagen in Frage kommen. Zusätzlich wird ausgewählt, welche davon in den zwei Beispielanlagen installiert werden könnten.

Technologie	geeignet für Kleinanlagen	zusätzliche Voraussetzungen	Ytong Haus	Holzfer-tigteil-Haus
Passive Solarenergienutzung	✓	genügend Fensterfläche, genügend Sonneneinstrahlung südseitig	✓	✓
Solarthermische Kollektoren	✓	passende Ausrichtung der Dachfläche	✓	✓
Solare Nahwärme	✗			
Photovoltaikanlage	✓	passende Ausrichtung der Dachfläche	✓	✓
Solarkraftwerk	✗			
Kleinwindkraftwerk	✓	Windmessung, Genehmigung, ausreichend Windvorkommen	✓	✓
Großwindkraftwerk	✗			
Offshore-Windkraftanlage	✗			
Laufwasserkraftwerk	✓	Wasserrecht, Gewässer (Bach)	✗	✗
Speicherwasserkraftwerk	✗			
Pumpspeicherkraftwerk	✗			
Geothermische Anlage	✗			
Wärmepumpe	✓	geeignete Fläche, Tiefenbohrung, Luftwärmepumpe immer möglich	✓	✓
Holzvergaser	✓	Holzlagermöglichkeit	✓	✓
Pelletofen	✓	Pellets-lager	✓	✓
Pflanzenöl	✓	Voraussetzungen wie bei einer Ölheizung	✓	✓
Hackschnitzelanlage	✓	Hackschnitzzellager	✗	✗
Biogasanlage	✗			
Biomassekraftwerk	✗			

Tab. 6: Auswahl geeigneter Systeme
Quelle: eigene Darstellung

3 Anwendbarkeitsprüfung

3.1 Anwendbarkeit im Ytong-Niedrigenergiehaus Rauhriegel

Die Anlage wurde 2015 gebaut und hat eine Wohnnutzfläche von 125m² netto. Die Bauweise ist eingeschossig und exakt nach Süden ausgerichtet.

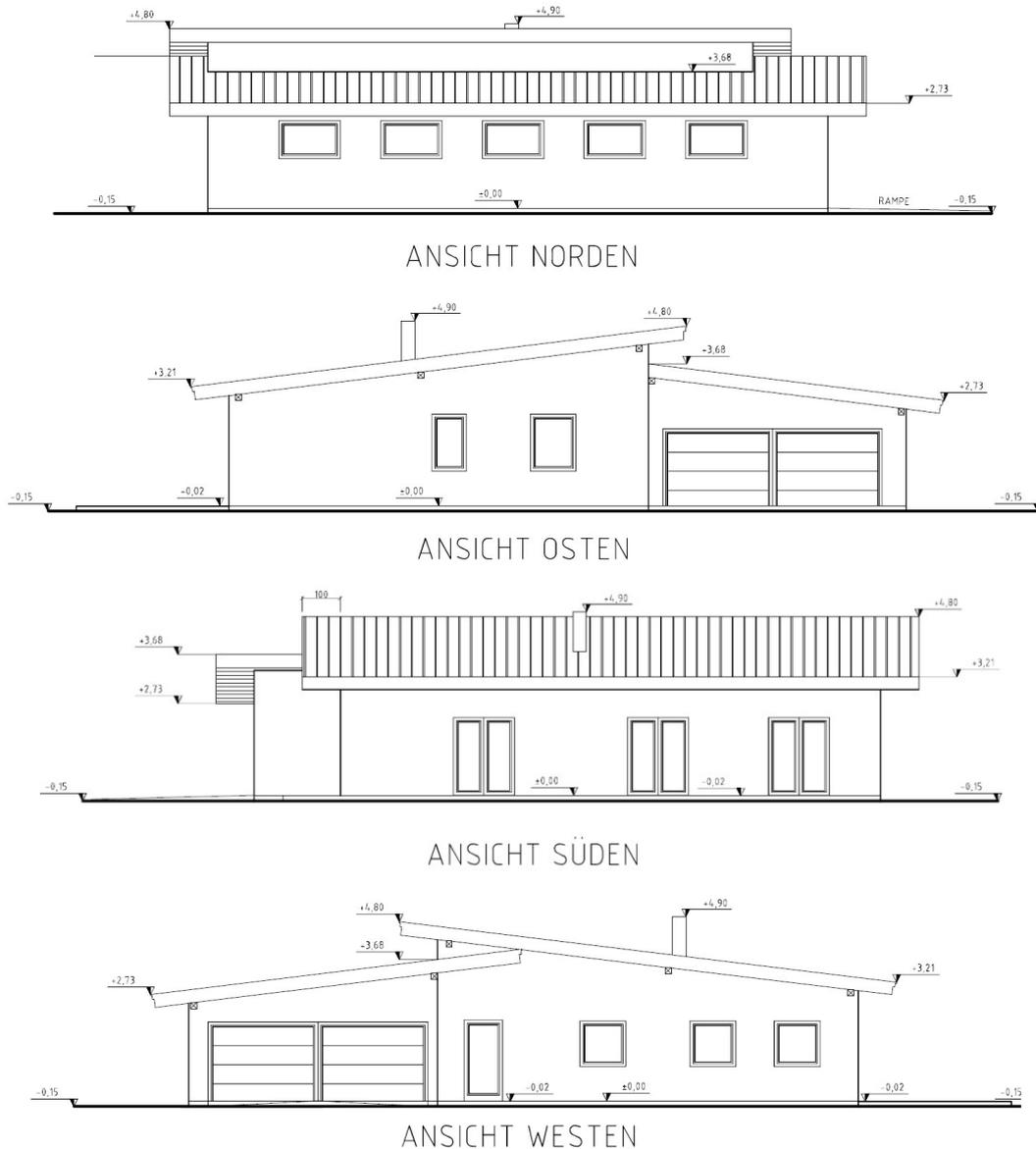


Abb. 32: Ansichten Haus Rauhriegel
Quelle: eigene Darstellung

Die Außenwände sind aus 50cm breiten Ytongsteinen gefertigt. Das Dach ist ein Blechpaneeldach mit 12cm Polyurethan-Kerndämmung. Die Dachfläche des Wohngebäudes beträgt 208m² und ist 7° Richtung Süden geneigt.

Das bebaute Grundstück hat gesamt eine Fläche von 6283m² und einen dazugehörigen angrenzenden Mischwald mit 1328m².



Abb. 33: Grundstücke Haus Rauhriegel

Quelle: eigene Darstellung erstellt durch Geodaten Burgenland,
<http://gis.bgld.gv.at/WebGIS/synserver>, 21.2.2016

3.1.1 Energieverbrauchsrechnung

3.1.1.1 Wärmeenergiebedarf

Der Heizenergiebedarf kann vom erstellten Energieausweis übernommen werden und beträgt für die Heizung 5468 kWh/a und für das Warmwasser 1995 kWh/a. Das ergibt einen Gesamtwärmebedarf von 6663 kWh/a.

Der Warmwasserwärmebedarf ist nahezu täglich gleich und kann monatlich wie folgt berechnet werden:

$$\frac{WWWB}{\text{Monat}} = \frac{WWWB}{12} = \frac{1995 \text{ kWh}}{12} = 166,25 \text{ kWh/Monat}$$

Beim Heizwärmebedarf hängt der monatliche Verbrauch stark vom Klima ab, ist daher im Energieausweis gesondert berechnet und ergibt folgende Werte:

Ergebnisse am tatsächlichen Standort: Weiden bei Rechnitz			
Transmissionswärmeverluste Q_T			7.764 kWh/a
Lüftungswärmeverluste Q_V	Luftwechselzahl: 0,4		4.309 kWh/a
Solare Wärmegewinne passiv $\eta \times Q_s$			3.529 kWh/a
Innere Wärmegewinne passiv $\eta \times Q_i$	mittelschwere Bauweise		2.928 kWh/a
Heizwärmebedarf Q_h			5.468 kWh/a

Abb. 34: Heizwärmebedarf Energieausweis Rauhriegel

Quelle: eigene Darstellung

Die monatliche Aufschlüsselung ist für die Auswahl, den Vergleich und die Anwendung der regenerativen Energiesysteme von Bedeutung.

Standort: Weiden bei Rechnitz											
BGF [m ²] = 156,20		L _T [W/K] = 79,62		Innentemp.[°C] = 20		τ tau [h] = 95,02					
BRI [m ³] = 588,19		L _V [W/K] = 44,19		q _{ih} [W/m ²] = 3,75		a = 6,939					
Monate	Tage	Mittlere Außen-temperaturen °C	Transmissions-wärme-verluste kWh	Lüftungs-wärme-verluste kWh	Wärme-verluste kWh	Innere Gewinne kWh	Solare Gewinne kWh	Gesamt-Gewinne kWh	Verhältnis Gewinn/Verlust	Ausnutzungsgrad	Wärme-bedarf kWh
Jänner	31	-1,78	1.290	716	2.006	349	228	577	0,29	1,00	1.429
Februar	28	0,24	1.057	587	1.644	315	352	667	0,41	1,00	978
März	31	4,22	935	519	1.454	349	493	842	0,58	0,99	620
April	30	8,94	634	352	985	337	575	913	0,93	0,90	97
Mai	31	13,50	385	214	599	349	677	1.026	1,71	0,58	0
Juni	30	16,64	193	107	299	337	643	981	3,28	0,31	0
Juli	31	18,53	87	48	136	349	674	1.023	7,54	0,13	0
August	31	18,00	118	66	184	349	646	994	5,40	0,19	0
September	30	14,59	310	172	483	337	552	890	1,84	0,54	0
Oktober	31	9,31	633	351	984	349	431	780	0,79	0,95	168
November	30	3,78	930	516	1.446	337	250	587	0,41	1,00	860
Dezember	31	-0,10	1.191	661	1.851	349	185	534	0,29	1,00	1.317
Gesamt	365		7.764	4.309	12.072	4.105	5.709	9.814			5.468
			nutzbare Gewinne:			2.928	3.529	6.457			
HWB_{BGF} = 35,01 kWh/m²a											

Abb. 35: Heizwärmebedarf der Monate Energieausweis Rauhriegel

Quelle: eigene Darstellung

3.1.1.2 Elektrischer Energiebedarf

Da der elektrische Energieverbrauch sehr individuell ist, kann der durchschnittliche Strombedarf von 2014 angenommen werden. Durch den Einsatz von Energiespargeräten und LED-Beleuchtung kann dieser Wert um mindestens 20% verringert werden.

Das Haus soll von zwei Personen bewohnt werden. Da energiesparende Beleuchtung und Geräte zum Einsatz kommen, wird ein durchschnittlicher Verbrauch von 2850 kWh pro Jahr angenommen.

3.1.2 Prüfung der ausgewählten Systeme auf Autarkie

Die passiven solaren Wärmegewinne sind im Energieausweis bereits berücksichtigt und können der Abbildung 32 entnommen werden. Sie vermindern den nötigen Heizwärmebedarf um 3529kWh/a.

Anteil am Heizwärmebedarf:

$$Q_S \text{ in \%} = \frac{Q_S}{Q_V + Q_T} * 100 = \frac{3529 \frac{kWh}{a}}{7764 \frac{kWh}{a} + 4309 \frac{kWh}{a}} = 29,23 \%$$

Kombinationen:

Da die passive solare Wärmegewinnung nur temporär den Heizwärmebedarf reduzieren kann, muss zwanghaft mindestens ein weiteres System zur Wärmegewinnung eingesetzt werden, auch Kombinationen sind möglich. Geeignet sind alle in Punkt 2.2 ausgewählten Systeme.

3.1.2.1 Solarthermische Kollektoren

Variante 1 mit höchstmöglicher solarer Deckung:

- Kollektorfläche ca. 70m²
- Vakuumkollektoren Heatpipetechnologie
- Pufferspeichervolumen 6m³

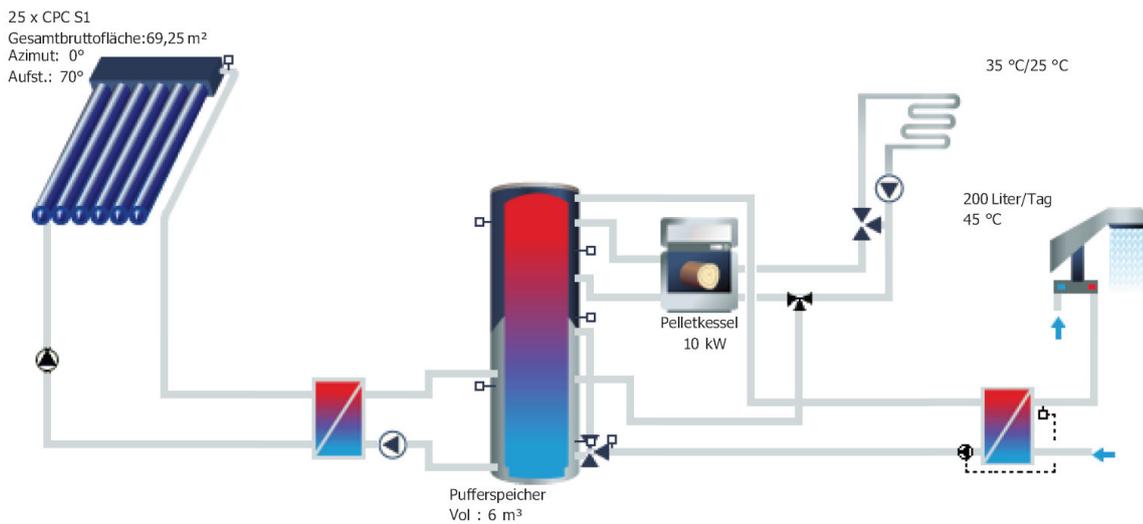


Abb. 36: Schema Solaranlage Rauhriegel autark
Quelle: Solar Focus, bericht_Rauhriegel_25CPC.pdf, 2.3.2016

Energielieferung Trinkwarmwassererwärmung:	2.980,88 kWh
Energielieferung Heizwärme:	5,11 MWh
Energie Solarsystem:	8,64 MWh
Zugeführte Energie Zusatzheizung:	516,8 kWh

Abb. 37: Energielieferung Solaranlage Rauhriegel autark
Quelle: Solar Focus, bericht_Rauhriegel_25CPC.pdf, 2.3.2016

Deckungsanteil Warmwasser:	98,1 %
Deckungsanteil Heizung:	91,4 %
Deckungsanteil gesamt:	94,4 %
Relative Zusatzenergieeinsparung (DIN EN 12977):	94,0 %
Systemnutzungsgrad:	11,3 %

Abb. 38: Deckungsanteil Solaranlage Rauhriegel autark
Quelle: Solar Focus, bericht_Rauhriegel_25CPC.pdf, 2.3.2016

Variante 2 mit optimaler solarer Deckung:

- Kollektorfläche ca. 14m²
- Vakuumkollektoren Heatpipetechnologie
- Pufferspeichervolumen 1m³

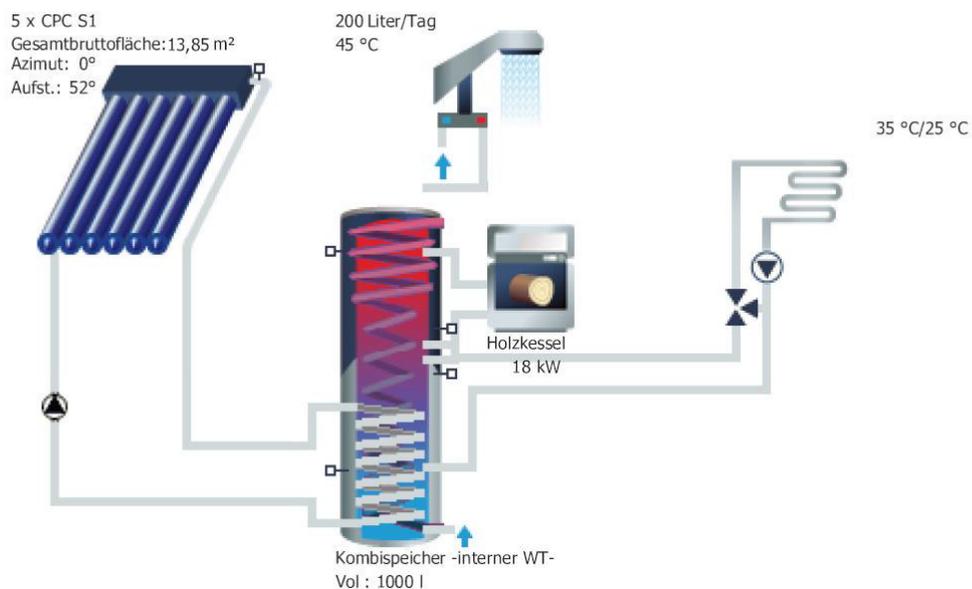


Abb. 39: Schema Solaranlage Rauhriegel optimal
Quelle: Solar Focus, bericht_Rauhriegel_5CPC.pdf, 2.3.2016

Energief Lieferung Trinkwarmwassererwärmung:	2.980,88 kWh
Energief Lieferung Heizwärme:	5,17 MWh
Energie Solarsystem an Kombispeicher:	4,79 MWh
Zugeführte Energie Zusatzheizung:	4,5 MWh

Abb. 40: Energief Lieferung Solaranlage Rauhriegel optimal
Quelle: Solar Focus, bericht_Rauhriegel_5CPC.pdf, 2.3.2016

Deckungsanteil Warmwasser:	72,3 %
Deckungsanteil Heizung:	35,8 %
Deckungsanteil gesamt:	51,8 %
Relative Zusatzenergieeinsparung (DIN EN 12977):	48,6 %
Systemnutzungsgrad:	28,2 %

Abb. 41: Deckungsanteil Solaranlage Rauhriegel optimal
Quelle: Solar Focus, bericht_Rauhriegel_5CPC.pdf, 2.3.2016

3.1.2.2 Photovoltaikanlage

Ausgegangen wird bei der Errechnung der Photovoltaikanlage laut Kapitel 3.1.1.2 von einem Verbrauch von ca. 2850 kWh/a

Die Berechnungen für die Photovoltaikanlagen wurden mit Hilfe von PVSol 6.0 der Valentin Software GmbH durchgeführt.

Ergebnis Variante 1 mit:

- PV-Leistung 11,69 kWp
- 41 PV-Modulen, ca. 80 m²
- Solarakku ca.38,6 kWh
- Leistung ca. 49 kW

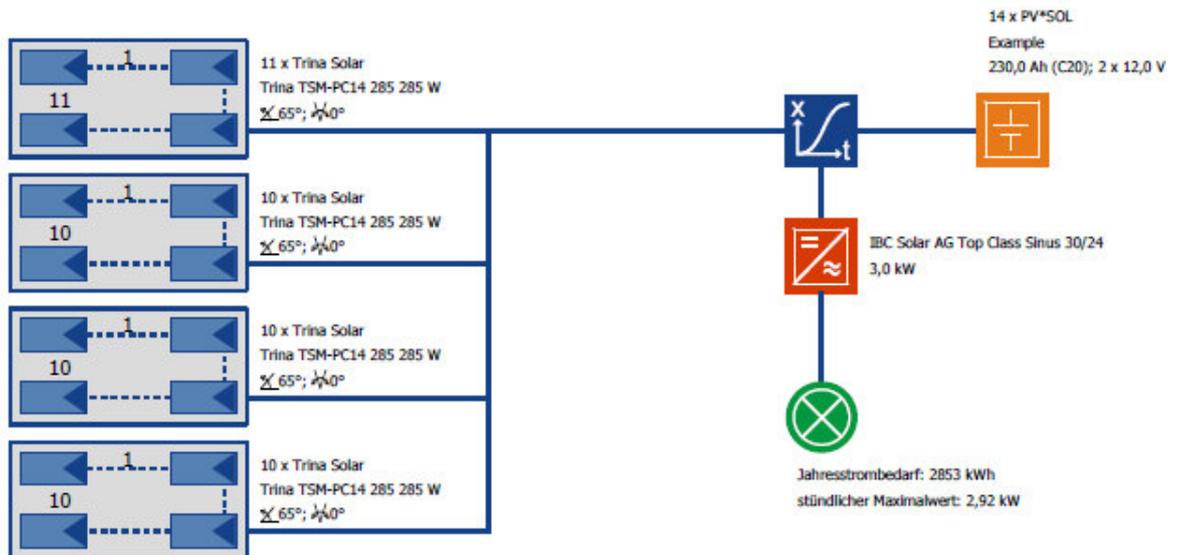


Abb. 42: Schema Photovoltaik Rauhriegel autark
Quelle: eigene Darstellung

Solarer Deckungsanteil:	99,3 %
Performance Ratio (Anlagennutzungsgrad):	19,2 %
Spez. Jahresertrag:	242,5 kWh/kWp
Vermiedene CO ₂ -Emissionen:	1.741 kg/a
Systemnutzungsgrad:	2,8 %

Abb. 43: Deckungsanteil Photovoltaik Rauhriegel autark
Quelle: eigene Darstellung

Ergebnis Variante 2 mit:

- PV-Leistung 5,13 kWp
- 18 PV-Modulen, ca. 35 m²
- Pflanzenölgenerator P=2,8 kW
- Solarakku ca. 5,5 kWh

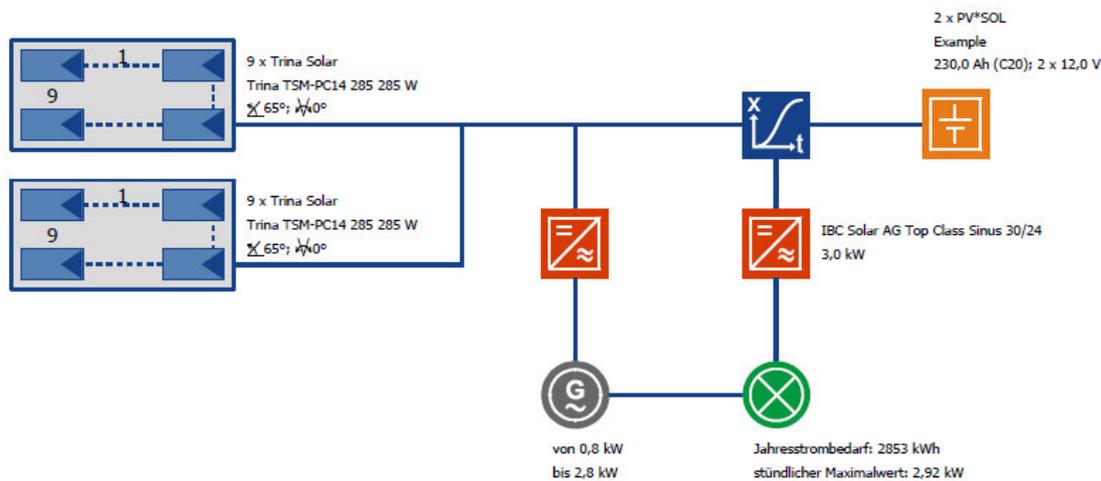


Abb. 44: Schema Photovoltaik Rauhriegel autark mit Generator
Quelle: eigene Darstellung

Solarer Deckungsanteil:	75,0 %
Performance Ratio (Anlagennutzungsgrad):	33,0 %
Spez. Jahresertrag:	417,3 kWh/kWp
Vermiedene CO ₂ -Emissionen:	5.491 kg/a
Systemnutzungsgrad:	4,9 %

Abb. 45: Deckungsanteil Photovoltaik Rauhriegel autark mit Generator
Quelle: eigene Darstellung

Ergebnis Variante 3 mit:

- PV-Leistung 5,13 kWp
- 18 PV-Modulen, ca. 35 m²
- Überschusseinspeisung

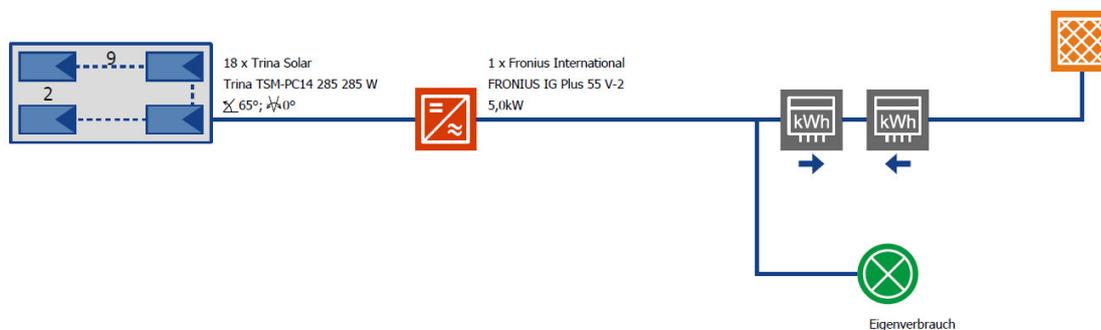


Abb. 46: Schema Photovoltaik Rauhriegel 5kWp
Quelle: eigene Darstellung

Verbrauch Bedarf:	2.853,0 kWh
PV-Gen. Energie direkt genutzt:	1.215,2 kWh
Netz Bezug:	1.651,4 kWh

Abb. 47: Energiefluss Photovoltaik Rauhriegel 5kWp

Quelle: eigene Darstellung

Solarer Deckungsanteil:	178,5 %
Systemnutzungsgrad:	11,5 %
Performance Ratio (Anlagennutzungsgrad):	78,6 %
Wechselrichter Nutzungsgrad:	93,2 %
PV-Generator Nutzungsgrad:	12,4 %

Abb. 48: Deckungsanteil Photovoltaik Rauhriegel 5kWp

Quelle: eigene Darstellung

3.1.2.3 Kleinwindkraftanlage

Die Ermittlung der im Jahresdurchschnitt zur Verfügung stehenden Windenergie ist relativ schwer möglich. Nur eine Windmessung, die sich zumindest über ein Jahr erstrecken sollte, exakt dort, wo später der Generator montiert werden soll, liefert die erforderlichen Messwerte, um eine aussagekräftige Berechnung tätigen zu können. Für die Auswahl eines geeigneten Standortes ist ein gewisses Grundwissen notwendig, damit möglichst viele Störfaktoren ausgeschlossen werden.

Um trotzdem möglichst gute Werte vorhersagen zu können, kann man auf Daten von Wetterstationen zugreifen und den Jahresschnitt an Wind errechnen.

Für den Standort Rauhriegel ergab dies folgende Werte:

Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ø m/s	4,7	5,4	5,2	4,7	4	3,7	3,8	3,4	3,4	3,5	4,1	4,8
Ø m/s pro Jahr	4,23											

Tab. 7: Windgeschwindigkeit Rauhriegel

Quelle: eigene Darstellung

Über einen Windkrafthertragsrechner wurden folgende Werte errechnet:

GENERATOR 3KW	m/s	Ertrag in kWh				
Monat		h= 10m	h= 15m	h= 20	h= 25	h= 30m
1	4,7	183	225	256	281	302
2	5,4	210	258	295	323	347
3	5,2	203	249	284	311	334
4	4,7	183	225	256	281	302
5	4,0	156	191	218	240	257
6	3,7	144	177	202	222	238
7	3,8	148	182	207	228	244
8	3,4	132	162	185	204	219
9	3,4	132	162	185	204	219
10	3,5	136	167	191	210	225
11	4,1	160	196	224	246	264
12	4,8	187	229	262	287	309
gesamtes Jahr	4,2	1975	2423	2766	3036	3261

Tab. 8: Windenergieertrag Rauhriegel pro Monat

Quelle: eigene Darstellung

Es ist gut zu erkennen, dass der Ertrag bei gleicher Windgeschwindigkeit von der Höhe des Generators abhängig ist. Die Berechnung spiegelt jedoch nur die vom Windertragsrechner vorgegebenen Durchschnittswerte wider.

Um aussagekräftig den Ertrag berechnen zu können, müssen die spezifischen Daten vom jeweiligen Hersteller verwendet werden.

Ein weiterer wichtiger Punkt für die Installation von Windkraftanlagen in Österreich ist, wie schon einmal erwähnt, die Baubewilligung. Für Kleinwindkraftanlagen gibt es keine Ausnahmen, und sie sind im Burgenland wie ein normaler Bau anzusehen. In diesem Fall ist die erste Bauinstanz die Gemeinde bzw. der Bürgermeister, der den Bau bewilligen kann oder nicht. Eine Baubewilligung müsste für das Haus Rauhriegel vor Errichtung eingeholt werden.

An den durchschnittlichen Windstärken pro Monat erkennt man, dass gerade im Winter, wenn die Photovoltaikanlage wenig Ertrag bringt, eine entsprechende Windkraftanlage eine gute Option wäre, Energie aus regenerativer Quelle zu erzeugen.

Durch entsprechende Speichermöglichkeiten wäre eine Kleinwindkraftanlage auch im Stande, die gesamte elektrische Energie für die Anlage zu erzeugen, wenn der Generator eine Nennleistung von mindestens 3 kW hat und mindestens auf einer Höhe von 25 Meter montiert wird.

Für Berechnungen werden die ermittelten Werte eines Generators mit 3kW Leistung auf 25m Höhe angenommen.

3.1.2.4 Wärmepumpe

Zwei Varianten an Wärmepumpen würden für das Haus in Fragen kommen, eine Erdwärmepumpe oder eine Luftwärmepumpe.

Der Vorteil einer Luftwärmepumpe wäre, dass sie wenig Platz braucht, sowohl innen als auch außen aufgestellt und auf Grund des geringen Heizwärmebedarfs klein dimensioniert werden könnte. Die Nachteile wären eine schlechte Arbeitszahl bei Temperaturen unter -10°C , sowie die notwendigen Temperaturen für die Trinkwassererwärmung von mind. 50°C , die im Winter ebenfalls die Arbeitszahl verschlechtern.

Möchte man mit der Wärmepumpe Autarkie erreichen, muss entsprechend elektrische Energie, die man über die Arbeitszahl errechnen kann, zu Verfügung stehen. Besonders im Winter wäre der elektrische Energiebedarf bei einer Luftwärmepumpe hoch.

Die Erdwärmepumpe hätte den Vorteil, auch im Winter eine gute Arbeitszahl zu erreichen, jedoch wäre das Problem mit der Trinkwassererwärmung dasselbe wie bei der Luftwärmepumpe.

Die oft gewählte Variante in der Praxis ist deshalb eine Luftwärmepumpe für die Trinkwassererwärmung, die im Innenbereich, Lager- oder Kellerraum, aufgestellt wird, und eine Erdwärmepumpe für die Heizenergie. Einer der führenden Hersteller, die Firma Ochsner, bietet ein Onlineportal mit einem Vergleichsrechner an. Folgende Werte wurden ermittelt:

Trinkwassererwärmung:

OCHSNER Wärmepumpe

Durchschnittliche Jahresarbeitszahl:

Wärmepumpe Europa 303 ▾

ergibt bei Berücksichtigung der Abschläge
nach EN 255-3 eine Jahresarbeitszahl von $\beta = 3.5$

Strompreis:

0.11 €/kWh / Nutzung Tag 35 %
0.11 €/kWh / Nutzung Nacht 65 %

Stromverbrauch:

$\frac{\text{Jahresenergiebedarf}}{\text{Jahresarbeitszahl}} = \text{Jahresstromverbrauch}$

$\frac{2230.30 \text{ kWh}}{3.5 \beta} = 637.23 \text{ kWh}$

Stromkosten p.a.

637.23	0.11 €	0.35 %	24.53
kWh x	x	=	€
637.23	0.11 €	0.65 %	45.56
kWh x	x	=	€

Jahresbetriebskosten = 70.09 €

Abb. 49: Berechnung Warmwasser-Luftwärmepumpe Rauriegel

Quelle: ochsner.de: Heizkostenvergleich. http://rechner.ochsner.de/bwr/bwvgl_solar.html,
15.3.2016

Heizung:

OCHSNER Wärmepumpe

Durchschnittl. Jahresarbeitszahl bei als Wärmequelle/Wärmeverteilung

$\beta =$

Strompreis: Tarife können verändert werden!

<input type="text" value="0.11"/>	€/kWh / Nutzung Tag	<input type="text" value="60"/>	%
<input type="text" value="0.11"/>	€/kWh / Nutzung Nacht	<input type="text" value="40"/>	%

Stromverbrauch:

$\frac{\text{Jahresenergiebedarf}}{\text{Jahresarbeitszahl}} = \text{Jahresstromverbrauch}$

kWh \div $\beta =$ kWh

Stromkosten p.a.

<input type="text" value="1315.47619047"/> kWh	* <input type="text" value="0.11"/>	€	* <input type="text" value="0.6"/>	% = <input type="text" value="87"/>	€
<input type="text" value="1315.47619047"/> kWh	* <input type="text" value="0.11"/>	€	* <input type="text" value="0.4"/>	% = <input type="text" value="58"/>	€

Jahresbetriebskosten = €

**Abb. 50: Berechnung Erdwärmepumpe
Rauhriegel**

Quelle: ochsner.de: Heizkostenvergleich.
http://rechner.ochsner.de/vergleich_aoel/01B
 etriebskostenVergleich.html, 15.3.2016

OCHSNER Wärmepumpe

Durchschnittl. Jahresarbeitszahl bei als Wärmequelle/Wärmeverteilung

$\beta =$

Strompreis: Tarife können verändert werden!

<input type="text" value="0.11"/>	€/kWh / Nutzung Tag	<input type="text" value="60"/>	%
<input type="text" value="0.11"/>	€/kWh / Nutzung Nacht	<input type="text" value="40"/>	%

Stromverbrauch:

$\frac{\text{Jahresenergiebedarf}}{\text{Jahresarbeitszahl}} = \text{Jahresstromverbrauch}$

kWh \div $\beta =$ kWh

Stromkosten p.a.

<input type="text" value="1782.25806451"/> kWh	* <input type="text" value="0.11"/>	€	* <input type="text" value="0.6"/>	% = <input type="text" value="118"/>	€
<input type="text" value="1782.25806451"/> kWh	* <input type="text" value="0.11"/>	€	* <input type="text" value="0.4"/>	% = <input type="text" value="78"/>	€

Jahresbetriebskosten = €

**Abb. 51: Berechnung Luftwärmepumpe
Rauhriegel**

Quelle: ochsner.de: Heizkostenvergleich.
http://rechner.ochsner.de/vergleich_aoel/01B
 etriebskostenVergleich.html, 15.3.2016

Optimal wären aus energietechnischer Sicht die Luftwärmepumpe zur Trinkwassererwärmung und die Erdwärmepumpe für die Heizung. Die gesamte benötigte elektrische Energie beträgt 1953 kWh/a.

3.1.2.5 Holzvergaser

Holzvergaser können den Heiz- und Trinkwasserwärmeenergiebedarf im Normalfall ohne Probleme für Ein- oder Mehrfamilienhäuser decken. Notwendig dafür sind aber ein Heizraum und eine Holzlagermöglichkeit, die sich aber auch im Außenbereich befinden kann. Ein Holzvergaser erreicht einen Wirkungsgrad von ca. 90%. Unbedingt notwendig ist ein Pufferspeicher, damit der Ofen immer unter Vollast betrieben werden kann.

Holzvergaser	Haus Rauhriegel
Wärmeenergiebedarf	5468 kWh
Warmwasserenergiebedarf	1995 kWh
Verluste Pufferspeicher	1190 kWh
Gesamt	8653 kWh
Wirkungsgrad	90 %
benötigte Energie	9614 kWh
Ø kWh/kg Holz (w=15%)	4,1 kWh
Holzbedarf in kg	2345 kg
Holzbedarf in Rm Buche	6,0 Rm
Holzbedarf in Rm Eiche	6,0 Rm
Holzbedarf in Rm Fichte	8,8 Rm
Holzbedarf in Rm Före	7,8 Rm
Kosten pro Rm Buche/Eiche	75,29 €/Rm

Tab. 9: Daten Holzvergaser Rauhriegel

Quelle: eigene Darstellung

Für das Haus Rauhriegel kann eine Investitionssumme von ca. 13.500 € angenommen werden.

Eine Holzvergaserheizung ist technisch eine zuverlässige Option, autark Wärmeenergie zu erzeugen. Vergessen werden darf jedenfalls nie, dass dazu elektrische Energie für die Steuerung und die Pumpen zu Verfügung stehen muss.

Anders wie bei solarthermischen Systemen muss man aber selbst Holz bzw. Wald besitzen, sonst kann man diese Möglichkeit, Wärmeenergie zu erzeugen, nicht unbedingt als autark ansehen.

3.1.2.6 Pelletsheizung

Ein Pelletsofen ist vom Wirkungsgrad etwas besser als ein Holzvergaserofen und liegt bei 92-96%. Auch bei diesem System empfiehlt sich ein Pufferspeicher.

Die Energiedichte von Pellets ist höher, nämlich bei ca. 5kWh pro/kg, und durch dementsprechend weniger Hohlräume aufgrund ihrer Form gegenüber Holz kann Lagerraum gespart werden.

PELLETOFEN	Haus Rauhriegel
Wärmeenergiebedarf	5468 kWh
Warmwasserenergiebedarf	1995 kWh
Verluste Pufferspeicher	1190 kWh
Gesamt	8653 kWh
Wirkungsgrad	93 %
benötigte Energie	9304 kWh
Ø kWh/kg Pellets (w=10%)	5,0 kWh
Pelletsbedarf in kg	1861 kg
€/kg Pellet	0,237 €/kg

Tab. 10: Daten Pelletsofen Rauhriegel

Quelle: eigene Darstellung

Die Anschaffungskosten einer Pelletsheizung können mit ca. 13.000 € für das Haus Rauhriegel beziffert werden.

3.1.2.7 Pflanzenöl

Pflanzenölbrenner:

Pflanzenölbrenner funktionieren ähnlich wie normale Ölbrenner, müssen jedoch öfter gewartet werden. Das Öl wird meist vorgewärmt und mit Druck in der Brennkammer zerstäubt. Die Kosten eines Pflanzenölbrenners liegen in der Anschaffung um 1000 - 1500€ höher als bei Heizölbrennern.

Die Investitionskosten würden ca. 15100 € mit einem Zuschlag für den Pflanzenölbrenner von ca. 1000€ betragen, jedoch ist der Einbau von Ölheizungen in Gebäude mit sehr kleinem Wärmebedarf wegen des Takten des Brenners zu vermeiden.

Pflanzenöl-Nano-BHKW:

Nano-Blockheizkraftwerke können das Pflanzenöl nicht nur für Wärme, sondern auch für die Stromproduktion nutzen. Es gibt mehrere Verfahren dafür, eine häufig angewandte Variante ist jene mit einem Pflanzenölmotor und einem Stromgenerator. Die Abwärme wird dann für die Heizenergie, der Strom für den Eigenverbrauch oder für das Netz bereitgestellt.

Für die Anlage Rauhriegel wäre ein Nano-BHKW durchaus interessant. Die Anschaffungskosten belaufen sich auf ca. 23.000€, für die Anbindung an das Strom-

bzw. Heizungssystem sind nochmals ca. 1500€ einzuplanen. Leider sind die am Markt erhältlichen BHKW's entweder nicht mit Pflanzenöl zu betreiben oder für Anlagen ab 10 kW Heizlast und 4 kW elektrischer Last gedacht.

Durch die momentane Heizöl- und Gaspreissituation können sich Pflanzenöl-BHKWs am Markt nicht behaupten, sind jedoch für die Zukunft interessant, wenn Strom-, Heizöl- und Gaspreise steigen, dann steigt möglicherweise auch wieder das Angebot, und Produkte für sehr geringen Energiebedarf werden entwickelt.

3.2 Anwendbarkeit im Holz-Fertigteilhaus Oberwart

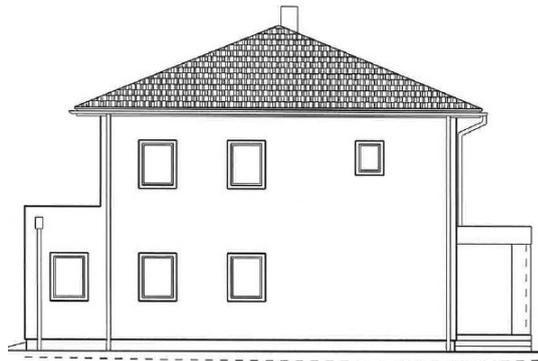
Das Holzfertigteilhaus Oberwart ist eine typisch moderne Variante für ein Eigenheim. Das Grundgerüst des Hauses wird in einem Werk als Holzriegelbau vorgefertigt. Wird ein Keller gewünscht, muss ihn der Bauherr von einer anderen Firma bauen lassen. Ansonsten muss eine Fundamentplatte durch eine Baufirma errichtet werden, auf der das Fertigteilhaus aufgestellt wird.

Der Vorteil ist ein relativ schneller Baufortschritt, da die Zeit für die Mauerung und das Betonieren für eventuelle Zwischendecken wegfällt. Die Fertigteilhausfirma kümmert sich um alles bis zum fertigen Estrich. Fertigteilhäuser erreichen meist niedrige Werte im Heizenergiebedarf, da sie sehr gut gedämmt sind und der Energiebedarf meist unter 35 kW/m²a beträgt.

Gebaut wurde das Haus 2015 mit einer Wohnnutzfläche von 159m².



ANSICHT NORDOST

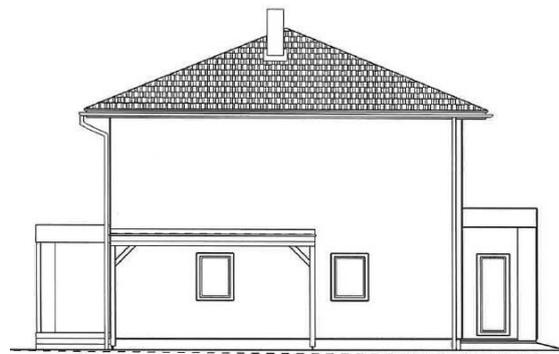


ANSICHT SÜDOST

Abb. 52: Ansicht Nordost und Südost Oberwart
Quelle: eigene Darstellung



ANSICHT SÜDWESTEN



ANSICHT NORDWESTEN

Abb. 53: Ansicht Südwest und Nordwest Oberwart
Quelle: eigene Darstellung

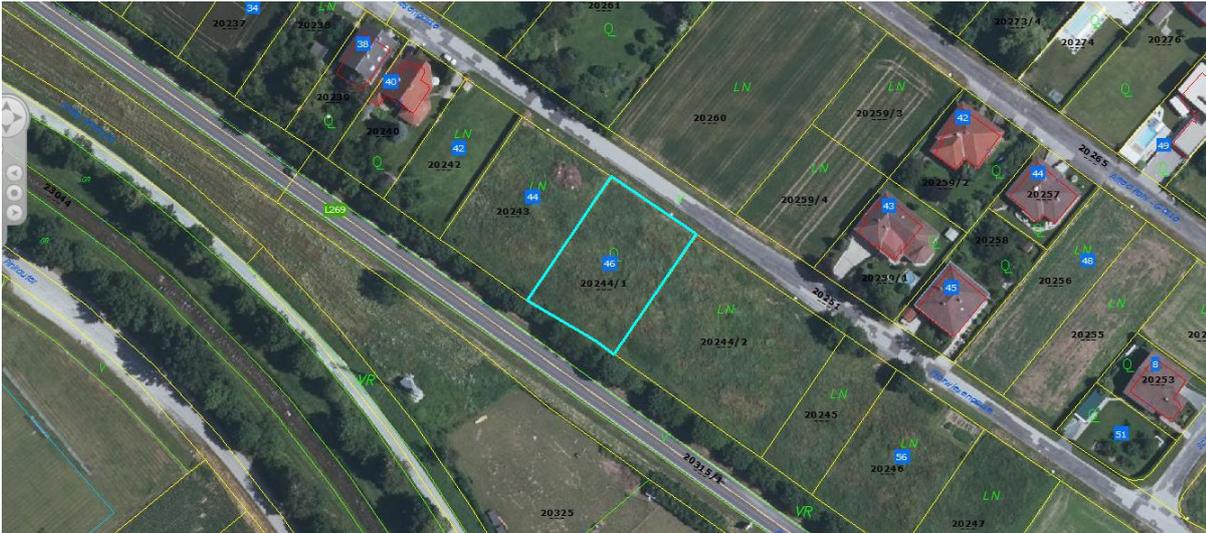


Abb. 54: Grundstück Haus Oberwart

Quelle: eigene Darstellung erstellt durch Geodaten Burgenland,
<http://gis.bgld.gv.at/WebGIS/synserver>, 21.2.2016

3.2.1.1 Wärmeenergiebedarf

Der Heizenergiebedarf kann vom erstellten Energieausweis übernommen werden und beträgt gesamt 6941 kWh/a, der Warmwasserwärmebedarf wird wie für das Haus Rauhriegel mit 1995 kWh/a angenommen.

Der Warmwasserwärmebedarf ist nahezu täglich gleich und kann monatlich wie folgt berechnet werden:

$$\frac{WWWB}{\text{Monat}} = \frac{WWWB}{12} = \frac{1995 \text{ kWh}}{12} = 166,25 \text{ kWh/Monat}$$

Beim Heizwärmebedarf hängt der monatliche Verbrauch stark vom Klima ab, ist daher im Energieausweis gesondert berechnet und ergibt folgende Werte:

Ergebnisse am tatsächlichen Standort: Oberwart		
Transmissionswärmeverluste Q_T		10.778 kWh/a
Lüftungswärmeverluste Q_V	Luftwechselzahl: 0,245	3.428 kWh/a
Solare Wärmegewinne passiv $\eta \times Q_s$		3.343 kWh/a
Innere Wärmegewinne passiv $\eta \times Q_i$	leichte Bauweise	3.740 kWh/a
Heizwärmebedarf Q_h		6.941 kWh/a

Abb. 55: Heizwärmebedarf Energieausweis Oberwart

Quelle: eigene Darstellung

Die monatliche Aufschlüsselung ist für die Auswahl, den Vergleich und die Anwendung der regenerativen Energiesysteme von Bedeutung.

Monatsbilanz Standort HWB											
Standort: Oberwart											
BGF [m ²] =	204,64	L _T [W/K] =	111,49	Innentemp.[°C] =	20	τ tau [h] =	45,16				
BRI [m ²] =	663,67	L _V [W/K] =	35,46	q _{ih} [W/m ²] =	3,75	a =	3,823				
Monate	Tage	Mittlere Außen-temperaturen °C	Transmissions-wärme-verluste kWh	Lüftungs-wärme-verluste kWh	Wärme-verluste kWh	Innere Gewinne kWh	Solare Gewinne kWh	Gesamt-Gewinne kWh	Verhältnis Gewinn/Verlust	Ausnut-zungsgrad	Wärme-bedarf kWh
Jänner	31	-1,71	1.800	573	2.373	457	214	670	0,28	0,99	1.706
Februar	28	0,32	1.474	469	1.943	413	332	745	0,38	0,98	1.211
März	31	4,31	1.301	414	1.715	457	472	929	0,54	0,95	830
April	30	9,06	879	279	1.158	442	577	1.019	0,88	0,84	250
Mai	31	13,60	530	169	699	457	694	1.151	1,65	0,57	0
Juni	30	16,75	261	83	344	442	679	1.121	3,26	0,30	0
Juli	31	18,64	113	36	149	457	703	1.160	7,78	0,13	0
August	31	18,11	157	50	207	457	655	1.111	5,38	0,19	0
September	30	14,67	427	136	563	442	537	979	1,74	0,54	0
Oktober	31	9,39	880	280	1.160	457	407	864	0,74	0,89	341
November	30	3,87	1.295	412	1.707	442	233	675	0,40	0,98	1.044
Dezember	31	0,00	1.659	528	2.186	457	174	631	0,29	0,99	1.559
Gesamt	365		10.778	3.428	14.205	5.378	5.675	11.053			6.941
						nutzbare Gewinne:		3.740	3.343	7.084	
											HWB_{BGF} = 33,92 kWh/m²a

Abb. 56: Heizwärmebedarf Energieausweis Oberwart
Quelle: eigene Darstellung

3.2.1.2 Elektrischer Energiebedarf

Das Haus soll ebenfalls von 2-Personen bewohnt werden. Es wird ebenfalls ein Durchschnittswert von 2850 kWh/a angenommen.

3.2.2 Prüfung der ausgewählten Systeme auf Autarkie

3.2.2.1 Passive solare Wärmegewinne

Die passiven solaren Wärmegewinne sind im Energieausweis bereits berücksichtigt und können der Abbildung 55 entnommen werden.

Sie vermindern den nötigen Heizwärmebedarf um 3343 kWh/a.

Anteil am Heizwärmebedarf:

$$Q_S \text{ in \%} = \frac{Q_S}{Q_V + Q_T} * 100 = \frac{3343 \frac{kWh}{a}}{3428 \frac{kWh}{a} + 10778 \frac{kWh}{a}} = 23,53 \%$$

Kombinationen:

Da die passive solare Wärmegegewinnung nur temporär den Heizwärmebedarf reduzieren kann, muss zwanghaft mindestens ein weiteres System zur Wärmegegewinnung eingesetzt werden, auch Kombinationen sind möglich. Geeignet sind alle in Punkt 2.2 ausgewählten Systeme.

3.2.2.2 Solarthermische Kollektoren

Das Haus Oberwart erlaubt durch die Ausrichtung und Größe der Dachfläche nur eine Variante einer Solarthermischen Anlage und muss deshalb auch zwangsweise durch ein weiteres System heiztechnisch unterstützt werden.

Folgende Daten wurden für diese Variante ermittelt:

- Kollektorfläche ca. 28m²
- Vakuumkollektoren Heatpipetechnologie
- Pufferspeichervolumen 2m³

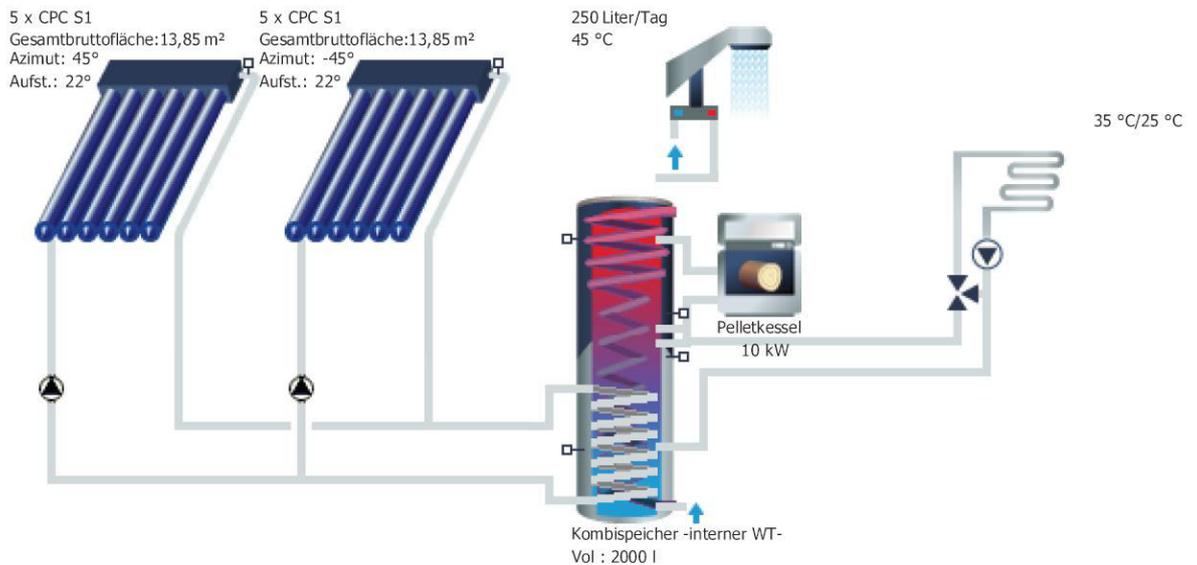


Abb. 57: Schema Solaranlage Oberwart
 Quelle: Solar Focus, bericht_Oberwart_10CPC.pdf, 2.3.2016

Energielieferung Trinkwarmwassererwärmung:	3,73 MWh
Energielieferung Heizwärme:	6,50 MWh
Energie Solarsystem an Kombispeicher:	6,02 MWh
Zugeführte Energie Zusatzheizung:	5,8 MWh

Abb. 58: Heizwärme Solaranlage Oberwart
 Quelle: Solar Focus, bericht_Oberwart_10CPC.pdf, 2.3.2016

Deckungsanteil Warmwasser:	71,3 %
Deckungsanteil Heizung:	34,6 %
Deckungsanteil gesamt:	51,1 %
Relative Zusatzenergieeinsparung (DIN EN 12977):	46,5 %
Systemnutzungsgrad:	18,6 %

Abb. 59: Heizwärme Solaranlage Oberwart
 Quelle: Solar Focus, bericht_Oberwart_10CPC.pdf, 2.3.2016

3.2.2.3 Photovoltaikanlage

Es wird bei der Errechnung der Photovoltaikanlage von einem Verbrauch von ca. 2850 kWh/a ausgegangen.

Die Berechnungen für die Photovoltaikanlagen wurden mit Hilfe von PVSol 6.0 der Valentin Software GmbH durchgeführt.

Ergebnis Variante 1 mit:

- PV-Leistung 8,55 kWp
- 30 PV-Modulen, ca. 60 m²
- Solarakku ca.607 kWh

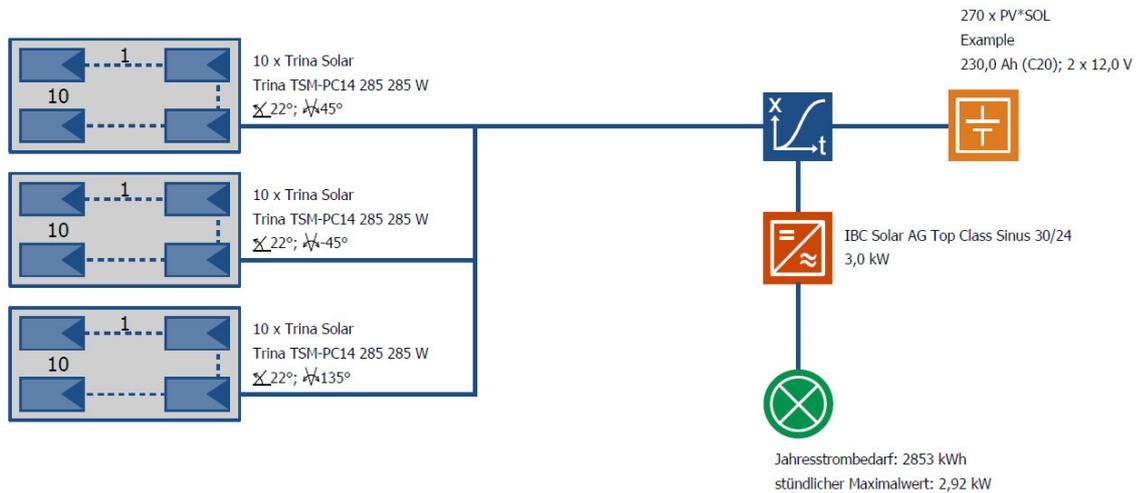


Abb. 60: Schema Photovoltaik Oberwart autark

Quelle: eigene Darstellung

Solarer Deckungsanteil:	99,5 %
Performance Ratio (Anlagennutzungsgrad):	27,6 %
Spez. Jahresertrag:	332,0 kWh/kWp
Vermiedene CO ₂ -Emissionen:	1.744 kg/a
Systemnutzungsgrad:	4,1 %

Abb. 61: Schema Photovoltaik Oberwart autark

Quelle: eigene Darstellung

Ergebnis Variante 2 mit:

- PV-Leistung 8,55 kWp
- 30 PV-Modulen, ca. 60 m²
- Pflanzenölgenerator P=2,8 kW
- Solarakku ca. 5,5 kWh

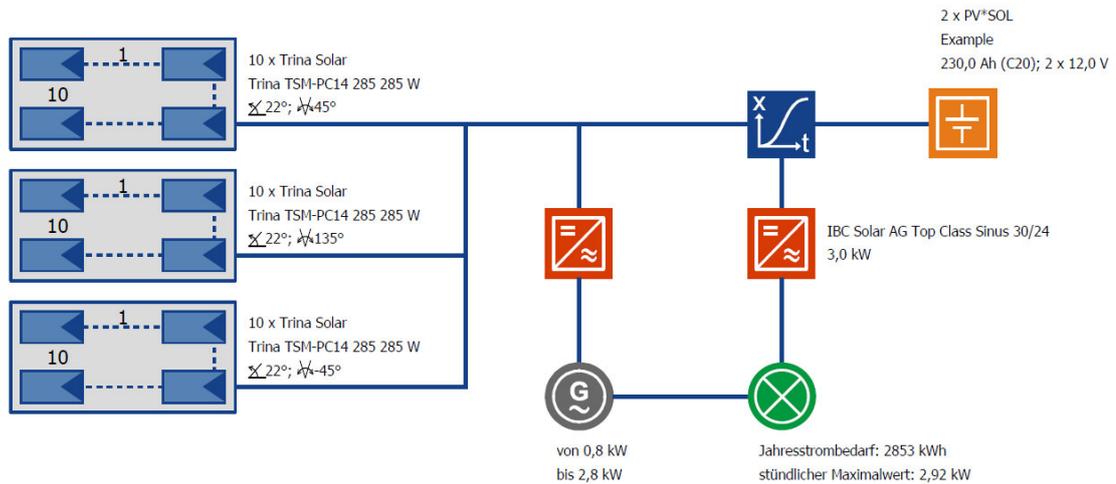


Abb. 62: Schema Photovoltaik Oberwart autark mit Generator
Quelle: eigene Darstellung

Solarer Deckungsanteil:	80,5 %
Performance Ratio (Anlagennutzungsgrad):	22,4 %
Spez. Jahresertrag:	268,7 kWh/kWp
Vermiedene CO ₂ -Emissionen:	5.893 kg/a
Systemnutzungsgrad:	3,3 %

Abb. 63: Deckungsanteil Photovoltaik Oberwart autark mit Generator
Quelle: eigene Darstellung

Ergebnis Variante 3 mit:

- PV-Leistung 5,1 kWp
- 18 PV-Modulen, ca. 35 m²

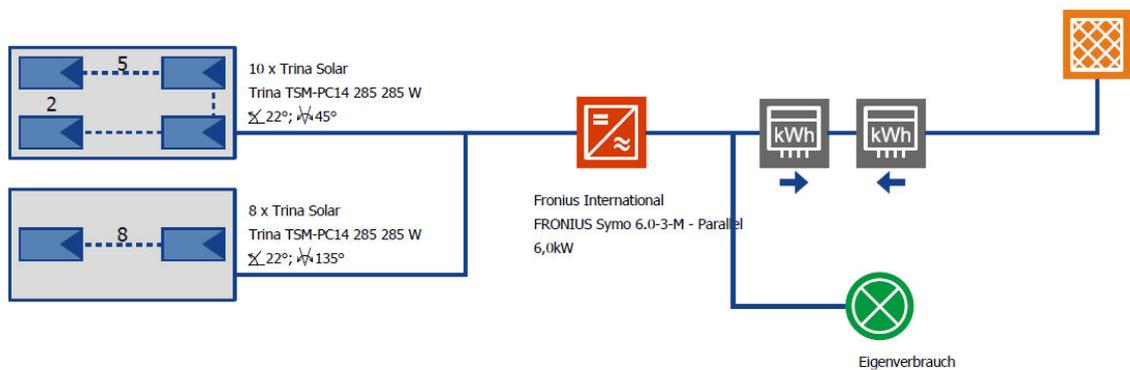


Abb. 64: Schema Photovoltaik Oberwart 5 kWp
Quelle: eigene Darstellung

Solarer Deckungsanteil:	140,9 %
Systemnutzungsgrad:	9,8 %
Performance Ratio (Anlagennutzungsgrad):	67,1 %
Wechselrichter Nutzungsgrad:	93,1 %
Spez. Jahresertrag:	783,5 kWh/kWp
Vermiedene CO ₂ -Emissionen:	3.234 kg/a

Abb. 65: Deckungsanteil Photovoltaik Oberwart 5 kWp

Quelle: eigene Darstellung

3.2.2.4 Kleinwindkraftanlage

Auch bei dieser Anlage ist der Jahresschnitt an Windgeschwindigkeit nur mit Hilfe von Wetterdaten von Wetterstationen zu errechnen.

Da das Haus Rauheggl und das Haus Oberwart geografisch nicht weit voneinander entfernt sind, ergeben sich dieselben Werte:

- 4,23 m/s jährlich durchschnittliche Windgeschwindigkeit
- 3036 kWh Ertrag bei einer Generatorhöhe von 25m

Hier müssten ebenfalls herstellerspezifische Daten herangezogen und eine Windmessung, die zumindest ein Jahr durchgeführt wird, um aussagekräftige Berechnungen durchführen zu können. Da sich das Haus Oberwart in einer anderen politischen Gemeinde befindet, kann es hier wiederum andere Vorschriften oder Probleme wegen einer Baubewilligung geben.

Als Variante zur Gewinnung elektrischer Energie ist ein Windrad auch für diese Anlage, speziell in den Wintermonaten, in der die Photovoltaikanlage wenig Ertrag bringt, eine sehr gute Option.

Auch am Standort Oberwart wäre eine Kleinwindkraftanlage in der Lage, die gesamte elektrische Energie für das Haus zu erzeugen, wenn der Generator eine Nennleistung von mindestens 3 kW hat und mindestens auf einer Höhe von 25 Meter montiert wird.

3.2.2.5 Wärmepumpe

Ebenfalls zwei Varianten, eine Erdwärmepumpe oder eine Luftwärmepumpe, würden in Frage kommen.

Ein Vorteil wäre wiederum der geringe Platzbedarf einer Luftwärmepumpe, aber der Nachteil die vergleichsweise schlechtere Arbeitszahl zu einer Erdwärmepumpe im Winter.

Aus diesem Grund wäre die Kombination einer Luftwärmepumpe zur Warmwasserbereitung mit einer Erdwärmepumpe zur Erzeugung der Heizenergie eine gute Variante.

Folgendes wurde mit dem gleichen Programm wie für das Haus Rauhriegel berechnet:

Trinkwassererwärmung:

OCHSNER Wärmepumpe

Durchschnittliche Jahresarbeitszahl:
 Wärmepumpe Europa 303 ▾
 ergibt bei Berücksichtigung der Abschläge nach EN 255-3 eine Jahresarbeitszahl von $\beta = 3.5$

Strompreis:
 0.11 €/kWh / Nutzung Tag 35 %
 0.11 €/kWh / Nutzung Nacht 65 %

Stromverbrauch:
 $\frac{\text{Jahresenergiebedarf}}{\text{Jahresarbeitszahl}} = \text{Jahresstromverbrauch}$
 $\frac{2230.30 \text{ kWh}}{3.5 \beta} = 637.23 \text{ kWh}$

Stromkosten p.a.

637.23	0.11	€	0.35	%	24.53
kWh x	x	=			€
637.23	0.11	€	0.65	%	45.56
kWh x	x	=			€

Jahresbetriebskosten = 70.09 €

Abb. 66: Berechnung Warmwasser-Luftwärmepumpe Oberwart
 Quelle: ochsner.de: Heizkostenvergleich. http://rechner.ochsner.de/bwr/bwvgl_solar.html,

Heizung:

OCHSNER Wärmepumpe

Durchschnittl. Jahresarbeitszahl bei als Wärmequelle/Wärmeverteilung

$\beta =$

Strompreis: Tarife können verändert werden!

<input type="text" value="0.11"/>	€/kWh / Nutzung Tag	<input type="text" value="60"/>	%
<input type="text" value="0.11"/>	€/kWh / Nutzung Nacht	<input type="text" value="40"/>	%

Stromverbrauch:

$\frac{\text{Jahresenergiebedarf}}{\text{Jahresarbeitszahl}} = \text{Jahresstromverbrauch}$

$\frac{6969.99999 \text{ kWh}}{4.2} = 1659.52380952 \text{ kWh}$

Stromkosten p.a.

$1659.52380 \text{ kWh} * 0.11$	€	$* 0.6$	% =	<input type="text" value="110"/>	€
$1659.52380 \text{ kWh} * 0.11$	€	$* 0.4$	% =	<input type="text" value="73"/>	€

Jahresbetriebskosten = €

Abb. 67: Berechnung Erdwärmepumpe Oberwart

Quelle: ochsner.de: Heizkostenvergleich.
http://rechner.ochsner.de/bwr/bwvgl_solar.html

OCHSNER Wärmepumpe

Durchschnittl. Jahresarbeitszahl bei als Wärmequelle/Wärmeverteilung

$\beta =$

Strompreis: Tarife können verändert werden!

<input type="text" value="0.11"/>	€/kWh / Nutzung Tag	<input type="text" value="60"/>	%
<input type="text" value="0.11"/>	€/kWh / Nutzung Nacht	<input type="text" value="40"/>	%

Stromverbrauch:

$\frac{\text{Jahresenergiebedarf}}{\text{Jahresarbeitszahl}} = \text{Jahresstromverbrauch}$

$\frac{6969.99999 \text{ kWh}}{3.1} = 2248.38709677 \text{ kWh}$

Stromkosten p.a.

$2248.38709 \text{ kWh} * 0.11$	€	$* 0.6$	% =	<input type="text" value="148"/>	€
$2248.38709 \text{ kWh} * 0.11$	€	$* 0.4$	% =	<input type="text" value="99"/>	€

Jahresbetriebskosten = €

Abb. 68: Berechnung Luftwärmepumpe Oberwart

Quelle: ochsner.de: Heizkostenvergleich.
http://rechner.ochsner.de/bwr/bwvgl_solar.html,

Optimal wären aus energietechnischer Sicht die Luftwärmepumpe zur Trinkwassererwärmung und die Erdwärmepumpe für die Heizung. Die gesamte benötigte elektrische Energie ergibt 2297 kWh/a.

3.2.2.6 Holzvergaser

Der Platz für einen Holzvergaser mit Pufferspeicher wäre auch im Haus Oberwart möglich, jedoch müsste die Holzlagerung im Außenbereich, z.B. Carport, stattfinden.

Holzvergaser	Haus Oberwart
Wärmeenergiebedarf	6941 kWh
Warmwasserenergiebedarf	1995 kWh
Verluste Pufferspeicher	1190 kWh
Gesamt	10126 kWh
Wirkungsgrad	90 %
benötigte Energie	11251 kWh
Ø kWh/kg Holz (w=15%)	4,1 kWh
Holzbedarf in kg	2744 kg
Holzbedarf in Rm Buche	7,0 Rm
Holzbedarf in Rm Eiche	7,0 Rm
Holzbedarf in Rm Fichte	10,4 Rm
Holzbedarf in Rm Före	9,1 Rm
Kosten pro Rm Buche/Eiche	75,29 €/Rm

Tab. 11: Daten Holzvergaser Oberwart

Quelle: eigene Darstellung

Für das Haus Oberwart kann auch eine Investitionssumme von ca. 13.500 € angenommen werden.

Eine Holzvergaserheizung ist auch bei diesem Objekt eine zuverlässige Option, autark Wärmeenergie zu erzeugen. Ebenfalls wäre es notwendig, selbst Wald zu besitzen, um diese Variante als autark ansehen zu können. Wiederum darf nicht auf die notwendige Energie für die Steuerung und Pumpe der Heizung vergessen werden.

3.2.2.7 Pelletsheizung

Mit 92-96% Wirkungsgrad wäre auch in diesem Haus ein Pelletsofen mit Pufferspeicher eine Variante. Ob man aber von autarker Energieversorgung sprechen kann, wenn man Pellets beziehen muss, weil sie nicht selbst produzierbar sind, ist fraglich. Die Energiedichte von Pellets von 5kWh pro/kg spart jedenfalls Lagerraum gegenüber Holz. Jedoch ist in dieser Anlage nur eine bedingte Lagerung im Innenraum möglich, und deshalb müsste das Lager mehrmals im Jahr befüllt werden.

PELLETSOFFEN	Haus Oberwart
Wärmeenergiebedarf	6941 kWh
Warmwasserenergiebedarf	1995 kWh
Verluste Pufferspeicher	1190 kWh
Gesamt	10126 kWh
Wirkungsgrad	93 %
benötigte Energie	10888 kWh
Ø kWh/kg Pellets (w=10%)	5,0 kWh
Pelletsbedarf in kg	2178 kg
€/kg Pellet	0,237 €/kg

Tab. 12: Daten Pelletsofen Oberwart

Quelle: eigene Darstellung

Die Anschaffungskosten einer Pelletsheizung können auch hier mit ca. 13.000 € für das Haus Oberwart beziffert werden.

3.2.2.8 Pflanzenöl

Im Haus Oberwart gilt hinsichtlich Pflanzenölbrennern und BHKW's, die mit Pflanzenöl betrieben werden können, dasselbe wie für das Haus Rauhriegel, deshalb wird an dieser Stelle auf Kapitel 3.2.1.8 verwiesen.

3.3 Berechnung der Systeme

3.3.1 Berechnungen der Systeme für das Ytong-Haus Rauhriegel

Als Ausgangsannahme für die elektrische Energie gilt folgendes:

Haushaltsstrompreise im europäischen Vergleich

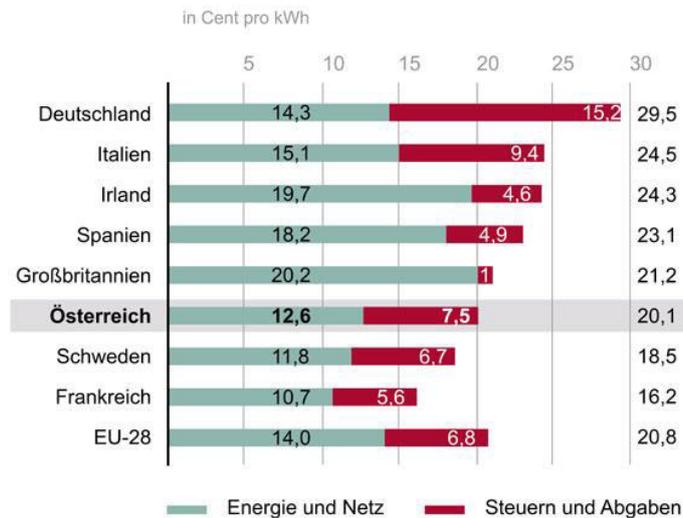


Abb. 69: Haushaltsstrompreis im europäischen Vergleich

Quelle: Österreichs Energie: Zusammensetzung der Strompreise.

http://oesterreichsenergie.at/files/oesterreichsenergie.at/Downloads%20Daten%20und%20Fakten%20-%20Statistik/Jpg%20und%20Pdf%202016-A/Haushaltsstrompreise_im_europaeischen_Vergleich-WS.jpg, 15.3.2016

Preis- und Steuerentwicklung im Vergleich

Veränderung in Prozent gegenüber 1996; Basis 1996 = 100

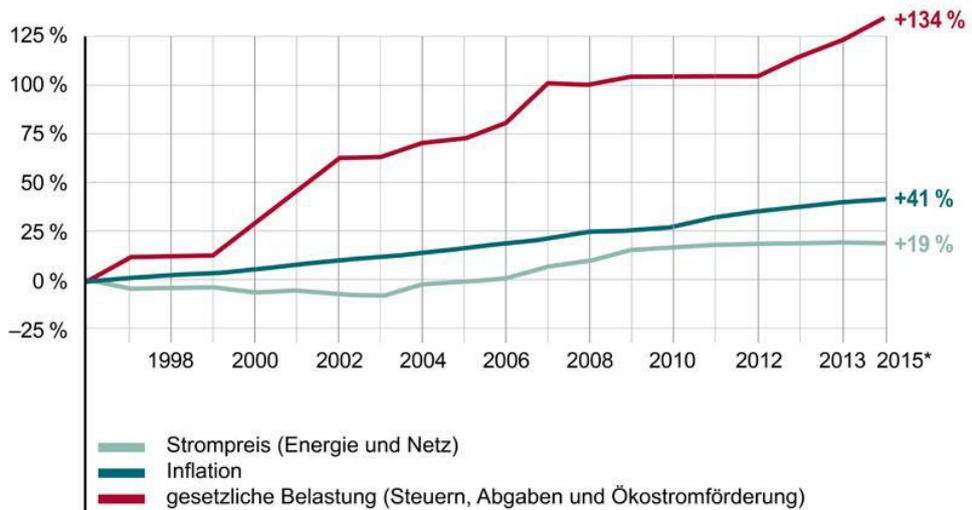


Abb. 70: Preis- und Steuerentwicklung im Vergleich

Quelle: Österreichs Energie: Strompreisentwicklung im europ. Vergleich.

http://oesterreichsenergie.at/files/oesterreichsenergie.at/Downloads%20Daten%20und%20Fakten%20-%20Statistik/Jpg%20und%20Pdf%202016-A/Preis_und_Steuerentwicklung_im_Vergleich-WS.jpg, 15.3.2016

Als Ausgangswert für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen werden 2,19% Preissteigerung für elektrische Energie pro Jahr berechnet. Dies ergibt sich, wenn die 134% Steuer mit einem Anteil von 37% und die 19% Strompreissteigerung mit 63% gewichtet werden, dann der Durchschnittzinssatz von 19 Jahren errechnet wird. Im Vergleich zu Deutschland, mit ca. 0,30€/kWh, ist der momentane Strompreis in Österreich mit ca. 0,165 €/kWh fast um die Hälfte billiger. Das kann erhebliche Auswirkungen auf die Berechnungen haben. Die steuerliche Belastung in Deutschland ist noch höher als in Österreich und macht ca. 52% vom Gesamtstrompreis aus.

3.3.1.1 Solarthermische Anlage

Variante 1 mit maximaler solarer Deckung:

Kollektorleistung	48,50 kW
Systempreis	39000,00 €
Förderung	2200,00 €
Gesamtinvestitionskosten	36800,00 €
Wartungskosten pro Jahr	30,00 €
Stromkosten pro Jahr	40,00 €
Ø Preissteigerung Strom pro Jahr	2,19 %
Ø Sparzinssatz Bank (-KESt)	1,50 %
Ø Inflation	1,80 %
Wärmeenergiebedarf	5468 kWh
Warmwasserenergiebedarf	1995 kWh
Deckung Solar	94 %
Gesamt	7045 kWh
Erzeugte Energie vom Kollektor-kreis	9750 kWh

Tab. 13: Daten Solarthermische Anlage 1 Rauhriegel

Quelle: eigene Darstellung

Thermische Solaranlage 48,5 kW Barwertvergleich in Cent	Kosten/kWh eigenfinanziert		Kosten/kWh fremdfinanziert	
	Jahre	Erzeugung	Nutzen	Erzeugung
5	76,4	98,4	96,4	124,1
10	38,0	48,9	56,3	72,5
15	25,2	32,5	41,9	54,0
20	18,8	24,3	34,1	43,9
25	15,0	19,3	28,9	37,2

Tab. 14: Ergebnis Solarthermische Anlage 1 Rauhriegel

Quelle: eigene Darstellung

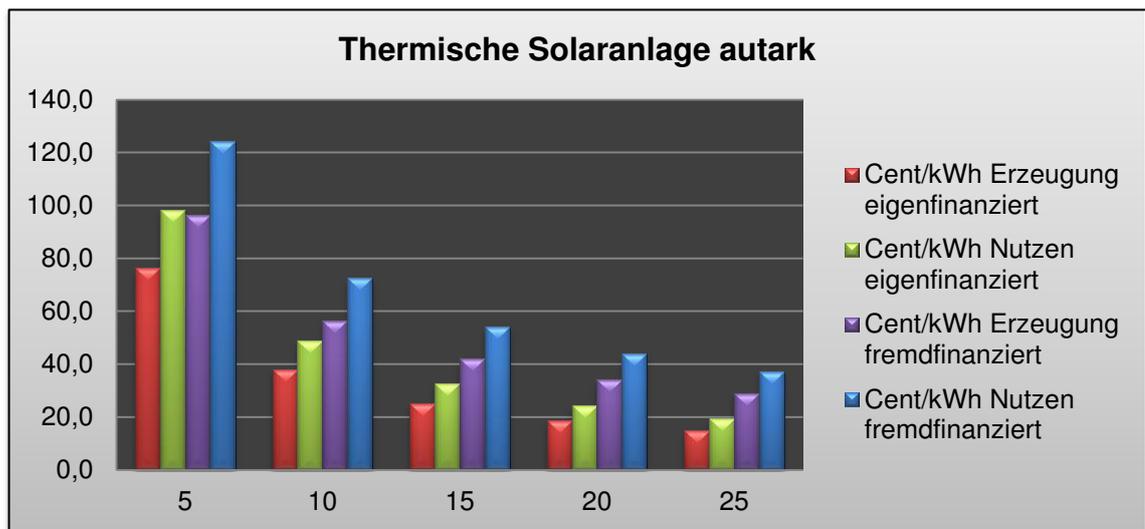


Abb. 71: Solaranlage 1 Rauhriegel

Quelle: eigene Darstellung

Variante 2 mit optimaler solarer Deckung:

Kollektorleistung	9,70 kW
Systempreis	12200,00 €
Förderung	2200,00 €
Gesamtinvestitionskosten	10000,00 €
Wartungskosten pro Jahr	30,00 €
Stromkosten pro Jahr	40,00 €
Ø Preissteigerung Strom pro Jahr	2,19 %
Ø Sparzinssatz Bank (-KESt)	1,50 %
Ø Inflation	1,80 %
Wärmeenergiebedarf	5468 kWh
Warmwasserenergiebedarf	1995 kWh
Deckung Solar	52%
Gesamt	3866 kWh
Erzeugte Energie vom Kollektorkreis	5370 kWh

Tab. 15: Daten Solarthermische Anlage 2 Rauhriegel

Quelle: eigene Darstellung

Thermische Solaranlage 9,7 kW Barwertvergleich in Cent	Kosten/kWh eigenfinanziert		Kosten/kWh fremdfinanziert	
	Erzeugung	Nutzen	Erzeugung	Nutzen
Jahre				
5	21,3	27,4	26,7	34,4
10	10,9	14,0	15,8	20,4
15	7,4	9,5	11,9	15,4
20	5,7	7,3	9,8	12,6
25	4,6	6,0	8,4	10,8

Tab. 16: Ergebnis Solarthermische Anlage 2 Rauhriegel

Quelle: eigene Darstellung

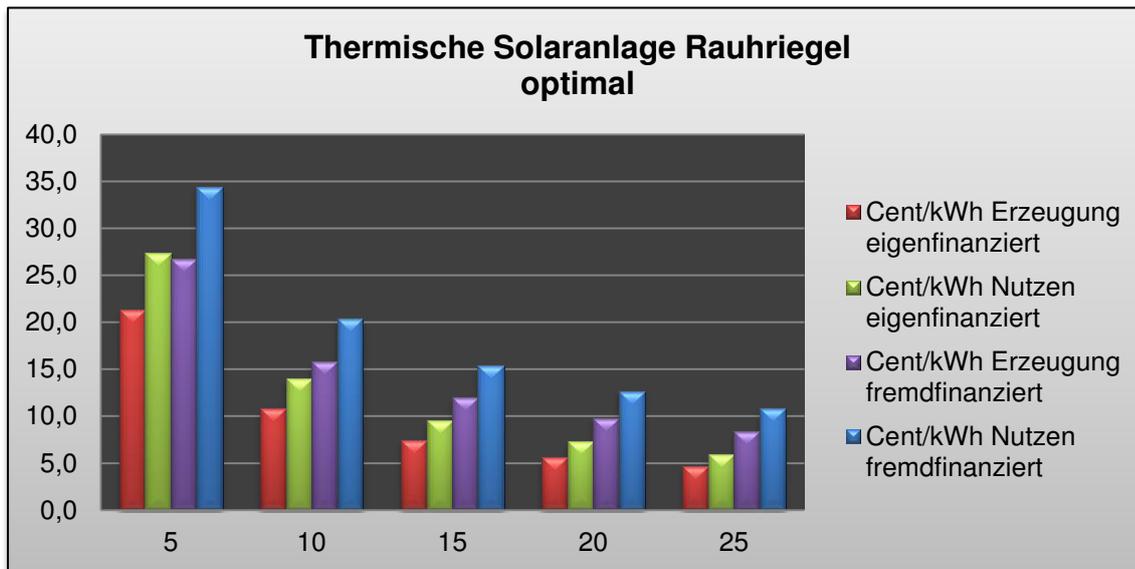


Abb. 72: Solaranlage 2 Rauhriegel

Quelle: eigene Darstellung

3.3.1.2 Photovoltaikanlage

Die durchschnittlichen Kosten für 1 kWp, fertig installiert, werden mit 1600€ angenommen. Der Systempreis für Speicher wird mit 1000€/kWh. Die Degradation der Anlage wurde schon vom Simulationsprogramm mit 10% auf 25 Jahre berücksichtigt. Es wird mit den durchschnittlichen Jahreserträgen gerechnet.

Berechnungsergebnisse Haus Rauhriegel Variante 1 (3.1.2.3):

PV-Leistung	11,69 kWp
Akkukapazität	38,60 kWh
Systempreis PV	18704,00 €
Systempreis Akku	38600,00
Gesamtinvestitionskosten	57304,00 €
Wartungskosten pro Jahr	250,00 €
Ø Preissteigerung Strom pro Jahr	2,19 %
Ø Sparzinssatz Bank (-KESt)	1,50 %
Ø Inflation	1,80 %
Elektroenergiebedarf	2850 kWh
Elektroenergieüberschuss	7317 kWh
Deckung	100%
€/kWh Netzbezug	0,165 €/kWh
€/kWh Netzeinspeisung	0,060 €/kWh

Tab. 17: Daten PV Anlage 1 Rauhriegel

Quelle: eigene Darstellung

Photovoltaik autark Barwertvergleich In Cent Jahre	Kosten/kWh eigenfinanziert	Kosten/kWh fremdfinanziert	Kosten/kWh Netzbezug
5	390,5	495,5	16,8
10	188,6	284,5	17,1
15	121,1	208,7	17,4
20	87,2	167,2	17,8
25	66,8	139,8	18,1

Tab. 18: Ergebnis PV Anlage 1 Rauhriegel

Quelle: eigene Darstellung

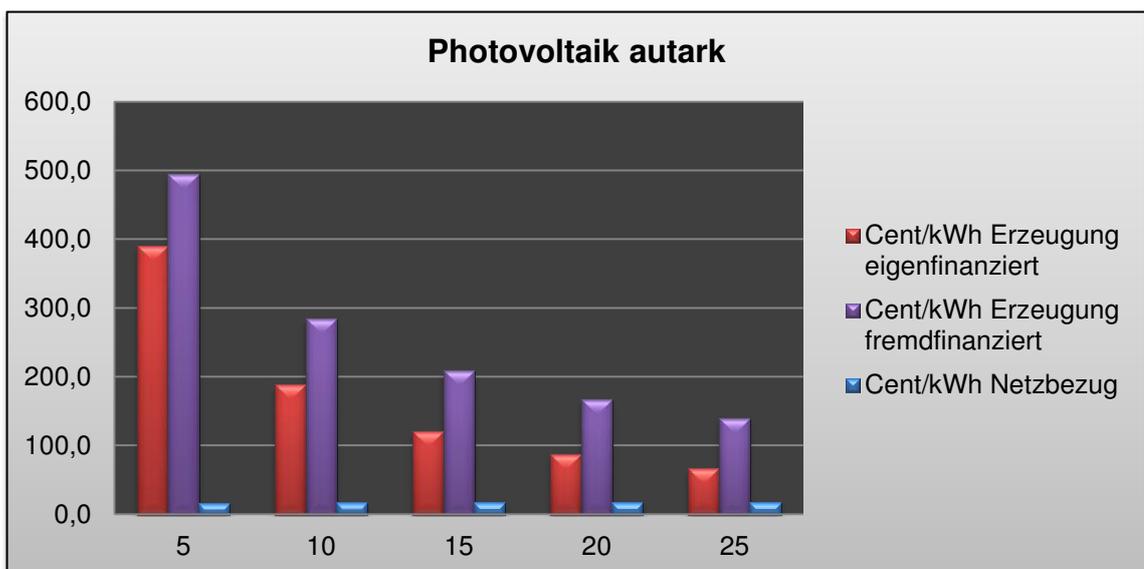


Abb. 73: Photovoltaik 1 Rauhriegel

Quelle: eigene Darstellung

Berechnungsergebnisse Haus Rauhriegel Variante 2 (3.1.2.3):

PV-Leistung	5,10 kWp
Akkukapazität	5,50 kWh
Generator	2,80 kW
Systemkosten PV	8160,00 €
Systemkosten Akku	5500,00 €
Generatorkosten	1890,00 €
Gesamtinvestitionskosten	15550,00 €
Wartungskosten pro Jahr	250,00 €
Betriebskosten Generator	1244,43 €
Ø Preissteigerung Strom pro Jahr	2,19 %
Ø Sparzinssatz Bank (-KESt)	1,50 %
Ø Inflation	1,80 %
Elektroenergiedeckung	2850 kWh
Elektroenergieüberschuss	2239 kWh
Deckung	100%
€/kWh Netzbezug	0,165 €/kWh
€/kWh Netzeinspeisung	0,060 €/kWh

Tab. 19: Daten PV Anlage 2 Rauhriegel

Quelle: eigene Darstellung

Photovoltaik autark mit Generator Barwertvergleich in Cent	Kosten/kWh eigenfinanziert	Kosten/kWh fremdfinanziert	Kosten/kWh Netzbezug
Jahre			
5	154,8	183,3	16,8
10	99,2	125,2	17,1
15	80,0	103,8	17,4
20	70,0	91,7	17,8
25	63,7	83,5	18,1

Tab. 20: Ergebnis PV Anlage 2 Rauhriegel

Quelle: eigene Darstellung

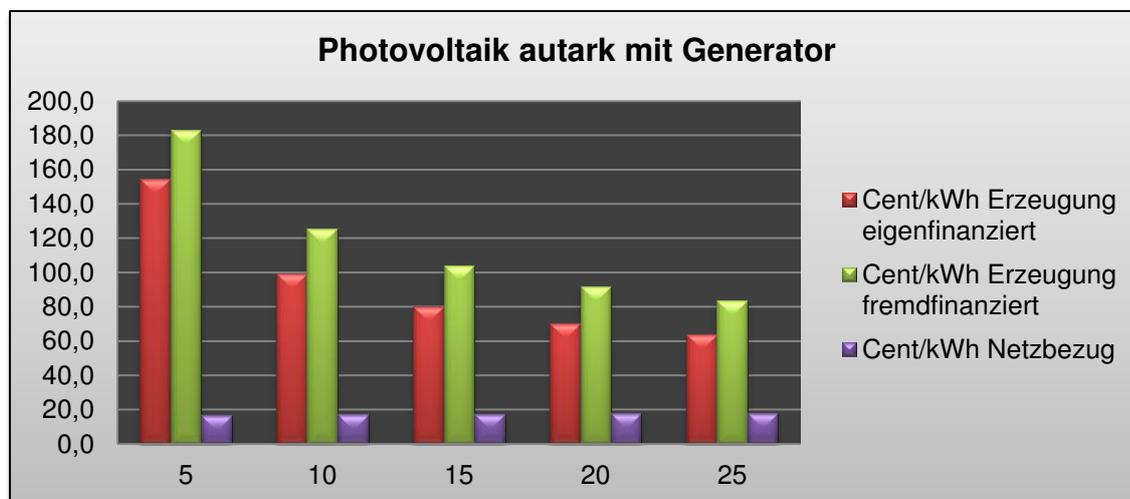


Abb. 74: Photovoltaik 2 Rauhriegel

Quelle: eigene Darstellung

Berechnungsergebnisse Haus Rauhriegel Variante 3 (3.1.2.3):

PV-Leistung	5,10 kWp
Systempreis	8160,00 €
Förderung	-1375,00
Gesamtinvestitionskosten	6785,00 €
Wartungskosten pro Jahr	150,00 €
Ø Preissteigerung Strom pro Jahr	2,19 %
Ø Sparzinssatz Bank (-KESt)	1,50 %
Ø Inflation	1,80 %
Elektroenergie Eigenverbrauch	1215 kWh
Elektroenergieüberschuss	3892 kWh
Deckung	43%
€/kWh Netzbezug	0,165 €/kWh
€/kWh Netzeinspeisung	0,060 €/kWh

Tab. 21: Daten PV Anlage 3 Rauhriegel

Quelle: eigene Darstellung

Photovoltaik 5kWp Barwertvergleich in Cent Jahre	Kosten/kWh eigenfinanziert	Kosten/kWh fremdfinanziert	Kosten/kWh Netzbezug
	5	103,2	132,4
10	46,9	73,5	17,1
15	27,8	52,2	17,4
20	18,1	40,3	17,8
25	12,2	32,4	18,1

Tab. 22: Ergebnis PV Anlage 3 Rauhriegel

Quelle: eigene Darstellung

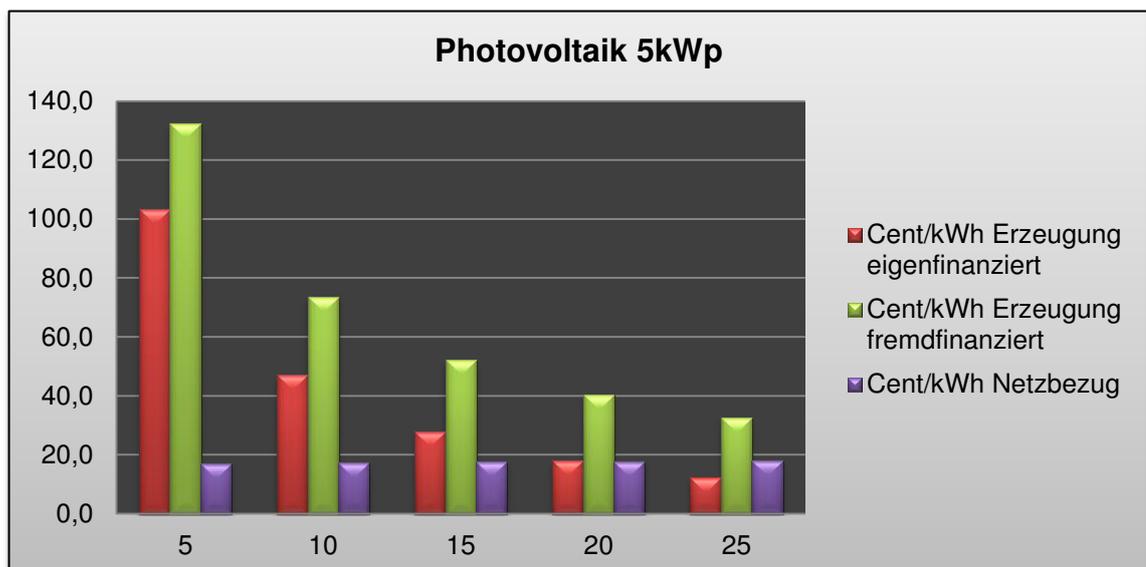


Abb. 75: Photovoltaik 3 Rauhriegel

Quelle: eigene Darstellung

3.3.1.3 Kleinwindkraftanlage

Systempreis	Windrad	Installation	Gesamt
10m	5000	1600	6600
15m	5000	1700	6700
20m	5000	1800	6800
25m	5000	1900	6900
30m	5000	2000	7000

Tab. 23: Kosten Windkraftanlage

Quelle: eigene Darstellung

Es wird davon ausgegangen, dass für das Haus Rauhriegel eine Generatorhöhe von 25m genehmigt wurde.

Windrad 25m Generatorhöhe	3,00 kW
Systempreis	6800,00 €
Gesamtinvestitionskosten	6800,00 €
Wartungskosten pro Jahr	100,00 €
Ø Preissteigerung Strom pro Jahr	2,19 %
Ø Sparzinssatz Bank (-KESt)	1,50 %
Ø Inflation	1,80 %
Elektroenergie Eigenverbrauch	1425 kWh
Elektroenergieüberschuss	1611 kWh
angenommene Deckung	50%
€/kWh Netzbezug	0,165 €/kWh
€/kWh Netzeinspeisung	0,060 €/kWh

Tab. 24: E Windkraftanlage Rauhriegel

Quelle: eigene Darstellung

Kleinwindkraftanlage Barwertvergleich in Cent Jahre	Kosten/kWh eigenfinanziert	Kosten/kWh fremdfinanziert	Kosten/kWh Netzbezug
	5	94,4	119,4
10	46,5	69,2	17,1
15	30,4	51,2	17,4
20	22,3	41,2	17,8
25	17,4	34,7	18,1

Tab. 25: Ergebnis Windkraftanlage Rauhriegel

Quelle: eigene Darstellung

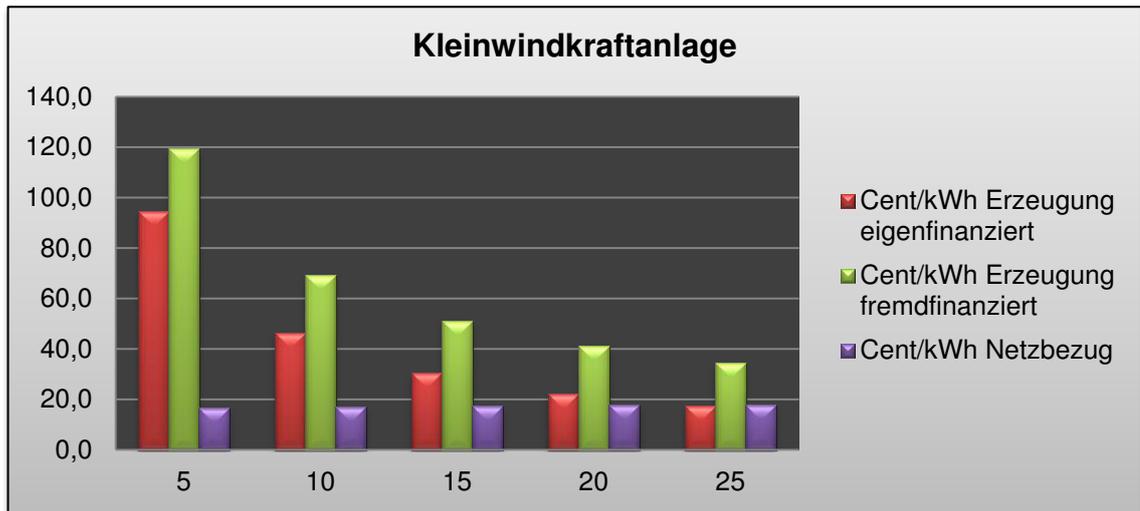


Abb. 76: Windrad Rauhriegel
Quelle: eigene Darstellung

3.3.1.4 Wärmepumpe

Es wird das System Luftwärmepumpe für die Warmwasserbereitung, eine Erdwärmepumpe und eine Luftwärmepumpe als Vergleich zur Heizwärmeerzeugung berechnet.

Luftwärmepumpe Warmwasser

Warmwasserwärmepumpe	1,96 kW
Systempreis	3204,00 €
Förderung	600,00 €
Gesamtinvestitionskosten	2604,00 €
Wartungskosten pro Jahr	100,00 €
Stromkosten pro Jahr	70,09 €
Speicherverluste	10,00 %
Ø Preissteigerung Strom pro Jahr	2,19 %
Ø Sparzinssatz Bank (-KESt)	1,50 %
Ø Inflation	1,80 %

Tab. 26: Daten Warmwasserwärmepumpe Rauhriegel
Quelle: eigene Darstellung

Warmwasserwärmepumpe 1,96 kW Barwertvergleich in Cent	Kosten/kWh eigenfinanziert		Kosten/kWh fremdfinanziert	
	Erzeugung	Nutzen	Erzeugung	Nutzen
Jahre				
5	27,6	30,9	33,7	37,7
10	16,0	17,8	21,5	24,1
15	12,1	13,5	17,2	19,2
20	10,2	11,4	14,9	16,6
25	9,1	10,2	13,3	14,9

Tab. 27: Ergebnis Warmwasserwärmepumpe Rauhriegel
Quelle: eigene Darstellung

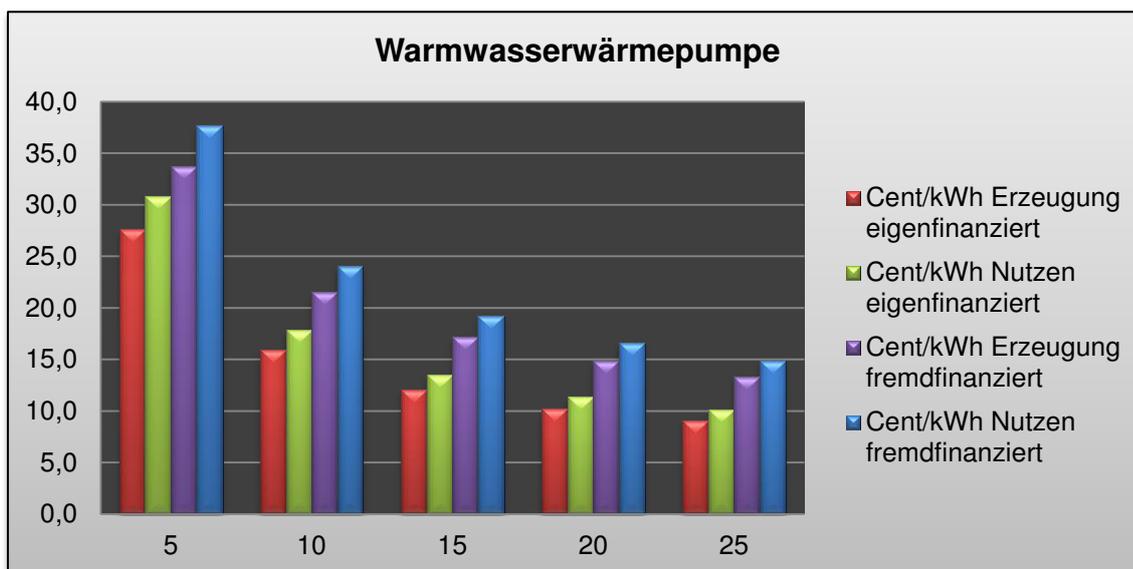


Abb. 77: Warmwasserwärmepumpe Rauhriegel
Quelle: eigene Darstellung

Erdwärmepumpe Heizung

Leistung Erdwärmepumpe	5,20 kW
Systempreis	16600,00 €
Förderung	2600,00 €
Gesamtinvestitionskosten	14000,00 €
Wartungskosten pro Jahr	120,00 €
Stromkosten pro Jahr	145,00 €
Ø Preissteigerung Strom pro Jahr	2,19 %
Ø Sparzinssatz Bank (-KESt)	1,50 %
Ø Inflation	1,80 %

Tab. 28: Daten Erdwärmepumpe Rauhriegel
Quelle: eigene Darstellung

Erdwärmepumpe Heizung 5,2 kW Barwertvergleich in Cent	Kosten/kWh eigenfinanziert		Kosten/kWh fremdfinanziert	
	Erzeugung	Nutzen	Erzeugung	Nutzen
Jahre				
5	55,5	55,5	68,8	68,8
10	29,8	29,8	42,1	42,1
15	21,3	21,3	32,5	32,5
20	17,1	17,1	27,3	27,3
25	14,6	14,6	23,9	23,9

Tab. 29: Ergebnis Erdwärmepumpe Rauhriegel
Quelle: eigene Darstellung

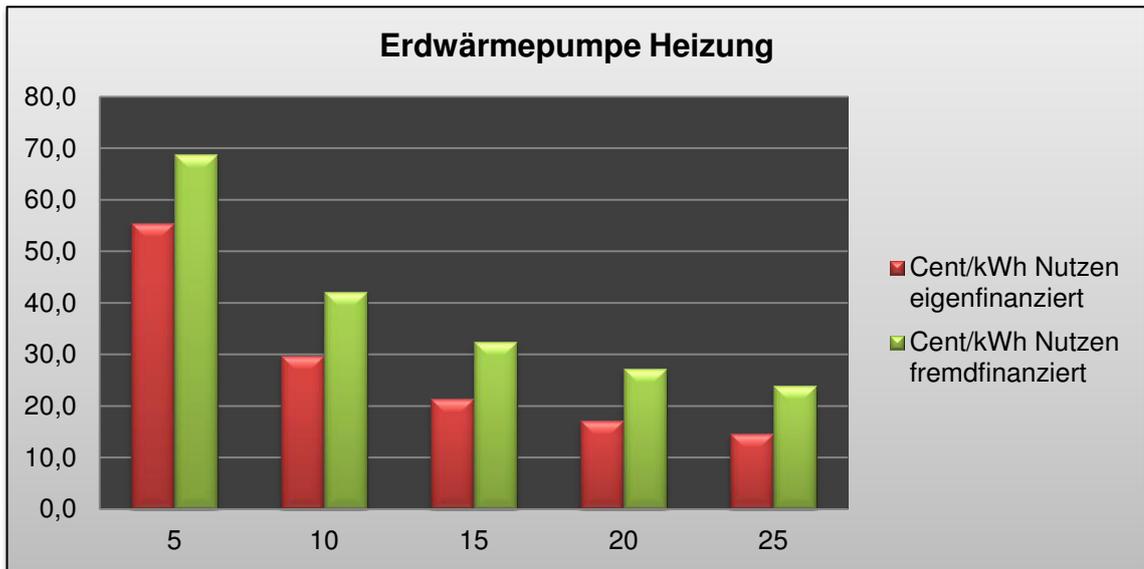


Abb. 78: Erdwärmepumpe Rauhriegel
Quelle: eigene Darstellung

Luftwärmepumpe Heizung

Leistung Luftwärmepumpe	6,50 kW
Systempreis	15500,00 €
Förderung	2600,00 €
Gesamtinvestitionskosten	12900,00 €
Wartungskosten pro Jahr	160,00 €
Stromkosten pro Jahr	196,00 €
Ø Preissteigerung Strom pro Jahr	2,19 %
Ø Sparzinssatz Bank (-KESt)	1,50 %
Ø Inflation	1,80 %

Tab. 30: Daten Luftwärmepumpe Rauhriegel
Quelle: eigene Darstellung

Luftwärmepumpe Heizung 6,5 kW Barwertvergleich in Cent	Kosten/kWh eigenfinanziert		Kosten/kWh fremdfinanziert	
	Erzeugung	Nutzen	Erzeugung	Nutzen
Jahre				
5	53,2	53,2	65,5	65,5
10	29,6	29,6	40,8	40,8
15	21,8	21,8	32,0	32,0
20	17,9	17,9	27,3	27,3
25	15,6	15,6	24,1	24,1

Tab. 31: Ergebnis Luftwärmepumpe Rauhriegel
Quelle: eigene Darstellung

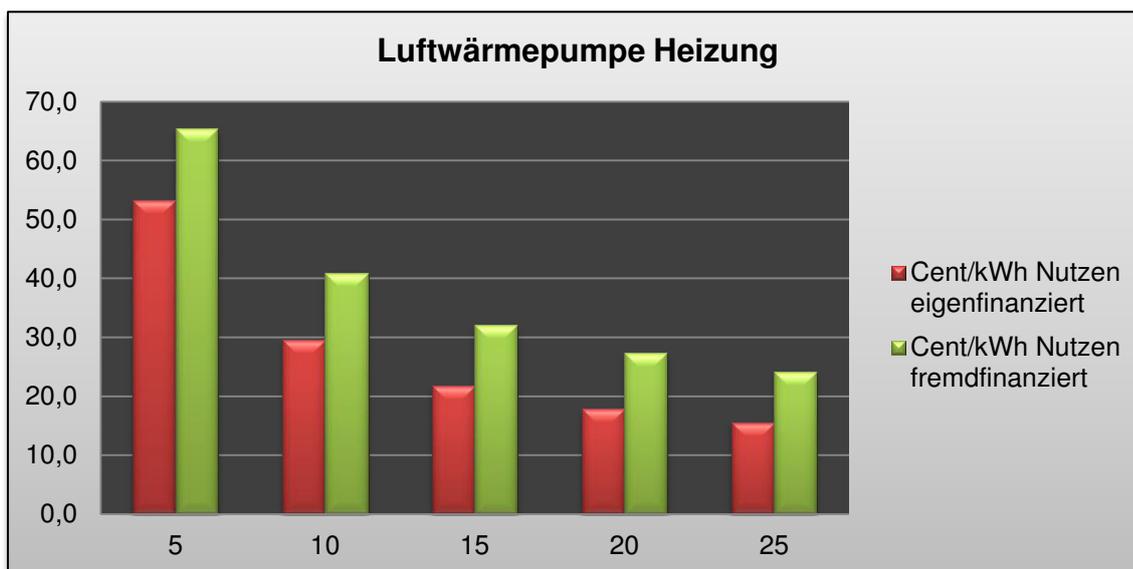


Abb. 79: Luftwärmepumpe Rauhriegel
Quelle: eigene Darstellung

3.3.1.5 Holzvergaser

Der Holzpreis ist von 2007 bis 2014 um ca. 19€, von 52€ auf 61€, gestiegen. Dies ergibt eine jährliche Preissteigerung von 2,25%.

Leistung Holzvergaser	6,10 kW
Systempreis	13000,00 €
Förderung	2600,00 €
Gesamtinvestitionskosten	10400,00 €
Wartungskosten pro Jahr	200,00 €
Brennholzkosten pro Jahr	451,00 €
Ø Preissteigerung Brennholz pro Jahr	3,00 %
Ø Sparzinssatz Bank (-KESt)	1,50 %
Ø Inflation	1,80 %

Tab. 32: Daten Holzvergaser Rauhriegel
Quelle: eigene Darstellung

Holzvergaser Barwertvergleich in Cent	Kosten/kWh eigenfinanziert		Kosten/kWh fremdfinanziert	
	Erzeugung	Nutzen	Erzeugung	Nutzen
Jahre				
5	28,5	36,8	34,2	44,0
10	17,6	22,7	22,8	29,3
15	14,0	18,0	18,7	24,1
20	12,1	15,6	16,4	21,2
25	11,0	14,2	15,0	19,3

Tab. 33: Ergebnis Holzvergaser Rauhriegel
Quelle: eigene Darstellung

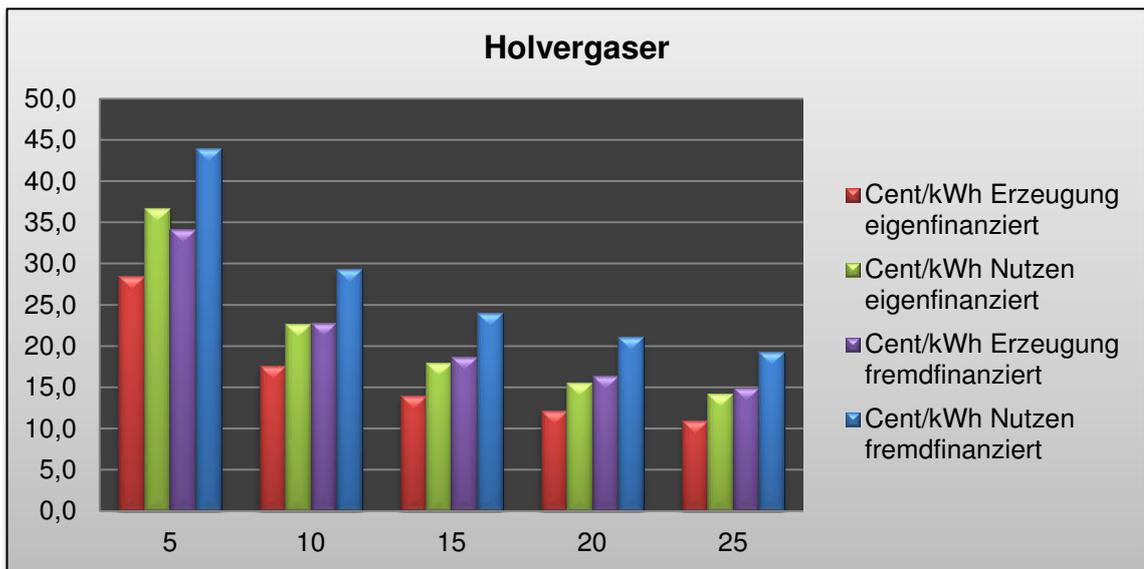


Abb. 80: Holzvergaser Rauhriegel
Quelle: eigene Darstellung

3.3.1.6 Pelletsheizung

Leistung Pelletsheizung	6,10 kW
Systempreis	12800,00 €
Förderung	2600,00 €
Gesamtinvestitionskosten	10200,00 €
Wartungskosten pro Jahr	200,00 €
Pelletskosten pro Jahr	441,02 €
Stromkosten pro Jahr	40,00 €
Ø Preissteigerung Pellet pro Jahr	3,68 %
Ø Preissteigerung Strom pro Jahr	2,19 %
Ø Sparzinssatz Bank (-KESt)	1,50 %
Ø Inflation	1,80 %

Tab. 34: Daten Pelletsheizung Rauhriegel
Quelle: eigene Darstellung

Pelletsheizung Barwertvergleich in Cent	Kosten/kWh eigenfinanziert		Kosten/kWh fremdfinanziert	
	Erzeugung	Nutzen	Erzeugung	Nutzen
Jahre				
5	29,2	36,4	35,0	43,6
10	18,5	23,1	23,8	29,6
15	15,3	19,0	20,0	25,0
20	13,9	17,3	18,2	22,7
25	13,3	16,5	17,2	21,5

Tab. 35: Ergebnis Pelletsheizung Rauhriegel
Quelle: eigene Darstellung

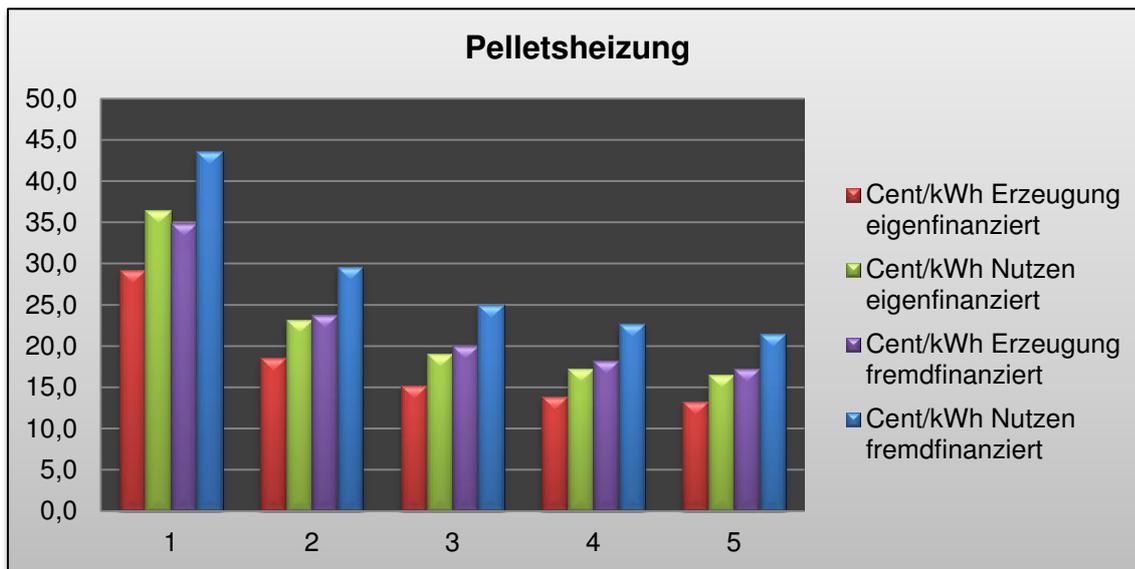


Abb. 81: Pelletsheizung Rauhriegel
Quelle: eigene Darstellung

3.3.1.7 Kombinationen zur Elektroenergiegewinnung

Eine Kombination aus Photovoltaik und Windrad hat den Vorteil, dass das Windrad besonders gute Erträge in den Wintermonaten und die Photovoltaikanlage besonders gute Erträge in den Sommermonaten liefert. Eine Kombination aus beiden Systemen kann eine autarke Stromversorgung durchaus realisieren. Zusätzlich wäre nur ein kleiner Akku notwendig um ertragsschwache Tage zu überbrücken. Natürlich wäre auch bei dieser Kombination Rücksichtnahme bei der Verwendung von Geräten mit hohem Verbrauch notwendig. Die Photovoltaik könnte dementsprechend kleiner dimensioniert werden.

Folgendes Beispiel, welches aus einem 3kW Windrad, einer 2,5 kWp Photovoltaikanlage und einem 5,5 kWh Akku besteht, zeigt die Erträge zur Bedarfsabdeckung und die Wirtschaftlichkeit.

PV-Leistung	2,50 kWp
Windrad 25m Generatorhöhe	3,00 kW
Akku	5,50 kWh
Systempreis PV	3400,00 €
Systempreis Windrad	6800,00 €
Systempreis Akku	5500,00 €
Förderung	-687,50
Gesamtinvestitionskosten	15012,50 €
Wartungskosten pro Jahr	250,00 €
Ø Preissteigerung Strom pro Jahr	2,19 %
Ø Sparzinssatz Bank (-KESt)	1,50 %
Ø Inflation	1,80 %
Elektroenergie Eigenverbrauch	2850 kWh
Elektroenergieüberschuss	2490 kWh
Deckung	100%
Akkuverluste	250 kWh
€/kWh Netzbezug	0,165 €/kWh
€/kWh Netzeinspeisung	0,060 €/kWh

Tab. 36: Daten Kombination PV/Windrad Rauhriegel

Quelle: eigene Darstellung

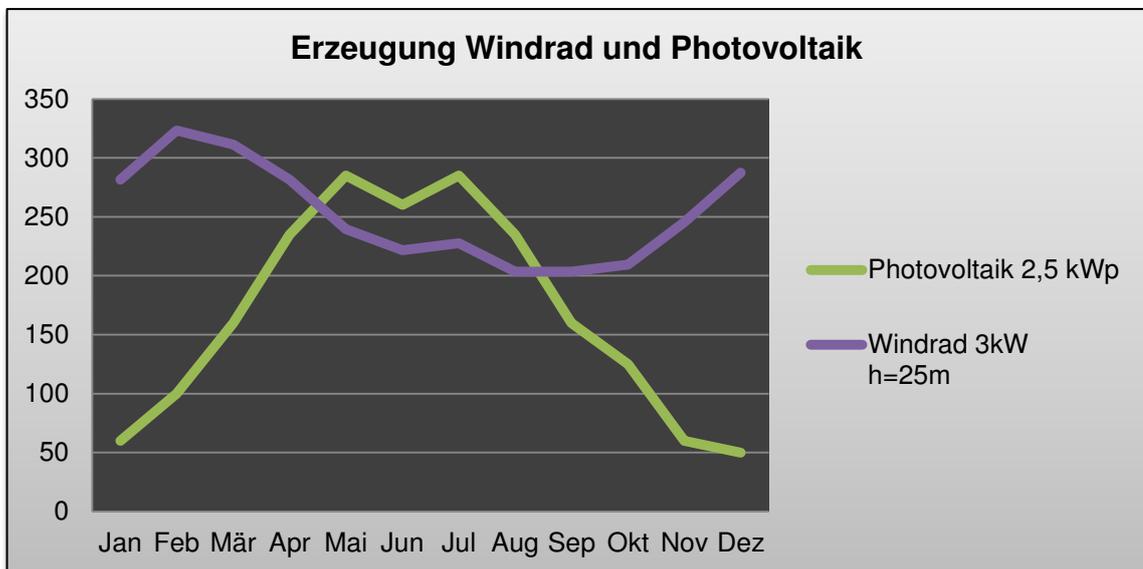


Abb. 82: Erzeugung PV/Windrad Rauhriegel

Quelle: eigene Darstellung

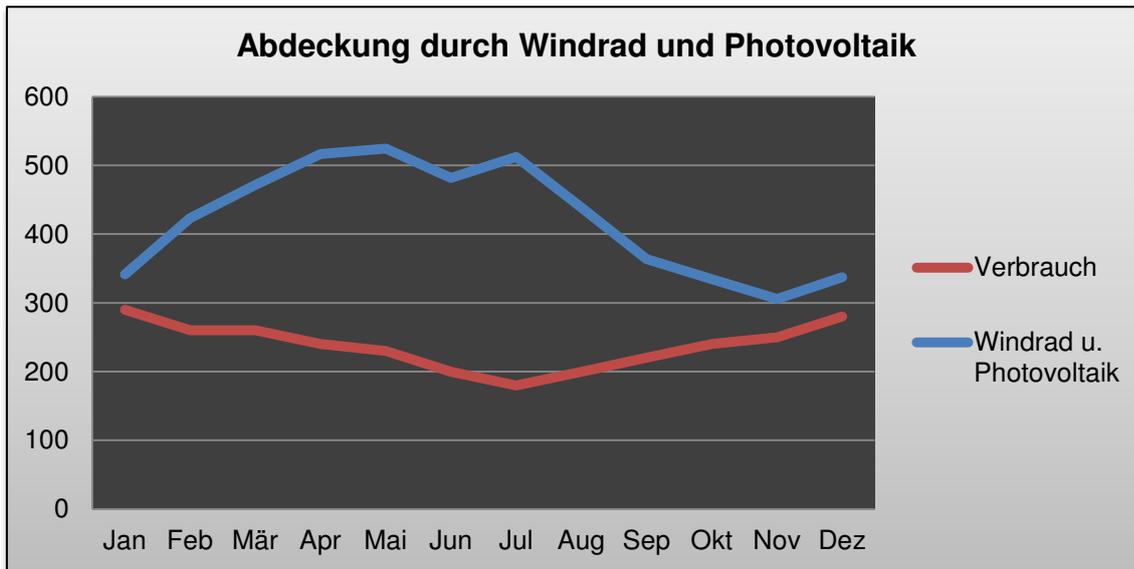


Abb. 83: Abdeckung PV/Windrad Rauhriegel
Quelle: eigene Darstellung

Kombination Photovoltaik, Windrad, Akku Barwertvergleich in Cent	Kosten/kWh eigenfinanziert	Kosten/kWh fremdfinanziert	Kosten/kWh Netzbezug
5	107,5	135,1	16,8
10	54,6	79,7	17,1
15	36,9	59,8	17,4
20	28,0	48,9	17,8
25	22,6	41,7	18,1

Tab. 37: Ergebnis Kombination PV/Windrad Rauhriegel
Quelle: eigene Darstellung

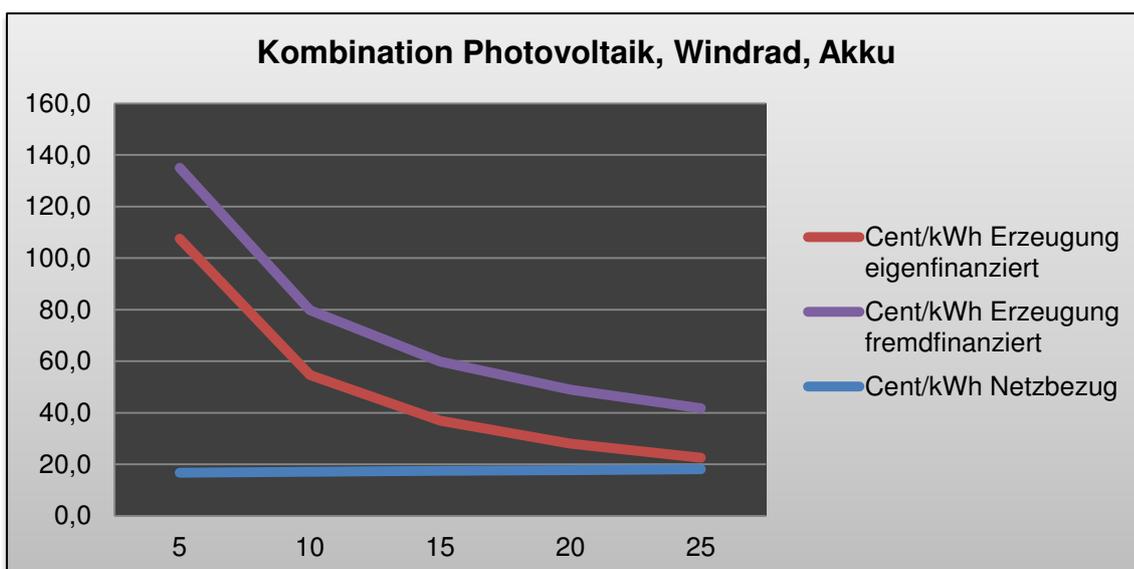


Abb. 84: Ergebnis PV/Windrad Rauhriegel
Quelle: eigene Darstellung

3.3.1.8 Kombinationen zur Gewinnung von Wärmeenergie

Auch hier ist eine Kombination von mehreren Systemen möglich. Eine, die speziell im ländlichen Raum sehr oft Anwendung findet, ist die Kombination von Holzvergaser und thermischer Solaranlage. Auf den Pufferspeicher der Holzheizung kann verzichtet werden, da der Solarspeicher diese Funktion mitübernehmen kann.

Kollektorleistung	9,70 kW
Systempreis Solaranlage	12200,00 €
Systempreis Holzvergaser ohne Speicher	10000,00
Förderung	4800,00 €
Gesamtinvestitionskosten	17400,00 €
Wartungskosten pro Jahr	230,00 €
Stromkosten pro Jahr	60,00 €
Brennholzkosten pro Jahr	168,00 €
Ø Preissteigerung Strom pro Jahr	2,19 %
Ø Preissteigerung Brennholz pro Jahr	2,25 %
Ø Sparzinssatz Bank (-KESt)	1,50 %
Ø Inflation	1,80 %
Wärmeenergiebedarf	5468 kWh
Warmwasserenergiebedarf	1995 kWh
Deckung	100%
Gesamt	7463 kWh
Erzeugte Energie Solar	3886 kWh

Tab. 38: Daten Kombination Solaranlage/Holzvergaser Rauhriegel

Quelle: eigene Darstellung

Kombination thermische Solaranlage mit Holzvergaser Barwertvergleich in Cent	Kosten/kWh eigenfinanziert		Kosten/kWh fremdfinanziert	
	Erzeugung	Nutzen	Erzeugung	Nutzen
Jahre				
5	40,6	52,3	50,0	64,4
10	22,5	28,9	31,1	40,0
15	16,5	21,2	24,3	31,4
20	13,5	17,4	20,7	26,6
25	11,7	15,1	18,3	23,6

Tab. 39: Ergebnis Kombination Solaranlage/Holzvergaser Rauhriegel

Quelle: eigene Darstellung

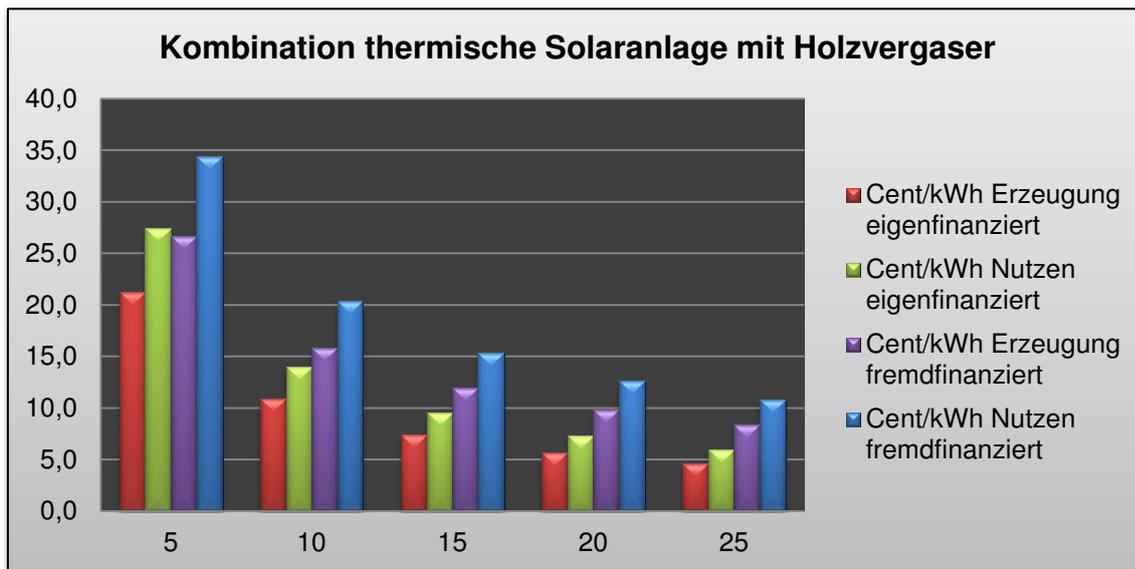


Abb. 85: Erzeugung Solaranlage/Holzvergaser Rauhriegel

Quelle: eigene Darstellung

Jedoch zeigt sich in dieser Variante, dass nur der Holzvergaser laut Kapitel 3.3.1.5 besser abschneidet als die Kombination mit einer thermischen Solaranlage. Das erklärt sich daraus, dass es Holzvergaser erst ab einer bestimmten Leistung gibt und die geringste schon für die Wärmeenergie dieses Hauses ausreicht, deshalb spart die Kombination mit einer thermischen Solar nur Brennstoffkosten ein, aber mindert nicht die Anschaffungskosten. Deshalb bringt diese Kombination keinen Vorteil.

3.3.1.9 Kombinationen mehrerer Systeme

Betrachtet man alle angeführten Varianten, so wäre die beste Wahl die Kombination Windrad mit Photovoltaik und Akku für die elektrische Energiegewinnung, eine Luftwärmepumpe für die Warmwasserbereitung und eine Erdwärmepumpe für die Heizenergie. Jedoch ist der zusätzliche elektrische Energiebedarf der Wärmepumpen so hoch, dass es speziell in den Wintermonaten fast unmöglich wäre diese elektrische Energie selbst zu erzeugen. Die nächstbessere Alternative wäre ein Holzvergaser zur Wärmeenergiegewinnung.

Auf 25 Jahre betrachtet, kann die kWh elektrische Energie mit der Kombination Windrad und Photovoltaikanlage um 22,6 Cent eigenfinanziert bzw. 41,7 Cent fremdfinanziert werden. Die Wärmeenergie mittels Holzvergaser kann zu 14,2 Cent eigenfinanziert bzw. 19,3 Cent fremdfinanziert gewonnen werden.

Gesamt, auf 25 Jahre gerechnet, ergibt das pro Jahr Kosten von 1704 € eigenfinanziert bzw. 2629 € fremdfinanziert.

Eine Berechnung soll zeigen, ob durch den Einsatz eines Elektroheizstabes, der mit der überschüssigen elektrischen Energie Brennstoffkosten des Holzvergaser sparen soll, ein besseres Ergebnis erzielt werden kann.

Der zusätzliche Aufwand für den Heizstab wird mit 500 € berechnet. Folgendes Ergebnis wird erzielt:

Kombination Holzvergaser, Heizstab, Photovoltaik, Windrad, Akku Barwertvergleich in Cent	Kosten/kWh eigenfinanziert	Kosten/kWh fremdfinanziert
Jahre	Nutzen	Nutzen
5	57,7	70,9
10	32,6	44,6
15	24,3	35,2
20	20,2	30,2
25	17,7	26,8

Tab. 40: Ergebnis Kombination mit Heizstab Rauhriegel

Quelle: eigene Darstellung

Auf 25 Jahre gerechnet, ergibt das Gesamtenergiekosten pro Jahr von 1825 € eigenfinanziert und 2763 € fremdfinanziert. Das Ergebnis zeigt, dass es besser ist, den überschüssigen Strom ins Netz zu liefern als, ihn selbst für Heizzwecke einzusetzen.

3.3.2 Berechnung der Systeme im Holz-Fertigteilhaus Oberwart

3.3.2.1 Solarthermische Anlage

Durch die Lage des Objektes und die Dachfläche ist nur eine Variante für eine Solarthermische Anlage möglich.

Kollektorleistung	19,40 kW
Systempreis	18100,00 €
Förderung	2200,00 €
Gesamtinvestitionskosten	15900,00 €
Wartungskosten pro Jahr	30,00 €
Stromkosten pro Jahr	40,00 €
Ø Preissteigerung Strom pro Jahr	2,19 %
Ø Sparzinssatz Bank (-KESt)	1,50 %
Ø Inflation	1,80 %
Wärmeenergiebedarf	6941 kWh
Warmwasserenergiebedarf	1995 kWh
Deckung Solar	51%
Gesamt	4557 kWh
Erzeugte Energie vom Kollektorkreis	7150 kWh

Tab. 41: Daten Solaranlage Oberwart
Quelle: eigene Darstellung

Thermische Solaranlage 19,4 kW Barwertvergleich in Cent	Kosten/kWh eigenfinanziert		Kosten/kWh fremdfinanziert	
	Erzeugung	Nutzen	Erzeugung	Nutzen
Jahre				
5	44,9	70,5	56,5	88,7
10	22,6	35,5	33,2	52,2
15	15,2	23,9	24,9	39,1
20	11,5	18,1	20,4	31,9
25	9,3	14,6	17,4	27,3

Tab. 42: Ergebnis Solaranlage Oberwart
Quelle: eigene Darstellung

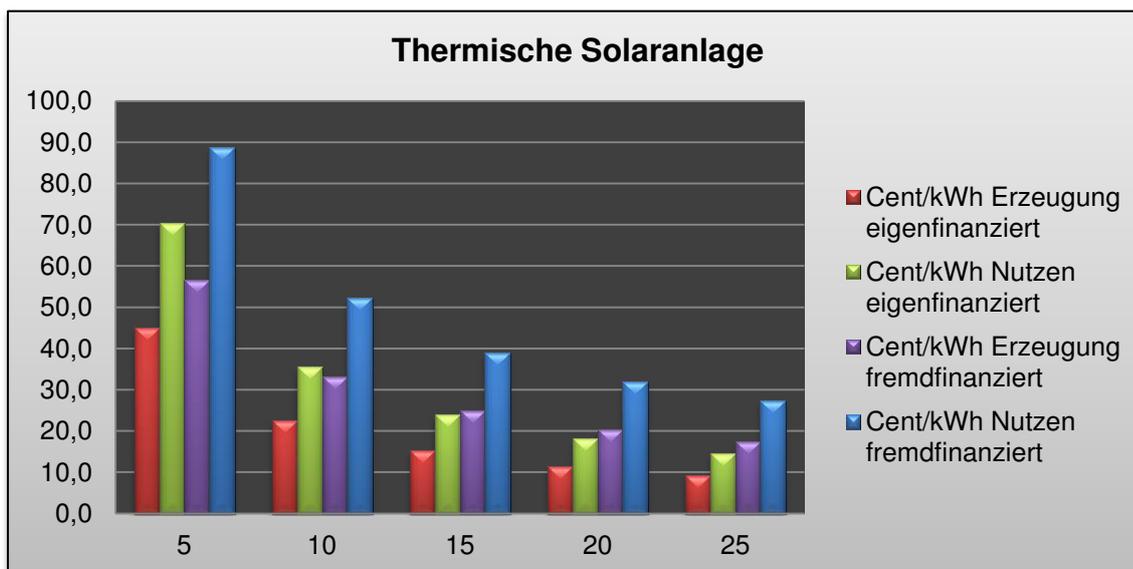


Abb. 86: Solaranlage Oberwart
Quelle: eigene Darstellung

3.3.2.2 Photovoltaikanlage

Variante 1: Photovoltaik autark mit Akkusystem

PV-Leistung	8,55 kWp
Akkukapazität	74,50 kWh
Systempreis PV	13680,00 €
Systempreis Akku	74500,00 €
Gesamtinvestitionskosten	88180,00 €
Wartungskosten pro Jahr	250,00 €
Ø Preissteigerung Strom pro Jahr	2,19 %
Ø Sparzinssatz Bank (-KESt)	1,50 %
Ø Inflation	1,80 %
Elektroenergiebedarf	2850 kWh
Elektroenergieüberschuss	3912 kWh
Deckung	100%
€/kWh Netzbezug	0,165 €/kWh
€/kWh Netzeinspeisung	0,060 €/kWh

Tab. 43: Daten Photovoltaik 1 Oberwart

Quelle: eigene Darstellung

Photovoltaik autark Barwertvergleich in Cent Jahre	Kosten/kWh eigenfinanziert	Kosten/kWh fremdfinanziert	Kosten/kWh Netzbezug
5	611,8	773,4	16,8
10	301,4	449,0	17,1
15	197,9	332,6	17,4
20	146,0	269,1	17,8
25	114,9	227,3	18,1

Tab. 44: Ergebnis Photovoltaik 1 Oberwart

Quelle: eigene Darstellung

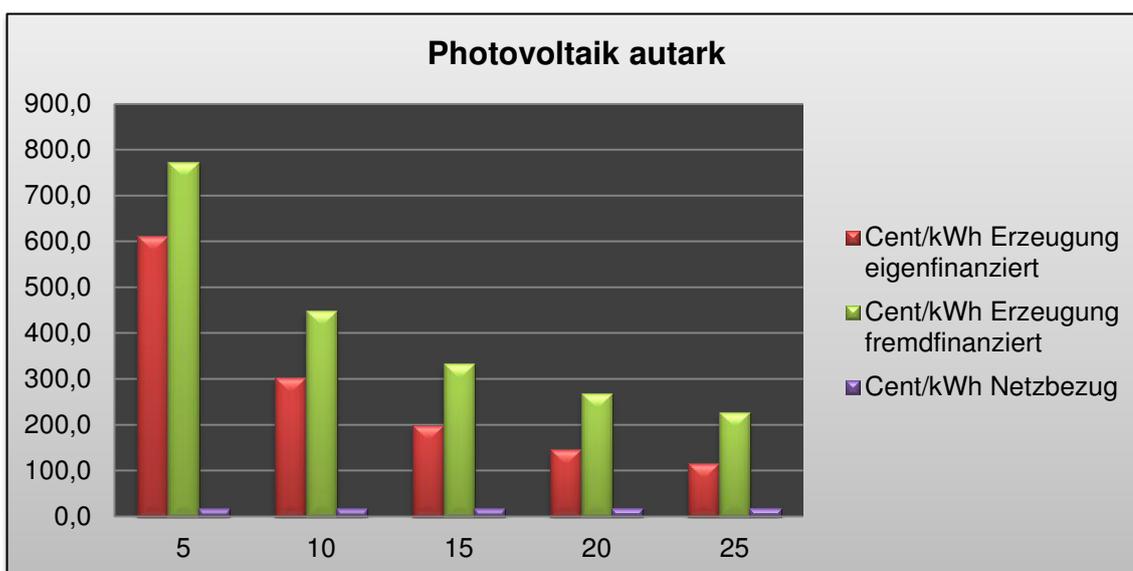


Abb. 87: Photovoltaik 1 Oberwart

Quelle: eigene Darstellung

Variante 2: Photovoltaik autark mit Generator

PV-Leistung	8,55 kWp
Akkukapazität	5,50 kWh
Generator	2,80 kW
Systemkosten PV	13680,00 €
Systemkosten Akku	5500,00 €
Generatorkosten	1890,00 €
Gesamtinvestitionskosten	21070,00 €
Wartungskosten pro Jahr	250,00 €
Betriebskosten Generator	1069,20 €
Ø Preissteigerung Strom pro Jahr	2,19 %
Ø Sparzinssatz Bank (-KESt)	1,50 %
Ø Inflation	1,80 %
Elektroenergiedeckung	2850 kWh
Elektroenergieüberschuss	4633 kWh
Deckung	100%
€/kWh Netzbezug	0,165 €/kWh
€/kWh Netzeinspeisung	0,060 €/kWh

Tab. 45: Daten Photovoltaik 2 Oberwart

Quelle: eigene Darstellung

Photovoltaik autark mit Generator Barwertvergleich in Cent	Kosten/kWh eigenfinanziert	Kosten/kWh fremdfinanziert	Kosten/kWh Netzbezug
Jahre			
5	181,9	220,5	16,8
10	106,9	142,1	17,1
15	81,2	113,4	17,4
20	68,0	97,4	17,8
25	59,7	86,6	18,1

Tab. 46: Ergebnis Photovoltaik 2 Oberwart

Quelle: eigene Darstellung

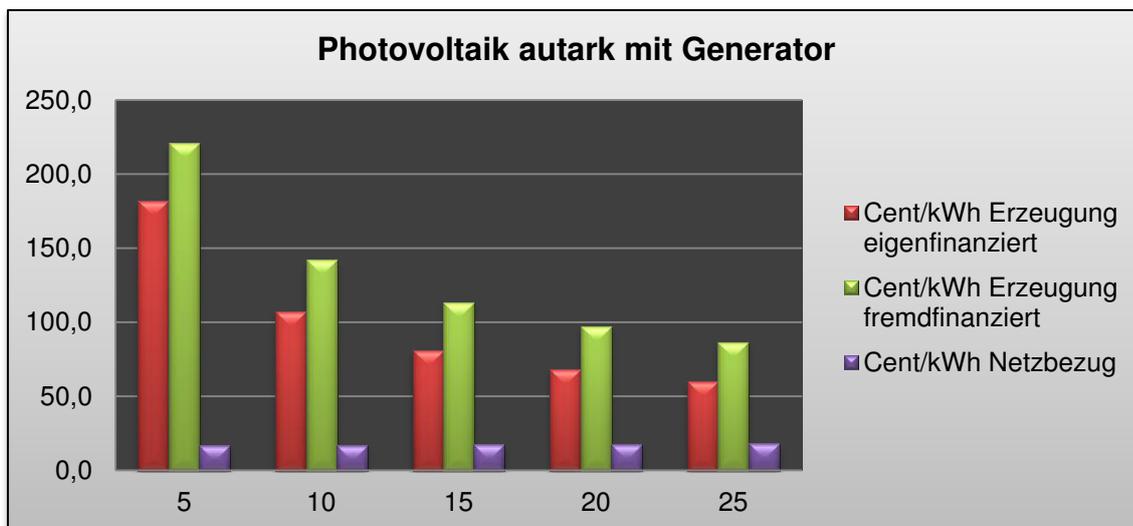


Abb. 88: Photovoltaik 2 Oberwart

Quelle: eigene Darstellung

Variante 3: Photovoltaik 5,1 kWp

PV-Leistung	5,10 kWp
Systempreis	8160,00 €
Förderung	-1375,00
Gesamtinvestitionskosten	6785,00 €
Wartungskosten pro Jahr	150,00 €
Ø Preissteigerung Strom pro Jahr	2,19 %
Ø Sparzinssatz Bank (-KESt)	1,50 %
Ø Inflation	1,80 %
Elektroenergie Eigenverbrauch	1212 kWh
Elektroenergieüberschuss	2817 kWh
Deckung	43%
€/kWh Netzbezug	0,165 €/kWh
€/kWh Netzeinspeisung	0,060 €/kWh

Tab. 47: Daten Photovoltaik 3 Oberwart

Quelle: eigene Darstellung

Photovoltaik autark mit Generator Barwertvergleich in Cent	Kosten/kWh eigenfinanziert	Kosten/kWh fremdfinanziert	Kosten/kWh Netzbezug
Jahre			
5	108,9	138,1	16,8
10	52,5	79,2	17,1
15	33,5	57,9	17,4
20	23,9	46,1	17,8
25	18,0	38,3	18,1

Tab. 48: Ergebnis Photovoltaik 3 Oberwart

Quelle: eigene Darstellung

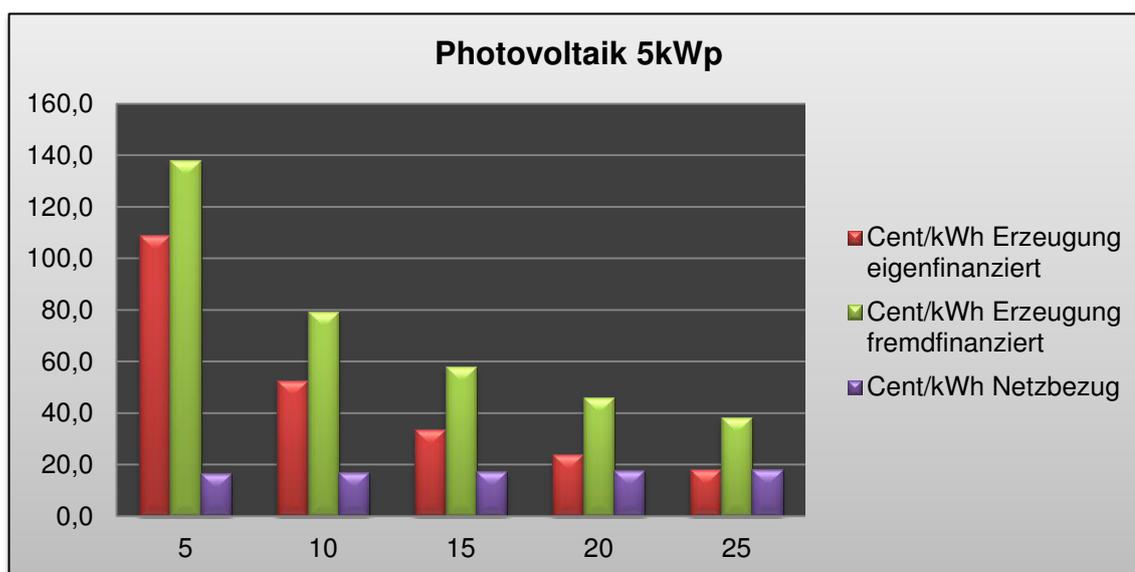


Abb. 89: Photovoltaik 3 Oberwart

Quelle: eigene Darstellung

3.3.2.3 Kleinwindkraftanlage

Windrad 25m Generatorhöhe	3,00 kW
Systempreis	6800,00 €
Gesamtinvestitionskosten	6800,00 €
Wartungskosten pro Jahr	100,00 €
Ø Preissteigerung Strom pro Jahr	2,19 %
Ø Sparzinssatz Bank (-KESt)	1,50 %
Ø Inflation	1,80 %
Elektroenergie Eigenverbrauch	1425 kWh
Elektroenergieüberschuss	1611 kWh
Deckung	50%
€/kWh Netzbezug	0,165 €/kWh
€/kWh Netzeinspeisung	0,060 €/kWh

Tab. 49: Daten Windrad Oberwart

Quelle: eigene Darstellung

Kleinwindkraftanlage Barwertvergleich in Cent	Kosten/kWh eigenfinanziert	Kosten/kWh fremdfinanziert	Kosten/kWh Netzbezug
Jahre			
5	94,4	119,4	16,8
10	46,5	69,2	17,1
15	30,4	51,2	17,4
20	22,3	41,2	17,8
25	17,4	34,7	18,1

Tab. 50: Ergebnis Windrad Oberwart

Quelle: eigene Darstellung

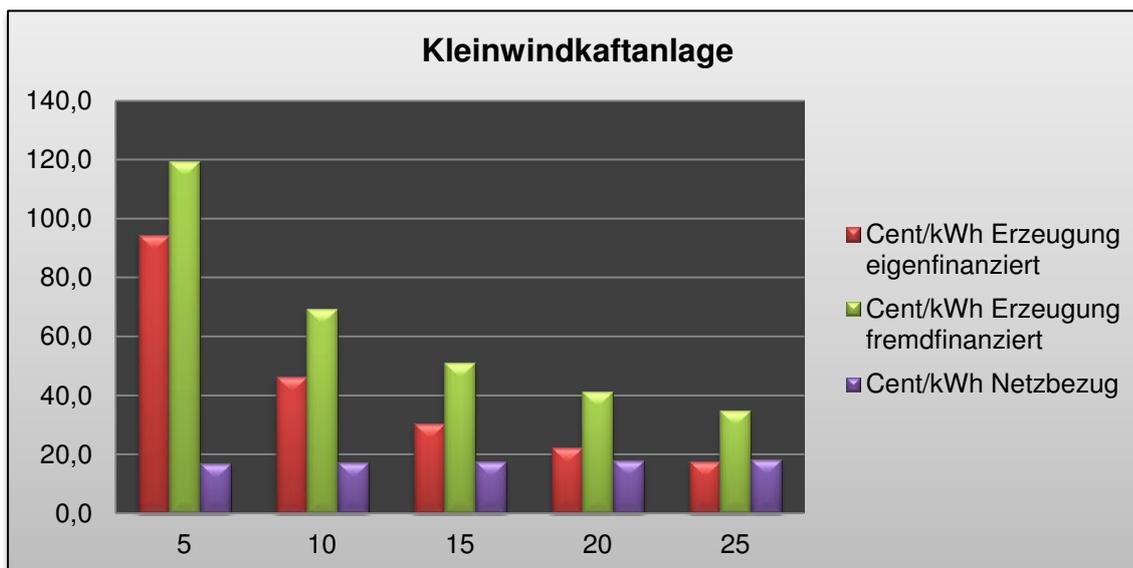


Abb. 90: Windrad Oberwart

Quelle: eigene Darstellung

3.3.2.4 Wärmepumpe

Luftwärmepumpe zur Warmwasserbereitung

Warmwasserwärmepumpe	1,96 kW
Systempreis	3204,00 €
Förderung	600,00 €
Gesamtinvestitionskosten	2604,00 €
Wartungskosten pro Jahr	100,00 €
Stromkosten pro Jahr	70,09 €
Speicherverluste	10,00 %
Ø Preissteigerung Strom pro Jahr	2,19 %
Ø Sparzinssatz Bank (-KESt)	1,50 %
Ø Inflation	1,80 %

Tab. 51: Daten Warmwasserwärmepumpe Oberwart

Quelle: eigene Darstellung

Warmwasserwärmepumpe 1,96 kW Barwertvergleich in Cent	Kosten/kWh eigenfinanziert		Kosten/kWh fremdfinanziert	
	Erzeugung	Nutzen	Erzeugung	Nutzen
Jahre				
5	27,6	30,9	33,7	37,7
10	16,0	17,8	21,5	24,1
15	12,1	13,5	17,2	19,2
20	10,2	11,4	14,9	16,6
25	9,1	10,2	13,3	14,9

Tab. 52: Ergebnis Warmwasserwärmepumpe Oberwart

Quelle: eigene Darstellung

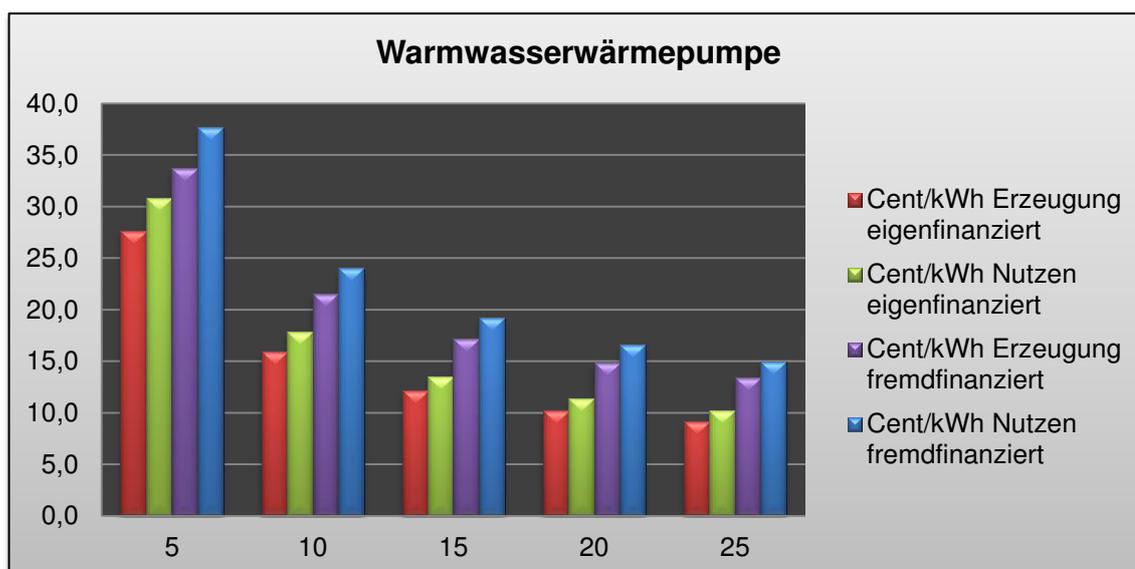


Abb. 91: Warmwasserwärmepumpe Oberwart

Quelle: eigene Darstellung

Erdwärmepumpe Heizung

Leistung Erdwärmepumpe	5,20 kW
Systempreis	16600,00 €
Förderung	2600,00 €
Gesamtinvestitionskosten	14000,00 €
Wartungskosten pro Jahr	120,00 €
Stromkosten pro Jahr	182,60 €
Ø Preissteigerung Strom pro Jahr	2,19 %
Ø Sparzinssatz Bank (-KESt)	1,50 %
Ø Inflation	1,80 %

Tab. 53: Daten Erdwärmepumpe Oberwart

Quelle: eigene Darstellung

Erdwärmepumpe Heizung 5,2 kW Barwertvergleich in Cent	Kosten/kWh eigenfinanziert		Kosten/kWh fremdfinanziert	
	Erzeugung	Nutzen	Erzeugung	Nutzen
Jahre				
5	41,2	44,3	43,2	54,8
10	22,5	24,1	23,4	33,7
15	16,4	17,4	16,9	26,2
20	13,4	14,1	13,8	22,1
25	11,6	12,1	11,9	19,4

Tab. 54: Ergebnis Erdwärmepumpe Oberwart

Quelle: eigene Darstellung

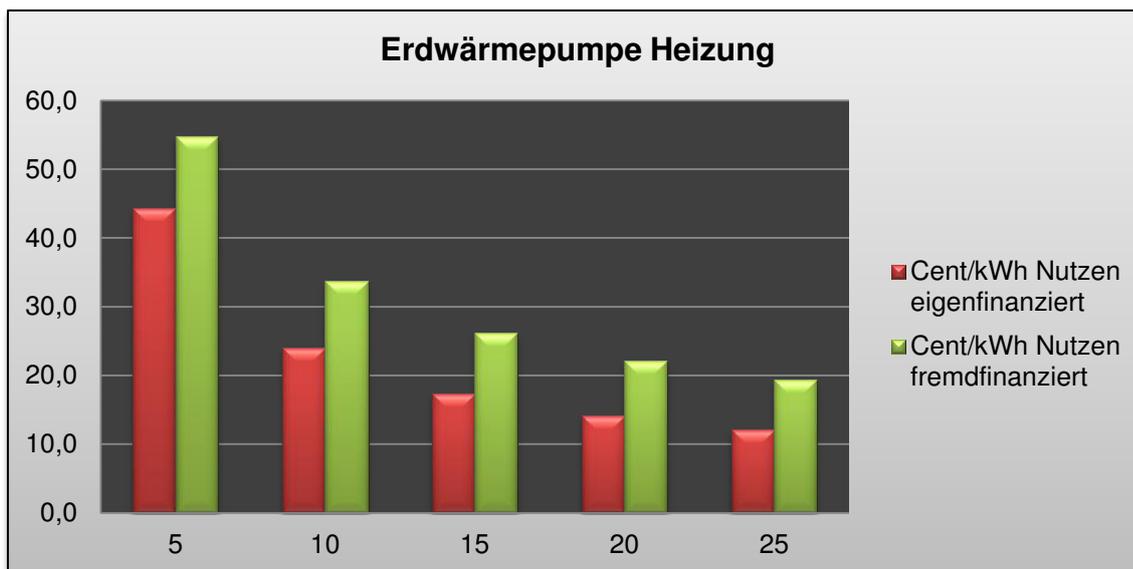


Abb. 92: Erdwärmepumpe Oberwart

Quelle: eigene Darstellung

Luftwärmepumpe Heizung

Leistung Luftwärmepumpe	6,50 kW
Systempreis	15500,00 €
Förderung	2600,00 €
Gesamtinvestitionskosten	12900,00 €
Wartungskosten pro Jahr	160,00 €
Stromkosten pro Jahr	247,50 €
Ø Preissteigerung Strom pro Jahr	2,19 %
Ø Sparzinssatz Bank (-KESt)	1,50 %
Ø Inflation	1,80 %

Tab. 55: Daten Luftwärmepumpe Oberwart

Quelle: eigene Darstellung

Luftwärmepumpe Heizung 6,5kW Barwertvergleich in Cent	Kosten/kWh eigenfinanziert		Kosten/kWh fremdfinanziert	
	Erzeugung	Nutzen	Erzeugung	Nutzen
Jahre				
5	42,7	42,6	52,4	52,3
10	24,3	24,1	33,1	32,9
15	18,2	17,9	26,3	26,0
20	15,3	14,9	22,7	22,3
25	13,7	13,1	20,4	19,8

Tab. 56: Ergebnis Luftwärmepumpe Oberwart

Quelle: eigene Darstellung

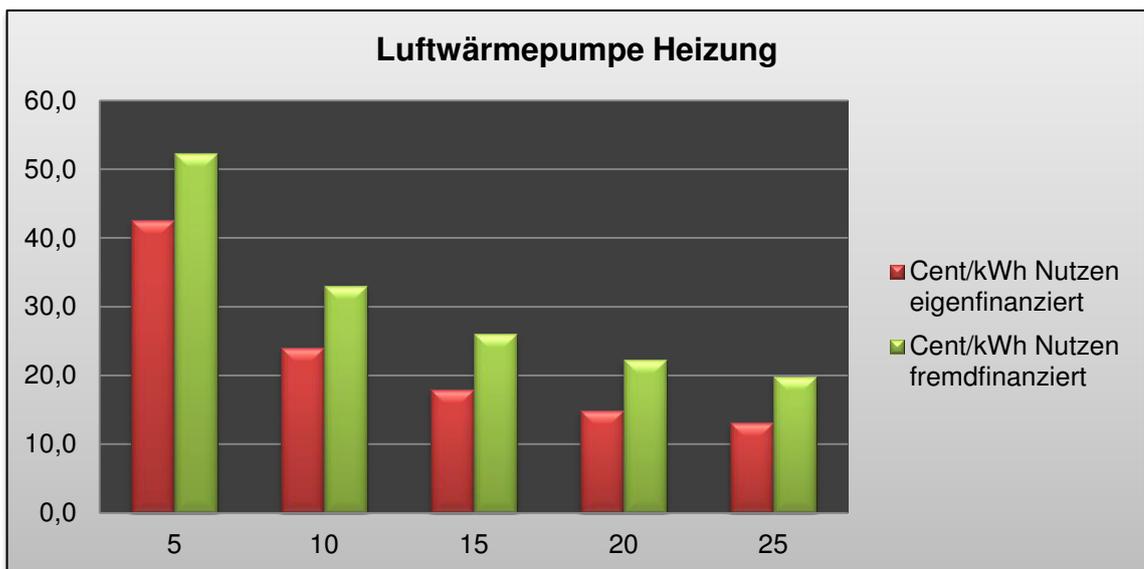


Abb. 93: Luftwärmepumpe Oberwart

Quelle: eigene Darstellung

3.3.2.5 Holzvergaser

Leistung Holzvergaser	6,10 kW
Systempreis	13000,00 €
Förderung	2600,00 €
Gesamtinvestitionskosten	10400,00 €
Wartungskosten pro Jahr	200,00 €
Stromkosten pro Jahr	45,00 €
Brennholzkosten pro Jahr	529,48 €
Ø Preissteigerung Brennholz pro Jahr	2,25 %
Ø Preissteigerung Strom pro Jahr	2,19 %
Ø Sparzinssatz Bank (-KESt)	1,50 %
Ø Inflation	1,80 %

Tab. 57: Daten Holzvergaser Oberwart
Quelle: eigene Darstellung

HOLZVERGASER Barwertvergleich in Cent	Kosten/kWh eigenfinanziert		Kosten/kWh fremdfinanziert	
	Erzeugung	Nutzen	Erzeugung	Nutzen
Jahre				
5	25,1	31,6	29,9	37,7
10	15,8	19,9	20,2	25,4
15	12,7	16,0	16,7	21,0
20	11,1	14,0	14,8	18,6
25	10,2	12,8	13,5	17,1

Tab. 58: Ergebnis Holzvergaser Oberwart
Quelle: eigene Darstellung

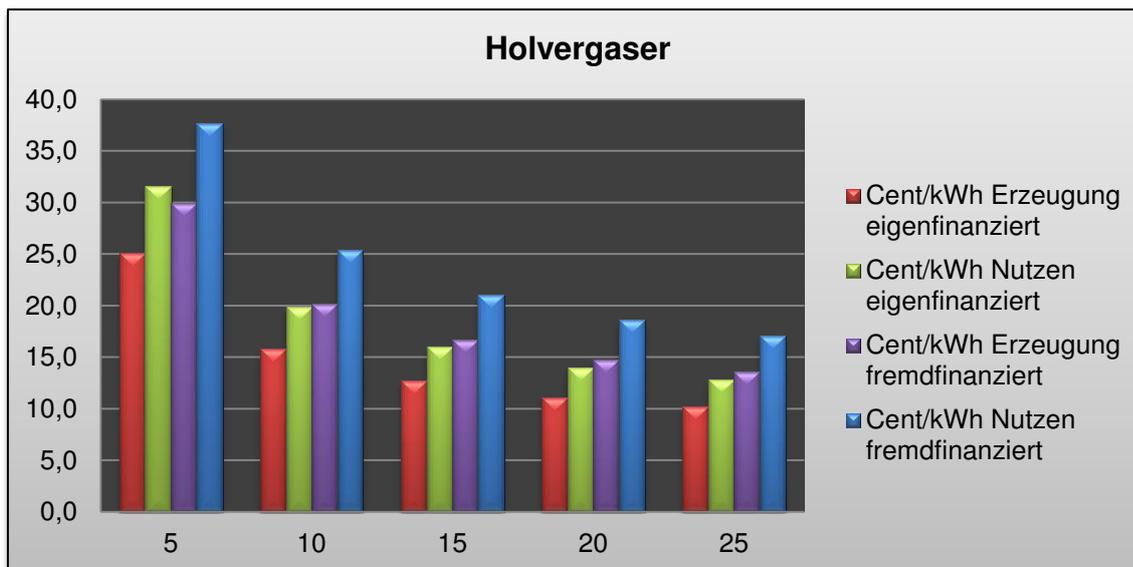


Abb. 94: Holzvergaser Oberwart
Quelle: eigene Darstellung

3.3.2.6 Pelletsheizung

Leistung Pelletheizung	6,10 kW
Systempreis	12800,00 €
Förderung	2600,00 €
Gesamtinvestitionskosten	10200,00 €
Wartungskosten pro Jahr	200,00 €
Pelletskosten pro Jahr	516,10 €
Stromkosten pro Jahr	45,00 €
Ø Preissteigerung Pellet pro Jahr	3,68 %
Ø Preissteigerung Strom pro Jahr	2,19 %
Ø Sparzinssatz Bank (-KESt)	1,50 %
Ø Inflation	1,80 %

Tab. 59: Daten Pelletsheizung Oberwart

Quelle: eigene Darstellung

Pelletsheizung Barwertvergleich in Cent	Kosten/kWh eigenfinanziert		Kosten/kWh fremdfinanziert	
	Jahre	Erzeugung	Nutzen	Erzeugung
5	25,7	31,3	30,6	37,3
10	16,7	20,3	21,1	25,7
15	13,9	17,0	18,0	21,9
20	12,8	15,6	16,5	20,1
25	12,4	15,1	15,8	19,2

Tab. 60: Ergebnis Pelletsheizung Oberwart

Quelle: eigene Darstellung

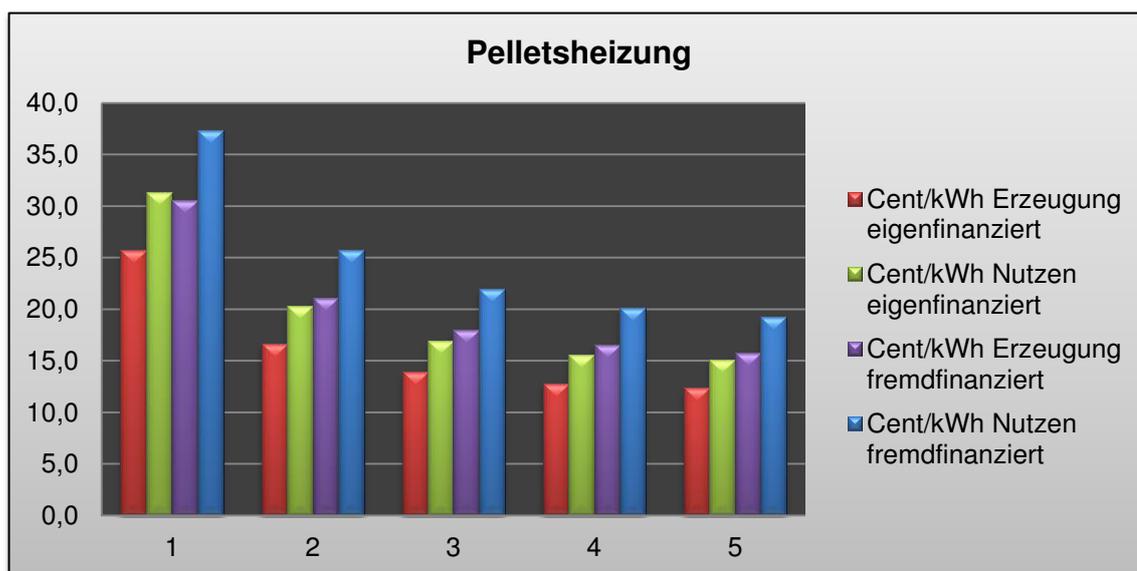


Abb. 95: Pelletsheizung Oberwart

Quelle: eigene Darstellung

3.3.2.7 Kombinationen zur Elektroenergiegewinnung

Auch für das Haus Oberwart wäre die Kombination aus Windkraftanlage und Photovoltaik und einem Akku eine gute Variante, elektrisch Energie zu gewinnen, da so eine gute Abdeckung über das ganze Jahr erreicht werden kann.

Als Beispiel wurde auch ein Windrad mit 3kW, eine Photovoltaikanlage mit 2,5 kWp und ein Akku mit 5,5 kWh gewählt und brachte folgendes Ergebnis:

PV-Leistung	2,50 kWp
Windrad 25m Generatorhöhe	3,00 kW
Akku	5,50 kWh
Systempreis PV	3400,00 €
Systempreis Windrad	6800,00 €
Systempreis Akku	5500,00 €
Förderung	-687,50
Gesamtinvestitionskosten	15012,50 €
Wartungskosten pro Jahr	250,00 €
Ø Preissteigerung Strom pro Jahr	2,19 %
Ø Sparzinssatz Bank (-KESt)	1,50 %
Ø Inflation	1,80 %
Elektroenergie Eigenverbrauch	2850 kWh
Elektroenergieüberschuss	1951 kWh
Deckung	100%
Akkuverluste	250 kWh
€/kWh Netzbezug	0,165 €/kWh
€/kWh Netzeinspeisung	0,060 €/kWh

Tab. 61: Daten Kombination PV/Windrad Oberwart

Quelle: eigene Darstellung

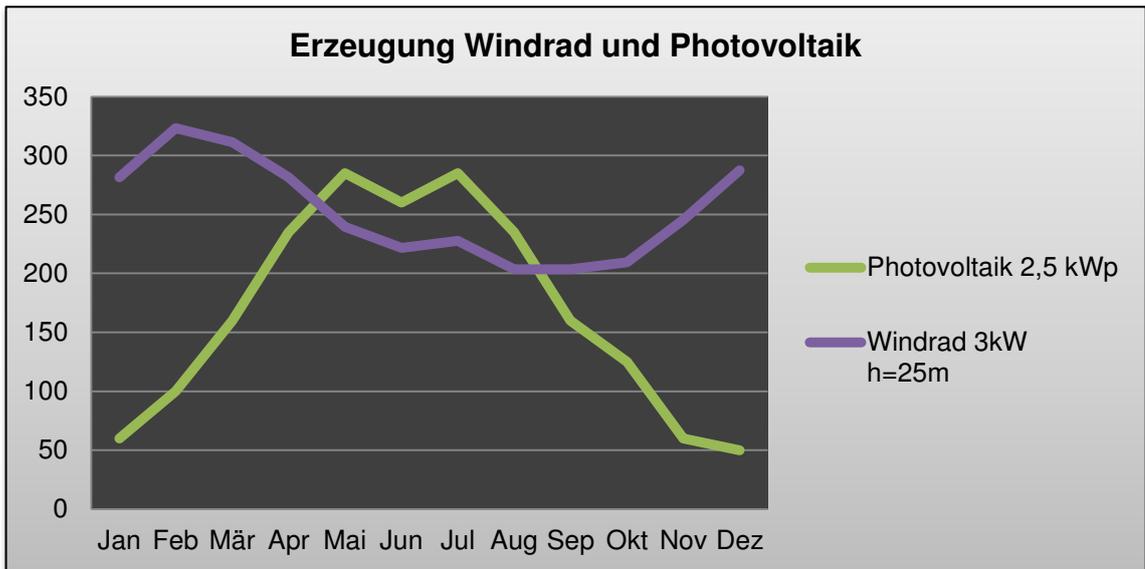


Abb. 96: Erzeugung Photovoltaik/Windrad Oberwart

Quelle: eigene Darstellung

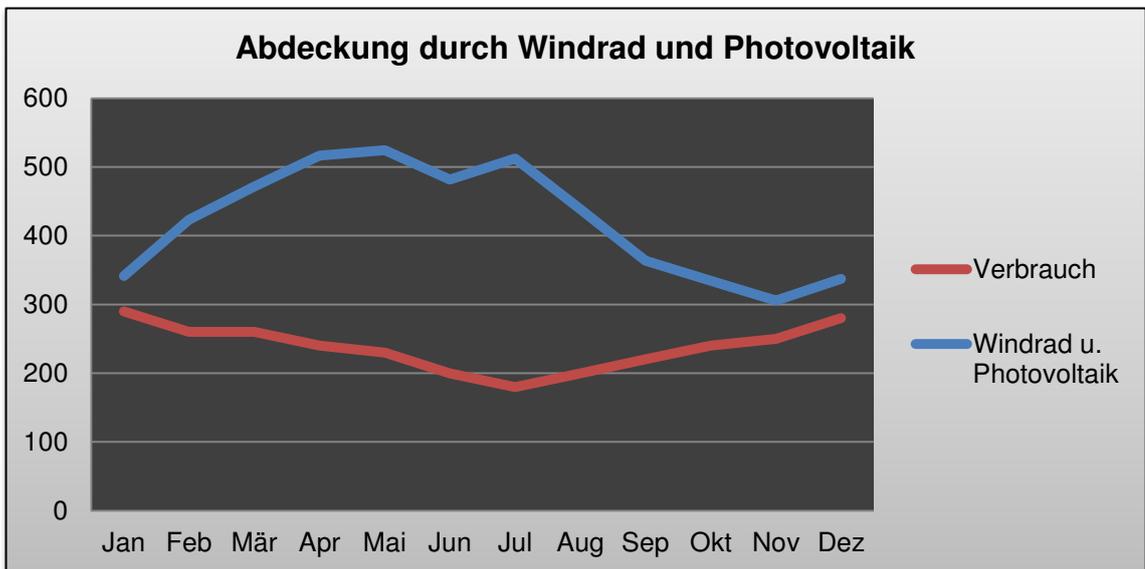


Abb. 97: Abdeckung Photovoltaik/Windrad Oberwart

Quelle: eigene Darstellung

Kombination Photovoltaik, Windrad, Akku Barwertvergleich in Cent Jahre	Kosten/kWh eigenfinanziert	Kosten/kWh fremdfinanziert	Kosten/kWh Netzbezug
	5	108,7	136,2
10	55,8	80,9	17,1
15	38,1	61,0	17,4
20	29,2	50,2	17,8
25	23,8	43,0	18,1

Tab. 62: Ergebnis Kombination PV/Windrad Oberwart

Quelle: eigene Darstellung

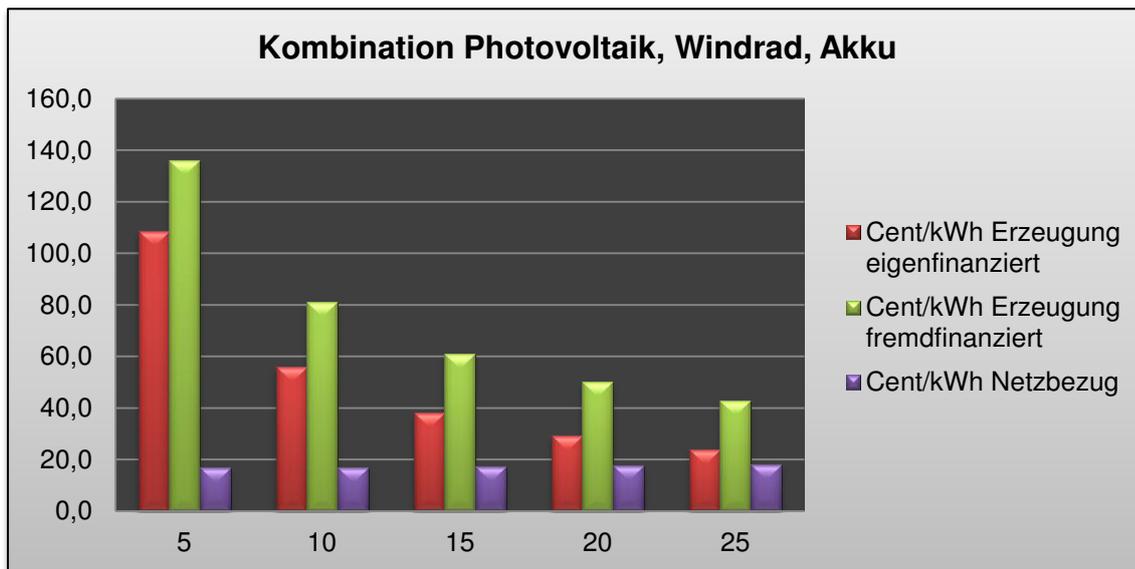


Abb. 98: Ergebnis Photovoltaik/Windrad Oberwart
Quelle: eigene Darstellung

3.3.2.8 Kombinationen zur Gewinnung von Wärmeenergie

Kollektorleistung	19,10 kW
Systempreis Solaranlage	18100,00 €
Systempreis Holzvergaser ohne Speicher	10000,00 €
Förderung	4800,00 €
Gesamtinvestitionskosten	23300,00 €
Wartungskosten pro Jahr	230,00 €
Stromkosten pro Jahr	60,00 €
Brennholzkosten pro Jahr	259,44 €
Ø Preissteigerung Strom pro Jahr	2,19 %
Ø Preissteigerung Brennholz pro Jahr	2,25 %
Ø Sparzinssatz Bank (-KESt)	1,50 %
Ø Inflation	1,80 %
Wärmeenergiebedarf	6941 kWh
Warmwasserenergiebedarf	1995 kWh
Deckung	100%
Gesamt	8936 kWh
Erzeugte Energie Solar	4557 kWh

Tab. 63: Daten Kombination Solaranlage/Holzvergaser Oberwart
Quelle: eigene Darstellung

Kombination thermische Solaranlage mit Holzvergaser Barwertvergleich in Cent	Kosten/kWh eigenfinanziert		Kosten/kWh fremdfinanziert	
	Jahre	Erzeugung	Nutzen	Erzeugung
5	51,2	57,8	63,3	71,3
10	28,1	31,7	39,1	44,1
15	20,4	23,0	30,5	34,4
20	16,6	18,7	25,8	29,1
25	14,4	16,2	22,8	25,7

Tab. 64: Ergebnis Kombination Solaranlage/Holzvergaser Oberwart

Quelle: eigene Darstellung

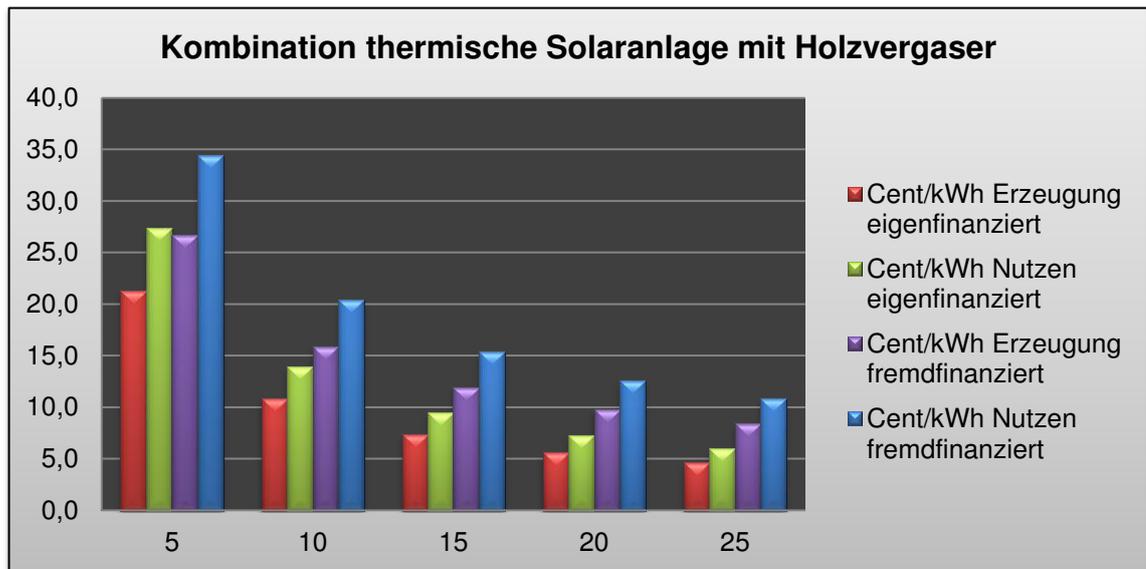


Abb. 99: Erzeugung Solaranlage/Holzvergaser Oberwart

Quelle: eigene Darstellung

Durch die Berechnung der Kombination kann man feststellen, dass wirtschaftlich kein Vorteil entsteht. Die Einsparung der Brennstoffkosten der Holzheizung reicht bei weitem nicht aus, um die Solaranlage zu finanzieren, und deshalb schneiden auch alle anderen Varianten zur Erzeugung von Wärmeenergie besser ab als diese Kombination. Ein Grund ist, wie auch im Haus Rauhriegel, dass es keine Holzvergaser mit geringer Leistung gibt und dadurch die Investitionskosten für den Holzvergaser gleich bleiben.

3.3.2.9 Kombination mehrerer Systeme

Um Autarkie durch die angeführten Varianten zu erreichen, wäre die beste Wahl die Kombination Windrad mit Photovoltaik und Akku für die elektrische Energiegewinnung und aus dem gleichen Grund wie beim Haus Rauhriegel ein Holzvergaser zur Wärmeenergiegewinnung.

Auf 25 Jahre betrachtet, entstehen für die kWh elektrische Energie Kosten von 23,8 Cent eigenfinanziert bzw. 43 Cent fremdfinanziert. Die Wärmeenergie kann um 12,8 Cent eigenfinanziert bzw. 17,1 Cent fremdfinanziert durch einen Holzvergaser gewonnen werden.

Gesamt, auf 25 Jahre gerechnet, ergibt das pro Jahr Kosten von 1822 € eigenfinanziert bzw. 2754 € fremdfinanziert. Auch hier soll überprüft werden, ob das System mittels eines Heizstabes ergänzt werden soll, um die überschüssige elektrische Energie zu verwerten, anstatt sie ins Netz zu liefern.

500 € werden als Aufwand für den Heizstab einkalkuliert. Folgendes Ergebnis wird erzielt:

Kombination Holzvergaser, Heizstab, Photovoltaik, Windrad, Akku Barwertvergleich in Cent	Kosten/kWh eigenfinanziert	Kosten/kWh fremdfinanziert
Jahre	Nutzen	Nutzen
5	51,4	62,9
10	29,4	39,9
15	22,1	31,7
20	18,6	27,3
25	16,4	24,4

Tab. 65: Ergebnis Kombination Heizstab Oberwart

Quelle: eigene Darstellung

Die Gesamtenergiekosten würden dadurch auf 1932 € eigenfinanziert und 2876 € fremdfinanziert steigen. Das begründet sich daraus, dass der geringe Überschuss an elektrischer Energie nicht genügend Brennstoff einsparen kann damit sich der Einsatz des Heizstabes rechnet.

4 Schlussfolgerungen

4.1 Erkenntnisse Ytong-Haus Rauhriegel

Die geografische Lage und die in Südrichtung ausgerichtete Dachfläche vom Haus Rauhriegel sind perfekt geeignet, um Strahlungsenergie der Sonne zu nutzen. Auch dass keine Beschattung durch andere Gebäude oder Bewuchs im Umfeld auftritt, ist ein großer Vorteil. Bei der Prüfung auf Anwendbarkeit konnten mehrere Systeme beweisen, dass es möglich ist ein Einfamilienhaus unter diesen Voraussetzungen autark mit elektrischer und wärmetechnischer Energie zu versorgen. Die Rahmenbedingungen ändern sich jedoch ständig. Immer effizientere Systeme zu geringen Kosten kommen auf den Markt und machen eine hohe Selbstversorgung an Energie immer besser möglich und wirtschaftlich interessanter.

Das Haus Rauhriegel kann entweder durch eine Photovoltaikanlage mit einem Akkusystem oder einer Kombination von Kleinwindkraftanlage, Photovoltaikanlage und Akkusystem autark mit elektrischer Energie versorgt werden. Eine Kleinwindkraftanlage in der gewählten Größe kann alleine keine autarke Stromversorgung gewährleisten. Durch eine größere Anlage könnte das jedoch realisiert werden, jedoch ist es, wie schon angeführt, sehr schwierig, überhaupt eine Baugenehmigung für Kleinwindkraftanlagen zu bekommen. Erschwerend kommt hinzu, dass unbedingt aufwendige Messungen über einen längeren Zeitraum gemacht werden müssen, um den Ertrag besser abschätzen zu können. Im berechneten Beispiel wurde von einem Durchschnittswert der Region ausgegangen.

Die Wärmeenergie kann mittels einer thermischer Solaranlage, eines Holzvergasers, eines Pelletofens oder einer Kombination von Wärmepumpen autark erzeugt werden. Jedoch bedürfte es eines großen Aufwands, die zusätzliche elektrische Energie für den Einsatz von Wärmepumpensystemen autark zu Verfügung zu stellen, deshalb ist es einfacher, eine thermische Solaranlage, einen Holzvergaser oder einen Pelletsofen einzusetzen um heiztechnisch das Ziel Autarkie zu erreichen.

Bei der Prüfung auf Wirtschaftlichkeit für die Elektroenergie kann nur durch Eigenfinanzierung ein gutes Ergebnis erzielt werden. Es schneidet die Kombination von Kleinwindkraftanlage, Photovoltaikanlage und Akkusystem am besten ab. Die Berechnung auf 25 Jahre, vorausgesetzt die Komponenten können diese Lebensdauer erreichen, zeigt, dass die selbst erzeugte kWh mit 22,6 Cent doch noch deutlich über dem kumulierten Netzbezugspreis von 18,1 Cent liegt. Die Berechnung der Kleinwindkraftanlage zeigt, dass ein unterstützender Betrieb einer kleinen Anlage durchaus auch wirtschaftlich sein kann, jedoch ist die Differenz zum Netzbezugspreis mit einer Ersparnis von 0,7 Cent pro kWh sehr gering.

Die Wärmeenergie kann am einfachsten durch einen Holvergaser mit Puffersystem bereitgestellt werden und verursacht, auf 25 Jahre gerechnet, 14,2 Cent Kosten pro kWh. Da das Haus weder eine Anschlussmöglichkeit an ein Nahwärmenetz noch ein Erdgasnetz aufweist, um eine Gastherme zu betreiben, kann als Vergleich eine moderne Ölheizung mit Brennwertgerät dienen.

ÖL-Brennwertgerät	6,10 kW
Systempreis	15100,00 €
Förderung	0,00 €
Gesamtinvestitionskosten	15100,00 €
Wartungskosten pro Jahr	200,00 €
Heizölkosten pro Jahr	196,52 €
Stromkosten pro Jahr	40,00 €
Ø Preissteigerung Heizöl pro Jahr	1,80 %
Ø Preissteigerung Strom pro Jahr	2,19 %
Ø Sparzinssatz Bank (-KESt)	1,50 %
Ø Inflation	1,80 %
Wärmeenergiebedarf	5468 kWh
Warmwasserenergiebedarf	1995 kWh
Verluste Brenner (10%)	829 kWh
Gesamt	8292 kWh
Wirkungsgrad	100 %
benötigte Energie	8292 kWh
Ø kWh/l Heizöl	10,0 kWh
Heizölbedarf	829 l
Heizölpreis	0,237 €/l
€/kg Pellet	0,237

Tab. 66: Daten Ölbrenner Rauhriegel

Quelle: eigene Darstellung

Vergleich Öl-Brennwertgerät mit Holzvergaser	Öl-Brennwertgerät Kosten/kWh eigenfinanziert	Holzvergaser Kosten/kWh fremdfinanziert
Jahre	Nutzen	Nutzen
5	49,0	36,8
10	28,5	22,7
15	21,6	18,0
20	18,0	15,6
25	15,8	14,2

Tab. 67: Vergleich Ölbrenner/Holzvergaser Rauhriegel

Quelle: eigene Darstellung

Die Holzheizung schneidet etwas besser ab und würde im Jahr 119 € weniger Kosten verursachen. Dass die Ölheizung wirtschaftlich wieder interessant wird, hängt vor allem mit dem stark gesunkenen Ölpreis zusammen. Ein Liter Heizöl im Februar 2016 war um 0,538 € erhältlich, im Vergleich zu Oktober 2012 mit 1,04 € ist der Preis um 50% gesunken. Niemand kann voraussagen, ob der Ölpreis sinkt, gleich bleibt oder wieder steigt. Die langjährige Tendenz zeigt jedoch, dass der Heizölpreis mit großer Wahrscheinlichkeit wieder steigen wird.

Achtet man nur auf die Wirtschaftlichkeit, aber nicht auf Autarkie, dann ist für das Haus Rauhriegel momentan der Anschluss ans öffentliche Stromnetz und die Wärmeenergieerzeugung mit einem Wärmepumpensystem die sinnvollste Variante.

Erst wenn die Preise für elektrische Energie steigen und ein Niveau wie in Deutschland mit ca. 30 Cent pro kWh erreichen, kann es wirtschaftlich interessant werden, selbst elektrische Energie in Österreich zu erzeugen. Bis dahin bedarf es an politischen Willen in Form von Förderungen, damit es für Hausbesitzer wirtschaftlich wird, eine Photovoltaikanlage oder eine Kleinwindkraftanlage zu installieren.

4.2 Erkenntnisse Holz-Fertigteilhaus Oberwart

Das Haus Oberwart liegt geografisch schlechter als das Haus Rauhriegel, wenn man die Strahlungsenergie der Sonne nutzen will. Ebenfalls kann nicht ausgeschlossen werden, dass das benachbarte Grundstück durch Bebauung und Bewuchs für Beschattungen sorgt. Trotzdem kann auch bei dieser Anlage, jedoch mit

höherem finanziellem Aufwand, Autarkie für elektrotechnische und wärmetechnische Energie erreicht werden.

Die große Anzahl an Akkus, die in Kombination mit einer Photovoltaikanlage nötig wären, um autarke Elektroenergieversorgung zu gewährleisten, würde unrealistisch viel Platz brauchen. Deshalb kommt nur die Variante der Kombination von Kleinwindkraftanlage, Photovoltaikanlage und Akku dafür in Frage.

Die Wärmeenergie kann in diesem Haus mittels eines Holzvergaser, eines Pelletsofens oder einer Kombination von Wärmepumpen autark erzeugt werden. Eine thermische Solaranlage kann durch die begrenzte Dachfläche und die geografische Ausrichtung nicht ohne ein zusätzliches System für die Wärmeenergieversorgung eingesetzt werden. Der Aufwand, die elektrische Energie für den Einsatz von Wärmepumpensystemen zu Verfügung zu stellen, wäre auch hier sehr immens, deshalb ist es einfacher, einen Holzvergaser oder einen Pelletsofen einzusetzen.

Ein gutes Ergebnis bei der Prüfung auf Wirtschaftlichkeit kann auch hier nur durch Eigenfinanzierung erzielt werden. Die Kombination von Kleinwindkraftanlage, Photovoltaikanlage und Akkusystem verursachen auf 25 Jahre, vorausgesetzt die Komponenten können diese Lebensdauer erreichen, Kosten von 23,8 Cent pro kWh. Das sind um 5,7 Cent mehr pro kWh als der kumulierte Netzbezugspreis von 18,1 Cent. Wie im Haus Rauhriegel ist die Differenz der erzeugten kWh der Kleinwindkraftanlage zum Netzbezugspreis mit einer Ersparnis von 0,7 Cent pro kWh sehr gering, das System könnte nur unterstützend wirken, wäre aber noch wirtschaftlich. Mit einer Photovoltaikanlage ist das für dieses Haus nicht mehr der Fall, da die Differenz zum Netzbezugspreis nahezu null ist.

Der Holzvergaser mit Puffersystem verursacht, auf 25 Jahre gerechnet, 12,8 Cent Kosten pro kWh. Hier soll ebenfalls als Vergleich eine moderne Ölheizung mit Brennwertgerät dienen.

ÖL-Brennwertgerät	6,10 kW
Systempreis	15100,00 €
Förderung	0,00 €
Gesamtinvestitionskosten	15100,00 €
Wartungskosten pro Jahr	200,00 €
Heizölkosten pro Jahr	525,36 €
Stromkosten pro Jahr	40,00 €
Ø Preissteigerung Heizöl pro Jahr	1,80 %
Ø Preissteigerung Strom pro Jahr	2,19 %
Ø Sparzinssatz Bank (-KESt)	1,50 %
Ø Inflation	1,80 %
Wärmeenergiebedarf	6941 kWh
Warmwasserenergiebedarf	1995 kWh
Verluste Brenner (10%)	829 kWh
Gesamt	9765 kWh
Wirkungsgrad	100 %
benötigte Energie	9765 kWh
Ø kWh/l Heizöl	10,0 kWh
Heizölbedarf	977 l
Heizölpreis	0,538 €/l

Tab. 68: Daten Ölbrenner Oberwart
Quelle: eigene Darstellung

Vergleich Öl-Brennwertgerät mit Holzvergaser	Öl-Brennwertgerät Kosten/kWh eigenfinanziert	Holzvergaser Kosten/kWh fremdfinanziert
Jahre	Nutzen	Nutzen
5	41,8	31,6
10	24,7	19,9
15	18,9	16,0
20	15,9	14,0
25	14,1	12,8

Tab. 69: Vergleich Ölbrenner/Holzvergaser Oberwart
Quelle: eigene Darstellung

Die Holzvergaserheizung schneidet auch für dieses Haus besser ab. Es werden pro Jahr 116€ an Kosten eingespart.

Berücksichtigt man nur die Wirtschaftlichkeit wäre, auch für das Haus Oberwart der Anschluss ans öffentliche Stromnetz und die Wärmeenergieerzeugung mit einem Wärmepumpensystem am sinnvollsten.

4.3 Empfehlungen für die Umsetzung

Möchte man die autarke Energieversorgung in den Anlagen umsetzen, ist es durchaus möglich, jedoch nicht in jeder Hinsicht wirtschaftlich. Eine Photovoltaikanlage bis zur geförderten Größe von 5 kWp ist auch wirtschaftlich sinnvoll. Gute Varianten für die Erzeugung von Wärmeenergie sind auf jeden Fall Wärmepumpen, die auch wirtschaftlich am besten abschneiden.

Einen großen Vorteil kann man durch Gebäudeausrichtung und Gebäudearchitektur erreichen. Dadurch kann man hohe passive Wärmeenergiegewinne erzielen, diese Energie muss dann nicht durch andere Systeme bereitgestellt werden. Architektonisch kommt noch hinzu, dass durch entsprechende Dämmsysteme sehr viel an Wärmeenergie eingespart werden kann, wie in den berechneten Beispielen aufgezeigt wurde, die einen Wärmebedarf von unter 35 kWh/m²a haben.

Jedes Haus bzw. jedes Bauvorhaben hat etwas unterschiedliche Voraussetzungen, und deshalb kann auf keinen Fall pauschal eine Empfehlung für ein System geben werden, wenn man Autarkie erreichen will. Es ist immer individuell zu prüfen, welches System geeignet ist, und ob möglicherweise Kombinationen von Systemen Vorteile haben. Dafür stehen ausreichend Simulationsprogramme verschiedener Hersteller oder Entwickler zur Verfügung.

5 Resümee

5.1 Kurzdarstellung der Untersuchung

Wie der Titel der Arbeit „Energieautarkie im Einfamilienhaus im Jahr 2016 durch regenerative Energien und dessen Wirtschaftlichkeit“ bereits aussagt, wurde in der Arbeit anhand zwei empirischer Beispiele folgendes untersucht: Zum einen ob Autarkie in diesen Anlagen möglich ist, und zum anderen ob dies auch wirtschaftlich sein kann.

Im Kapitel eins wurde die Problematik genauer beschrieben und Methoden zur Prüfung auf Umsetzbarkeit und zu den Berechnungen beschrieben bzw. definiert. Weiters wurden die empirischen Objekte beschrieben und deren Daten erfasst. Im darauf folgenden Kapitel zwei sind die wichtigsten Systeme, die zur Gewinnung von Energie durch regenerativen Energien zur Verfügung stehen, angeführt und werden kurz vorgestellt. Anschließend ist die Auswahl der Systeme, die für die zwei zu untersuchenden Beispiele umsetzbar sind, angeführt.

Die Prüfung auf Anwendbarkeit und Wirtschaftlichkeit der ausgewählten Systeme für das jeweilige Haus findet im Kapitel drei statt. Auch die Erkenntnisse der Prüfungen werden in diesem Teil der Arbeit angeführt.

5.2 Wesentliche Ergebnisse und Erkenntnisse

Die wesentliche Erkenntnis der Arbeit ist, dass in beiden Anlagen Autarkie mit regenerativen Energien für die Elektroenergieversorgung und Wärmeenergieversorgung möglich ist.

Jedoch ist besonders für die Elektroenergieversorgung besonders viel Aufwand und Technik notwendig. Der Unterschied der geografischen Ausrichtung bzw. der Größe, Neigung und Art der Dachfläche hat wesentliche Auswirkungen. Bekommt man keine Baubewilligung für eine Kleinwindkraftanlage kann das dazu führen, dass autarke Versorgung mit Elektroenergie gar nicht möglich ist. Die Prüfung auf Wirtschaftlichkeit in diesem Bereich zeigt, dass es über den berechneten Zeitraum von 25 Jahren wirtschaftlicher ist die elektrische Energie vom öffentlichen Stromnetz zu beziehen.

Die Wärmeenergieversorgung kann in beiden Anlagen durch regenerative Energien autark gelöst werden und ist unter den gewählten Voraussetzungen und Annahmen für die Zukunft auch wirtschaftlicher als das Heizen mit Heizöl. Besonders gut schneiden dabei Wärmepumpensysteme ab. Da sie zur Wärmeenergiegewinnung elektrische Energie benötigen, ist das ein wesentlicher Nachteil, wenn man das Ziel der Autarkie in beiden Bereichen erreichen will.

Eine weitere wichtige Erkenntnis ist, dass nicht nur durch gute Dämmsysteme der Gebäude, sondern auch durch entsprechende Gebäudeausrichtung und Gebäudearchitektur viel an Wärmeenergie passiv gewonnen werden kann.

5.3 Ausblick auf Autarkie im Einfamilienhaus für die Zukunft

Durch die Entwicklungen in den letzten Jahren und den schon am Markt angebotenen autarken Fertigteilhäusern kann man erkennen, dass es immer leichter wird, das Ziel der Autarkie im Einfamilienhaus zu erreichen, und dass es immer kostengünstiger wird. Photovoltaiksysteme erreichen immer bessere Wirkungsgrade und Akkusysteme werden immer effizienter und billiger in der Herstellung und im Verkauf. Auch alternative Speichermöglichkeiten wie beispielsweise Schwungräder oder Wasserstofflangzeitspeicher werden weiterentwickelt und möglicherweise für die Zukunft interessant, einige alternative Speichersysteme sind bereits am Markt.

Die Bauweise von Häusern hat sich in den letzten 20 Jahren stark verändert. Immer bessere Dämmwerte werden erreicht, die Heizsysteme werden immer effizienter, und die benötigte Wärmeenergie wird geringer.

Wenn diese Entwicklungen auch in den nächsten Jahren anhalten wird, es in Zukunft viel einfacher und kostengünstiger, Autarkie im Einfamilienhaus und auch in anderen Gebäuden zu erreichen, besonders wenn es ein politisches bzw. gesellschaftliches Ziel ist und dementsprechend vorangetrieben wird.

Literatur

- [AEE2015] Höfler, Karl; Venus, David; Spörk-Dür, Monika; Passer, Alexander: Plus Energiegebäude. In: erneuerbare Energie 04-2015. - Gleisdorf: Arbeitsgemeinschaft erneuerbare Energie, 2015
- [BeEr2015] Beppler, Erhard: Energiewende 2014. - 1. Aufl. - Norderstedt: Verlag Books on Demand, 2015
- [BrPh2012] Brückmann, Phillip: Autonome Stromversorgung. - 3. Aufl. - Freiburg: ökobuch Verlag, 2012
- [EiJü2016] Eiselt, Jürgen: Energie-Preis-Bremse. - 1. Aufl. - Frankfurt am Main: Laudatio Verlag, 2016
- [EiUr2012] Eicker, Ursula: Solare Technologien für Gebäude. - 2. Aufl. - Wiesbaden: Springer Verlag, 2012
- [HaBo2007] Hanus, Bo: Hausversorgung mit alternativen Energien. - 1. Aufl. - Poing: Franzis Verlag, 2007
- [HaEr2014] Hau, Erich: Windkraftanlagen. - 5. Aufl. - Heidelberg: Springer Verlag, 2014
- [HaRa2013] Haselhuhn, Ralf: Photovoltaik. - 7. Aufl. - Karlsruhe: Fraunhofer IRB Verlag, 2013
- [JüPa2014] Jüttemann, Patrik: Kleinwindkraft-Marktreport. - Version 2.0 - Bad Honnef, 2014
- [KnMo2015] Knobloch, Moritz: Modellierung einer Erdwärmepumpe mit solarer Unterstützung. - 1. Aufl. - Saarbrücken: Akademiker Verlag, 2015
- [KöTh2014] Königstein, Thomas: Energiesparendes Bauen und Sanieren. - 6. Aufl. - Taunusstein: Blottner Verlag, 2014
- [LeBaHü2015] Leukefeld, Timo; Baer, Oliver; Hüttemann, Matthias: Modern heizen mit Solarthermie. - 2. Aufl. - Erlangen: Solare Zukunft Verlag, 2015

- [LöKIWa2011] López, José Urena; Klesse, Andreas; Wagner, Hermann-Josef: Solares Heizen und Kühlen in Niedrigenergie- und Passivhäusern. -1. Aufl. - Wien: LIT Verlag, 2011
- [LöWo2013] Löser, Wolfgang: Der Energie-Rebell. - 1. Aufl. - Graz: Leopold Stocker Verlag, 2013
- [Phot2016] Ulrich, Sven: Eigenverbrauch kommt zuerst. In: photovoltaik 02-2016. - Stuttgart: Alfons W. Gentner Verlag, 2016
- [QuVo2015] Quaschnig, Volker: Regenerative Energiesysteme. - 9. Aufl. - München: Hanser Verlag, 2015
- [ScLe2014] Schabbach, Thomas, Leibbrandt, Pascal: Solarthermie. - 1. Aufl. – Berlin-Heidelberg: Springer Verlag, 2014
- [ScWe2013] Schulz, Marion; Wetkämper, Hubert: Die neue Heizung. - 1. Aufl. - Freiburg: ökobuch Verlag, 2013
- [StSt2014] Sterner, Michael; Stadler Ingo: Energiespeicher. - 1. Aufl. - Berlin-Heidelberg: Springer Verlag, 2014
- [WeKa2015] Weyres-Borchert, Bernhard; Kasper, Bernd-Rainer: Solare Wärme. - 1. Aufl. - Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2015
- [WUMSG2015] Wietschel, Martin; Ullrich, Sander; Markewitz, Peter; Schulte, Friedrich; Genoese, Fabio: Energietechnologien der Zukunft. - 1. Aufl. - Berlin-Heidelberg: Springer Verlag, 2015

c

Internetquellen

- [aee2016] AEE - Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE – Dachverband: erneuerbare Energie.
http://www.aee.at/aee/index.php?option=com_content&view=article&id=7&Itemid=114, 15.3.2016
- [phot2016] Alfons W. Gentner Verlag GmbH & Co. KG: photovoltaik.
<http://www.photovoltaik.eu/Impressum/110461.html?UID=E5566600319A0A0B1FDFAD48BA0B73CD34381EEF6E4E>, 15.3.2016
- [Kred2016] Thomas Gottfried EDV: Kreditrechner.
<http://www.kreditzeit.de/kreditrechner.php>, 15.3.2016
- [Riff2016] Offshore-Windpark RIFFGAT GmbH & Co. KG: Windkraftanlagen.
<http://www.riffgat.de/technik/windkraftanlagen/>, 15.3.2016
- [EnBu2016] Energie Burgenland Windkraft: Kurzportrait.
<http://www.energieburgenland.at/oekoenergie/windkraft/unternehmen/kurzportraet.html>, 15.3.2015

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.

Rauhriegel, im März 2016

Christian Osztovits