

Energieversorgungskonzept Neubaugelbiet Norderstedt

erstellt für die

Bauland Schleswig-Holstein Beteiligungs GmbH

Rosenstraße 20
D – 24576 Bad Bramstedt

durch die

IPP ESN Power Engineering GmbH

Rendsburger Landstraße 196 - 198
24113 Kiel

in Kooperation mit der

Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie e.V.

c/o SolarZentrum Hamburg
Handwerkszentrum 1
21079 Hamburg

Tel. 0431/649598-15

Fax 0431/9649598-98

E-Mail: info@ipp-esn.de

<http://www.ipp-kiel.de>

14. Oktober 2015

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Aufgabenstellung	1
2	Verschattungsanalyse	2
2.1	<i>Grundsätzliches</i>	2
2.1.1	Auswirkung der Gebäude- bzw. Dachflächenausrichtung	2
2.1.2	Solare Trinkwassererwärmung	2
2.1.3	Solare Stromerzeugung	3
2.2	<i>Durchführung der Verschattungsanalyse</i>	4
2.2.1	Erste qualitative Bewertung	4
2.2.2	Vor-Ort Termin	7
2.2.3	Simulationsrechnungen	9
2.3	<i>Ergebnisse und Empfehlungen</i>	10
2.3.1	Solarthermische Trinkwassererwärmung	10
2.3.2	Solare Stromerzeugung	11
2.3.3	Zusammenfassung und Empfehlung der Verschattungsanalyse	12
3	Energiewirtschaftliche und Ökologische Betrachtung der Wärmeerzeugung	12
3.1	<i>Gesetzliche Rahmenbedingungen für den Einsatz der Wärmeerzeuger</i>	12
3.2	<i>Berechnungsgrundlagen</i>	13
3.3	<i>Gebäudesteckbriefe</i>	14
3.4	<i>Eingesetzte Technologien</i>	25
3.4.1	Pelletheizung	25
3.4.2	Wärmepumpe	25
3.4.3	Solarthermie zur Trinkwassererwärmung	26
4	Wirtschaftlichkeitsberechnung Photovoltaik	27
5	Handlungsempfehlung	28

1 Einleitung und Aufgabenstellung



In Norderstedt (Fadens Tannen) soll ein Wohngebiet mit 25 Grundstücken und einer Baufläche von ca. 12.788 m² erschlossen werden. In dem vorliegenden Konzept wird eine Verschattungsanalyse des Baugebietes durchgeführt.

Darauf aufbauend werden folgende Wärmeversorgungsvarianten auf Basis einer Vollkostenbetrachtung, d. h. unter Berücksichtigung für Kapitaldienst, Wartung und Energiebezugskosten, untersucht:

- Gas-Brennwertkessel
- Pelletkessel
- Elektrische Erdwärmepumpe
- Luftwärmepumpe
- Gasbrennwerttherme mit solarer Trinkwassererwärmung
- Pelletkessel mit solarer Trinkwassererwärmung
- Elektrische Erdwärmepumpe mit solarer Trinkwassererwärmung
- Luftwärmepumpe mit solarer Trinkwassererwärmung

Hierbei werden folgende Gebäudetypen betrachtet (jeweils Einfamilienhaus und Doppelhaushälfte):

- KfW-Standard (ohne Gas-Brennwertkessel - EEWärmeG)
- KfW 70
- KfW 55
- KfW 40
- Passivhaus

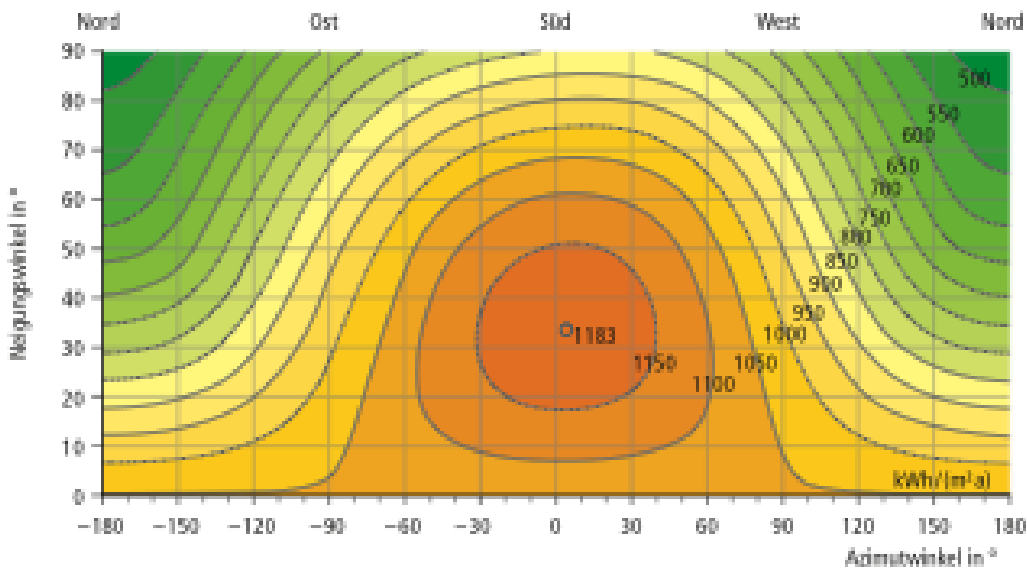
2 Verschattungsanalyse

2.1 Grundsätzliches

Eine sinnvolle Nutzung der solaren Strahlungsenergie setzt neben einer passenden Anwendung eine günstige Orientierung der in Frage kommenden Dachfläche und eine weitgehende Verschattungsfreiheit voraus.

2.1.1 Auswirkung der Gebäude- bzw. Dachflächenausrichtung

Die folgende Abbildung zeigt die aus Wetterdaten für Berlin berechneten mittleren, Jahressummen der Globalstrahlung für verschieden orientierte Flächen. Die Höhe der Globalstrahlung für Hamburg liegt etwas niedriger (das Maximum beträgt $1.100 \text{ kWh/m}^2\text{Jahr}$), die Verteilung ist jedoch vergleichbar. Abgebildet sind Linien gleicher Strahlungssummen (Isoraden) in $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{Jahr})$. Auf der horizontalen Achse ist die Abweichung von der Südausrichtung (Azimut) und auf der vertikalen der Neigungswinkel einer Empfangsfläche abzulesen. Damit lässt sich die Frage nach dem Einfluss von Dachausrichtung und Dachneigung auf die Einstrahlung leicht beantworten.



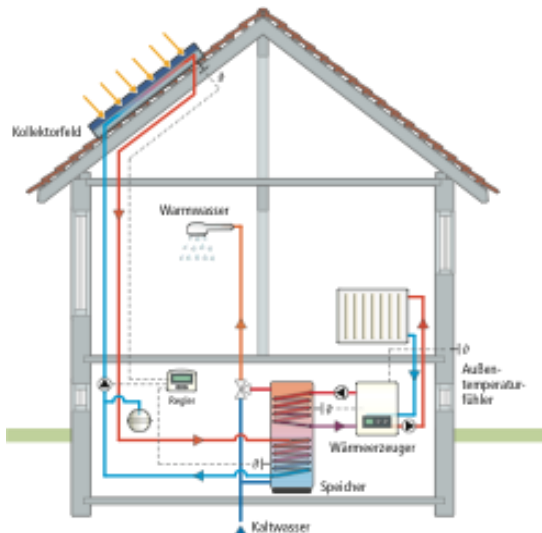
Je nach Ausrichtung der Solaranlage ergibt sich eine unterschiedliche Globalstrahlung. Das Optimum liegt bei Südausrichtung und 30° Neigung. Eine Ost- bzw. West-Dachfläche erhält ca. 15 % bis 20 % weniger Einstrahlung im Vergleich zu einer Südausrichtung.

2.1.2 Solare Trinkwassererwärmung

In Bezug auf den Einsatz einer solarthermischen Anlage macht im Neubaubereich eine solare Heizungsunterstützung aufgrund des recht hohen Wärmeschutzes relativ wenig Sinn. Aus diesem Grund wird im Rahmen dieser Untersuchung allein die solare Trinkwassererwärmung betrachtet. Typische Kenndaten einer solarthermischen Anlage zur Trinkwassererwärmung im Einfamilienhaus sind:

- ca. 5 m^2 Kollektorfläche (entspricht zwei Flachkollektoren)
- 300 Liter Trinkwarmwasserspeicher

- 100%ige Abdeckung des Trinkwasserwärmebedarfs Mai bis September
- Jahres-Deckungsanteil ca. 60 %
- Kosten ca. 4.000 € (inkl. Montage und MWSt.)



Standardanlage zur Trinkwassererwärmung

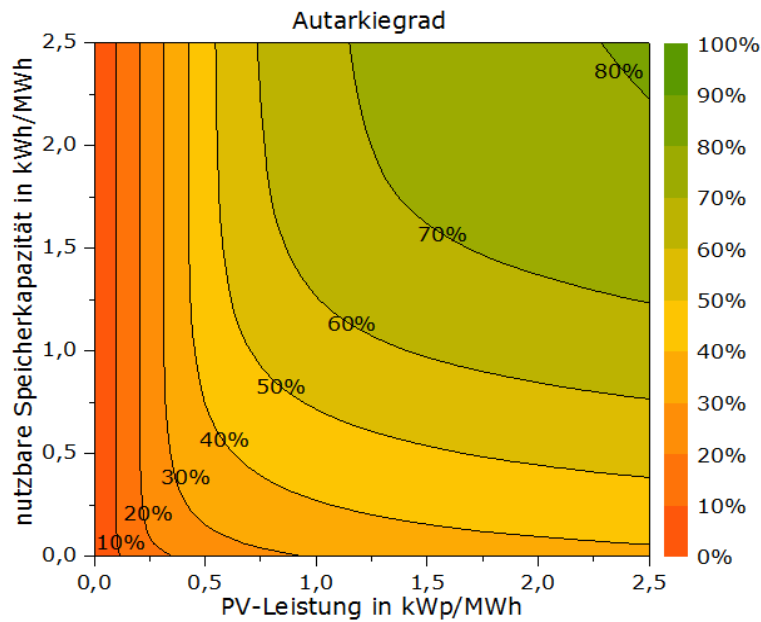
Eine zusätzliche Einsparung von Haushaltsstrom kann bei Anschluss von Waschmaschine und Geschirrspüler an das Trinkwarmwasser erreicht werden. Für die Waschmaschine ist hierfür in den meisten Fällen ein Waschmaschinenvorschaltgerät erforderlich.

2.1.3 Solare Stromerzeugung

Alternativ oder auch in Kombination mit einer solarthermischen Anlage gewinnt die Erzeugung von Strom zunehmend an Bedeutung. Aufgrund der einerseits gestiegenen Strombezugspreise und andererseits relativ geringen Einspeisevergütung für überschüssigen Solarstrom werden heutige Solarstromanlagen auf den Eigenverbrauch optimiert. Dies bedeutet, dass eine Auslegung der Anlagengröße angepasst an den jährlichen Stromverbrauch erfolgt. Folgende Kenndaten können für eine Photovoltaikanlage genannt werden:

- Flächenbedarf pro kW ca. 8 bis 10 m² (bei Einsatz mono- oder polykristalliner Module)
- Spezifischer Jahresertrag pro kW ca. 850 kWh
- Autarkiegrad ca. 30 % (Generatorgröße in kW gleich Jahresstromverbrauch in MWh)
- Spezifische Kosten pro kW ca. 1.600 € (inkl. Montage, ohne MWSt.)

Im Rahmen der Verschattungsanalyse wurde eine 4 kWp-Anlage gewählt. Bei einem Jahresstromverbrauch von 4.000 kWh ergäbe sich ein Eigenverbrauchsanteil bzw. Autarkiegrad von 30 %. Eine höhere Unabhängigkeit ließe sich neben einer Vergrößerung der Generatorfläche im Wesentlichen durch den Einsatz einer Speicherbatterie erzielen.

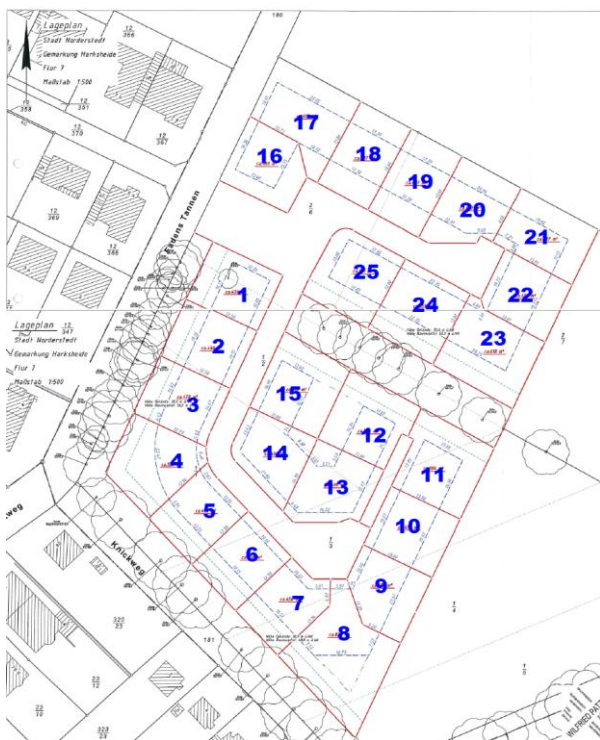


Beispiel: Bei einem Jahresstromverbrauch von 4.000 kWh (4 MWh), einer PV-Anlage mit 4 kW_p Leistung verbessert sich der Autarkiegrad durch eine Batterie mit 4 kWh Nutzkapazität von 30 % auf 55 %.

2.2 Durchführung der Verschattungsanalyse

2.2.1 Erste qualitative Bewertung

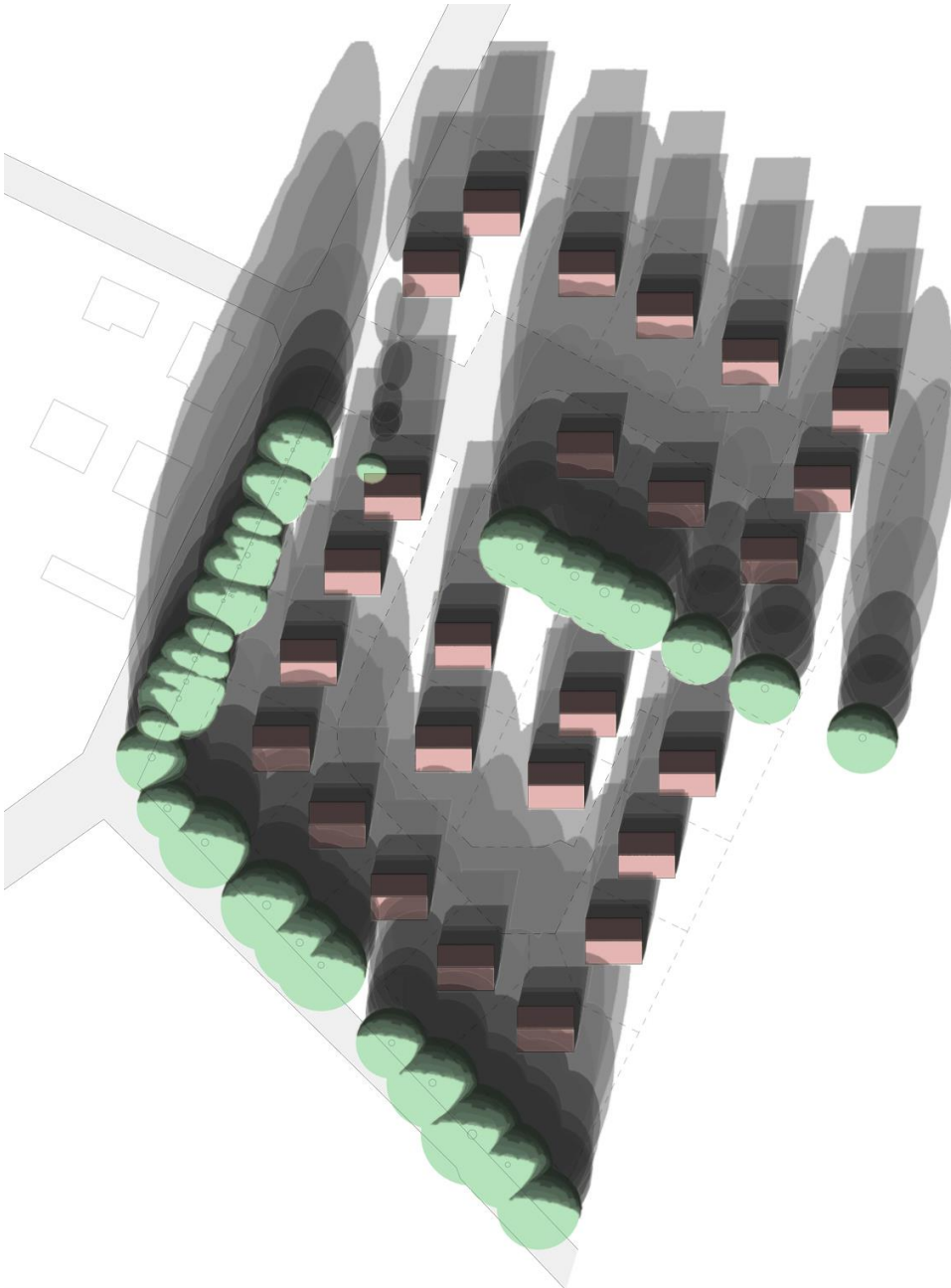
Das zu untersuchende Neubaugebiet umfasst 25 Grundstücke.



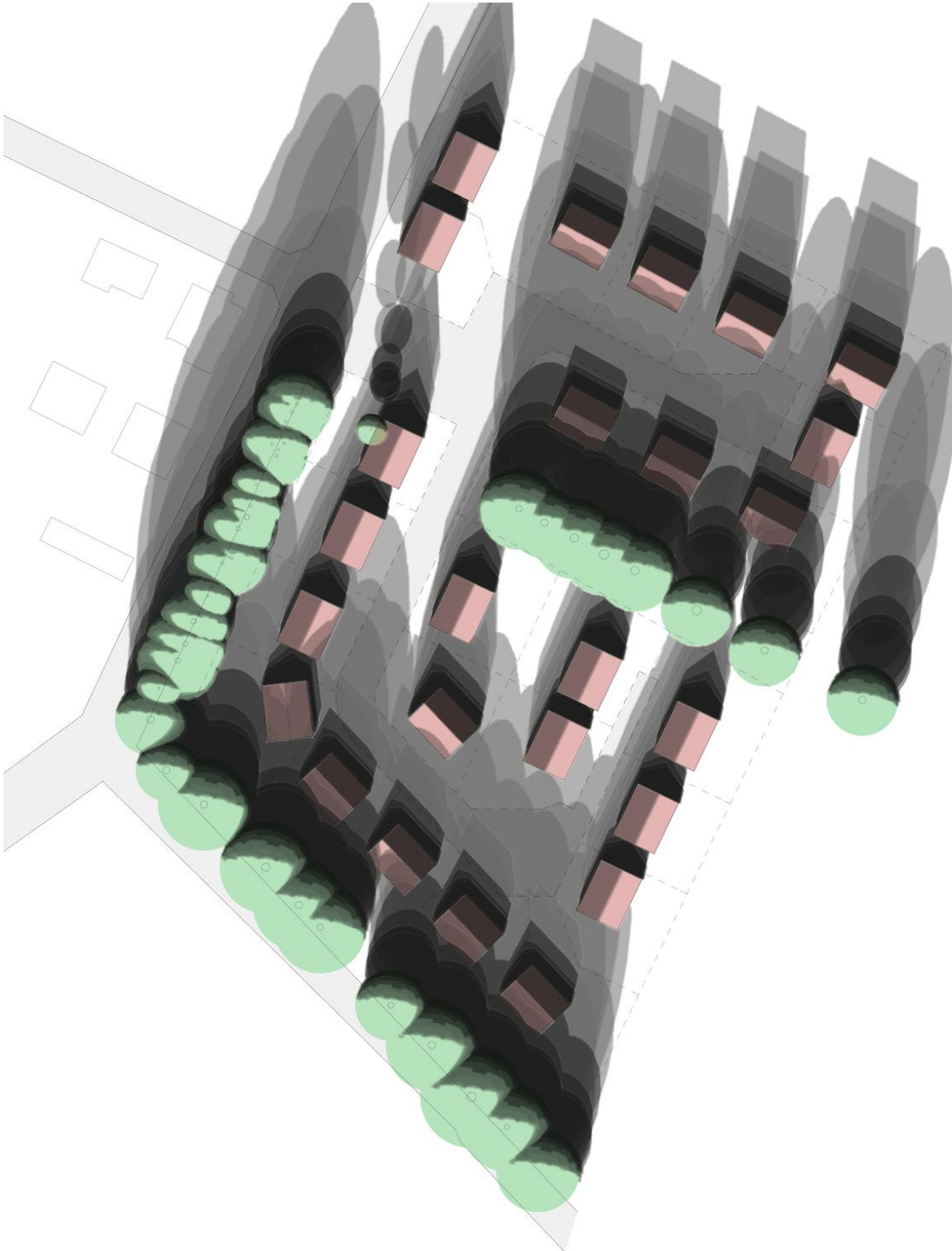
Um einen ersten Eindruck von der Verschattungssituation zu erhalten, wurden in einem Modell die Schattenwürfe berechnet und dargestellt:

- Ganzjährig jeweils für den 15.ten jeden Monats und jeweils zur Mittagszeit bei Südausrichtung der Gebäude
- Wie oben, Gebäude jedoch parallel zur Straße ausgerichtet

2.2.1.1 Ganzjährige Verschattung, Orientierung nach Süden



2.2.1.2 Ganzjährige Verschattung, Orientierung nach Straßenführung



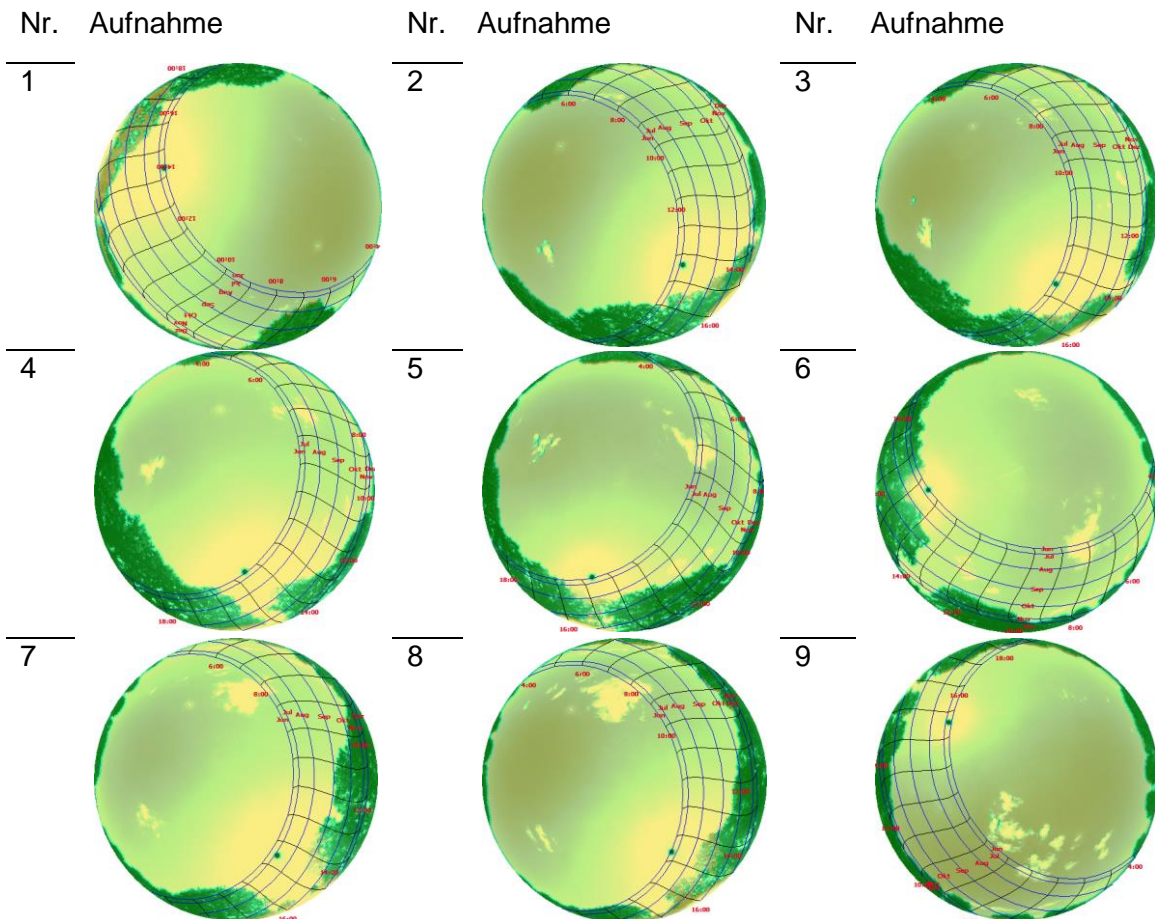
Bereits erkennbar sind (unabhängig von einer ungünstigen Orientierung der Dachflächen) in Bezug auf die Verschattung kritisch anzusehende Grundstücke bzw. Gebäude auf den Grundstücken 4, 5, 6, 7, 8, 23, 24, und 25.

2.2.2 Vor-Ort Termin

Am 04.06.2015 wurden Vor-Ort mit Hilfe des SunEye-Gerätes von jedem Grundstück mittig innerhalb der Bebauungsgrenzen 360 °- Aufnahmen in 5 Meter Höhe durchgeführt.



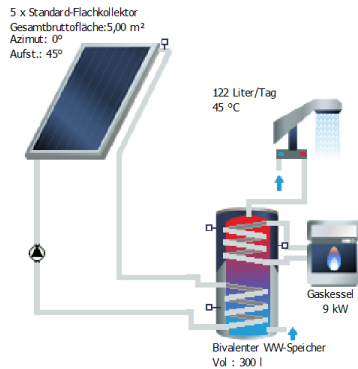
Die 360°-Aufnahmen von den jeweiligen Grundstücken inkl. Sonnenbahnen zeigen die folgenden Abbildungen.



2.2.3 Simulationsrechnungen

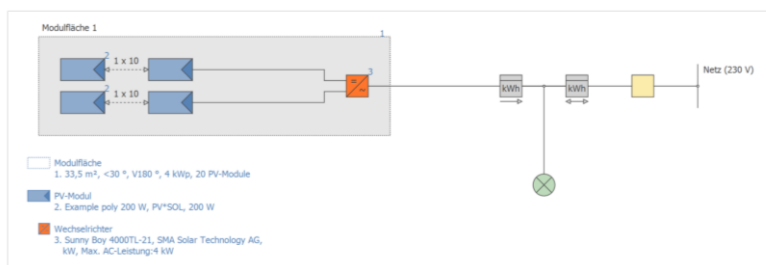
Im Anschluss wurden die einzelnen Aufnahmen in den Verschattungseditor der Simulationsprogramme T*SOL pro 5.5 (R8) und PV*SOL eingelesen. Mit Hilfe dieser Simulationsprogramme für solarthermische Anlagen (T*SOL) bzw. Photovoltaische Anlagen (PV*SOL) konnten nun Ertragsberechnungen durchgeführt werden, wobei folgende Randbedingungen angenommen wurden:

Simulation solarthermische Anlage



- Jährlicher Trinkwarmwasserwärmebedarf 1.875 kWh (entspricht 12,5 kWh/m² Wohnfläche und Jahr)
- Verbrauchsprofil „Einfamilienhaus mit Abendspitze“
- Keine Zirkulationsleitung
- 5 m² Flachkollektorfläche (selektiv beschichteter Absorber)
- 300 Liter bivalenter Trinkwasserspeicher
- Dachneigung 30°
- Dachausrichtung Süd

Simulation Photovoltaische Anlage



- Jährlicher Stromverbrauch 4.000 kWh
- Verbrauchsprofil „Einfamilienhaus“
- Keine Speicherbatterie
- 4 kWp Generator (20 x 200 W-monokristalline Module)
- Wechselrichter 4 kW AC-Leistung
- Dachneigung 30°
- Dachausrichtung Süd

2.3 Ergebnisse und Empfehlungen

2.3.1 Solarthermische Trinkwassererwärmung

Der Einfluss der Verschattung auf die Nutzung solarthermischer Anlagen zur Trinkwassererwärmung ist folgender Tabelle zu entnehmen. Es werden die solaren Erträge sowie der solare Deckungsanteil (in Bezug auf Trinkwassererwärmung) und die Abweichungen durch Verschattung und zusätzlich bei einer Abweichung von Süden angegeben.

Nr	Solarer Deckungsanteil	Ertrag Solar-system	Minderung	
	%	kWh/Jahr	durch Verschattung	zusätzlich durch Abweichung von Süd
Opt	60	1.297		
1	57,4	1.235	4,8%	12,4%
2	57,1	1.228	5,3%	12,9%
3	55,3	1.186	8,6%	15,9%
4	53,3	1.140	12,1%	27,0%
5	48,8	1.036	20,1%	24,1%
6	52,1	1.112	14,3%	18,6%
7	47,9	1.019	21,4%	25,4%
8	49,8	1.061	18,2%	22,3%
9	54,4	1.167	10,0%	17,2%
10	55,4	1.190	8,2%	15,6%
11	57,3	1.232	5,0%	12,6%
12	57,3	1.234	4,9%	12,5%
13	57,3	1.233	4,9%	12,5%
14	57,4	1.235	4,8%	9,5%
15	57,3	1.233	4,9%	12,5%
16	58,3	1.257	3,1%	10,8%
17	58,3	1.257	3,1%	10,8%
18	58,4	1.257	3,1%	5,0%
19	58,2	1.254	3,3%	5,2%
20	55,5	1.194	7,9%	9,8%
21	57	1.226	5,5%	7,4%
22	55,8	1.199	7,6%	15,0%
23	51,3	1.095	15,6%	17,3%
24	50,3	1.072	17,3%	19,0%
25	48,2	1.025	21,0%	22,6%

Gebäude in Südausrichtung:

Es ist zu erkennen, dass die Gebäude auf den Grundstücken 4, 6, 8 und 9 sowie 23 und 24 mit Ertragsminderungen von mindestens 10 %, Gebäude auf den Grundstücken 5, 7 und 25 mit mindestens 20 % rechnen müssen.

Gebäudeausrichtung parallel zur Straße:

Augrund der Verschattungssituation und einer zusätzlichen nichtoptimalen Gebäudeausrichtung liegt die Ertragsminderung für alle Grundstücke mit Ausnahme von 14, 18, 19, 20 und 21 bei mindestens 10 %. Für die Grundstücke 4, 5, 7, 8 und 25 liegt sie über 20 %.

2.3.2 Solare Stromerzeugung

Ausgehend von einem durchschnittlichen Stromverbrauchsprofil bzw. Jahresstromverbrauch von 4.000 kWh (Haushaltsstrom) wird für alle Grundstücke bzw. Häuser eine Photovoltaikanlage mit einer Leistung von 4 kWp durchgerechnet. Auf Grund der Tatsache, dass in den meisten Fällen der Hauptanteil des Stromverbrauchs unter der Woche in die Morgen- und Abendstunden fällt, kann nur ca. 1/3 des erzeugten Stroms selbst genutzt werden. Der größere Anteil, welcher tagsüber bei optimaler Sonneneinstrahlung produziert wird, muss ins öffentliche Netz eingespeist werden.

Nr	Eigenverbrauch	Netzeinspeisung	Minderung		
	PV-Generatorleistung AC	durch Verschattung	zusätzlich Abweichung von Süd		
	kWh/Jahr	kWh/Jahr	kWh/Jahr		
Opt	3.436	856	2.580		
1	3.276	813	2.463	4,7%	12,3%
2	3.212	793	2.419	6,5%	14,0%
3	3.190	785	2.405	7,2%	14,6%
4	3.098	763	2.335	9,8%	25,2%
5	2.821	699	2.122	17,9%	22,0%
6	2.931	737	2.194	14,7%	19,0%
7	2.902	721	2.181	15,5%	19,8%
8	2.982	750	2.232	13,2%	17,6%
9	3.237	810	2.427	5,8%	13,3%
10	3.306	822	2.484	3,8%	11,5%
11	3.375	841	2.534	1,8%	9,6%
12	3.374	846	2.528	1,8%	9,7%
13	3.387	847	2.540	1,4%	9,3%
14	3.359	835	2.524	2,2%	7,1%
15	3.294	824	2.470	4,1%	11,8%
16	3.422	855	2.567	0,4%	8,4%
17	3.431	860	2.571	0,1%	8,1%
18	3.424	860	2.564	0,3%	2,3%
19	3.306	830	2.476	3,8%	5,7%
20	3.310	827	2.483	3,7%	5,6%
21	3.339	833	2.506	2,8%	4,8%
22	3.277	815	2.462	4,6%	12,3%
23	3.069	771	2.298	10,7%	12,5%
24	3.099	772	2.327	9,8%	11,6%
25	2.947	748	2.199	14,2%	15,9%

Gebäude in Südausrichtung:

Es ist zu erkennen, dass die Gebäude auf den Grundstücken 5, 6, 7, 8, 23 und 25 mit Ertragsminderungen von mindestens 10 % rechnen müssen.

Gebäudeausrichtung parallel zur Straße:

Agrund der Verschattungssituation und einer zusätzlichen nichtoptimalen Gebäudeausrichtung liegt die Ertragsminderung für die Grundstücke 4 und 5 über 20 %.

2.3.3 Zusammenfassung und Empfehlung der Verschattungsanalyse

Für die überwiegende Zahl der 25 Grundstücke liegt der Einfluss der Verschattung durch den umgebenden Baumbestand unterhalb von 10 % und ist vernachlässigbar. Kritisch in Bezug auf eine Solarwärmeanwendung sind die Grundstücke 4, 5, 7, 8 und 25, in Bezug auf eine Solarstromanwendung die Grundstücke 4 und 5 einzustufen. Hier muss mit einer Ertragsminderung > 20 % gerechnet werden, wenn die Gebäude nicht nach Süden ausgerichtet werden.

3 Energiewirtschaftliche und Ökologische Betrachtung der Wärmeerzeugung

3.1 Gesetzliche Rahmenbedingungen für den Einsatz der Wärmeerzeuger

Bei der Errichtung neuer Gebäude muss eine Vielzahl an Gesetzen eingehalten werden. Zu diesen Gesetzen zählt auch das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz, kurz EEWärmeG.

„Zweck dieses Gesetzes ist es, insbesondere im Interesse des Klimaschutzes, der Schonung fossiler Ressourcen und der Minderung der Abhängigkeit von Energieimporten, eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung zu ermöglichen und die Weiterentwicklung von Technologien zur Erzeugung von Wärme aus Erneuerbaren Energien zu fördern.“ (EEWärmeG).

Im Rahmen des EEWärmeG wird vorgeschrieben, dass die Eigentümer von Gebäuden, die neu errichtet werden, den Wärmeenergiebedarf anteilig durch die Nutzung Erneuerbarer Energien decken müssen.

Nach Vorgabe des EEWärmeG muss folgender Wärmeanteil durch Erneuerbare Energien gedeckt werden:

- Bei Nutzung von solarer Strahlungsenergie: 15%
- Bei Nutzung von gasförmiger Biomasse: 30%
- Bei Nutzung von flüssiger Biomasse und fester Biomasse: 50%
- Bei Nutzung von Geothermie und Umweltwärme: 50%

Es sind jedoch auch Ersatzmaßnahmen zugelassen:

- Mindestens 50%
 - aus Anlagen zur Nutzung von Abwärme oder
 - aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen)
- Maßnahmen zur Einsparung von Energie (mind. 15% besser als EnEV)
- Nah- oder Fernwärme (mind. 50% KWK)

Erneuerbare Energien und Ersatzmaßnahmen können zur Erfüllung der Pflicht miteinander kombiniert werden.

3.2 Berechnungsgrundlagen

Für die Ermittlung des Wärmebedarfes wurden folgende Annahmen getroffen:

Ansätze	EFH	DHH
Fläche in m²		
Heizfläche	150	100
Spez. Heizwärmebedarfe in kWh/(m²*Jahr)		
Standard	51	50
KfW 70	42	41
KfW 55	32	31
KfW 40	23	22
Passiv	14	14
Spez. Wärmebedarf WW in kWh/(m²*Jahr)		
alle	12,5	

Zur Ermittlung des Leistungsbedarfes für die Heizung wird von 1.800 Vollastbenutzungsstunden ausgegangen. Die höchste Leistung wird bei dem Einfamilienhaus (EFH) nach EnEV-Standard mit ca. 5 kW erwartet.

Für die Warmwasserbereitung wird hingegen eine Leistung von ca. 15 kW benötigt. Installiert wird stets die größere benötigte Leistung, in diesem Fall also 15 kW.

Es wird von folgenden energiewirtschaftlichen Ansätzen ausgegangen:

Energiewirtschaftliche Ansätze				
Kapitalgebundene Kosten				Dimension
Zinssatz		ca.	2%	/Jahr
Kapitaldienstfaktoren (Annuitätische Betrachtung):				
Anlagen	Betrachtungs- zeitraum:	20 Jahre	6,12%	/ Jahr
Schornstein, Gasanschluss, Bohrung		40 Jahre	3,66%	/ Jahr
Wartung/Reparatur/Versicherung/Betrieb				
Wärmepumpe		ca.	50	€/Jahr
Solarthermiemodule		ca.	50	€/Jahr
Pelletheizung		ca.	500	€/Jahr
Gaskessel & Peripherie		ca.	250	€/Jahr
Energie- und Hilfsstoffkosten				
Erdgas Grundpreis			80,40	€/Jahr
Erdgas Arbeitspreis			5,550	Ct/kWh _{Hs}
bei	1,10	Hs/Hi	6,105	Ct/kWh _{Hi}
Stromkosten Wärmepumpe Arbeitspreis			27,00	Ct/kWh _{el}
Stromkosten Wärmepumpe Grundpreis			54,69	€/Jahr
Holzpellets			4,800	Ct/kWh
Die Energiepreise für Gas und Strom sind die aktuellen Preise der Stw. Norderstedt				
Alle Preise verstehen sich inkl. MwSt.				

3.3 Gebäudesteckbriefe

Aus den Bedarfen, den rechtlichen Rahmenbedingungen, den obigen energiewirtschaftlichen Ansätzen und den Investitionen ergeben sich für die einzelnen Technologien und Baustandards die folgenden jährlichen Wärmegeheimungskosten und CO₂-Emissionen. **Alle Kosten und Preise verstehen sich inkl. MwSt.**

Anmerkung: Bei den Investitionen wird für die Pelletvarianten aufgrund des erhöhten Platzbedarfes für den Heizraum von Baumehrkosten in Höhe von 8.000 € ausgegangen.

Einfamilienhaus EnEv Standard						
Grundlagen						
Fläche	ca. 150 m²					
Heizwärmebedarf	ca. 7.650 kWh/Jahr					
Wärmebedarf für Warmwasser	ca. 1.875 kWh/Jahr					
Wärmebedarf gesamt	ca. 9.525 kWh/Jahr					
Leistungsbedarf Heizung	ca. 5 kW					
Leistungsbedarf Warmwasser	ca. 15 kW					
Zu installierende Leistung	ca. 15 kW					
Anlagenkonfiguration						
Technologie	Investitionen inkl. Förderung	Jährliche Ausgaben				CO ₂ -Emissionen
		Brennstoff-/Strombedarf	Kapitalkosten	Wartungskosten	Brennstoff-/Stromkosten	
Erdgaskessel	ca.	Gemäß EEWärmeG nicht möglich!				
Pelletheizung (3.500 € Förderung)	ca. 24.500 €	2.160 kg/Jahr	1.252 € / Jahr	500 € / Jahr	508 € / Jahr	2.260 € / Jahr
Elektrische Erdwärmepumpe	ca. 19.363 €	3.696 kWh/Jahr	1.069 € / Jahr	50 € / Jahr	1.053 € / Jahr	2.172 € / Jahr
Luftwärmepumpe	ca. 17.500 €	4.061 kWh/Jahr	1.070 € / Jahr	50 € / Jahr	1.151 € / Jahr	2.271 € / Jahr
Gasbrennwerttherme mit solarer Trinkwassererwärmung	ca. 16.000 €	8.917 kWh/Jahr	905 € / Jahr	300 € / Jahr	625 € / Jahr	1.829 € / Jahr
Pelletheizung mit solarer Trinkwassererwärmung (4.000 € Förderung)	ca. 27.000 €	1.880 kg/Jahr	1.405 € / Jahr	550 € / Jahr	442 € / Jahr	2.398 € / Jahr
Elektrische Erdwärmepumpe mit solarer Trinkwassererwärmung	ca. 24.963 €	2.617 kWh/Jahr	1.412 € / Jahr	100 € / Jahr	761 € / Jahr	2.273 € / Jahr
Luftwärmepumpe mit solarer Trinkwassererwärmung	ca. 21.800 €	3.012 kWh/Jahr	1.333 € / Jahr	100 € / Jahr	868 € / Jahr	2.301 € / Jahr

Einfamilienhaus KfW-70							
Grundlagen							
Fläche	ca. 150 m²						
Heizwärmebedarf	ca. 6.300 kWh/Jahr						
Wärmebedarf für Warmwasser	ca. 1.875 kWh/Jahr						
Wärmebedarf gesamt	ca. 8.175 kWh/Jahr						
Leistungsbedarf Heizung	ca. 4 kW						
Leistungsbedarf Warmwasser	ca. 15 kW						
Zu installierende Leistung	ca. 15 kW						
Anlagenkonfiguration							
Technologie	Investitionen inkl. Förderung	Jährliche Ausgaben				CO ₂ -Emissionen	
		Brennstoff- /Strombedarf	Kapital- kosten	Wartungs- kosten	Brennstoff- /Stromkosten		Summe
Erdgaskessel	ca. 12.000 €	8.790 kWh/Jahr	660 € / Jahr	250 € / Jahr	617 € / Jahr	1.527 € / Jahr	1.776 kg/Jahr
Pelletheizung (3.500 € Förderung)	ca. 24.500 €	1.854 kg/Jahr	1.252 € / Jahr	500 € / Jahr	436 € / Jahr	2.188 € / Jahr	0 kg/Jahr
Elektrische Erdwärmepumpe	ca. 19.363 €	3.375 kWh/Jahr	1.069 € / Jahr	50 € / Jahr	966 € / Jahr	2.085 € / Jahr	1.944 kg/Jahr
Luftwärmepumpe	ca. 17.500 €	3.675 kWh/Jahr	1.070 € / Jahr	50 € / Jahr	1.047 € / Jahr	2.167 € / Jahr	2.117 kg/Jahr
Gasbrennwerttherme mit solarer Trinkwassererwärmung	ca. 16.000 €	7.465 kWh/Jahr	905 € / Jahr	300 € / Jahr	536 € / Jahr	1.741 € / Jahr	1.508 kg/Jahr
Pelletheizung mit solarer Trinkwassererwärmung (4.000 € Förderung)	ca. 27.000 €	1.574 kg/Jahr	1.405 € / Jahr	550 € / Jahr	370 € / Jahr	2.326 € / Jahr	0 kg/Jahr
Elektrische Erdwärmepumpe mit solarer Trinkwassererwärmung	ca. 24.963 €	2.296 kWh/Jahr	1.412 € / Jahr	100 € / Jahr	675 € / Jahr	2.187 € / Jahr	1.322 kg/Jahr
Luftwärmepumpe mit solarer Trinkwassererwärmung	ca. 21.800 €	2.627 kWh/Jahr	1.333 € / Jahr	100 € / Jahr	764 € / Jahr	2.197 € / Jahr	1.513 kg/Jahr

Einfamilienhaus KfW-55							
Grundlagen							
Fläche	ca. 150 m²						
Heizwärmebedarf	ca. 4.800 kWh/Jahr						
Wärmebedarf für Warmwasser	ca. 1.875 kWh/Jahr						
Wärmebedarf gesamt	ca. 6.675 kWh/Jahr						
Leistungsbedarf Heizung	ca. 3 kW						
Leistungsbedarf Warmwasser	ca. 15 kW						
Zu installierende Leistung	ca. 15 kW						
Anlagenkonfiguration							
Technologie	Investitionen inkl. Förderung	Jährliche Ausgaben				CO ₂ -Emissionen	
		Brennstoff- /Strombedarf	Kapital- kosten	Wartungs- kosten	Brennstoff- /Stromkosten		Summe
Erdgaskessel	ca. 12.000 €	7.177 kWh/Jahr	660 € / Jahr	250 € / Jahr	519 € / Jahr	1.429 € / Jahr	1.450 kg/Jahr
Pelletheizung (3.500 € Förderung)	ca. 24.500 €	1.514 kg/Jahr	1.252 € / Jahr	500 € / Jahr	356 € / Jahr	2.108 € / Jahr	0 kg/Jahr
Elektrische Erdwärmepumpe	ca. 19.363 €	3.018 kWh/Jahr	1.069 € / Jahr	50 € / Jahr	870 € / Jahr	1.989 € / Jahr	1.738 kg/Jahr
Luftwärmepumpe	ca. 17.500 €	3.246 kWh/Jahr	1.070 € / Jahr	50 € / Jahr	931 € / Jahr	2.051 € / Jahr	1.870 kg/Jahr
Gasbrennwerttherme mit solarer Trinkwassererwärmung	ca. 16.000 €	5.853 kWh/Jahr	905 € / Jahr	300 € / Jahr	438 € / Jahr	1.642 € / Jahr	1.182 kg/Jahr
Pelletheizung mit solarer Trinkwassererwärmung (4.000 € Förderung)	ca. 27.000 €	1.234 kg/Jahr	1.405 € / Jahr	550 € / Jahr	290 € / Jahr	2.246 € / Jahr	0 kg/Jahr
Elektrische Erdwärmepumpe mit solarer Trinkwassererwärmung	ca. 24.963 €	1.939 kWh/Jahr	1.412 € / Jahr	100 € / Jahr	578 € / Jahr	2.090 € / Jahr	1.117 kg/Jahr
Luftwärmepumpe mit solarer Trinkwassererwärmung	ca. 21.800 €	2.198 kWh/Jahr	1.333 € / Jahr	100 € / Jahr	648 € / Jahr	2.081 € / Jahr	1.266 kg/Jahr

Einfamilienhaus KfW-40							
Grundlagen							
Fläche	ca. 150 m²						
Heizwärmebedarf	ca. 3.450 kWh/Jahr						
Wärmebedarf für Warmwasser	ca. 1.875 kWh/Jahr						
Wärmebedarf gesamt	ca. 5.325 kWh/Jahr						
Leistungsbedarf Heizung	ca. 3 kW						
Leistungsbedarf Warmwasser	ca. 15 kW						
Zu installierende Leistung	ca. 15 kW						
Anlagenkonfiguration							
Technologie	Investitionen inkl. Förderung	Jährliche Ausgaben				CO ₂ -Emissionen	
		Brennstoff- /Strombedarf	Kapital- kosten	Wartungs- kosten	Brennstoff- /Stromkosten		Summe
Erdgaskessel	ca. 12.000 €	5.726 kWh/Jahr	660 € / Jahr	250 € / Jahr	430 € / Jahr	1.340 € / Jahr	1.157 kg/Jahr
Pelletheizung (3.500 € Förderung)	ca. 24.500 €	1.207 kg/Jahr	1.252 € / Jahr	500 € / Jahr	284 € / Jahr	2.036 € / Jahr	0 kg/Jahr
Elektrische Erdwärmepumpe	ca. 19.363 €	2.696 kWh/Jahr	1.069 € / Jahr	50 € / Jahr	783 € / Jahr	1.902 € / Jahr	1.553 kg/Jahr
Luftwärmepumpe	ca. 17.500 €	2.861 kWh/Jahr	1.070 € / Jahr	50 € / Jahr	827 € / Jahr	1.947 € / Jahr	1.648 kg/Jahr
Gasbrennwerttherme mit solarer Trinkwassererwärmung	ca. 16.000 €	4.401 kWh/Jahr	905 € / Jahr	300 € / Jahr	349 € / Jahr	1.554 € / Jahr	889 kg/Jahr
Pelletheizung mit solarer Trinkwassererwärmung (4.000 € Förderung)	ca. 27.000 €	928 kg/Jahr	1.405 € / Jahr	550 € / Jahr	218 € / Jahr	2.174 € / Jahr	0 kg/Jahr
Elektrische Erdwärmepumpe mit solarer Trinkwassererwärmung	ca. 24.963 €	1.617 kWh/Jahr	1.412 € / Jahr	100 € / Jahr	491 € / Jahr	2.003 € / Jahr	932 kg/Jahr
Luftwärmepumpe mit solarer Trinkwassererwärmung	ca. 21.800 €	1.812 kWh/Jahr	1.333 € / Jahr	100 € / Jahr	544 € / Jahr	1.977 € / Jahr	1.044 kg/Jahr

Einfamilienhaus Passivbauweise									
Grundlagen									
Fläche	ca.	150 m ²							
Heizwärmebedarf	ca.	2.100 kWh/Jahr							
Wärmebedarf für Warmwasser	ca.	1.875 kWh/Jahr							
Wärmebedarf gesamt	ca.	3.975 kWh/Jahr							
Leistungsbedarf Heizung	ca.	2 kW							
Leistungsbedarf Warmwasser	ca.	15 kW							
Zu installierende Leistung	ca.	15 kW							
Anlagenkonfiguration									
Technologie	Investitionen inkl. Förderung	Jährliche Ausgaben				CO ₂ -Emissionen			
		Brennstoff-/Strombedarf	Kapitalkosten	Wartungskosten	Brennstoff-/Stromkosten		Summe		
Erdgaskessel	ca. 12.000 €	4.274 kWh/Jahr	660 € / Jahr	250 € / Jahr	341 € / Jahr	863 kg/Jahr			
Pelletheizung (3.500 € Förderung)	ca. 24.500 €	901 kg/Jahr	1.252 € / Jahr	500 € / Jahr	212 € / Jahr	0 kg/Jahr			
Elektrische Erwärmpumpe	ca. 19.363 €	2.375 kWh/Jahr	1.069 € / Jahr	50 € / Jahr	696 € / Jahr	1.368 kg/Jahr			
Luftwärmepumpe	ca. 17.500 €	2.475 kWh/Jahr	1.070 € / Jahr	50 € / Jahr	723 € / Jahr	1.426 kg/Jahr			
Gasbrennwerttherme mit solarer Trinkwassererwärmung	ca. 16.000 €	2.949 kWh/Jahr	905 € / Jahr	300 € / Jahr	260 € / Jahr	596 kg/Jahr			
Pelletheizung mit solarer Trinkwassererwärmung (4.000 € Förderung)	ca. 27.000 €	622 kg/Jahr	1.405 € / Jahr	550 € / Jahr	146 € / Jahr	0 kg/Jahr			
Elektrische Erwärmpumpe mit solarer Trinkwassererwärmung	ca. 24.963 €	1.296 kWh/Jahr	1.412 € / Jahr	100 € / Jahr	405 € / Jahr	746 kg/Jahr			
Luftwärmepumpe mit solarer Trinkwassererwärmung	ca. 21.800 €	1.427 kWh/Jahr	1.333 € / Jahr	100 € / Jahr	440 € / Jahr	822 kg/Jahr			

Doppelhaushälfte EnEv Standard									
Grundlagen									
Fläche	ca. 100 m ²								
Heizwärmebedarf	ca. 5.000 kWh/Jahr								
Wärmebedarf für Warmwasser	ca. 1.250 kWh/Jahr								
Wärmebedarf gesamt	ca. 6.250 kWh/Jahr								
Leistungsbedarf Heizung	ca. 4 kW								
Leistungsbedarf Warmwasser	ca. 15 kW								
Zu installierende Leistung	ca. 15 kW								
Anlagenkonfiguration									
Technologie	Investitionen inkl. Förderung	Jährliche Ausgaben				CO ₂ -Emissionen			
		Brennstoff-/Strombedarf	Kapitalkosten	Wartungskosten	Brennstoff-/Stromkosten		Summe		
Erdgaskessel	ca.	Gemäß EEWärmeG nicht möglich!							
Pelletheizung (3.500 € Förderung)	ca. 24.500 €	1.417 kg/Jahr	1.252 € / Jahr	500 € / Jahr	333 € / Jahr	2.086 € / Jahr	0 kg/Jahr		
Elektrische Erdwärmepumpe	ca. 19.363 €	2.440 kWh/Jahr	1.069 € / Jahr	50 € / Jahr	714 € / Jahr	1.833 € / Jahr	1.406 kg/Jahr		
Luftwärmepumpe	ca. 17.500 €	2.679 kWh/Jahr	1.070 € / Jahr	50 € / Jahr	778 € / Jahr	1.898 € / Jahr	1.543 kg/Jahr		
Gasbrennwerttherme mit solarer Trinkwassererwärmung	ca. 16.000 €	5.396 kWh/Jahr	905 € / Jahr	300 € / Jahr	410 € / Jahr	1.615 € / Jahr	1.090 kg/Jahr		
Pelletheizung mit solarer Trinkwassererwärmung	ca. 26.000 €	1.138 kg/Jahr	1.344 € / Jahr	550 € / Jahr	268 € / Jahr	2.162 € / Jahr	0 kg/Jahr		
Elektrische Erdwärmepumpe mit solarer Trinkwassererwärmung	ca. 24.963 €	1.213 kWh/Jahr	1.412 € / Jahr	100 € / Jahr	382 € / Jahr	1.894 € / Jahr	698 kg/Jahr		
Luftwärmepumpe mit solarer Trinkwassererwärmung	ca. 21.800 €	1.452 kWh/Jahr	1.333 € / Jahr	100 € / Jahr	447 € / Jahr	1.880 € / Jahr	836 kg/Jahr		

Doppelhaushälfte KfW-70										
Grundlagen										
Fläche	ca.	100 m ²								
Heizwärmebedarf	ca.	4.100 kWh/Jahr								
Wärmebedarf für Warmwasser	ca.	1.250 kWh/Jahr								
Wärmebedarf gesamt	ca.	5.350 kWh/Jahr								
Leistungsbedarf Heizung	ca.	3 kW								
Leistungsbedarf Warmwasser	ca.	15 kW								
Zu installierende Leistung	ca.	15 kW								
Anlagenkonfiguration										
Technologie	Investitionen inkl. Förderung	Jährliche Ausgaben				Summe	CO ₂ -Emissionen			
		Brennstoff-/Strombedarf	Kapitalkosten	Wartungskosten	Brennstoff-/Stromkosten					
Erdgaskessel	ca.	12.000 €	660 € / Jahr	250 € / Jahr	432 € / Jahr	1.342 € / Jahr	1.162 kg/Jahr			
Pelletheizung (3.500 € Förderung)	ca.	24.500 €	1.252 € / Jahr	500 € / Jahr	285 € / Jahr	2.038 € / Jahr	0 kg/Jahr			
Elektrische Erdwärmepumpe	ca.	19.363 €	1.069 € / Jahr	50 € / Jahr	656 € / Jahr	1.775 € / Jahr	1.282 kg/Jahr			
Luftwärmepumpe	ca.	17.500 €	1.070 € / Jahr	50 € / Jahr	708 € / Jahr	1.829 € / Jahr	1.395 kg/Jahr			
Gasbrennwerttherme mit solarer Trinkwassererwärmung	ca.	16.000 €	905 € / Jahr	300 € / Jahr	351 € / Jahr	1.555 € / Jahr	894 kg/Jahr			
Pelletheizung mit solarer Trinkwassererwärmung	ca.	26.000 €	1.344 € / Jahr	550 € / Jahr	220 € / Jahr	2.114 € / Jahr	0 kg/Jahr			
Elektrische Erdwärmepumpe mit solarer Trinkwassererwärmung	ca.	24.963 €	1.412 € / Jahr	100 € / Jahr	324 € / Jahr	1.836 € / Jahr	575 kg/Jahr			
Luftwärmepumpe mit solarer Trinkwassererwärmung	ca.	21.800 €	1.333 € / Jahr	100 € / Jahr	377 € / Jahr	1.810 € / Jahr	688 kg/Jahr			

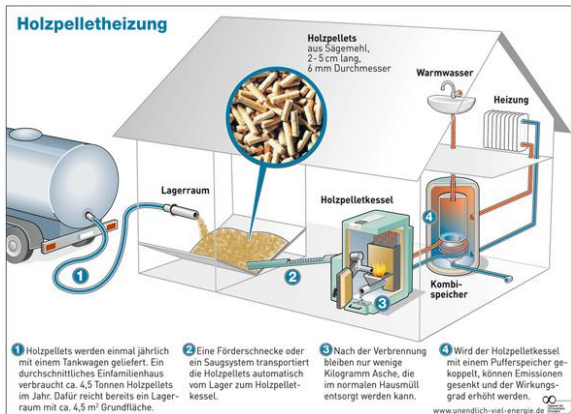
Doppelhaushälfte KfW-55									
Grundlagen									
Fläche	ca.	100 m²							
Heizwärmebedarf	ca.	3.100 kWh/Jahr							
Wärmebedarf für Warmwasser	ca.	1.250 kWh/Jahr							
Wärmebedarf gesamt	ca.	4.350 kWh/Jahr							
Leistungsbedarf Heizung	ca.	2 kW							
Leistungsbedarf Warmwasser	ca.	15 kW							
Zu installierende Leistung	ca.	15 kW							
Anlagenkonfiguration									
Technologie	Investitionen inkl. Förderung	Jährliche Ausgaben				CO ₂ -Emissionen			
		Brennstoff-/Strombedarf	Kapitalkosten	Wartungskosten	Brennstoff-/Stromkosten				
Erdgaskessel	ca. 12.000 €	4.677 kWh/Jahr	660 € / Jahr	250 € / Jahr	366 € / Jahr	945 kg/Jahr			
Pelletheizung (3.500 € Förderung)	ca. 24.500 €	986 kg/Jahr	1.252 € / Jahr	500 € / Jahr	232 € / Jahr	0 kg/Jahr			
Elektrische Erdwärmepumpe	ca. 19.363 €	1.988 kWh/Jahr	1.069 € / Jahr	50 € / Jahr	591 € / Jahr	1.145 kg/Jahr			
Luftwärmepumpe	ca. 17.500 €	2.136 kWh/Jahr	1.070 € / Jahr	50 € / Jahr	631 € / Jahr	1.230 kg/Jahr			
Gasbrennwerttherme mit solarer Trinkwassererwärmung	ca. 16.000 €	3.353 kWh/Jahr	905 € / Jahr	300 € / Jahr	285 € / Jahr	677 kg/Jahr			
Pelletheizung mit solarer Trinkwassererwärmung	ca. 26.000 €	707 kg/Jahr	1.344 € / Jahr	550 € / Jahr	166 € / Jahr	0 kg/Jahr			
Elektrische Erdwärmepumpe mit solarer Trinkwassererwärmung	ca. 24.963 €	760 kWh/Jahr	1.412 € / Jahr	100 € / Jahr	260 € / Jahr	438 kg/Jahr			
Luftwärmepumpe mit solarer Trinkwassererwärmung	ca. 21.800 €	909 kWh/Jahr	1.333 € / Jahr	100 € / Jahr	300 € / Jahr	523 kg/Jahr			
						Summe			
						1.276 € / Jahr			
						1.984 € / Jahr			
						1.711 € / Jahr			
						1.752 € / Jahr			
						1.490 € / Jahr			
						2.060 € / Jahr			
						1.772 € / Jahr			
						1.733 € / Jahr			

Doppelhaushälfte KfW-40									
Grundlagen									
Fläche	ca.	100 m²							
Heizwärmebedarf	ca.	2.200 kWh/Jahr							
Wärmebedarf für Warmwasser	ca.	1.250 kWh/Jahr							
Wärmebedarf gesamt	ca.	3.450 kWh/Jahr							
Leistungsbedarf Heizung	ca.	2 kW							
Leistungsbedarf Warmwasser	ca.	15 kW							
Zu installierende Leistung	ca.	15 kW							
Anlagenkonfiguration									
Technologie	Investitionen inkl. Förderung	Brennstoff- /Strombedarf	Kapital- kosten	Jährliche Ausgaben			CO ₂ -Emissionen		
				Wartungs- kosten	Brennstoff- /Stromkosten	Summe			
Erdgaskessel	ca. 12.000 €	3.710 kWh/Jahr	660 € / Jahr	250 € / Jahr	307 € / Jahr	1.217 € / Jahr	749 kg/Jahr		
Pelletheizung (3.500 € Förderung)	ca. 24.500 €	782 kg/Jahr	1.252 € / Jahr	500 € / Jahr	184 € / Jahr	1.936 € / Jahr	0 kg/Jahr		
Elektrische Erdwärmepumpe	ca. 19.363 €	1.774 kWh/Jahr	1.069 € / Jahr	50 € / Jahr	534 € / Jahr	1.653 € / Jahr	1.022 kg/Jahr		
Luftwärmepumpe	ca. 17.500 €	1.879 kWh/Jahr	1.070 € / Jahr	50 € / Jahr	562 € / Jahr	1.682 € / Jahr	1.082 kg/Jahr		
Gasbrennwerttherme mit solarer Trinkwassererwärmung	ca. 16.000 €	2.385 kWh/Jahr	905 € / Jahr	300 € / Jahr	226 € / Jahr	1.431 € / Jahr	482 kg/Jahr		
Pelletheizung mit solarer Trinkwassererwärmung	ca. 26.000 €	503 kg/Jahr	1.344 € / Jahr	550 € / Jahr	118 € / Jahr	2.012 € / Jahr	0 kg/Jahr		
Elektrische Erdwärmepumpe mit solarer Trinkwassererwärmung	ca. 24.963 €	546 kWh/Jahr	1.412 € / Jahr	100 € / Jahr	202 € / Jahr	1.714 € / Jahr	314 kg/Jahr		
Luftwärmepumpe mit solarer Trinkwassererwärmung	ca. 21.800 €	652 kWh/Jahr	1.333 € / Jahr	100 € / Jahr	231 € / Jahr	1.664 € / Jahr	375 kg/Jahr		

Doppelhaushälfte Passivbauweise									
Grundlagen									
Fläche	ca.	100 m²							
Heizwärmebedarf	ca.	1.400 kWh/Jahr							
Wärmebedarf für Warmwasser	ca.	1.250 kWh/Jahr							
Wärmebedarf gesamt	ca.	2.650 kWh/Jahr							
Leistungsbedarf Heizung	ca.	1 kW							
Leistungsbedarf Warmwasser	ca.	15 kW							
Zu installierende Leistung	ca.	15 kW							
Anlagenkonfiguration									
Technologie	Investitionen inkl. Förderung	Jährliche Ausgaben				Summe	CO ₂ -Emissionen		
		Brennstoff-/Strombedarf	Kapitalkosten	Wartungskosten	Brennstoff-/Stromkosten				
Erdgaskessel	ca.	12.000 €	660 € / Jahr	250 € / Jahr	254 € / Jahr	1.164 € / Jahr	576 kg/Jahr		
Pelletheizung (3.500 € Förderung)	ca.	24.500 €	1.252 € / Jahr	500 € / Jahr	141 € / Jahr	1.894 € / Jahr	0 kg/Jahr		
Elektrische Erdwärmepumpe	ca.	19.363 €	1.069 € / Jahr	50 € / Jahr	482 € / Jahr	1.602 € / Jahr	912 kg/Jahr		
Luftwärmepumpe	ca.	17.500 €	1.070 € / Jahr	50 € / Jahr	500 € / Jahr	1.620 € / Jahr	950 kg/Jahr		
Gasbrennwerttherme mit solarer Trinkwassererwärmung	ca.	16.000 €	905 € / Jahr	300 € / Jahr	173 € / Jahr	1.378 € / Jahr	308 kg/Jahr		
Pelletheizung mit solarer Trinkwassererwärmung	ca.	26.000 €	1.344 € / Jahr	550 € / Jahr	76 € / Jahr	1.970 € / Jahr	0 kg/Jahr		
Elektrische Erdwärmepumpe mit solarer Trinkwassererwärmung	ca.	24.963 €	1.412 € / Jahr	100 € / Jahr	151 € / Jahr	1.663 € / Jahr	205 kg/Jahr		
Luftwärmepumpe mit solarer Trinkwassererwärmung	ca.	21.800 €	1.333 € / Jahr	100 € / Jahr	169 € / Jahr	1.602 € / Jahr	244 kg/Jahr		

3.4 Eingesetzte Technologien

3.4.1 Pelletheizung



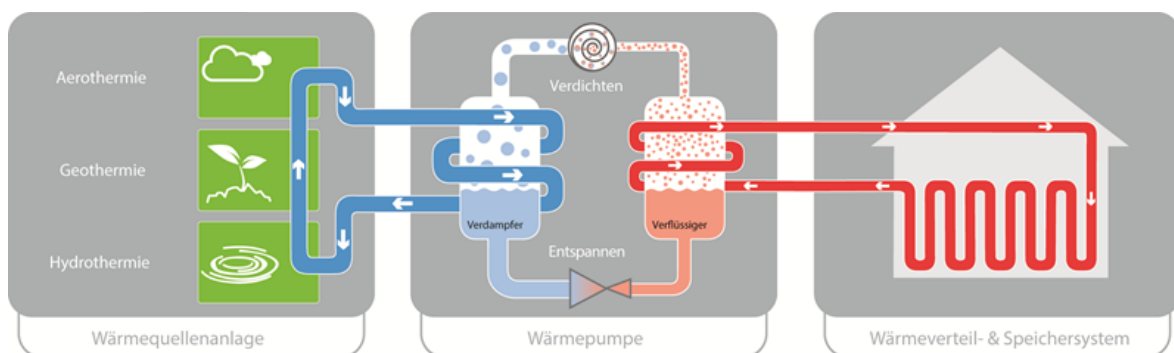
Holzpellets sind kleine zylindrische Presslinge, die aus getrockneten, naturbelassenen Holzspänen hergestellt werden. Die Späne sind meist Abfall aus Sägewerken und werden dadurch recycelt. Um einen hohen Heizwert zu erreichen, werden die Späne vor der Weiterverarbeitung bis zu einem Wassergehalt von ca. 10% getrocknet. Die Pellets werden unter hohem Druck und ohne Zugabe von künstlichen Bindemitteln in die gewünschte Form gepresst.

Pelletheizungen weisen einen ähnlichen Bedienungskomfort auf wie eine Öl- oder Gasheizung. Dabei werden die Pellets, z. B. in einem Raum gelagert, der direkt an den Heizungsraum angrenzt. Eine andere Möglichkeit der Lagerung bieten Silos oder Lagercontainer. Das Brenngut wird mit Hilfe einer Förderschnecke oder einer Ansaugung aus dem Lager zu dem Kessel geführt. Durch eine Regelung des Kessels wird dem Feuer immer ausreichend Brennstoff zugeführt. Wenn der Wärmebedarf gedeckt ist, schaltet sich der Kessel automatisch ab und bei Bedarf wieder ein.

3.4.2 Wärmepumpe

Eine Wärmepumpen-Heizungsanlage besteht aus drei Teilen:

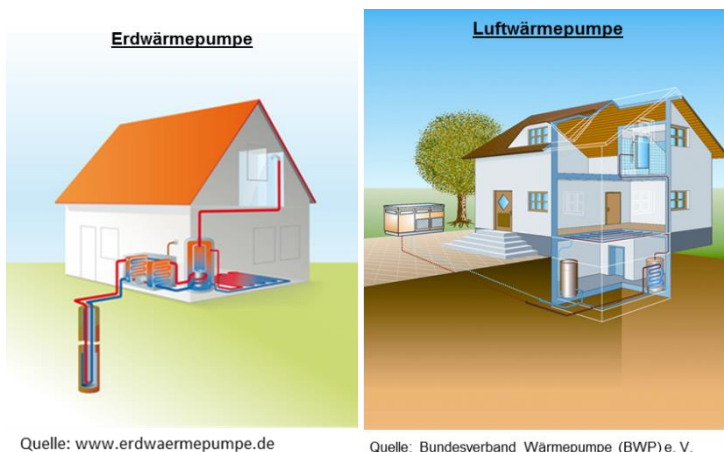
- der Wärmequellenanlage, die der Umgebung der benötigte Energie entzieht,
- der eigentlichen Wärmepumpe, die die gewonnene Umweltwärme nutzbar macht sowie
- dem Wärmeverteilsystem, das die Wärmeenergie im Haus verteilt oder zwischenspeichert.



Quelle: <http://www.waermepumpe.de/waermepumpe/funktion.html>

Der technische Prozess läuft dabei in drei Schritten ab:

1. Gewinnung



Quelle: www.erdwaermepumpe.de

Quelle: Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e. V.

Bei der Erdwärmepumpe zirkuliert in der Wärmequellenanlage eine Flüssigkeit, häufig eine Sole, d.h. Wasser, das mit Frostschutzmittel versetzt ist. Die Flüssigkeit nimmt die Umweltwärme aus dem Erdreich auf und transportiert diese zur Wärmepumpe.

Bei der Luftwärmepumpe wird über einen Ventilator Außenluft angesaugt, welche der Wärmepumpe die Umgebungswärme zuführt.

2. Nutzbarmachung

In der Wärmepumpe befindet sich ein weiterer Kreislauf, in dem ein so genanntes Kältemittel zirkuliert. In einem Wärmetauscher, dem Verdampfer, wird die Umweltenergie von dem ersten Kreislauf auf das Kältemittel übertragen, das dadurch verdampft. Bei Luftwärmepumpen erhitzt die Außenluft das Kältemittel.

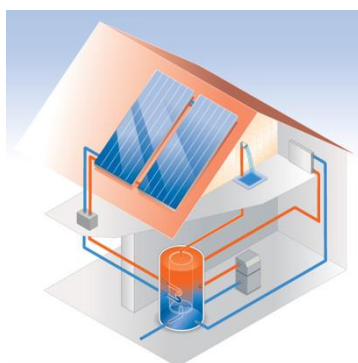
Der Kältemitteldampf wird nun zu einem Verdichter/Kompressor weitergeleitet, wo er unter Einsatz von elektrischer Energie verdichtet wird. Dadurch hebt sich das Temperaturniveau des gasförmigen Kältemittels an, es wird also heißer. In einem weiteren Wärmetauscher, dem so genannten Verflüssiger, wird das unter hohem Druck stehende, heiße Kältemittelgas nun kondensiert, wobei es seine Wärme wieder abgibt. Anschließend wird das verflüssigte Kältemittel zu einer Drossel, in der der Druck des Kältemittels wieder verringert wird, geleitet. Das nun flüssige, entspannte Kältemittel wird schließlich zum Verdampfer zurückgeführt.

3. Beheizung

In dem zu beheizenden Gebäude befindet sich nun das Wärmeverteilsystem und Speichersystem. Darin zirkuliert als Heizmedium in der Regel Wasser. Dieses Wasser nimmt die Wärme, die das Kältemittel im Verflüssiger abgibt, auf und leitet dieses entweder zu einem Verteilersystem, wie z. B. Flächenheizungen, oder zu einem Heizungspuffer- bzw. Warmwasserspeicher.¹

3.4.3 Solarthermie zur Trinkwassererwärmung

Bei einer Solarthermieanlage werden auf dem Dach des Hauses sogenannte Solarpanels errichtet, welche von Wasser durchströmt werden. Das zirkulierende Wasser wird von der Sonne erwärmt und gibt die Wärme wiederum an das Trinkwarmwasser ab. Eine ausreichend große thermische Solaranlage kann in den Sommermonaten den Bedarf an Warmwasser in den meisten Fällen komplett decken.



Quelle: <http://www.solaranlagen-portal.com/solar/solarenergie/warmwasser>

Da der Warmwasserbedarf in den Übergangs- und Wintermonaten höher ist und die Anlage bedingt durch die geringere Sonneneinstrahlung auch weniger Ertrag erwirtschaftet, kann die Solaranlage nicht in ausreichendem Maße Warmwasser bereitstellen. Für diese Übergangszeiten empfiehlt sich die Kombination einer Solaranlage

¹ In Anlehnung an: <http://www.waermepumpe.de/waermepumpe/funktion.html>

für Warmwasser mit einer Gasheizung, Pelletheizung oder Wärmepumpe. Erst wenn der Bedarf an Brauchwasser nicht mehr durch Solar gedeckt werden kann, springt die andere Technik ein.

Die Heizwärmeerzeugung erfolgt je nach installierter Technologie ausschließlich über Gasheizung, Pelletheizung oder Wärmepumpe.

4 Wirtschaftlichkeitsberechnung Photovoltaik

Auf Basis der zuvor ermittelten Solarerträge sind für die unterschiedlichen Verschattungsgrade Wirtschaftlichkeitsberechnungen auf Basis einer Vollkostenrechnung durchgeführt worden.

Wirtschaftlichkeit Photovoltaik				
Installierte Leistung			4	kWp
Stromverbrauch			4.000	kWh/a
Spezifische Investitionen			1.600	€/kWp
Gesamt Invest			6.400	€
Jährliche Kapitalkosten			391	€/a
Jährliche Wartungs- und Versicherungskosten			60	€/a
Solarer Ertrag				
Verschattungsgrad		Gesamtertrag	Eigennutzung	Einspeisung
0%		3.436 kWh	856 kWh	2.580 kWh
5%		3.276 kWh	813 kWh	2.463 kWh
10%		3.069 kWh	771 kWh	2.298 kWh
15%		2.931 kWh	737 kWh	2.194 kWh
20%		2.748 kWh	687 kWh	2.061 kWh
25%		2.577 kWh	644 kWh	1.933 kWh
Einspeisevergütung gem. EEG 2014				
"Gebäudeanlagen" bis 10 kWp			12,40	ct/kWh
Verdrängung Strombezug			27,00	ct/kWh
Jährlicher Überschuss				
Verschattungsgrad	Fixkosten	Stromverdrängung	EEG-Vergütung	Überschuss pro Jahr
0%	451 €	231 €	320 €	100 €
5%	451 €	220 €	305 €	74 €
10%	451 €	208 €	285 €	42 €
15%	451 €	199 €	272 €	20 €
20%	451 €	185 €	256 €	- 10 €
25%	451 €	174 €	240 €	- 38 €

Die Tabelle zeigt, dass unter den getroffenen Annahmen nur bei einem Verschattungsgrad von 15% noch ein kleiner jährlicher Überschuss generiert werden kann. Selbst bei der eine PV-Anlage ohne Verschattung beläuft sich der Überschuss auf lediglich ca. 100 €/Jahr (brutto). Bei einer angenommenen Laufzeit von 20 Jahren entspricht dieses einer Einsparung von ca. 2.000 € nach Abzug der Kapitalkosten. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Stromkosten weiter ansteigen, was die Wirtschaftlichkeit der PV-Anlage erhöhen würde. Bei einer jährlichen Strompreissteigerung von konservativen 2,5 %/a kostet der Strom 2025 bereits ca. 34,5 ct/kWh. Hier beträgt die jährliche Einsparung dann schon 60% mehr. Positiv zu bewerten ist zudem die durch eine Errichtung einer PV-Anlage zu erzielende Verringerung der CO₂-Emissionen. Diese beträgt ja nach Verschattungsgrad 1.500 bis 2.000 kg/Jahr.

5 Handlungsempfehlung

Aus wirtschaftlicher Sicht muss man zu dem Ergebnis kommen, dass bei Neubauten mit hohem energetischem Standard auf Grund des geringen Verbrauchs die Technologie am wirtschaftlichsten ist, welche die geringsten Investitionen aufweist. Mit den Einsparungen über den Brennstoffpreis, wie z.B. bei Pelletheizungen, oder durch die Substitution durch solare Nutzung können die erhöhten Investitionen nicht refinanziert werden.

Somit ist die klassische Erdgasheizung mit den geringsten Investitionen auch bei einer Vollkostenbetrachtung (inkl. Investitionen & Wartung) die wirtschaftlichste Lösung. Unter Berücksichtigung der aktuellen Gesetzgebung darf diese jedoch nur alleine genutzt werden, wenn die Gebäudehülle mindestens 15% besser ist, als es die EnEV vorschreibt. Bei Gebäuden mit mindestens KfW 70 Standard ist dieses Kriterium zumeist erfüllt.

Die Betrachtung der CO₂-Bilanzen der jeweiligen Wärmeerzeugungstechnologien zeigt ein anderes Bild. Eine reine Kessellösung auf Erdgasbasis landet hier nur im Mittelfeld. Vor allem die Pelletheizung kann hier mit „Null-Emissionen“ glänzen. Die reinen Wärmepumpenlösungen als Erd- oder Luftwärmepumpe schneiden auf Grund des Energieträgers Strom am schlechtesten ab. Als Kombilösung können sowohl die Wärmepumpen, als auch der Erdgaskessel zusammen mit einer solaren Warmwasserbereitung neben der Pelletheizung am besten abschneiden.

Mit Blick sowohl auf die wirtschaftliche, als auch auf die ökologische Bilanz stellt sich die Lösung mit einem Erdgaskessel plus solarer Warmwasserbereitung mit „Mehrkosten“ in Höhe von ca. 200 € pro Jahr und einer CO₂-Ersparnis von ca. 20% gegenüber der reinen Kessellösung als Favorit heraus.

Bei den Grundstücken, wo eine optimale solare Nutzung auf Grund der Verschattung nicht möglich ist, muss mit einer Ertragsminderung der Solaranlage von bis zu 25% gerechnet werden. Hier ist der zusätzliche finanzielle Aufwand für eine Solarthermieanlage von ca. 4.000 € (brutto) auch aus ökologischer Sicht nicht mehr vertretbar. Kritisch in Bezug auf eine Solarwärmeanwendung sind die Grundstücke 4, 5, 7, 8 und 25 und somit kann hier keine Empfehlung für diese Technologie ausgesprochen werden.

Die Ausrichtung des Gebäudes hat bei der Entscheidung für oder gegen die Errichtung einer PV-Anlage einen erheblichen Einfluss, da sich diese auf die Wirtschaftlichkeit der PV-Anlage auswirkt. Daher ist in jedem Fall eine Süd-Ausrichtung zu empfehlen. Ein weiterer wesentlicher Einflussfaktor ist der Verschattungsgrad. Unter den getroffenen Annahmen kann nur bei einer Verschattung bis maximal 15% ein geringer Überschuss generiert werden. Bei einer PV-Anlage ohne Verschattung beläuft sich der jährliche Überschuss, bei einem konstanten Strompreis, über 20 Jahre auf ca. 2.000 € (brutto). Dieser Überschuss erhöht sich bei zu erwartenden steigenden Stromkosten deutlich. Die CO₂-Emissionen können durch die Errichtung einer PV-Anlage je nach Verschattungsgrad um ca. 1.500 bis 2.000 kg/Jahr verringert werden.