

Abschlussdokumentation

Analyse des aktiven Solarenergiepotenzials zur
Optimierung der Bauleitplanung Dresden-Nickern
und Wirtschaftlichkeitsberechnung

Lokale Agenda 21 für Dresden e. V.
Prager Straße 2 a
01069 Dresden



in Zusammenarbeit mit

Landeshauptstadt Dresden
Freiberger Straße 39
01067 Dresden

STESAD GmbH
Königsbrücker Straße 17
01099 Dresden



STESAD 

Bearbeitet durch:

IP SYSCON GmbH
vertreten durch Frau Dorothea Ludwig
Möserstraße 1
49074 Osnabrück



Stand 26.08.2013

Inhalt

TEIL 1: Solarpotenzialanalysen

1	Ausgangssituation	4
2	Plangebiet	6
3	Datengrundlagen	7
4	Methodische Vorgehensweise.....	8
5	Aufbau der 2,5 D-Modelle.....	10
5.1	Variante 1 für Photovoltaik-Nutzung.....	10
5.2	Variante 2 für Solarthermie-Nutzung zur Heizungsunterstützung	16
6	Bewertungskriterien	19
6.1	Einstrahlungs- und Verschattungsanalyse	19
6.2	Photovoltaik.....	19
6.3	Solarthermie	21
6.3.1	Eignung zur Warmwasserbereitung	21
6.3.2	Eignung zur Heizungsunterstützung	21
7	Berechnungsergebnisse	23
7.1	Variante 1 für Photovoltaik-Nutzung.....	23
7.2	Variante 2 für Solarthermie-Nutzung zur Heizungsunterstützung	24
8	Screenshots	25
8.1	Variante 1 für Photovoltaik-Nutzung.....	25
8.2	Variante 2 für Solarthermie-Nutzung zur Heizungsunterstützung	27
9	Empfehlungen zur aktiven solaren Nutzung.....	30

TEIL 2: Wirtschaftlichkeitsberechnungen

10	Ausgangssituation	32
11	Energetische Anforderungen	33
12	Parameter der Wirtschaftlichkeitsberechnung	35
12.1	Jahresheizwärmebedarf	36
12.2	Heizlast.....	38
12.3	Wirtschaftlichkeitsberechnung.....	38
13	Berechnungsergebnisse	47
13.1	Erdwärme.....	47
13.2	Fernwärme.....	48
13.3	Blockheizkraftwerk.....	49
13.4	Strom	50
13.5	Primärenergieeinsatz und CO ₂ -Emissionen.....	51
14	Diagramme zur Darstellung der Amortisation	54
15	Fazit	58

16	Sachdateninformationen	60
----	------------------------------	----

ANHANG

Anhang I: Ergebnisübersicht Solarpotenzialanalysen

Anhang II: Ergebnisübersicht Wirtschaftlichkeitsberechnungen

1 AUSGANGSSITUATION

Das vorliegende Projekt ist eingebunden in das EU-Projekt „Cities on Power (CoP)“¹, welches die Zunahme des Einsatzes von regenerativen Energien im städtischen Kontext fördert. Insbesondere bei Neubauvorhaben sind oftmals Entscheidungsoptionen gegeben, welche die Nutzung erneuerbarer Energien deutlich begünstigen können. Voraussetzung ist eine entsprechende Kenntnis der standortkonkreten Rahmenbedingungen. Bei der Entwicklung von Wohngebieten sollen Möglichkeiten herausgearbeitet werden, welche über die konventionellen Arten der Energieversorgung hinausgehen und wirtschaftlich für den einzelnen Bauherrn tragfähig sind.

Demzufolge plant der Lokale Agenda 21 für Dresden e.V. im Rahmen des EU-Projektes „Cities on Power“ in Zusammenarbeit mit der Landeshauptstadt Dresden und der STESAD GmbH eine Optimierung und Anpassung der solaren Nutzung (Photovoltaik und Solarthermie) bei der B-Plan-Aufstellung für Dresden-Nickern. Zur Optimierung der solaren Nutzung und als Grundlage für die Anpassung werden von der IP SYSCON GmbH Solarpotenzialberechnungen für einen B-Plan-Entwurf mit unterschiedlichen Ausprägungen durchgeführt.

Darüber hinaus werden beispielhaft Wirtschaftlichkeitsberechnungen bezüglich der Strom- und Wärmeversorgung vorgenommen. Dabei werden unter Beachtung der prognostizierten Energieverbräuche der Gebäude und des vorhandenen Geothermiefpotenzials verschiedene Wärmeenergiesysteme bezüglich ihrer Kosten verglichen. Die Ergebnisse sollen für die weitere Verarbeitung in der IT-Toolbox des EU-Projektes zur Verfügung gestellt werden and als Anstoß für die Etablierung solarer Bauleitplanung in Dresden dienen. Dabei handelt es sich um ein Web-basiertes, interaktives Analysewerkzeug für regionale Entscheidungsträger und die Öffentlichkeit, welches die Ermittlung von solaren und oberflächennahen geothermischen Potenzialen ermöglicht (nähere Informationen unter www.citiesonpower.eu).

Im Zuge der solaren Bauleitplanung wird die Anordnung und Ausrichtung von Gebäuden und Anpflanzungen so angepasst, dass die Sonnenenergie optimal genutzt werden kann. Die Analyse des Solarpotenzials geschieht im Hinblick auf die Nutzung von Photovoltaik bzw. Solarthermie und beinhaltet die Optimierung der Positionierung und Ausrichtung von Gebäuden, der Dachformen und Dachneigungen sowie der Anpflanzung von Bäumen. Die Vorteile der solaren Bauleitplanung sind:

- verstärkte Nutzung regenerativer Energien,
- aktive und passive Energieeinsparung, Senkung der Energiekosten,
- Umweltfreundlichkeit,
- positives Image,
- gute Vermarktung,
- Wettbewerbsvorteile,
- Beitrag zu Klimaschutz und Nachhaltigkeit

¹ Cities on Power (CoP): <http://www.citiesonpower.eu/de>

- genauere und umfassendere Planung für Kommunen.

Ziel des Projektes ist es, mittels einer Standortanalyse über die publicSOLAR-Methode optimale Dachflächen für Photovoltaik- und thermische Solaranlagen auszuweisen und eine flächendeckende und exakte Berechnung des solaren Dachflächenenergiepotenzials (kWp) für Dresden-Nickern zu liefern. Die Ergebnisse der Analyse sollen als Basis für eine Optimierung der Bauleitplanung dienen. Neben positiven Effekten für die regionale Wirtschaft durch Mobilisierung potenzieller Investitionsvolumina wird eine Einsparung des klimaschädlichen Treibhausgases CO₂ angestrebt. Im Rahmen einer klimaverträglichen Energieerzeugung kann die Nutzung von Solarenergie eine bedeutende Rolle einnehmen.

Die Potenzialberechnung für Solaranlagen wird auf Grundlage des Bebauungsplans Nr. 35.3 „Dresden-Nickern Nr. 2“ der Stadt Dresden durchgeführt. Die Potenzialanalyse bezieht sich dabei auf die Standortfaktoren Ausrichtung, Neigung und Form der Dachflächen sowie Verschattung und solare Einstrahlung. Die Berechnung dieser Faktoren erfolgt über ein digitales Oberflächenmodell (DOM).

Diese 3-dimensionale Analyse bietet zahlreiche Vorteile gegenüber 2-dimensionalen Methoden zur Ermittlung des Solarpotenzials. Sie ermöglicht beispielsweise eine genaue Berechnung der solaren Einstrahlung und hoher Abschattung durch umliegende Gebäude und Vegetation. Dabei wird durch Berücksichtigung zahlreicher Sonnenstände über den Tages- und Jahreslauf die direkte und die solare Einstrahlung errechnet. Starke Minderung der direkten Einstrahlung führt zur Ausweisung von verschatteten Dachflächenbereichen, die für die Nutzung von Solarenergie ungeeignet sind.

Im Rahmen des Verfahrens werden die Ursachen für eine Verminderung der Solargewinne (z. B. ungünstige Orientierung, Verschattungen) ermittelt und gegebenenfalls weitere Optimierungen vorgenommen.

2 PLANGEBIET

Das Untersuchungsgebiet, der Bebauungsplan Nr. 35.3 „Dresden-Nickern Nr. 2“ der Stadt Dresden, umfasst insgesamt 7,74 ha.

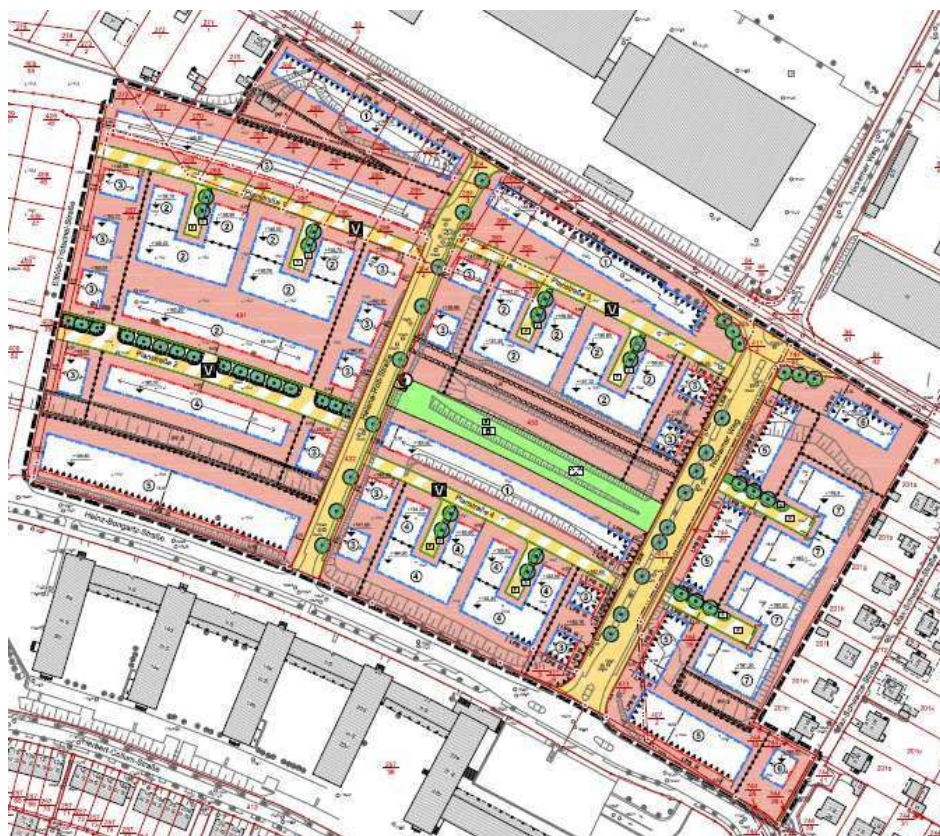


Abbildung 1: Bebauungsplan

Es werden 90 Grundstücke ausgewiesen. Auf diesen Grundstücken sollen Einfamilienhäuser in 1- bis 2-geschossiger Bauweise errichtet werden. Entlang des Nickerner Weges und gegenüber dem historischen Stabsgebäude sind Reihenhäuser geplant. Die Grundstücksgrößen liegen etwa zwischen 480 m² und 900 m². Das Neubaugebiet ist von markanten Birkenreihen durchzogen, die zum Großteil erhalten bleiben sollen.

3 DATENGRUNDLAGEN

Als Grundlage der Analysen dient der Entwurf des Bebauungsplans Nr. 35.3 „Dresden-Nickern Nr. 2“ der Stadt Dresden vom 01.08.2012 (vgl. Abbildung 1), welcher im pdf- und dwg-Format vorliegt. Des Weiteren stehen folgende Daten zur Verfügung:

- Gestaltungsplanentwurf vom 15.10.2012 (dwg-Format)
- Bestandseinmessung – Lageplan vom 15.11.2011 (pdf- und dwg-Format)
- Bestandseinmessung – Geländehöhen vom 15.07.2011 (dxf-Format)

Die geplanten Grundstücke und Gebäude werden dem Gestaltungsplanentwurf entnommen (vgl. Abbildung 2). Die Basis für die Baumanpflanzungen bildet der Bebauungsplanentwurf; die bestehenden Bäume werden dem Gestaltungsplanentwurf und der Bestandseinmessung entnommen. Als Grundlage für die Erzeugung eines digitalen Geländemodells dienen die gemessenen Geländehöhen. Die Sockelhöhen der Gebäude stammen aus dem Bebauungsplan.



Abbildung 2: Grundstückseinteilung mit Gebäudegrundrissen

4 METHODISCHE VORGEHENSWEISE

Für die Analyse der aktiven solaren Nutzung im Neubauvorhaben Dresden-Nickern wird das in Abbildung 3 dargestellte Vorgehen umgesetzt.

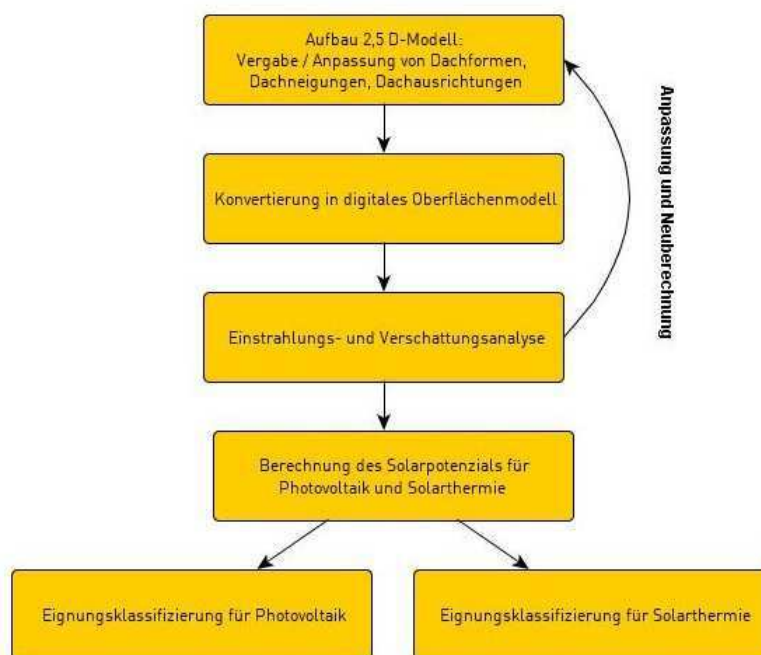


Abbildung 3: Ablauf der Solarpotenzialanalyse

In einer ersten Variante findet eine Optimierung in Bezug auf die Photovoltaik-Nutzung und Solarthermie-Nutzung für die Warmwasserbereitung statt. Hierzu wird ein 2,5 D-Modell der geplanten Situation aufgebaut, welches schrittweise angepasst wird. Zunächst werden Dachformen, Dachneigungen und Traufhöhen vergeben. Anschließend erfolgt die Konvertierung in ein digitales Oberflächenmodell, für das eine Einstrahlungs- und Verschattungsanalyse durchgeführt wird. Basierend auf den ermittelten Werten werden stellenweise Anpassungen der Dachformen, Dachneigungen etc. im 2,5 D-Modell vorgenommen. Anschließend erfolgen die erneute Konvertierung in ein digitales Oberflächenmodell sowie die erneute Einstrahlungsanalyse. Dieses Vorgehen wird solange wiederholt, bis ein optimierter Entwurf für die Photovoltaik-Nutzung vorliegt.

Für diesen optimierten Entwurf werden die Solarpotenziale für Photovoltaik und Solarthermie berechnet und Eignungsklassifizierungen für die Photovoltaik-Nutzung und die Solarthermie-Nutzung durchgeführt. Die Ergebnisse der Analysen werden für jedes Gebäude in Form von Karten sowie tabellarisch aufbereitet.

Als zweite Variante wird ein 2,5 D-Modell aufgebaut, das für die Nutzung von Solarthermie zur Heizungsunterstützung optimiert ist. Für dieses Modell findet ebenfalls eine Konvertierung in ein digitales Oberflächenmodell sowie eine Einstrahlungsanalyse statt. Anschließend werden für die

Heizperiode von Oktober bis April das Solarpotenzial und die Eignung für die Solarthermie-Nutzung zur Heizungsunterstützung ermittelt.

Um einen Vergleich zur ersten Variante darzustellen, findet zudem eine Solarpotenzialanalyse und Eignungsklassifizierung für die Photovoltaik-Nutzung statt. Diese wird auf Basis einer Ganzjahresbetrachtung durchgeführt.

5 AUFBAU DER 2,5 D-MODELLE

Die Baukörper werden unter Einhaltung der Vorgaben des Bebauungsplans zu Dachneigungen und Traufhöhen modelliert. Die zu den Wohngebäuden gehörigen Garagen werden einheitlich mit einer Traufhöhe von 3 m und Flachdach abgebildet. Der Aufbau der ersten Variante erfolgt schrittweise mit einer Optimierung für die Photovoltaik-Nutzung. In einer zweiten Variante wird ein für die Solarthermie-Nutzung zur Heizungsunterstützung optimiertes Modell aufgebaut.

5.1 VARIANTE 1 FÜR PHOTOVOLTAIK-NUTZUNG

Für Photovoltaikanlagen sind im Allgemeinen Dachneigungen um 35° am günstigsten. Bei zunehmender Südabweichung empfehlen sich flachere Dachneigungen.

1. Modellierung

Die erste Modellierung der Gebäude erfolgt gemäß den Vorgaben des Bebauungsplanentwurfs Nr. 35.3 „Dresden-Nickern Nr. 2“. Für die Wohngebäude werden einheitlich Satteldächer angenommen. Für die Traufhöhen und Dachneigungen werden jeweils die angegebenen Maximal- bzw. Minimalwerte verwendet (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Annahmen für die 1. Modellierung der Gebäude

Wohngebiet	Gebäude-ID	Traufhöhe in m	Dachhöhe in m	Dachneigung in °	Dachform
WA 1	1-5, 40-44, 57-62	4,5	4,5	45	Satteldach
WA 2	15, 17, 20-23, 26-29, 46-49, 52-55	4,5	4,5	45	Satteldach
	14, 16	4,5	4,25	45	Satteldach
WA 3	6-13, 18-19, 24-25, 30-31, 36, 45, 50-51, 56, 63, 68-69, 74	5,5	2,81	32	Satteldach
WA 4	32-35, 65, 67, 70-73	5,5	2,39	28	Satteldach
	64, 66	5,5	2,26	28	Satteldach
WA 5	37-39, 85-89	5,5	1,79	18	Satteldach
WA 6	75-76, 90	5,5	4,5	45	Satteldach
WA 7	77-84	5,5	4,5	45	Satteldach
Garagen	1-36, 40-84, 90	3	0	0	Flachdach

2. Modellierung / 1. Optimierung

Bei der zweiten Modellierung (vgl. Tabelle 2) wird die Dachneigung in den Wohngebieten 1, 2, 6 und 7 von 45° auf 35° verringert. Dies führt über das Jahr betrachtet zu höheren Einstrahlungswerten. Auch

eine Erhöhung der Traufhöhe in den Wohngebieten 3, 4 und 7 von 5,5 m auf 6 m besitzt leicht positive Auswirkungen auf die solare Einstrahlung der Dachflächen. Zudem werden die Nord-Süd-ausgerichteten Gebäude im Wohngebiet 5 mit Walmdächern modelliert. Auf diese Weise entstehen südausgerichtete Dachflächen, auf denen sich wenige Solarmodule mit hohem Ertrag installieren lassen.

Tabelle 2: Annahmen für die 2. Modellierung der Gebäude

Wohngebiet	Gebäude-ID	Traufhöhe in m	Dachhöhe in m	Dachneigung in °	Dachform
WA 1	1-5, 40-44, 57-62	4,5	3,15	35	Satteldach
WA 2	15, 17, 20-23, 26-29, 46-49, 52-55	4,5	3,15	35	Satteldach
	14, 16	4,5	3	35	Satteldach
WA 3	6-13, 18-19, 24-25, 30-31, 36, 45, 50-51, 56, 63, 68-69, 74	6	2,81	32	Satteldach
WA 4	32-35, 65, 67, 70-73	6	2,39	28	Satteldach
	64, 66	6	2,26	28	Satteldach
WA 5	37-39, 88-89	5,5	1,79	18	Satteldach
	85-87	5,5	1,79	18	Walmdach
WA 6	75-76, 90	5,5	3,15	35	Satteldach
WA 7	77-84	6	3,15	35	Satteldach
Garagen	1-36, 40-84, 90	3	0	0	Flachdach

3. Modellierung / 2. Optimierung

Bei der dritten Modellierung (vgl. Tabelle 3) werden die fünf im südlichen Teil des B-Plan-Gebietes in Wohngebiet 5 gelegenen Reihenhäuser dreigeschossig mit einer Traufhöhe von 9 m modelliert. Die Satteldachform bleibt erhalten. Auf diese Weise wird der direkten Lage gegenüber dem historischen Stabsgebäude entsprochen, das ebenfalls drei Geschosse besitzt. Aufgrund der West-Ost-Ausrichtung der Gebäude eignen sich die südlichen Dachflächen gut für die Installation von Solarmodulen.

Die übrigen drei Reihenhäuser von Wohngebiet 5 werden mit Flachdächern und Traufhöhen von 6 m modelliert. Durch eine Aufständigung und Ausrichtung der Solarmodule nach Süden lassen sich auf diese Weise hohe Erträge erzielen, obwohl die Gebäude eine Nord-Süd-Ausrichtung besitzen.

Im Wohngebiet 7 ist die Bauweise noch weitgehend offen gehalten, so dass sich hier ein gutes Optimierungspotenzial bietet. Die Gebäude werden mit Flachdächern modelliert, um die Sonnenenergie durch Aufständigung der Module optimal nutzen zu können. Für dieses Wohngebiet empfiehlt sich auch die Nutzung des vorhandenen Fernwärmeanschlusses.

Für die beiden Nord-Süd-ausgerichteten Gebäude in Wohngebiet 4 werden Pultdächer mit einer Dachhöhe von 2,39 m modelliert. Diese Höhe entspricht der Höhe der umliegenden Gebäude. Durch

ein Pultdach ergeben sich große, für die Installation von Solarmodulen nutzbare Flächen. Diese besitzen eine südöstliche Ausrichtung. Auf der nordwestlichen Seite der Gebäude liegen jedoch große Fassadenflächen, über die Wärmeverluste entstehen können.

Tabelle 3: Annahmen für die 3. Modellierung der Gebäude

Wohngebiet	Gebäude-ID	Traufhöhe in m	Dachhöhe in m	Dachneigung in °	Dachform
WA 1	1-5, 40-44, 57-62	4,5	3,15	35	Satteldach
WA 2	15, 17, 20-23, 26-29, 46-49, 52-55	4,5	3,15	35	Satteldach
	14, 16	4,5	3	35	Satteldach
WA 3	6-13, 18-19, 24-25, 30-31, 36, 45, 50-51, 56, 63, 68-69, 74	6	2,81	32	Satteldach
WA 4	32-35, 65, 67, 70-73	6	2,39	28	Satteldach
	64, 66	6	2,39	15,7	Pulldach
WA 5	37-39, 88-89	9	1,79	18	Satteldach
	85-87	6	0	0	Flachdach
WA 6	75-76, 90	5,5	3,15	35	Satteldach
WA 7	77-84	6	3,15	35	Satteldach
Garagen	1-36, 40-84, 90	3	0	0	Flachdach

Bei der Modellierung der Bäume wird zwischen vorhandenen und neu anzupflanzenden Bäumen unterschieden. Bei den vorhandenen Bäumen handelt es sich vor allem um Birken, daneben existieren kleinere Laubbäume und Sträucher. Die vorhandenen Bäume werden je nach Art und Lage auf Grundlage der Bestandseinmessung mit Höhen zwischen 4 m und 20 m und Kronendurchmessern von 2 m bis 5 m modelliert. Die Annahmen für die Modellierung der neu anzupflanzenden Bäume sind in Tabelle 4 dargestellt. Sie basieren auf den im Bebauungsplan Nr. 35.3 getroffene Festsetzungen.

Basierend auf den Annahmen der dritten Modellierung ist ein Entwurf mit Gebäude- und Baumstandorten erstellt worden, welcher in Abbildung 4 dargestellt ist; Abbildung 5 zeigt das zugehörige 3D-Modell. Anschließend erfolgt die Einstrahlungs- und Verschattungsanalyse. Für die Dachflächen werden keine Gauben ausgeformt. Die nach diesen Vorgaben ermittelte maximale Modulfläche und der Ertrag vermindern sich demzufolge durch den Ausbau eines Daches auf der nach Süden gerichteten Seite.

Die mögliche Verschattungswirkung des im Süden gelegenen historischen Stabsgebäudes wird durch das Abstand-/Höhen-Verhältnis (A/H-Verhältnis) berücksichtigt. Um die solaren Verluste durch Verschattung möglichst gering zu halten, sollte Abstand des Schatten werfenden Gebäudes zum betrachteten Gebäude mindestens die 2,7 fache Höhe der Verschattungskante betragen (EnergieAgentur.NRW 2011²: 13).

² EnergieAgentur.NRW (2011): 100 Klimaschutzsiedlungen in Nordrhein-Westfalen – Planungsleitfaden. Düsseldorf. 2. Aufl.

Tabelle 4: Annahmen für die Modellierung der Baumanpflanzungen

Lage		Höhe in m	Kronen-durch-messer in m	Arten gemäß Pflanzliste
Verkehrsgrün 1		20	10	Acer campestre, Acer pseudoplatanus, Aesculus carnea, Betula pendula, Carpinus betulus, Fagus sylvatica, Fraxinus excelsior, Prunus avium, Quercus petrea, Quercus robur, Tilia cordata
Verkehrsgrün 2		15	5	wie vorhandene Laubbäume
Pflanz-fläche 1	Laub-bäume	15	10	Acer campestre, Carpinus betulus, Prunus avium, Prunus padus, Sorbus (alle Arten), Tilia cordata
	Sträucher	5	4	Amelanchier ovalis, Cornus mas, Cornus sanguinea, Corylus avellana, Euonymus europaea, Lonicera xylosteum, Rosa spec., Viburnum lantana
Pflanzfläche 3		5	4	Amelanchier ovalis, Cornus mas, Cornus sanguinea, Corylus avellana, Euonymus europaea, Lonicera xylosteum, Rosa spec., Viburnum lantana
Private Grünflächen		8	5	Acer campestre, Amelanchier ovalis, Carpinus betulus, Cornus mas, Cornus sanguinea, Corylus avellana, Euonymus europaea, Lonicera xylosteum, Malus-Sorten, Prunus cerasifera "Atropurpurea", Prunus padus "Watereri", Prunus-Sorten, Pyrus calleryana "Bradford", Pyrus communis "Beech Hill", Rosa spec., Sorbus intermedia, Tilia cordata, Viburnum lantana
Helena-Rott-Straße		12,5	8	Acer campestre, Acer pseudoplatanus, Aesculus carnea, Betula pendula, Carpinus betulus, Fagus sylvatica, Fraxinus excelsior, Prunus avium, Quercus petrea, Quercus robur, Tilia cordata

Für das Stabsgebäude wird eine Höhe von etwa 18 m angenommen, die nördlich gelegenen Gebäude besitzen eine Höhe von mindestens 6 m. Bei einem Abstand von ca. 35 m ergibt sich ein A/H-Verhältnis von 2,9, so dass die Verschattungswirkung durch das historische Stabsgebäude zu vernachlässigen ist.

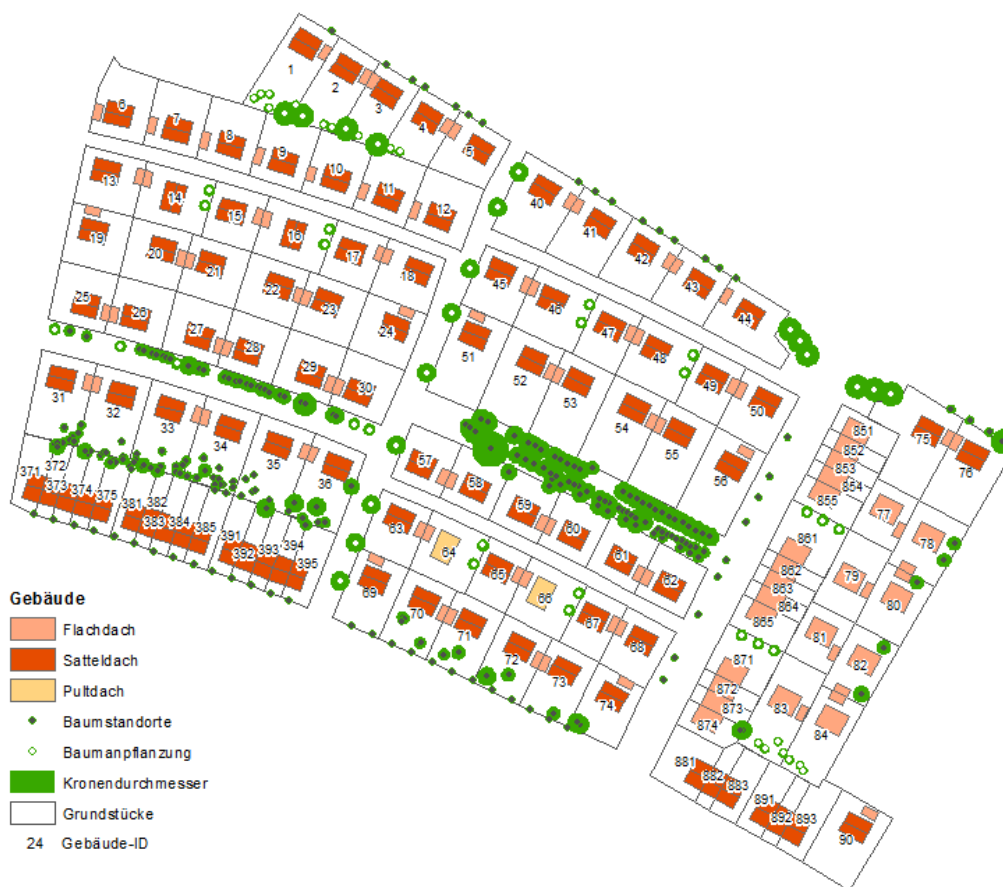


Abbildung 4: Entwurf der Variante 1 mit Gebäude- und Baumstandorten

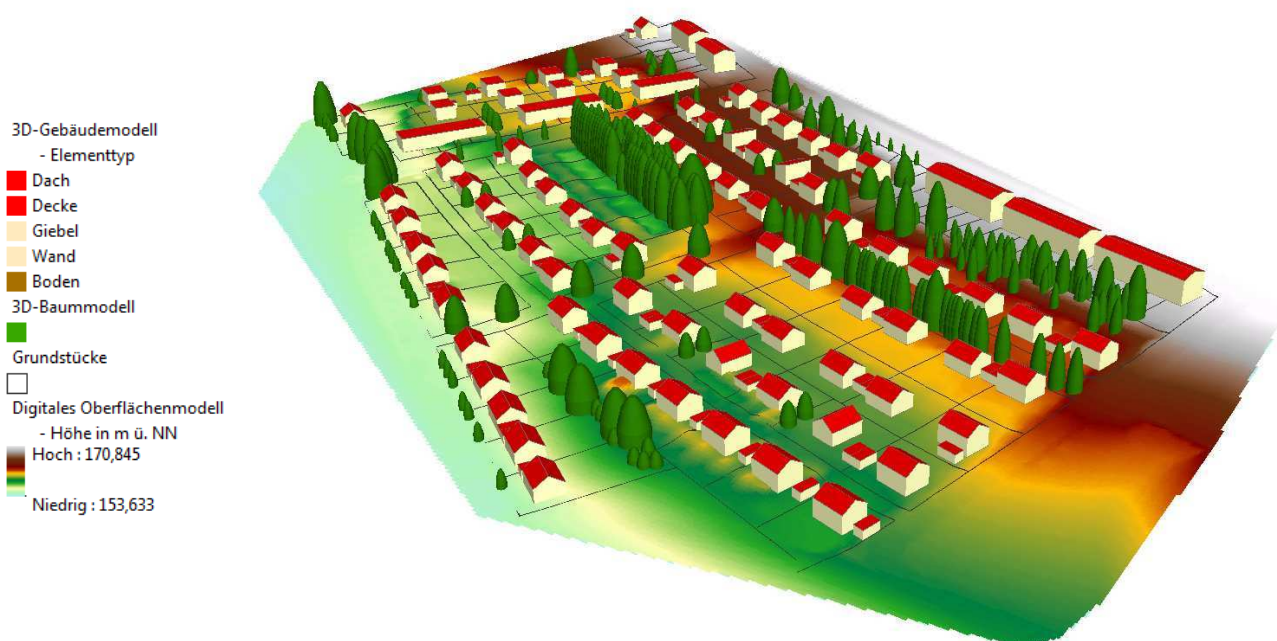


Abbildung 5: 3D-Entwurf der Variante 1 mit Gebäude- und Baumstandorten

5.2 VARIANTE 2 FÜR SOLARTHERMIE-NUTZUNG ZUR HEIZUNGSUNTERSTÜTZUNG

Für die Nutzung einer Thermieanlage zur Heizungsunterstützung empfehlen sich steile Dachneigungen, da die Einstrahlung während der Heizperiode entscheidend ist. Die Abweichung der Gebäude von der Südrichtung ist ebenfalls von Bedeutung. Bei zunehmender Südabweichung empfehlen sich flachere Dachneigungen, um noch eine möglichst hohe Solareinstrahlung auf die Dachflächen zu erreichen.

Für die Einstrahlung während der Heizperiode sind die folgenden Dachneigungen günstig (PVGIS³):

- 50° bei einer Südabweichung bis 40°
- 40° bei einer Südabweichung von > 40 bis 60°
- 30° bei einer Südabweichung von > 60 bis 80°

Tabelle 5 zeigt die der Modellierung zugrunde liegenden Werte unter Einhaltung der städtebaulichen Festsetzungen. Die Bäume werden wie in Variante 1 abgebildet. Abbildungen 6 und 7 stellen die 2 D- bzw. 3 D-Entwürfe der Variante 2 dar.

Tabelle 5: Annahmen für die Modellierung der Gebäude für die Nutzung von Solarthermie zur Heizungsunterstützung

Wohngebiet	Gebäude-ID	Traufhöhe in m	Dachhöhe in m	Dachneigung in °	Südabweichung in °	Dachform
WA 1	1-5, 40-44, 57-62	4,5	4,5	45	ca. 20-30	Satteldach
WA 2	15, 17, 20-23, 26-29, 46-49, 52-55	4,5	4,5	45	ca. 15-30	Satteldach
	14, 16	4,5	2,66	32	ca. 70-75	Satteldach
WA 3	6-13, 18-19, 24-25, 30-31, 36, 45, 50-51, 56, 63, 68-69, 74	6	2,81	32	ca. 15-30	Satteldach
WA 4	32-35, 65, 67, 70-73	6	2,39	28	ca. 15-30	Satteldach
	64, 66	6,5	0	0	ca. 65	Flachdach
WA 5	37-39, 85-89	9,5	0	0	ca. 15-30	Flachdach
WA 6	75-76, 90	5,5	4,5	45	ca. 30	Satteldach
WA 7	77-84	6	5,36	50	ca. 30	Satteldach
Garagen	1-36, 40-84, 90	3	0	0	-	Flachdach

Aufgrund der Vorgaben des Bebauungsplans zu den maximal zulässigen Dachneigungen können die für die Heizungsunterstützung optimalen Neigungen nicht erreicht werden. Insbesondere die Dachneigungen von 32° im Wohngebiet 3 bzw. von 28° im Wohngebiet 4 sind nicht optimal. Gegenüber

³ Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS): <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

der optimalen Dachneigung von 50° wird etwa 5% weniger Einstrahlung erreicht. Gegenüber dem Optimum (Südausweichung 0°, Dachneigung 50°) ist die Einstrahlung um etwa 10% gemindert.

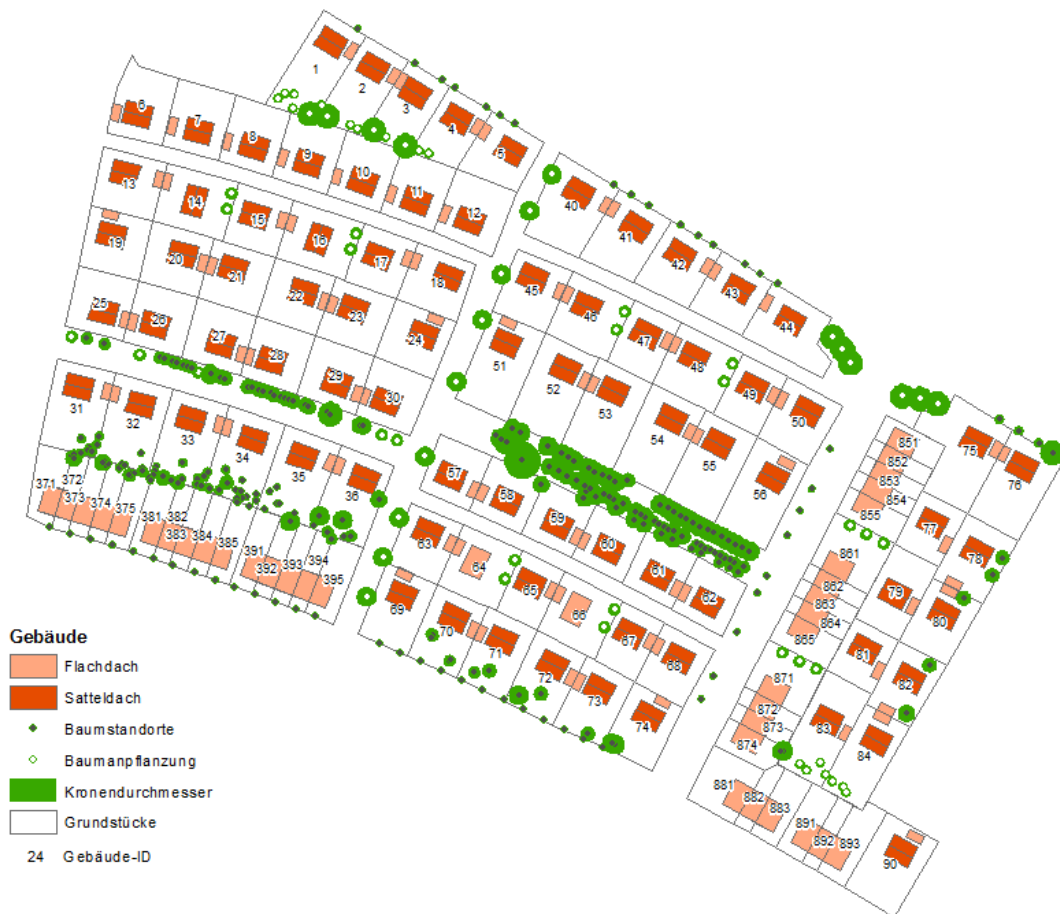


Abbildung 6: Entwurf der Variante 2 mit Gebäude- und Baumstandorten

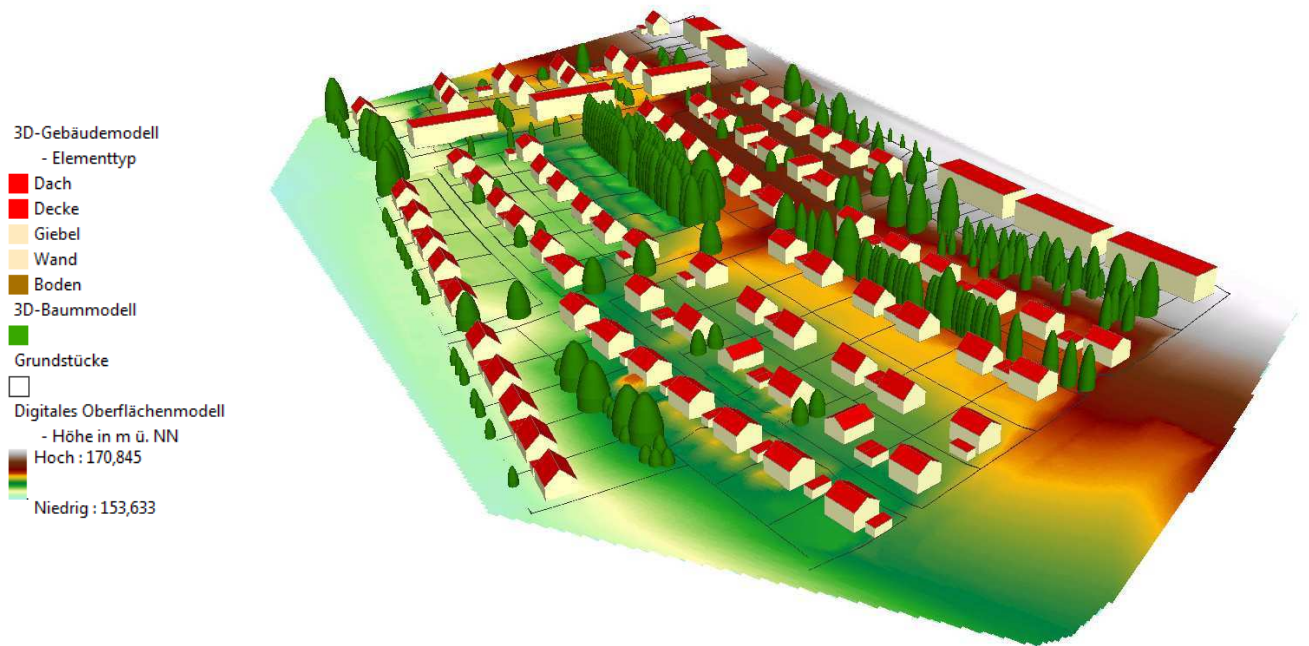


Abbildung 7: 3D-Entwurf der Variante 2 mit Gebäude- und Baumstandorten

6 BEWERTUNGSKRITERIEN

6.1 EINSTRAHLUNGS- UND VERSCHATTUNGSANALYSE

Im Zuge der Einstrahlungsanalysen werden die solare Einstrahlung und deren Anteil direkter Einstrahlung ermittelt. Die solare Einstrahlung ist ausschlaggebend für die Wirtschaftlichkeit der solaren Nutzung. Über eine Ganzjahreseinstrahlungsanalyse ist es möglich, die Jahressumme der solar nutzbaren Strahlung genau zu ermitteln. Mittels einer Einstrahlungsanalyse für die Heizperiode kann die Summe der solar nutzbaren Strahlung für die Monate Oktober bis April ermittelt werden.

Über die direkte Einstrahlung wird die Abschattung errechnet. Starke Minderung der direkten Einstrahlung bzw. ein hoher Anteil der diffusen Einstrahlung deutet auf stark abgeschattete Bereiche hin. Diese können durch Bäume, angrenzende Gebäude, Dachaufbauten oder Geländeerhöhungen verursacht werden. Auch nördlich ausgerichtete Dachflächen erreicht je nach Neigungswinkel keine direkte Sonneneinstrahlung. Stark abgeschattete Dachflächenbereiche ab einer Minderung der direkten Strahlung von ca. 40% werden als ungeeignete Bereiche aus der Berechnung heraus genommen. Geringere Abschattungen mindern die solare Einstrahlung und fließen in die Solarpotenzialberechnung mit ein. Die Einstrahlungsanalyse wird anhand von örtlichen Strahlungsdaten an lokale Verhältnisse angepasst. Zu Grunde gelegt wird der Globalstrahlungswert für Dresden im 30 jährigen Mittel (1981 - 2010), der auf eine horizontale Fläche auftrifft (1048 kWh/a) (ausgegeben vom DWD).

6.2 PHOTOVOLTAIK

Für positiv beurteilte Standorte von PV-Anlagen erfolgt die Berechnung des potenziellen Stromertrags, der damit einhergehenden CO₂-Einsparung eines jeden Daches in kg pro Jahr, des überschlägigen Investitionsvolumens (€) und der möglichen zu installierenden kWp-Leistung. Die dieser Berechnung zugrunde liegenden Größen für die Ermittlung der einzelnen Kennwerte zur Nutzung von Photovoltaikanlagen stellen eine Momentaufnahme der Marktsituation dar. Wirkungsgrade, Preise und Installationskosten für PV-Module können sich durch Faktoren wie technische Neuerungen, Produktionskosten, Nachfrage und Angebot sowie regionale Preisdiskrepanzen während der Projektphase verändern. Mit der Berechnung dieser Anlagen-Kenngrößen ist die Möglichkeit gegeben, für jedes Dach eine Wirtschaftlichkeitsanalyse unter Berücksichtigung der aktuellen Werte für Modulwirkungsgrade, Anlagenkosten, Einspeisevergütung und Finanzierungsbedingungen durchzuführen.

PV-Modulwirkungsgrad

Für die Berechnung des potenziell zu erwirtschaftenden Stromertrags wurden drei unterschiedliche Wirkungsgrade von PV-Modulen zu Grunde gelegt. Dies sind 15% Wirkungsgrad, 12% Wirkungsgrad und 9% Wirkungsgrad.

CO₂-Einsparung

Die Berechnung basiert auf einem bundesdurchschnittlichen CO₂-Äquivalent-Wert von 0,563 kg/kWh. Berücksichtigt wurde die produktionsbedingte CO₂-Emission, die nach GEMIS 4.6 für monokristalline Anlagen bei 0,135 kg/kWh, für polykristalline bei 0,105 kg/kWh und für amorphe Anlagen bei 0,05088 kg/kWh liegt. Demnach wurde die CO₂-Einsparung für eine Anlage mit 15% Wirkungsgrad mit 0,428 kg/kWh, für eine Anlage mit 12% Wirkungsgrad mit 0,458 kg/kWh und für eine Anlage mit 9% Wirkungsgrad mit 0,512 kg/kWh berechnet. Die Ergebnisse der Stromertragsberechnung bilden die Grundlage für die mögliche CO₂-Einsparung.

kWp-Leistung

Für die als Nennleistung von Photovoltaikanlagen bezeichnete Kilowatt-Leistung wurden 7 m² pro kWp zu Grunde gelegt. Dies entspricht einer Leistung von mono- und polykristallinen Anlagen. Es wird von einer Aufständigung der Module auf Flachdächern ausgegangen.

kWh pro kWp

Berechnet wurde der spezifische Stromertrag pro kWp für einen Anlagentyp mit einem Modulwirkungsgrad von 15%.

Performance Ratio

Der Qualitätsfaktor – auch als „Performance Ratio“ bezeichnet – beschreibt das Verhältnis von Wechselstromertrag und nominalem Generatorgleichstromertrag. In der Berechnung für Dresden-Nickern wird ein Wert von 0,75 angenommen.

Neigung und Ausrichtung

Die potenziellen Solarerträge sind von der Dachneigung und der Dachflächenausrichtung abhängig. Der optimale Dachneigungswinkel ergibt sich erst aus der geplanten Nutzung der Solarenergie für Solarthermie oder Photovoltaik sowie aus dem jeweiligen Kollektortyp. Bei Südausrichtung der Dachfläche kann abhängig des Neigungswinkels bis zu 100% der auftreffenden Solareinstrahlung genutzt werden, bei Ost- oder Westausrichtung, abhängig vom Neigungswinkel, ca. 60 - 87%.

Eignung

Das Ergebnis weist die Flächen aus, die ein Solarenergiepotenzial von 100% bis 75% der maximalen Einstrahlungsenergie in Dresden-Nickern aufweisen. Für die PV-Nutzung geeignete Dachflächenbereiche sind mindestens 10 m² für geneigte Dächer an Modulfläche (3D-Fläche) groß. Flachdächer müssen bei Aufständigung der Module mindestens 25 m² für die PV-Nutzung aufweisen.

Klassifizierung in Eignungsstufen:

- sehr gut geeignet, $\geq 95\%$ der in Dresden-Nickern möglichen Solarstrahlung (entspricht einem Einstrahlungswert von $\geq 1131 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$)
- gut geeignet, 80% - 94% der in Dresden-Nickern möglichen Solarstrahlung (entspricht einem Einstrahlungswert von 953 - 1130 kWh/(m²a))

- bedingt geeignet, 75% - 79% der in Dresden-Nickern möglichen Solarstrahlung (entspricht einem Einstrahlungswert von 893 - 952 kWh/(m²a))

6.3 SOLARTHERMIE

Wirkungsgrad

Das Energiepotenzial der Solarthermienutzung wird als Wärmemenge pro m² ausgegeben. Zugrunde gelegt ist hier ein mittlerer Wirkungsgrad von 40%. Dies entspricht der Leistungsfähigkeit eines Flachkollektors.

CO₂-Einsparung

Die Berechnung der CO₂-Einsparsumme für eine Thermieanlage bezieht sich auf einen mittleren CO₂-Äquivalentwert für Gas von 0,202 kg/kWh. Abzüglich der Vorkette nach GEMIS 4.6 von 47 g CO₂ /kWh für einen Thermie-Flachkollektor wird die CO₂-Einsparsumme pro m² mit 0,155 kg CO₂ /kWh berechnet (vgl. Öko-Institut 2010) ⁴.

6.3.1 Eignung zur Warmwasserbereitung

Grundsätzlich sind alle Flächen, die für PV-Anlagen geeignet sind, auch für thermische Solaranlagen zur Warmwasserbereitung geeignet. Für die Thermienutzung geeignete Dachflächenbereiche verfügen über ein Solarpotenzial von 100% bis 70% Einstrahlungsenergie.

Es werden über die Ausweisung von geeigneten Standorten für PV-Anlagen hinaus weitere Standorte berechnet, die aufgrund dieser Parameter nur für die Installation von thermischen Anlagen wirtschaftlich genutzt werden können. Für die Nutzung thermischer Anlagen wurde eine Mindestflächengröße von 5 m² (geneigtes Dach) zu Grunde gelegt. Flachdächer müssen bei Aufständigung der Module mindestens 12,5 m² für die Solarthermie-Nutzung aufweisen.

Es erfolgt eine zweistufige Klassifizierung:

- sehr gut geeignet, $\geq 85\%$ der in Dresden-Nickern möglichen Solarstrahlung (entspricht einem Einstrahlungswert von ≥ 1012 kWh/(m²a))
- gut geeignet, 70% - 84% der in Dresden-Nickern möglichen Solarstrahlung (entspricht einem Einstrahlungswert von 834 - 1011 kWh/(m²a))

6.3.2 Eignung zur Heizungsunterstützung

Für thermische Solaranlagen zur Heizungsunterstützung sind steilere Aufstellwinkel optimal. Es ergeben sich gerade in der kalten Jahreszeit (bei niedrigem Sonnenstand) bzw. in der Heizperiode höhere Erträge. Geeignete Dachflächenbereiche verfügen über ein Solarpotenzial von 100% bis 75% Einstrahlungsenergie.

⁴ Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS) ist ein Computerprogramm, entwickelt vom Öko-Institut, zur Umweltanalyse von Energie-, Transport- und Stoffsystemen (siehe auch <http://www.oeko.de/service/gemis/de/index.htm>).

Für die Nutzung thermischer Anlagen zur Heizungsunterstützung wurde eine Mindestflächengröße von 10 m² (geneigtes Dach) zu Grunde gelegt. Flachdächer müssen bei Aufständigung der Module mindestens 25 m² für die Solarthermie-Nutzung zur Heizungsunterstützung aufweisen.

Es erfolgt eine dreistufige Klassifizierung:

- sehr gut geeignet, $\geq 95\%$ der in Dresden-Nickern möglichen Solarstrahlung während der Heizperiode (entspricht einem Einstrahlungswert von $\geq 456 \text{ kWh/m}^2$)
- gut geeignet, 80% - 94% der in Dresden-Nickern möglichen Solarstrahlung während der Heizperiode (entspricht einem Einstrahlungswert von 383 - 455 kWh/m²)
- bedingt geeignet, 75% - 79% der in Dresden-Nickern möglichen Solarstrahlung während der Heizperiode (entspricht einem Einstrahlungswert von 359 - 382 kWh/m²)

7 BERECHNUNGSERGEBNISSE

Das folgende Kapitel gibt einen Überblick über die Ergebnisse der Solarpotenzialanalyse. Die nachfolgenden statistischen Auswertungen beinhalten die Potenzialwerte bei Flachdächern in aufgeständerter Installation. Garagendächer werden grundsätzlich bei den Berechnungen berücksichtigt. Aufgrund ihrer geringen Größe und hohen Abschattung eignen sich jedoch lediglich einige Garagendächer für die Solarthermie-Nutzung zur Warmwasserbereitung in der Variante 1.

7.1 VARIANTE 1 FÜR PHOTOVOLTAIK-NUTZUNG

Folgende statistische Auswertung kann für die erste berechnete Variante von Dresden-Nickern erhoben werden. Insgesamt sind 292 Gebäude vorhanden. Diese setzen sich aus den Dachflächen der Wohngebäude und Garagen zusammen (z. B. besteht ein Satteldach aus 2 Dachflächen; ein Reihenhaus mit Flachdach und drei Wohneinheiten besteht aus 3 Dachflächen). Von den 292 Gebäuden eignen sich 119 für die solare PV-Nutzung. Würden die 6.189 m² geeignete Modulfläche für die Stromerzeugung mittels PV genutzt werden, könnten über PV-Anlagen mit 15% Wirkungsgrad 797 MWh/a Strom erzeugt und 342 t CO₂ eingespart werden. Darin steckt ein potenzielles Investitionsvolumen hinsichtlich der Installation von PV-Anlagen von über 1,4 Millionen €.

Tabelle 6: Ergebnisse der Solarpotenzialanalyse für PV für Dresden-Nickern – Variante 1 (Flachdächer werden mit einer aufgeständerten Installation berücksichtigt)

Eignung	Anzahl der Dachflächen	Solar-Modulfläche in m ²	kWp-Leistung	Stromertrag in MWh/a (bei 15% Wirkungsgrad)	CO ₂ -Einsparung in t pro Jahr (bei 15% Wirkungsgrad)	Investitions-volumen in Mio. €
sehr gut	99	5.015	717	656	281	1,15
gut	18	1.066	153	130	56	0,24
bedingt	2	108	15	11	5	0,02
Gesamt	119	6.189	885	797	342	1,41

Für die Solarthermie-Nutzung eignen sich 182 Dachflächen. Davon weisen 180 Objekte mit einer Modulfläche von 6519 m² eine „sehr gute“ Eignung sowie 2 Objekte mit einer Modulfläche von 108 m² eine „gute“ Eignung auf. Darin enthalten sind 63 Garagendächer mit einer Modulfläche von 438 m² und „sehr guter“ Eignung.

7.2 VARIANTE 2 FÜR SOLARTHERMIE-NUTZUNG ZUR HEIZUNGSUNTERSTÜTZUNG

Für die zweite berechnete Variante wird folgende statistische Auswertung erhoben. Von 271 Gebäuden eignen sich 119 für die solare PV-Nutzung. Würden die 6.558 m² geeignete Modulfläche für die Stromerzeugung mittels PV genutzt werden, könnten über PV-Anlagen mit 15% Wirkungsgrad 843 MWh/a Strom erzeugt und 361 t CO₂ eingespart werden. Darin steckt ein potenzielles Investitionsvolumen hinsichtlich der Installation von PV-Anlagen von über 1,49 Millionen €.

Tabelle 7: Ergebnisse der Solarpotenzialanalyse für PV für Dresden-Nickern – Variante 2 (Flachdächer werden mit einer aufgeständerten Installation berücksichtigt)

Eignung	Anzahl der Dachflächen	Solar-Modulfläche in m ²	kWp-Leistung	Stromertrag in MWh/a (bei 15% Wirkungsgrad)	CO ₂ -Einsparung in t pro Jahr (bei 15% Wirkungsgrad)	Investitions-volumen in Mio. €
sehr gut	97	5.202	743	679	291	1,18
gut	20	1.253	179	153	65	0,29
bedingt	2	103	15	11	5	0,02
Gesamt	119	6.558	937	843	361	1,49

Für die Solarthermie-Nutzung zur Heizungsunterstützung eignen sich 113 Dachflächen. Davon weisen 62 Objekte mit einer Modulfläche von 2997 m² eine „sehr gute“ Eignung, 49 Objekte mit einer Modulfläche von 3125 m² eine „gute“ sowie 2 Objekte mit einer Modulfläche von 108 m² eine „bedingte“ Eignung auf. 6 Dachflächen mit einer potenziellen Modulfläche von 318 m² fallen als „ungeeignet“ heraus.

8 SCREENSHOTS

Nachfolgend werden beispielhaft Screenshots mit den Ergebnissen der Solarpotenzialberechnungen dargestellt.

8.1 VARIANTE 1 FÜR PHOTOVOLTAIK-NUTZUNG

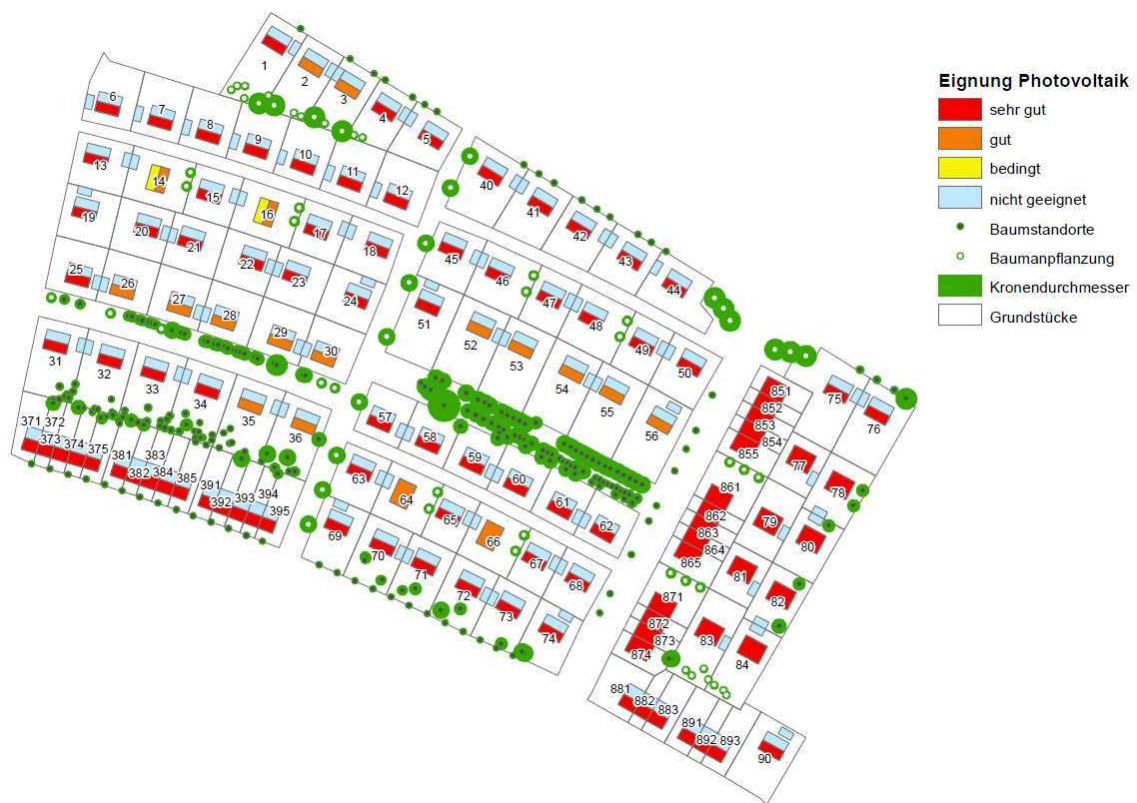


Abbildung 8: Ergebnisse der Analysen für Photovoltaik – Variante 1

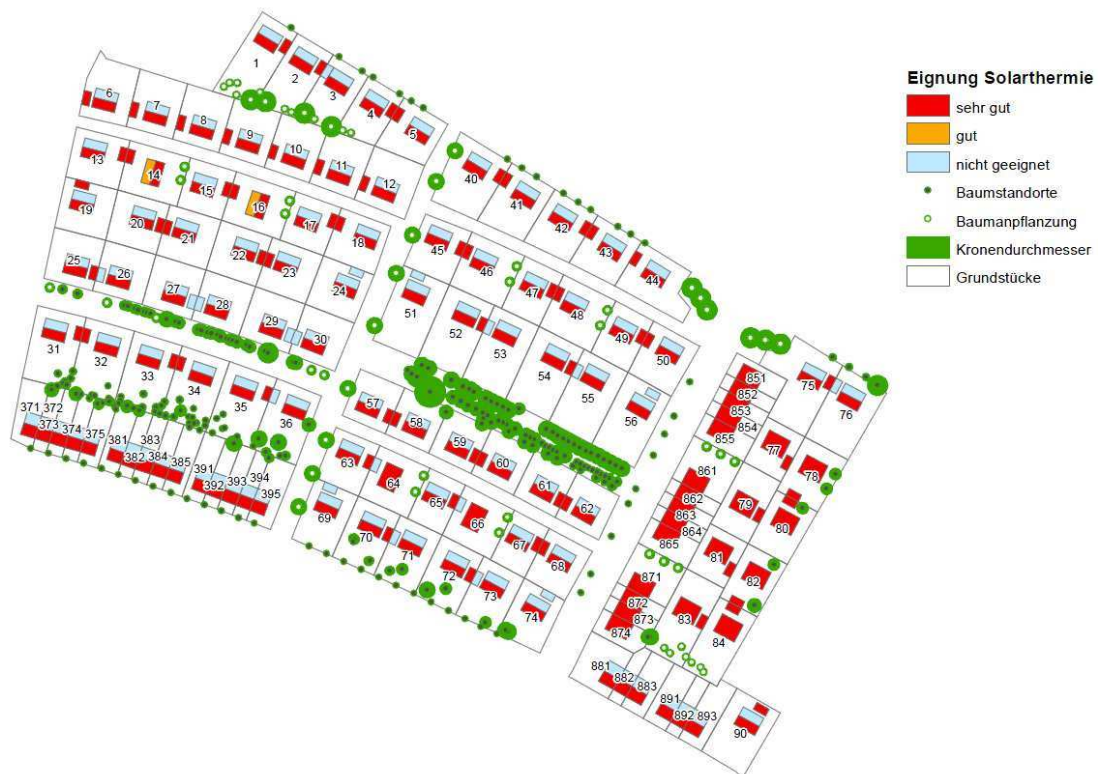


Abbildung 9: Ergebnisse der Analysen für Solarthermie – Variante 1



Abbildung 10: Globalstrahlungswerte während eines Jahres – Variante 1

8.2 VARIANTE 2 FÜR SOLARTHERMIE-NUTZUNG ZUR HEIZUNGSUNTERSTÜTZUNG

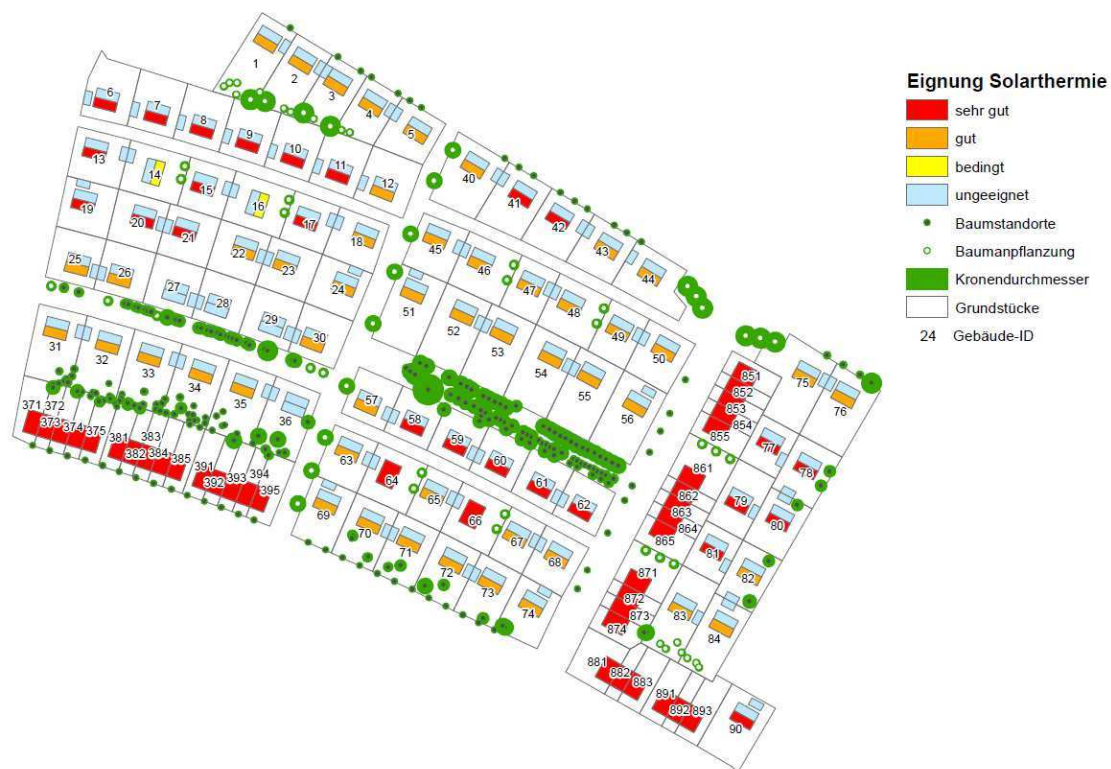


Abbildung 11: Ergebnisse der Analysen für Solarthermie während der Heizperiode – Variante 2

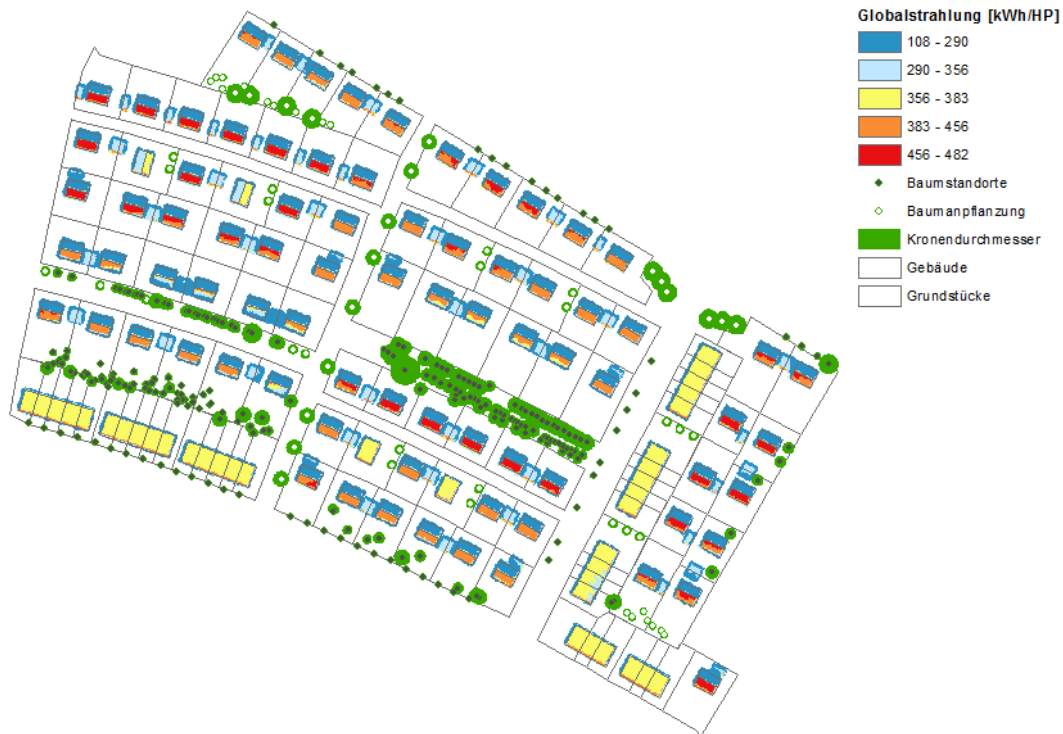


Abbildung 12: Globalstrahlungswerte während der Heizperiode – Variante 2

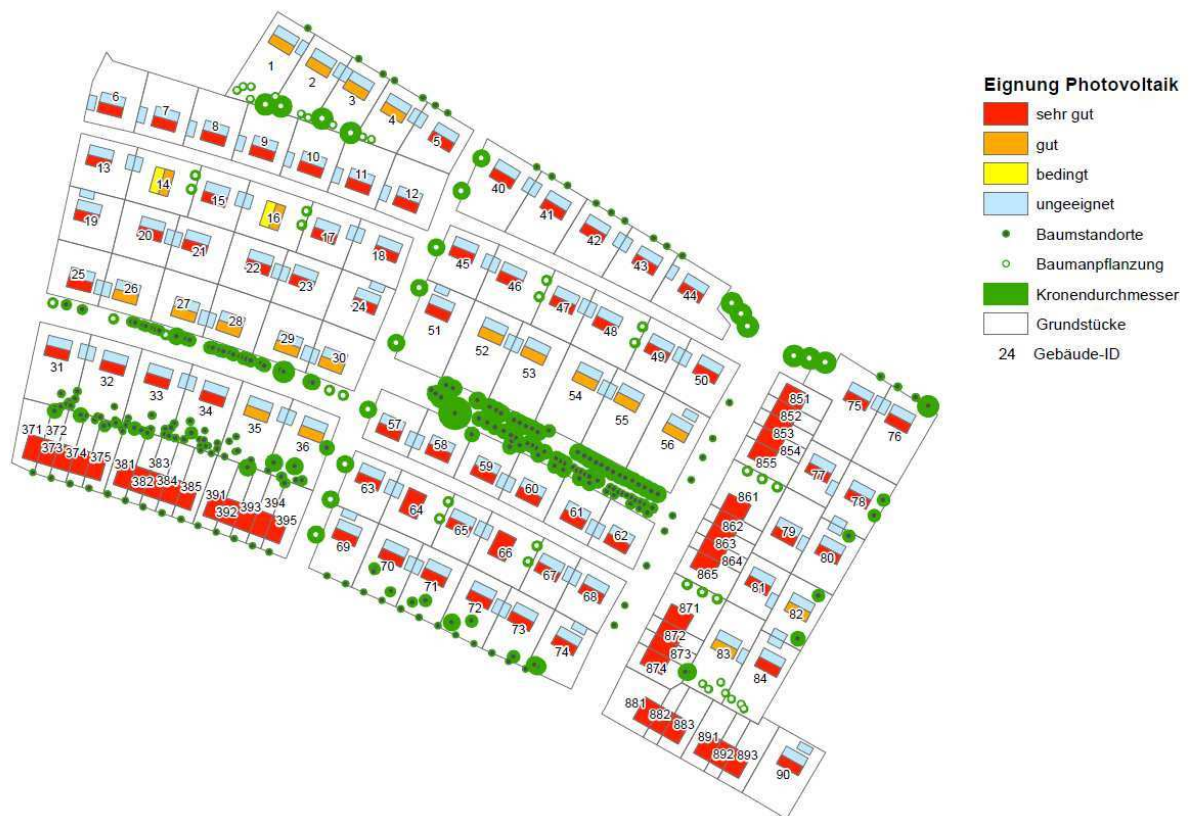


Abbildung 13: Ergebnisse der Analysen für Photovoltaik während eines Jahres – Variante 2

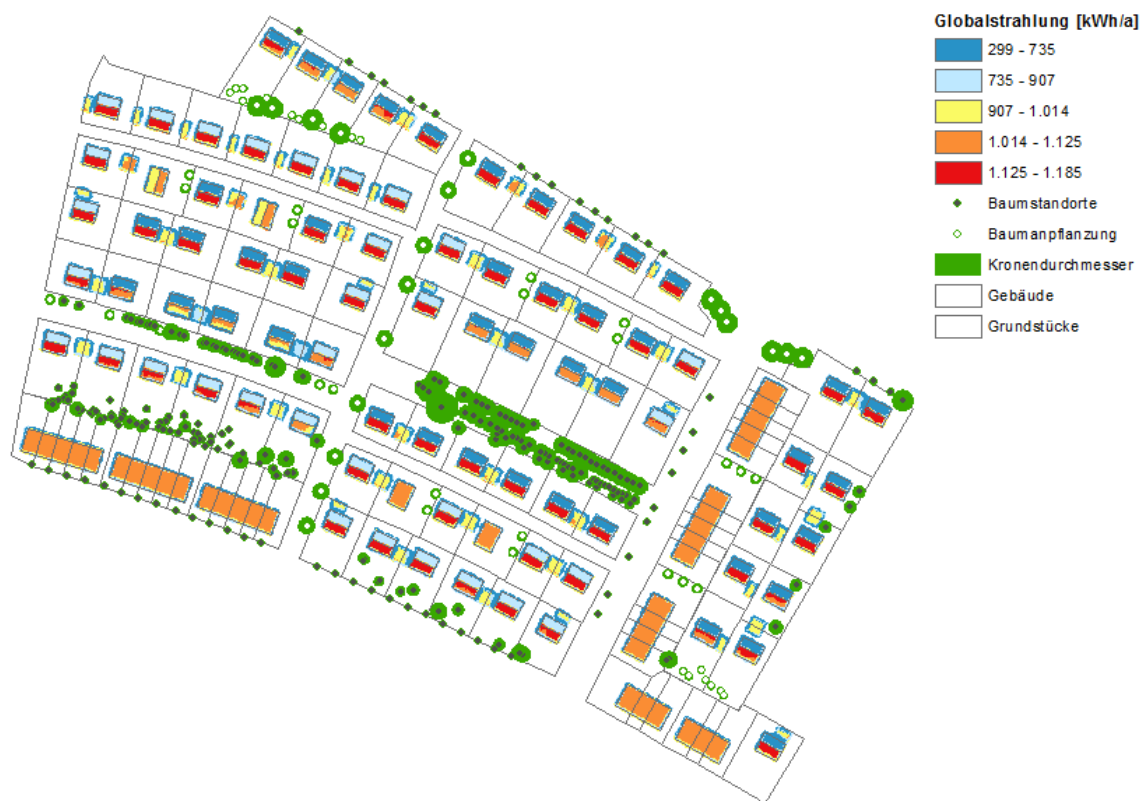


Abbildung 14: Globalstrahlungswerte während eines Jahres – Variante 2

9 EMPFEHLUNGEN ZUR AKTIVEN SOLAREN NUTZUNG

Dachform

Energetisch günstige Dachformen sind das Flach-, Sattel-, Pult- und Tonnendach (Stadt Augsburg 2007⁵: 22; Goretzki 1998: 25-28). Ein südausgerichtetes Pultdach bietet eine große Fläche für PV-Anlagen. Jedoch entstehen hohe Energieverluste über die große Fassadenfläche auf der Nordseite des Gebäudes, während die Einstrahlung auf die Südfassade durch die ausgeprägte Dachfläche eingeschränkt ist. Darüber hinaus können Dachausbauten und Gauben die Modulfläche einschränken.

Dachneigung

Für Photovoltaikanlagen ist eine Dachneigung von 25° - 45° optimal, bei Thermieanlagen sind je nach Verwendungszweck unterschiedliche Neigungen günstiger (Goretzki 1998: 38-39). Soll die Thermieanlage zur Heizungsunterstützung genutzt werden, empfehlen sich steilere Dachneigungen, da die Einstrahlung während der Heizperiode entscheidend ist. Bei einer Verwendung zur Warmwasserbereitung werden ähnliche Dachneigungen wie bei Photovoltaikanlagen zugrunde gelegt. Bei zunehmender Südadweichung sind flachere Dachneigungen zu empfehlen. Für die Nutzung von Photovoltaikanlagen sind in Dresden-Nickern bei einer Südadweichung von maximal 10° Neigungen von 35° am günstigsten. Bei einer Südadweichung von 45° liegt die optimale Dachneigung bei 30°, bei einer Südadweichung von 60° bei 25° (PVGIS⁶).

Ausrichtung

Die Abweichung der Hauptfassade des Gebäudes von der Südrichtung sollte auf maximal 30° (Goretzki 1998⁷: 30) bzw. 45° (EnergieAgentur.NRW 2011⁸: 12) begrenzt werden, um eine hohe solare Einstrahlung zu gewährleisten.

Insgesamt weichen im Bebauungsplangebiet 7 Gebäude mehr als 45° von der Südrichtung ab. Dies betrifft die Gebäude 14, 16, 64, 66 sowie 85-87. Um eine gute aktive solare Nutzung der Dachflächen trotz ungünstiger Ausrichtung zu ermöglichen, können den Gebäuden sehr flache Dachneigungen oder Flachdächer zugewiesen werden.

Verschattung

Verschattungen entstehen durch benachbarte Gebäude, Bepflanzung und Topographie. Die Stellung der Gebäude zueinander, die Baukörperform, Höhe und Dachform besitzen somit einen Einfluss auf

⁵ Stadt Augsburg (2007): Klimaschutz und Stadtplanung Augsburg – Leitfaden zur Berücksichtigung von Klimaschutzbelangen in der städtebaulichen Planung und deren Umsetzung.

⁶ Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS): <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

⁷ Goretzki, Peter (1998): Planen mit der Sonne. Arbeitshilfen für den Städtebau. Ministerium für Arbeit, Soziales und Stadtentwicklung, Kultur und Sport des Landes Nordrhein-Westfalen und Stadt Köln

⁸ EnergieAgentur.NRW (2011): 100 Klimaschutzsiedlungen in Nordrhein-Westfalen – Planungsleitfaden. Düsseldorf. 2. Aufl.

die solaren Gewinne. Daneben haben auch die Größe, Kronen- und Wuchsform, Art, Dauer und Zeitpunkt der Belaubung eines Baumes Einfluss auf die Verschattungswirkung. Durch die Topographie können besonders Gebäude an der Nordseite von Hügeln oder Bergen verschattet werden. Daher sind größere Gebäudeabstände erforderlich als an einem Südhang [Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern 2010⁹: 30-32].

Gehölzpflanzung

Bei der Verschattung durch Bäume ist zwischen Nadel- und Laubbäumen sowie zwischen Baumgruppen und Einzelbäumen zu unterscheiden. Nadelbäume besitzen eine ähnliche Verschattungswirkung wie Gebäude. Bei Laubbäumen beeinflussen auch der Belaubungszeitpunkt sowie das Verhältnis zwischen Gebäudehöhe und Baumhöhe die Verschattung.

Energetische Anforderungen

Neben der aktiven Nutzung der Solarenergie durch Photovoltaik- und Thermieanlagen ist es zwingend erforderlich, den Wärmeverlust eines Gebäudes durch entsprechende Bauweise nach den neuesten energetischen Standards möglichst gering zu halten. Mit Blick auf den voraussichtlichen Baubeginn der Siedlung im Jahre 2015 müssen mindestens die Festlegungen der EnEV 2013/2014 zugrunde gelegt werden.

⁹ Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern (2010): Energie und Ortsplanung. Arbeitsblätter für die Bauleitplanung Nr. 17, München.

TEIL 2: WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNGEN

10 AUSGANGSSITUATION

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung für das Neubauvorhaben Dresden-Nickern erfolgt auf Grundlage der für die Nutzung von Solarthermie zur Heizungsunterstützung optimierten Variante 2. Abbildung 15 zeigt die Eignungsstufen der Gebäude.

Für jedes Gebäude erfolgt eine Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs und der Heizlast. Anschließend wird eine Wirtschaftlichkeitsberechnung für Erdwärme basierend auf Wärmepumpen zweier unterschiedlicher Hersteller durchgeführt. Die Ergebnisse werden den Energieträgern Gas sowie Gas mit Solarthermie im Vergleich gegenübergestellt. Berechnet werden jeweils Kostenersparnis und Amortisation in Jahren.

Darüber hinaus wird eine Fernwärmebetriebsrechnung für die Reihenhäuser 37, 38, 39, 85 und 86 durchgeführt. Für die Gebäude 88 und 89 wird zusätzlich eine Wirtschaftlichkeitsberechnung für ein Blockheizkraftwerk mit Holzpellets vorgenommen. Außerdem findet eine Stromkostenberechnung unter Berücksichtigung des Eigenverbrauchs von PV-Strom statt.

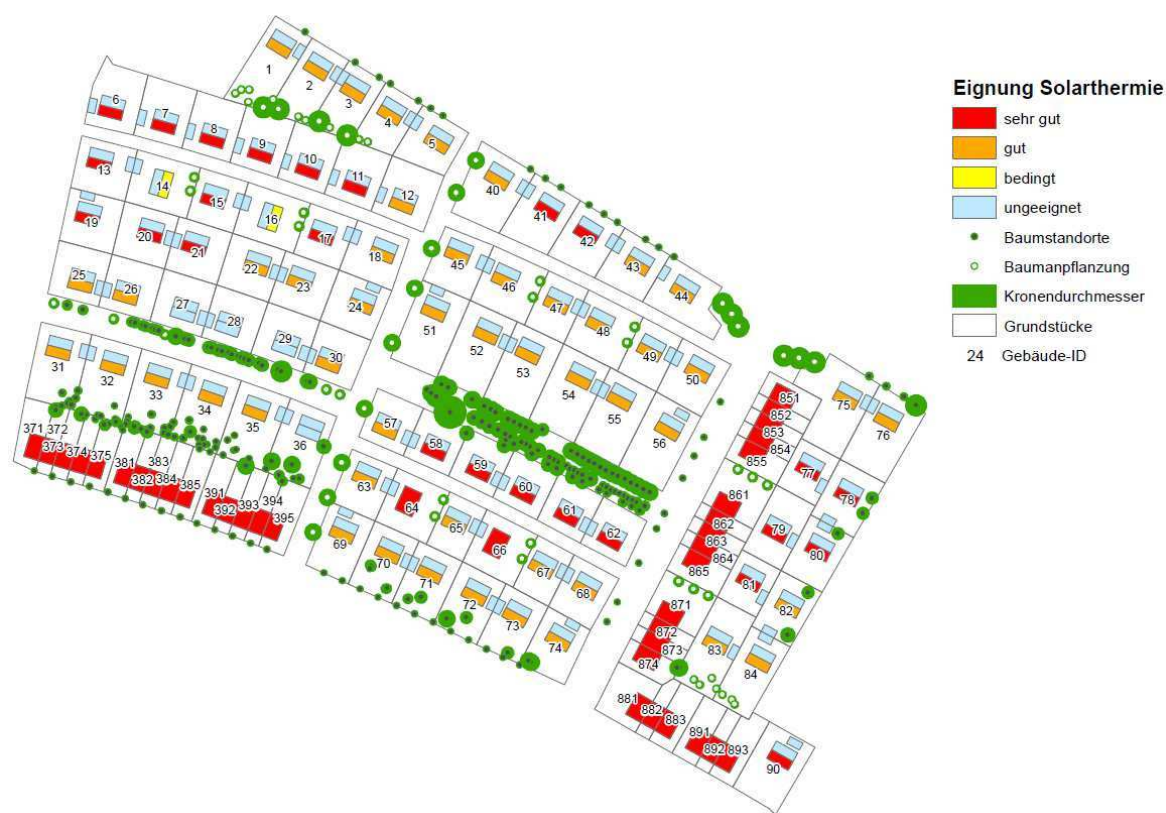


Abbildung 15: Ergebnisse der Analysen für Solarthermie während der Heizperiode – Variante 2

11 ENERGETISCHE ANFORDERUNGEN

Neben der aktiven Nutzung der Solarenergie durch Photovoltaik- und Thermieanlagen ist es zwingend erforderlich, den Wärmeverlust eines Gebäudes durch entsprechende Bauweise nach den neuesten energetischen Standards möglichst gering zu halten.

Die EU-Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden vom 19. Mai 2010 (2010/31/EU) schreibt ein Inkrafttreten der getroffenen Festlegungen in den Mitgliedsländern bis zum 9. Januar 2013 vor. In der Bundesrepublik Deutschland wird diese Richtlinie mit dem Energieeinsparungsgesetz (EnEG) und der Energieeinsparverordnung (EnEV) in nationales Recht umgesetzt. Mit einem Inkrafttreten der neuen EnEV¹⁰ ist derzeit nicht vor 2014 zu rechnen.

Mit Blick auf den voraussichtlichen Baubeginn der Siedlung in Dresden-Nickern im Jahre 2015 müssen mindestens die Festlegungen dieser neuen EnEV zu Grunde gelegt werden. Diese wird im Folgenden als EnEV 2014 bezeichnet.

Die Änderungen umfassen u. a.:

- Verschärfung der Anforderungen an den Primärenergiebedarf bei Neubauten 2014 um 12,5% und 2016 um weitere 12,5%
- Verschärfung der Anforderungen an den spezifischen Transmissionswärmeverlust ab 2014 auf das 1,1fache und ab 2016 auf das 1,0fache des Referenzgebäudes
- Einführung des Modellgebäude-Verfahrens (EnEV Easy) als vereinfachtes Nachweisverfahren für Wohngebäude
- Senkung des Primärenergiefaktors für Strom ab 2014 auf 2,0 und ab 2016 auf 1,8

Um langfristig einen hohen energetischen Standard zu gewährleisten, werden die Anforderungen an den Primärenergiebedarf für das Neubaugebiet Dresden-Nickern um 30% gegenüber der EnEV 2009 verschärft. Somit wird ein um 5% höherer Standard erreicht, als in der EnEV 2014 gefordert. Tabelle 8 zeigt die Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) der energetischen Standards.

¹⁰ Nichtamtliche Lesefassung der EnEV, Stand 06.02.2013:

<http://www.bmvbs.de/cae/servlet/contentblob/103840/publicationFile/70437/enev-nicht-amtliche-lesefassung-06-02-2013.pdf>

Tabelle 8: U-Werte der energetischen Standards in $[W/m^2K]$

Bauteil	U-Werte Bestand (abhängig vom Baujahr) $[W/m^2K]$	U-Werte EnEV 2009 $[W/m^2K]$	U-Werte EnEV 2014 (25% verschärft) $[W/m^2K]$	U-Werte 30% verschärft $[W/m^2K]$	U-Werte Anlehnung an Passivhaus $[W/m^2K]$
Fußboden / Decke	0,40 – 1,20	0,35	0,26	0,24	0,17
Außenwand	0,50 – 1,50	0,28	0,21	0,19	0,13
Dach	0,40 – 2,60	0,20	0,15	0,14	0,12
Fenster	2,70 – 5,00	1,30	0,97	0,90	0,70
Türen	3,50	1,80	1,35	1,26	0,88

Die den Berechnungen zu Grunde liegenden Größen und Rahmenbedingungen können sich durch technische Neuerungen und gesetzliche Anpassungen verändern. Die IP SYSCON GmbH übernimmt keine Gewährleistung für die Korrektheit der Angaben.

12 PARAMETER DER WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNG

Die Berechnungen erfolgen für jedes Gebäude unter Berücksichtigung der Parameter Länge, Breite, Grundfläche, Anzahl der Geschosse, Geschosshöhe sowie beheizter Fläche. Die beheizte Fläche wird berechnet aus dem Produkt von Geschossanzahl und Grundfläche; Dachgeschosse werden pauschal zur Hälfte berücksichtigt. Abbildung 16 zeigt die Wohngebietszugehörigkeit der Gebäude.

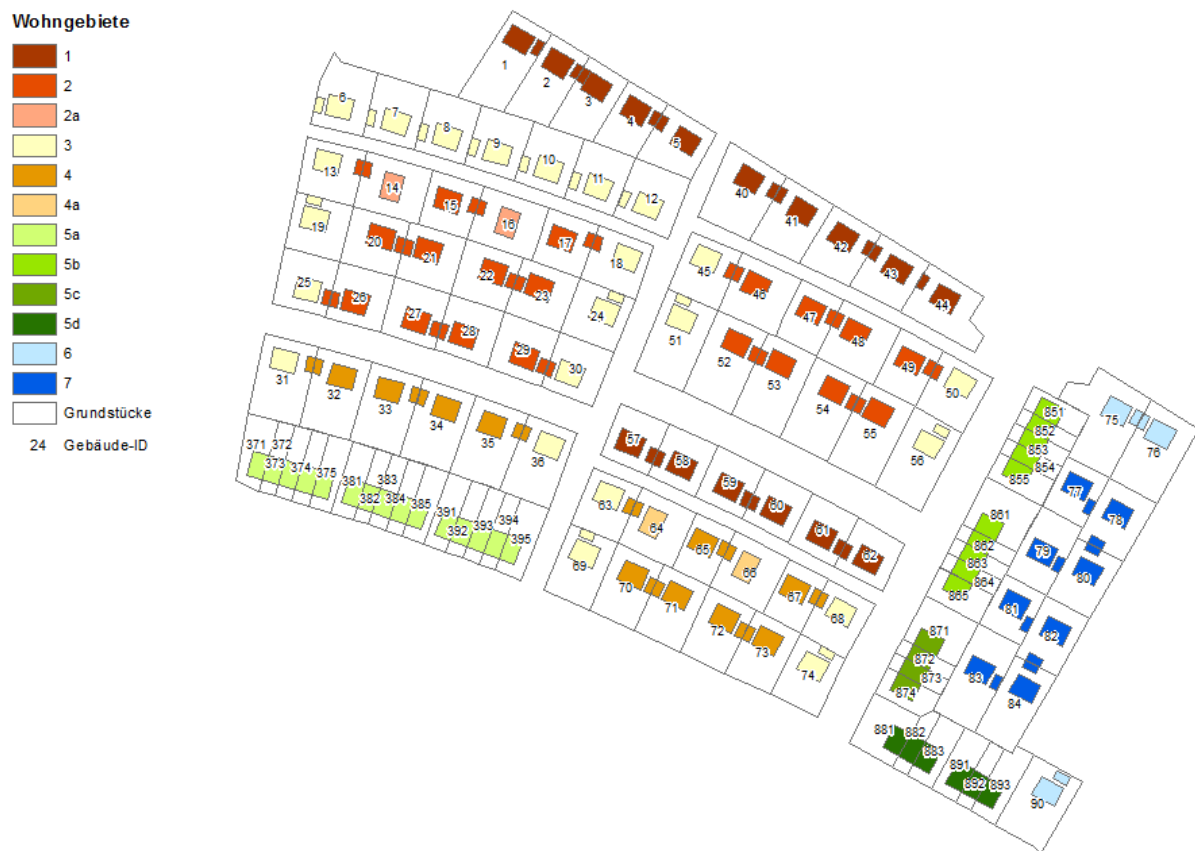


Abbildung 16: Wohngebietszugehörigkeit

Tabelle 9: Gebäudeparameter

Wohngebiet	Gebäude- länge in m	Gebäude- breite in m	Geschoss- anzahl	Beheizte Fläche in m ²
1	11,0	9,0	2,5	247,5
2	11,0	9,0	2,5	247,5
2 a	11,5	8,5	2,5	244,4
3	11,0	9,0	2,5	247,5
4	11,0	9,0	2,5	247,5
4 a	11,5	8,5	2	195,5
5 a	36,3	11,0	3	1197,9
5 b	37,0	11,0	3	1221,0
5 c	30,0	11,0	3	990,0
5 d	23,0	11,0	3	759,0
6	11,0	9,0	2,5	247,5
7	11,0	9,0	2,5	247,5

Zur Bilanzierung der Gebäude wird ein vereinfachtes Verfahren in Anlehnung an das Modellgebäudeverfahren nach EnEV Easy angewendet. Für höhere Heizwärmebedarfe wird die Betriebsstundenanzahl auf 1.800 bzw. 2.400 festgelegt.

12.1 JAHRESHEIZWÄRMEBEDARF

Unterschieden werden Jahresprimärenergiebedarf und Jahresheizwärmebedarf. Für die Primärenergiebilanz eines Gebäudes nach der EnEV werden neben dem Endenergiebedarf sämtliche Energieverluste einschließlich der Erzeugung und des Transports des Energieträgers berücksichtigt.

Der Jahresprimärenergiebedarf ist gemäß der EnEV 2014 über ein Referenzgebäude gleicher Geometrie, Gebäudenutzfläche und Ausrichtung wie das zu errichtende Gebäude zu bestimmen. Neben der DIN V 18599 (Energetische Bewertung von Gebäuden) sind für Wohngebäude alternativ die DIN V 4701-10 (Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen) und die DIN V 4108-6 (Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden) zulässig. Hinzu kommt das Modellgebäudeverfahren EnEV Easy.

Die Energie für vorgelagerte Prozesse wird bei den vorliegenden Berechnungen nicht betrachtet; es wird der Jahresheizwärmebedarf ermittelt. Bei der Bilanzierung werden Energiegewinne und -verluste eines Gebäudes ermittelt (vgl. Abbildung 17). Der Jahresheizwärmebedarf in kWh/a errechnet sich aus den Transmissionswärmeverlusten und den Lüftungswärmeverlusten abzüglich der internen und solaren Wärmegevinne. Er ist ein Maß für den Energiebedarf eines Gebäudes über den Zeitraum eines Jahres.

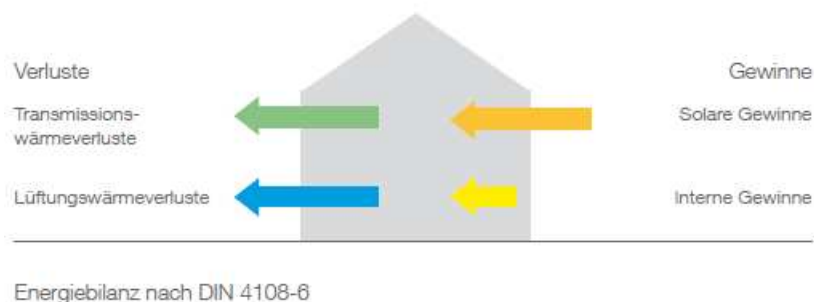


Abbildung 17: Energiebilanz nach DIN 4108-6

Quelle: Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern 2010¹¹: 13

Die Wärmegewinne eines Gebäudes setzen sich aus solaren und internen Wärmegewinnen zusammen. Solare Wärmegewinne lassen sich passiv über transparente Fenster, Glasvorbauten (Wintergärten), opake Bauteile sowie eine transparente Wärmedämmung nutzen und führen zu einer Reduzierung der Wärmeverluste über die Gebäudehülle. Die solare Einstrahlungsintensität wird dabei wesentlich durch die Orientierung des Gebäudes bestimmt (Wichtermann 2010¹²: 230).

Um eine nachhaltige und ressourcenschonende Planung zu gewährleisten, sollte der Energiebedarf in erster Linie durch eine optimierte Gebäudehülle reduziert werden und danach durch eine effiziente Technik gedeckt werden. Die Anforderungen an die energetische Qualität der Gebäudehülle werden für Wohngebäude durch Höchstwerte für den spezifischen Transmissionswärmeverlust festgelegt (Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern 2010¹³: 13).

Dieser berechnet sich wie folgt:

$$H'_{\tau} = H_{\tau} / A \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

H'_{τ} bezeichnet den zulässigen Höchstwert des Transmissionswärmeverlusts in $\text{W/m}^2\text{K}$, der die in Anlage 1, Tabelle 2 EnEV 2014 angegebenen Werte nicht überschreiten darf. H_{τ} ist der auf die Umfassungsfläche bezogene Transmissionswärmeverlust in W/K und A bezeichnet die Wärme übertragende Umfassungsfläche in m^2 . Diese ist definiert durch die äußeren Begrenzungen einer abgeschlossenen beheizten Zone (Wichtermann 2010¹⁴: 205-218).

Zur Ermittlung der Transmissionswärmeverluste für die Wirtschaftlichkeitsberechnung werden die in Tabelle 8 dargestellten U-Werte zu Grunde gelegt, die um 30% gegenüber der EnEV 2009 verschärft sind.

¹¹ Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern (2010): Energie und Ortsplanung. Arbeitsblätter für die Bauleitplanung Nr. 17, München.

¹² Wichtermann, Karl-Heinz (2010): Praxis der Gebäude-Energieberatung EnEV2009: Lehrbuch für den öffentlich-rechtlichen Nachweis nach der DIN V 18599, DIN V 4701-10, DIN V 4108-6. Bad Nenndorf: Wuth. 2. Aufl.

¹³ Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern (2010): Energie und Ortsplanung. Arbeitsblätter für die Bauleitplanung Nr. 17, München.

¹⁴ Wichtermann, Karl-Heinz (2010): Praxis der Gebäude-Energieberatung EnEV2009: Lehrbuch für den öffentlich-rechtlichen Nachweis nach der DIN V 18599, DIN V 4701-10, DIN V 4108-6. Bad Nenndorf: Wuth. 2. Aufl.

Da bei der Ermittlung des Jahresheizwärmebedarfs die Warmwasseraufbereitung nicht berücksichtigt wird, wird hierfür ein Zuschlag berechnet. Für jedes Einfamilienhaus wird eine Anzahl von 4 Personen angenommen, die einen durchschnittlichen Warmwasserverbrauch von 900 kWh pro Person aufweisen. Somit werden dem Jahresheizwärmebedarf pauschal 3600 kWh für Warmwasser aufgeschlagen. Für die Reihenhäuser wird eine Belegung von 15, 18 bzw. 20 Personen angenommen, so dass sich Zuschläge von 13.500 kWh, 16.200 kWh bzw. 18.000 kWh für Warmwasser ergeben.

12.2 HEIZLAST

Bei der Heizlastberechnung wird die maximal erforderliche Leistung in kW ermittelt und somit die Auslegung der Heizungsanlage bestimmt. Die Heizlast bezeichnet den Wärmestrom, der einem Gebäude zugeführt werden muss, um bei tiefster Norm-Außentemperatur im Winter (Auslegungstemperatur) die Norm-Raumtemperatur zu erreichen. Die Norm-Außentemperatur bezeichnet das tiefste Zweitagesmittel der Lufttemperatur, das 10mal in 20 Jahren erreicht oder unterschritten wird. Für Dresden liegt dieser Wert bei -14°C ¹⁵. Das Jahresmittel der Außentemperatur beträgt für Dresden $9,5^{\circ}\text{C}$. Tabelle 10 stellt die der Heizlastberechnung zu Grunde liegenden Temperaturwerte dar.

Für die Berechnung der Heizlast wird ein vereinfachtes Verfahren in Anlehnung an die DIN EN 12831 zu Grunde gelegt. Berücksichtigt werden die Wärmeverluste bestehend aus Transmissionswärmeverlusten und Lüftungswärmeverlusten.

Tabelle 10: Temperaturwerte zur Ermittlung der Heizlast

Parameter	Temperatur in $^{\circ}\text{C}$
Auslegungstemperatur	-14
Norm-Raumtemperatur	20
Erdreichtemperatur	0
Jahresmittel der Außentemperatur	9,5

12.3 WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNG

Erdwärme

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung für Erdwärme erfolgt zum einen basierend auf einer Erdwärmepumpe der emcal Wärmesysteme GmbH (<http://www.emcal-waermepumpen.de/>) und zum anderen basierend auf einer Erdwärmepumpe der Firma Vikersonn (<http://vikersonn.de/>). Die Parameter beider Wärmepumpenanbieter sind in den Tabellen 11 und 12 dargestellt.

¹⁵ DIN EN 12831 Beiblatt 1, Tabelle 1a

Tabelle 11: Parameter der emcal-Wärmepumpen¹⁶

emcal		
Heizleistung in kW (nach EN 14511)	COP (nach EN 14511)	Bruttopreis in €
4,6	4,3	7.787
6,3	4,5	8.337
7,9	4,6	8.643
8,9	4,4	9.008
10,9	4,5	9.134
12,2	4,7	10.052
14,0	4,4	10.827
14,7	4,3	11.413
17,1	4,2	11.413
22,6	4,3	13.561
29,4	4,3	15.898

Tabelle 12: Parameter der Vikersonn-Wärmepumpen¹⁷

Vikersonn		
Heizleistung in kW	COP	Bruttopreis in €
5,03	4,38	6.259
6,52	4,44	6.815
7,83	4,64	7.185
9,09	4,46	7.371
11,21	4,51	7.555
14,35	4,79	7.925
16,41	4,68	8.297
18,36	4,70	8.667
22,71	4,78	9.593
25,23	4,83	11.074
29,48	4,85	12.370

Die Erdwärmepumpen werden auf die berechnete Heizlast ausgelegt. Die Leistungszahl im Heizbetrieb bzw. der sog. *Coefficient of Performance* (COP) ist gerätespezifisch und wird vom Hersteller angegeben (s. o.). In Abhängigkeit von der Heizleistung und der Leistungszahl der Wärmepumpe errechnet sich die Kälteentzugsleistung wie folgt:

$$\text{Kälteentzugsleistung} = \text{Heizleistung} \times (\text{Leistungszahl} - 1) / \text{Leistungszahl}$$

¹⁶ emcal-Wärmepumpen: http://www.emcal-waermepumpen.de/modelle_11.php?n=31

¹⁷ Vikersonn-Wärmepumpen: <http://vikersonn.de/technisches-datenblatt-waermepumpe-vikersonn-bjorn>

Aus der Kälteentzugsleistung und der Entzugsleistung des Untergrundes wird die Bohrtiefe bzw. die Erdwärmesondenlänge berechnet (Koenigsdorff 2011¹⁸: 90):

$$\text{Länge der Erdwärmesonden} = \text{Kälteentzugsleistung in W} / \text{Entzugsleistung in W/m}$$

Für die Entzugsleistung des Untergrundes werden Werte von 50 W/m bzw. 53,57 W/m zu Grunde gelegt (Stadt Dresden).

Da eine Erdwärmesondenanlage die Temperatur des Untergrundes in ihrer Umgebung beeinflusst, ist dies insbesondere relevant, wenn sich auf den Nachbargrundstücken ebenfalls Erdwärmesonden befinden. Nebeneinander liegende Sonden beeinflussen sich gegenseitig in Richtung tieferer Betriebstemperaturen mit der Folge, dass die erreichbaren Entzugsleistungen sinken. Dieser Effekt verstärkt sich mit zunehmender Sondenanzahl und abnehmenden Abstand voneinander. In diesen Fällen ist es erforderlich, die Sondenauslegung anzupassen (Koenigsdorff 2011¹⁹: 91-92). In der durchgeführten Berechnung ist dieser Einfluss nicht berücksichtigt.

Die Bohrkosten belaufen sich auf ca. 48-60 € je m (vgl. z. B. Kartenservice des Landesamts für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG)). Die Investitionskosten für eine Erdwärmepumpe setzen sich aus dem Preis für die Wärmepumpe und den Bohrkosten zusammen.

Tabelle 13: Bohrtiefen für die emcal-Wärmepumpen

Heizleistung in kW	COP	Kälteentzugsleistung in kW	Bohrtiefe in m	
			min. Entzugsleistung: 50 W/m	max. Entzugsleistung: 53,57 W/m
4,6	4,3	3,53	70,6	65,9
6,3	4,5	4,90	98,0	91,5
7,9	4,6	6,18	123,6	115,4
8,9	4,4	6,88	137,6	128,4
10,9	4,5	8,48	169,6	158,3
12,2	4,7	9,60	192,0	179,2
14,0	4,4	10,82	216,4	202,0
14,7	4,3	11,28	225,6	210,6
17,1	4,2	13,03	260,6	243,2
22,6	4,3	17,34	346,8	323,7

¹⁸ Koenigsdorff, R. (2011): Oberflächennahe Geothermie für Gebäude: Grundlagen und Anwendungen zukunftsfähiger Heizung und Kühlung. Fraunhofer IRB-Verlag: Stuttgart.

¹⁹ Koenigsdorff, R. (2011): Oberflächennahe Geothermie für Gebäude: Grundlagen und Anwendungen zukunftsfähiger Heizung und Kühlung. Fraunhofer IRB-Verlag: Stuttgart.

Tabelle 14: Bohrtiefen der für die Vikersonn-Wärmepumpen

Heizleistung in kW	COP	Kälteentzugsleistung in kW	Bohrtiefe in m	
			min. Entzugsleistung: 50 W/m	max. Entzugsleistung: 53,57 W/m
5,03	4,38	3,88	77,6	72,4
6,52	4,44	5,05	101,0	94,3
7,83	4,64	6,14	122,8	114,6
9,09	4,46	7,05	141,0	131,6
11,21	4,51	8,72	174,4	162,8
14,35	4,79	11,35	227,0	211,9
16,41	4,68	12,90	258,0	240,8
18,36	4,70	14,45	289,0	269,7
22,71	4,78	17,96	359,2	335,3
25,23	4,83	20,01	400,2	373,5

Die Kosten für Erdwärme werden den Energieträgern Gas, Gas in Kombination mit Solarthermie sowie Luftwärme gegenübergestellt. Die Wärmeversorgung über dezentrale Gaskessel stellt den Standard der Wärmeversorgung von Wohngebäuden in Deutschland dar. Zukünftig ist eine abnehmende Bedeutung wegen zunehmender Substitution fossiler Brennstoffe und steigenden Gaspreisen zu erwarten. Aufgrund der Anforderungen nach EEWärmeG ist ein alleiniger Einsatz nicht mehr möglich und es ist zum Beispiel eine Ergänzung durch Solarthermie, die 15% des Heizenergiebedarfs erbringt, erforderlich.

Die in den Tabellen 15 und 16 dargestellten Energiepreise werden diesen Berechnungen zu Grunde gelegt. Preissteigerungen werden nicht berücksichtigt.

Tabelle 15: Preise für Wärmepumpenstrom²⁰

Wärmepumpenstrom	Endpreis inkl. Strom- u. USt.
Grundpreis	76,05 €/Jahr
Arbeitspreis NT	0,1661 €/kWh
Arbeitspreis HT	0,1959 €/kWh

Grundlage für die Berechnungen ist der Arbeitspreis im Hochtarif.

Tabelle 16: Preise für Heizgas ab 9.901-166.400 kWh²¹

Gas	Endpreis inkl. Energie- u. USt.
Grundpreis	14,88 €/Monat
Arbeitspreis	0,0691 €/kWh

²⁰ DREWAG-Wärmepumpenstrompreise:

http://www.drewag.de/de/privatkunden/drewag_produkte/strom/pk_dp_strom_tarif_waermespeicher.php
²¹ DREWAG-Gaspreise: http://www.drewag.de/de/privatkunden/drewag_produkte/erdgas/pk_dp_erdgas_preise_allgemein.php

Für einen Gaskessel betragen die Investitionskosten in Abhängigkeit von der Leistung zwischen 2.500 € und 5.000 € (vgl. Tabelle 17); hinzu kommen jeweils Anschlusskosten in Höhe von 2.975 € brutto. Die Kosten für Instandhaltung und Wartung belaufen sich jeweils auf 1% der Investitionskosten (vgl. VDI 2067²²).

Tabelle 17: Preise für Gaskessel

kW-Leistung	Bruttopreis	Anschlusskosten	Instandhaltungs- und Wartungskosten
5 - 7	2.500,00 €	2.975,00 €	50,00 €/Jahr
8 - 10	3.000,00 €	2.975,00 €	60,00 €/Jahr
11 - 15	3.500,00 €	2.975,00 €	70,00 €/Jahr
16 - 20	4.000,00 €	2.975,00 €	80,00 €/Jahr
21 - 25	4.500,00 €	2.975,00 €	90,00 €/Jahr
26 - 30	5.000,00 €	2.975,00 €	100,00 €/Jahr

Für einen Flachkollektor werden Investitionskosten in Höhe von 1.000 €/m² für Anschaffung und Installation zu Grunde gelegt; jährliche Wartungskosten werden mit 1,5% der Investitionskosten veranschlagt (Umweltinstitut München e.V.²³). Der Deckungsgrad beträgt 30%.

Die Investitionskosten für eine Luftwärmepumpe betragen für Einfamilienhäuser etwa 900 € pro kW benötigter Leistung und für Mehrfamilienhäuser etwa 640 € pro kW. Anschlusskosten werden in Höhe von 7% des Bruttopreises zuzüglich 1.000 € für einen Platzbedarf von jeweils 1 m² pro Anlage berücksichtigt. Die jährlichen Kosten für Instandsetzung und Wartung belaufen sich auf 4% der Investitionskosten (VDI 2067). Zur Ermittlung der Heizkosten wird der Preis für Wärmepumpenstrom der DREWAG zugrunde gelegt (Tabelle 15).

Tabelle 18: Preise für Luftwärmepumpen

kW-Leistung	Bruttopreis	Anschlusskosten	Instandhaltungs- und Wartungskosten
8	7.200,00 €	1.504,00 €	348,16 €/Jahr
9	8.100,00 €	1.567,00 €	386,68 €/Jahr
25	16.000,00 €	2.120,00 €	724,80 €/Jahr
30	19.200,00 €	2.344,00 €	861,76 €/Jahr
37	23.500,00 €	2.645,00 €	1.045,80 €/Jahr

Berechnet werden zum einen die Einsparung der Betriebskosten von Erdwärme gegenüber den Energieträgern Gas, Gas in Kombination mit Solarthermie und Luftwärme sowie zum anderen die Amortisationsdauer in Jahren. Die Amortisationsdauer von Erdwärme wird ermittelt aus der Differenz

²² Richtlinie VDI 2067 „Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen“

²³ Umweltinstitut München e.V.: <http://www.umweltinstitut.org>

der Investitionskosten dividiert durch die Differenz der jährlichen Betriebskosten. Unter dem Begriff Betriebskosten sind sowohl die jährlichen Heizkosten als auch jährliche Kosten für Instandhaltung und Wartung zusammengefasst. Negative Werte in der Amortisationsdauer weisen auf eine sofortige Amortisation hin.

Fernwärme

Für die Reihenhäuser 37, 38, 39, 85 und 86 erfolgt zusätzlich eine Fernwärmeberechnung. In den übrigen Bereichen des Neubaugebietes ist ein Fernwärmeanschluss aus technischen Gründen nicht möglich, da der Querschnitt der Straßen zu schmal oder der Anschluss an die Hauptleitung zu weit entfernt ist.

Für die Berechnung wird der Fernwärmepreis der DREWAG zu Grunde gelegt, der sich aus dem Arbeitspreis, dem Jahresgrundpreis in Abhängigkeit von der Leistung und dem Messpreis zusammensetzt (s. Tabelle 19). Auf Grundlage der bisherigen Fernwärmeanschlüsse in Dresden-Nickern können als Anschlusskosten 4.000 € netto (4.760 € brutto) angesetzt werden (DREWAG).

Tabelle 19: Preise für Fernwärme²⁴

Fernwärme	Endpreis inkl. USt.
Grundpreis (LG =1)	49,57 €/kW*a
Messpreis (QN = 1,5)	153,36 €/Jahr
Arbeitspreis*	0,08085 €/kWh

* unter Berücksichtigung des Preisgleitfaktors für August 2013 von 1,0871

Blockheizkraftwerk

Für die Reihenhäuser 88 und 89 wird eine Wirtschaftlichkeitsberechnung für ein Blockheizkraftwerk mit Holzpellets durchgeführt. Es handelt sich um eine Spanner-Anlage mit 30 kW (<http://www.holz-kraft.de/>), die mit Holzgas arbeitet. Die Technologie beruht auf dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung. Aus den Holzpellets wird durch Vergasung Schwachgas erzeugt, das in einem Verbrennungsmotor zu Strom und Wärme umgewandelt wird. Anstelle von Holzpellets können auch Holzhackschnitzel verwendet werden (vgl. C.A.R.M.E.N. e.V. 2013²⁵).

Die Investitionskosten für ein mit Holzgas betriebenes Blockheizkraftwerk betragen etwa 4.500 € pro kW elektrischer Leistung. Der Motor besitzt eine Betriebslebensdauer von 20.000 Stunden. Die Kosten für einen Ersatzmotor belaufen sich auf 5.000 € (vgl. Spanner-Leitfaden Wirtschaftlichkeit²⁶).

Die Wartungskosten werden mit etwa 5 Ct pro kWh produziertem Strom kalkuliert. Der Arbeitsaufwand für den Betrieb der Anlage lässt sich nur schwer beziffern. Die Spanner Re² GmbH

²⁴ DREWAG-Fernwärmepreise: http://www.drewag.de/de/privatkunden/drewag_produkte/waerme/dresdner-fernwaerme/pk_dp_waerme_preise.php

²⁵ C.A.R.M.E.N. e.V. 2013: Kleine Holzvergasungsanlagen – Handlungsempfehlungen für Kapitalgeber. http://www.holzgas-info.de/Seiten/HEH_Check.pdf

²⁶ Spanner-Leitfaden Wirtschaftlichkeit. http://www.holz-kraft.de/images/pdfs/Spanner_Leitfaden_Wirtschaftlichkeit_R02.pdf

spricht von durchschnittlich 30 Minuten pro Tag. Der Arbeitsaufwand wird in der Wirtschaftlichkeitsberechnung jedoch nicht berücksichtigt.

Die Kosten für Holzpellets betragen 5,34 Ct pro kWh (DEPV 2013²⁷).

Gemäß der EEG-Novelle 2012 beträgt die Einspeisevergütung für Strom aus Biomasse bis zu einer Bemessungsleistung von 150 kW 14,3 Ct/kWh. Wird der Strom aus Biomasse gemäß Anlage 3 zur Biomasseverordnung produziert, kommt ein Bonus in Höhe von 8 Ct/kWh bis zu einer Bemessungsleistung von 5 MW hinzu. Somit ergibt sich insgesamt eine Vergütung von 22,3 Ct/kWh.

Strombetrachtung

Für ein typisches Einfamilienhaus im Neubaugebiet Dresden-Nickern sowie beispielhaft für das Reihenhauses 37 werden die Stromkosten für 20 Jahre unter Berücksichtigung des Eigenverbrauchs von PV-Strom ermittelt. Tabelle 20 stellt die Ausgangsparameter dar. Zugrunde gelegt werden Eigenverbrauchsanteile von 30% und 20%. Ein Eigenverbrauch von 20% kann erreicht werden, wenn der produzierte Strom überwiegend in den Abendstunden verbraucht wird, da energieintensive Geräte wie Waschmaschine oder Trockner primär am Abend zum Einsatz kommen. Ein Eigenverbrauch von 30% ist möglich, wenn der Strom zwar vielfach abends verbraucht wird, aber energieintensive Geräte auch tagsüber genutzt werden, z. B. durch den Einsatz von Zeitschaltuhren.

Der Energiepreis für Strom ist in Tabelle 21 dargestellt. Preissteigerungen werden gemäß dem Integrierten Energie- und Klimaschutzkonzept der Landeshauptstadt Dresden 2030 (IEuKK) berücksichtigt.

Tabelle 20: Ausgangswerte für die PV-Strom-Berechnung

	Einfamilienhaus	Reihenhauses 37
Anzahl Personen	4	20
Jahresverbrauch in kWh	3.772,5	17.780,0
Modulfläche PV in m ²	65	171
pot. Stromertrag bei 15% Wirkungsgrad PV in kWh/a	8.200	22.848
30% Eigenverbrauch in kWh/a	1.131,75	5.334,00
20% Eigenverbrauch in kWh/a	754,50	3.556,00
pot. Stromkosteneinsparung in €/a bei 30% Eigenverbrauch	285,09 €	1.343,63 €
pot. Stromkosteneinsparung in €/a bei 20% Eigenverbrauch	190,06 €	895,76 €
pot. CO ₂ -Einsparung für 15% Wirkungsgrad PV in kg/a	3.500	9.779
pot. mgl. Leistung in kW	9,3	24,37
Investitionsvolumen PV in €	15.000,00 €	38.979,00 €

²⁷ Deutscher Energieholz- und Pelletverband e.V. (DEPV) 2013: Entwicklung des Pelletpreises in Deutschland.
<http://www.depv.de/startseite/marktdaten/pelletspreise/>

Tabelle 21: Strompreis²⁸

Strom	Endpreis inkl. Strom- u. USt.
Grundpreis	7,12 €/Monat
Arbeitspreis	0,2519 €/kWh

Primärenergieeinsatz und CO₂-Emissionen

Der Primärenergiebedarf (Q_P) beschreibt die Energiemenge, die zur Deckung des Endenergiebedarfs benötigt wird. Dabei ist auch die zusätzliche Energiemenge zu berücksichtigen, die durch zeitlich oder örtlich vorgelagerte Prozessketten außerhalb des Systems 'Gebäude' bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der eingesetzten Brennstoffe entsteht.

Zur Ermittlung des Primärenergiebedarfes wird der entsprechende Endenergiebedarf unter Berücksichtigung der beteiligten Energieträger mit einem Primärenergiefaktor multipliziert. Diese Primärenergiefaktoren werden in der Energieeinsparverordnung 2014 festgelegt (Erdgas, Flüssiggas 1,1 / Holz 0,2 / Strom 2,0). Der Primärenergiefaktor Fernwärme wird nach dem Zertifikat des Zentralen Fernheiznetzes der DREWAG mit dem Wert 0,0 zu Grunde gelegt.

Tabelle 22: Primärenergiefaktoren und CO₂-Äquivalentwerte

Energieträger	Primärenergiefaktor	CO ₂ -Äquivalent in kg/kWh
Strom	2,0	0,5049
Erdwärme	2,0	0,167
Luftwärme	2,0	0,1815
Gas	1,1	0,202
Solarthermie (Flachkollektor)	0,1	0,047
Fernwärme	0,0	0,031
Holz, BHKW	0,2	0,025

Zur Ermittlung der CO₂-Emissionen wird der Energiebedarf unter Berücksichtigung der beteiligten Energieträger mit dem zugehörigen CO₂-Äquivalentwert multipliziert. Darüber hinaus werden die CO₂-Einsparsummen für eine Erdwärmepumpe und einen Thermie-Flachkollektor angegeben. Die Berechnung bezieht sich auf einen mittleren CO₂-Äquivalentwert für Gas von 0,202 kg/kWh. Abzüglich der Vorkette nach GEMIS von 47 g CO₂ pro kWh für einen Thermie-Flachkollektor wird die CO₂-Einsparsumme mit 0,155 kg CO₂ pro kWh berechnet. Für eine Erdwärmepumpe mit einem mittleren

²⁸ DREWAG-Strompreise:

http://www.drewag.de/de/privatkunden/drewag_produkte/strom/pk_dp_strom_tarif_dresden_privat.php

CO₂-Äquivalentwert von 0,167 kg/kWh ergibt sich eine CO₂-Einsparsumme von 0,035 kg/kWh (vgl. Öko-Institut 2010²⁹).

Das nächste Kapitel stellt die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen für Erdwärme im Vergleich zu den anderen Energieträgern, für Fernwärme, für das Blockheizkraftwerk sowie für Strom dar. Eventuelle Fördermittel sind in den Berechnungen nicht berücksichtigt. Für Solarwärmanlagen bestehen unter Umständen Fördermöglichkeiten beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle; hier sind die aktuellen Förderbedingungen zu beachten (www.bafa.de).

²⁹ Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS) ist ein Computerprogramm, entwickelt vom Öko-Institut, zur Umweltanalyse von Energie-, Transport- und Stoffsystemen (siehe auch <http://www.oeko.de/service/gemis/de/index.htm>).

13 BERECHNUNGSERGEBNISSE

Das folgende Kapitel gibt einen Überblick über die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnungen.

13.1 ERDWÄRME

Nachfolgende Tabellen geben eine Übersicht über die Berechnungsergebnisse für jedes Wohngebiet unterteilt nach Eignungsstufen für Solarthermie. Dargestellt sind die Ergebnisse nach der EnEV Easy-Methode. Kosten und Amortisationszeit sind auf Basis einer Wärmepumpe der Firma Vikersonn dargestellt.

Tabelle 23: Investitions- und Betriebskosten für Erdwärme, Gas, Gas + Solarthermie und Luftwärme

Gebäudeparameter				Erdwärme		Gas		Gas + Solarthermie		Luftwärme	
WA	Eignungsstufe Solarthermie*	Heizwärmebedarf in kWh/a	Heizlast in kW	Investitionskosten in €	Betriebskosten in €/a	Investitionskosten in €	Betriebskosten in €/a	Investitionskosten in €	Betriebskosten in €/a	Investitionskosten in €	Betriebskosten in €/a
1	1	10.259	7,39	14.054	578,49	5.475	937,47	13.055	838,50	8.704	926,65
1	2	10.259	7,39	14.054	578,49	5.475	937,47	13.235	841,20	8.704	926,65
2	0	10.259	7,39	14.054	578,49	5.475	937,47	-	-	8.704	926,65
2	1	10.259	7,39	12.891	578,49	5.475	937,47	12.835	835,20	8.704	926,65
2	2	10.259	7,39	14.054	578,49	5.475	937,47	14.565	861,15	8.704	926,65
2 a	3	10.204	7,33	14.054	575,77	5.475	933,63	15.245	868,66	8.704	923,93
3	0	12.893	8,41	15.296	707,47	5.975	1.129,45	-	-	9.667	1.094,15
3	1	12.893	8,41	15.296	707,47	5.975	1.129,45	14.655	992,38	9.667	1.094,15
3	2	12.893	8,41	15.296	707,47	5.975	1.129,45	15.455	1.004,38	9.667	1.094,15
4	2	12.328	8,22	14.054	679,80	5.975	1.090,40	15.755	981,55	8.704	1.027,96
4 a	1	12.116	7,54	14.054	669,44	5.975	1.075,78	14.035	945,52	8.704	1.017,60
5 a	1	58.131	37,37	34.561	2.923,01	7.975	4.295,41	51.605	3.744,80	26.145	3.968,81
5 b	1	58.857	37,96	34.561	2.958,57	7.975	4.345,57	51.605	3.779,92	26.145	4.004,37
5 c	1	49.797	31,54	34.561	2.514,86	7.975	3.719,53	51.605	3.341,69	21.544	3.376,62
5 d	1	39.837	24,87	29.406	2.027,07	7.475	3.021,30	44.995	2.758,28	18.120	2.751,87
6	1	12.316	8,22	14.054	679,22	5.975	1.089,59	14.275	958,78	8.704	1.027,38
6	2	12.316	8,22	14.054	679,22	5.975	1.089,59	14.275	958,78	8.704	1.027,38
7	1	13.344	8,64	15.296	729,58	5.975	1.160,64	15.135	1.021,42	9.667	1.116,26
7	2	13.344	8,64	15.296	729,58	5.975	1.160,64	15.785	1.031,17	9.667	1.116,26

*1 = sehr gut, 2 = gut, 3 = bedingt, 0= ungeeignet

Tabelle 24: Einsparung und Amortisation von Erdwärme gegenüber Gas, Gas + Solarthermie und Luftwärme

Gebäudeparameter				Erdwärme gegenüber Gas		Erdwärme gegenüber Gas + Solarthermie		Erdwärme gegenüber Luftwärme	
WA	Eignungs- stufe Solar- thermie*	Heiz- wärme- bedarf in kWh/a	Heiz- last in kW	Ein- sparung in €	Amorti- sation in a	Ein- sparung in €	Amorti- sation in a	Ein- sparung in €	Amorti- sation in a
1	1	10259	7,39	358,98	23,90	260,00	3,84	348,16	15,37
1	2	10259	7,39	358,98	23,90	262,70	3,12	348,16	15,37
2	0	10259	7,39	358,98	23,90	-	-	348,16	15,37
2	1	10259	7,39	358,98	23,90	256,70	4,75	348,16	15,37
2	2	10259	7,39	358,98	23,90	282,65	-1,81	348,16	15,37
2 a	3	10204	7,33	357,86	23,97	292,89	-4,07	348,16	15,37
3	0	12893	8,41	421,98	22,09	-	-	386,68	14,56
3	1	12893	8,41	421,98	22,09	284,91	2,25	386,68	14,56
3	2	12893	8,41	421,98	22,09	296,91	-0,54	386,68	14,56
4	2	12328	8,22	410,60	19,68	301,75	-5,64	348,16	15,37
4 a	1	12116	7,54	406,35	19,88	276,08	0,07	348,16	15,37
5 a	1	58131	37,37	1.372,40	19,37	821,79	-20,74	1.045,80	8,05
5 b	1	58857	37,96	1.387,01	19,17	821,35	-20,75	1.045,80	8,05
5 c	1	49797	31,54	1.204,67	22,07	826,83	-20,61	861,76	15,10
5 d	1	39837	24,87	994,23	22,06	731,21	-21,32	724,80	15,57
6	1	12316	8,22	410,37	19,69	279,56	-0,79	348,16	15,37
6	2	12316	8,22	410,37	19,69	279,56	-0,79	348,16	15,37
7	1	13344	8,64	431,06	21,62	291,84	0,55	386,68	14,56
7	2	13344	8,64	431,06	21,62	301,59	-1,62	386,68	14,56

*1 = sehr gut, 2 = gut, 3 = bedingt, 0= ungeeignet

13.2 FERNWÄRME

Tabelle 25 zeigt die Ergebnisse der Fernwärmerechnung für die Gebäude 37-39 sowie 85 und 86. Dargestellt sind Einsparung und Amortisationszeit von Erdwärme gegenüber Fernwärme auf Basis einer Wärmepumpe der Firma Vikersonn.

Tabelle 25: Einsparung und Amortisation von Erdwärme gegenüber Fernwärme

Gebäude	Fernwärme					Erdwärme		Erdwärme gegenüber Fernwärme	
Gebäude-ID	An- schluss- kosten in €	Jahres- grund- preis in €	Mess- preis pro Jahr in €	Heiz- kosten pro Jahr in €	Gesamt- betriebs- kosten pro Jahr in €	Investitions- kosten Wärme- pumpe vikersonn in €	Betriebs- kosten pro Jahr in €	Ein- sparung (EnEV Easy) pro Jahr in €	Amorti- sations- dauer in Jahren (EnEV Easy) vikersonn
37	4.760	1.852,32	153,36	4.699,89	6.705,57	34.560,75	2.923,01	3.782,56	7,88
38	4.760	1.852,32	153,36	4.699,89	6.705,57	34.560,75	2.923,01	3.782,56	7,88
39	4.760	1.852,32	153,36	4.699,89	6.705,57	34.560,75	2.923,01	3.782,56	7,88
85	4.760	1.881,67	153,36	4.758,58	6.793,61	34.560,75	2.958,57	3.835,05	7,77
86	4.760	1.881,67	153,36	4.758,58	6.793,61	34.560,75	2.958,57	3.835,05	7,77

13.3 BLOCKHEIZKRAFTWERK

Tabelle 26 zeigt das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsberechnung für ein Blockheizkraftwerk mit Holzpellets für die Gebäude 88 und 89.

Laut Herstelleraussage (Spanner) kann ein Blockheizkraftwerk erst ab einem Jahresheizwärmebedarf von 300.000 kWh bzw. 5.000 Betriebsstunden pro Jahr wirtschaftlich betrieben werden. Aufgrund der hohen Investitionskosten (ca. 4.500 € pro kW elektrischer Leistung) ist ein wirtschaftlicher Betrieb für die Gebäude 88 und 89 nicht möglich.

Tabelle 26: Wirtschaftlichkeitsberechnung BHKW mit Holzpellets für die Gebäude 88 und 89

BHKW mit Holzpellets für die Gebäude 88 und 89:	
Thermische Energie (kW)	66
Elektrische Energie (kW)	30
Gesamt-Jahresheizwärmebedarf (kWh)	79.674
Investitionskosten in €	135.000
Betriebsstunden	1.610
produzierter Strom (kWh/a)	48.287
Einspeisevergütung Strom in €/kWh	0,223
Einspeisevergütung Strom in €/a	10.768,07
Preis Holzpellets in €/kWh	0,0534
Kosten Holzpellets in €/a	4.254,60
Gesamt-Wartungskosten in €/a	2.414,37
Betriebslebensdauer in Stunden	20.000
Austausch nach Jahren	12,43
Austauschkosten in €	5.000,00
Jährlicher Überschuss in €	4.099,11
Amortisationsdauer in Jahren	35,37

13.4 STROM

Tabelle 27 zeigt die Ergebnisse für die Berechnung der Stromkosten für 20 Jahre für ein typisches Einfamilienhaus im Neubaugebiet Dresden-Nickern. Dargestellt sind die herkömmlichen Stromkosten ohne Eigenverbrauch von PV-Strom sowie die Einsparung und Kosten unter Berücksichtigung eines Eigenverbrauchsanteils von 30% bzw. 20%. Tabelle 28 zeigt die Ergebnisse für das Reihenhaushaus 37.

Tabelle 27: Kostenersparnis durch Eigenverbrauch von PV-Strom bei einem Einfamilienhaus

Anzahl Jahre	Stromkosten in €/a ohne Eigenverbrauch	jährliche Preissteigerung in %	Ersparnis in €/a mit 30% Eigenverbrauch	Stromkosten in €/a mit 30% Eigenverbrauch	Ersparnis in €/a mit 20% Eigenverbrauch	Stromkosten in €/a mit 20% Eigenverbrauch
1	1035,73		285,09	750,64	190,06	845,67
2	1059,35	2,28	291,59	767,76	194,39	864,96
3	1083,50	2,28	298,24	785,26	198,82	884,68
4	1108,20	2,28	305,04	803,17	203,36	904,85
5	1133,47	2,28	311,99	821,48	207,99	925,48
6	1138,80	0,47	313,46	825,34	208,97	929,83
7	1144,15	0,47	314,93	829,22	209,95	934,20
8	1149,53	0,47	316,41	833,12	210,94	938,59
9	1154,93	0,47	317,90	837,03	211,93	943,00
10	1160,36	0,47	319,39	840,97	212,93	947,43
11	1165,81	0,47	320,89	844,92	213,93	951,88
12	1171,29	0,47	322,40	848,89	214,93	956,36
13	1176,80	0,47	323,92	852,88	215,94	960,85
14	1182,33	0,47	325,44	856,89	216,96	965,37
15	1187,89	0,47	326,97	860,92	217,98	969,91
16	1198,58	0,90	329,91	868,67	219,94	978,64
17	1209,36	0,90	332,88	876,48	221,92	987,44
18	1220,25	0,90	335,88	884,37	223,92	996,33
19	1231,23	0,90	338,90	892,33	225,93	1005,30
20	1242,31	0,90	341,95	900,36	227,97	1014,35
Σ	23.153,87		6.373,16	16.780,72	4.248,77	18.905,10

Tabelle 28: Kostenersparnis durch Eigenverbrauch von PV-Strom für das Reihenhaus 37

Anzahl Jahre	Stromkosten in €/a ohne Eigenverbrauch	jährliche Preissteigerung in %	Ersparnis in €/a mit 30% Eigenverbrauch	Stromkosten in €/a mit 30% Eigenverbrauch	Ersparnis in €/a mit 20% Eigenverbrauch	Stromkosten in €/a mit 20% Eigenverbrauch
1	4564,22		1343,63	3220,59	895,76	3668,47
2	4668,29	2,28	1374,27	3294,02	916,18	3752,11
3	4774,72	2,28	1405,60	3369,12	937,07	3837,65
4	4883,59	2,28	1437,65	3445,94	958,43	3925,15
5	4994,93	2,28	1470,43	3524,50	980,29	4014,65
6	5018,41	0,47	1477,34	3541,07	984,89	4033,52
7	5042,00	0,47	1484,28	3557,71	989,52	4052,47
8	5065,69	0,47	1491,26	3574,43	994,17	4071,52
9	5089,50	0,47	1498,27	3591,23	998,85	4090,66
10	5113,42	0,47	1505,31	3608,11	1003,54	4109,88
11	5137,46	0,47	1512,39	3625,07	1008,26	4129,20
12	5161,60	0,47	1519,49	3642,11	1013,00	4148,61
13	5185,86	0,47	1526,64	3659,23	1017,76	4168,10
14	5210,23	0,47	1533,81	3676,42	1022,54	4187,69
15	5234,72	0,47	1541,02	3693,70	1027,35	4207,38
16	5281,83	0,90	1554,89	3726,95	1036,59	4245,24
17	5329,37	0,90	1568,88	3760,49	1045,92	4283,45
18	5377,34	0,90	1583,00	3794,33	1055,33	4322,00
19	5425,73	0,90	1597,25	3828,48	1064,83	4360,90
20	5474,56	0,90	1611,62	3862,94	1074,42	4400,15
Σ	102.033,48		30.037,04	71.996,44	20.024,69	82.008,79

13.5 PRIMÄRENERGIEEINSATZ UND CO₂-EMISSIONEN

Tabelle 29 stellt den Primärenergiebedarf und die CO₂-Emissionen der Energieträger Erdwärme, Luftwärme, Gas und Gas mit Solarthermie für ein Gebäude aus jedem Wohngebiet dar.

Der Primärenergiebedarf für Fernwärme wird für alle Gebäude mit 0,0 kWh/a festgesetzt. Die CO₂-Emissionen betragen 1.802 kg/a für die Gebäude 37 bis 39 bzw. 1.825 kg/a für die Gebäude 85 und 86 (vgl. Abb. 18 und 19).

Für das Blockheizkraftwerk mit Holzpellets (Gebäude 88 und 89) beträgt der Primärenergiebedarf 15.935 kWh/a und die CO₂-Emission 1.992 kg/a (vgl. Abb. 18 und 19).

Tabelle 29: Primärenergiebedarf und CO₂-Emissionen

Gebäudeparameter			Erdwärme		Gas		Gas + Solarthermie		Luftwärme	
WA	Heizwärmebedarf in kWh/a	Heizlast in kW	Primärenergiebedarf in kWh/a	CO ₂ -Emission in kg/a	Primärenergiebedarf in kWh/a	CO ₂ -Emission in kg/a	Primärenergiebedarf in kWh/a	CO ₂ -Emission in kg/a	Primärenergiebedarf in kWh/a	CO ₂ -Emission in kg/a
1	10.259	7,39	5.130	1.713	11.285	2.072	8.207	1.595	5.130	1.862
2	10.259	7,39	5.130	1.713	11.285	2.072	8.207	1.595	5.130	1.862
2 a	10.204	7,33	5.102	1.704	11.224	2.061	8.163	1.587	5.102	1.852
3	12.893	8,41	6.446	2.153	14.182	2.604	10.314	2.005	6.446	2.340
4	12.328	8,22	6.164	2.059	13.560	2.490	9.862	1.917	6.164	2.237
4 a	12.116	7,54	6.058	2.023	13.328	2.447	9.693	1.884	6.058	2.199
5 a	58.131	37,37	29.065	9.708	63.944	11.742	46.505	9.039	29.065	10.551
5 b	58.857	37,96	29.428	9.829	64.743	11.889	47.086	9.152	29.428	10.683
5 c	49.797	31,54	24.898	8.316	54.777	10.059	39.838	7.743	24.898	9.038
5 d	39.837	24,87	19.919	6.653	43.821	8.047	31.870	6.195	19.919	7.230
6	12.316	8,22	6.158	2.057	13.547	2.488	9.853	1.915	6.158	2.235
7	13.344	8,64	6.672	2.228	14.679	2.696	10.675	2.075	6.672	2.422

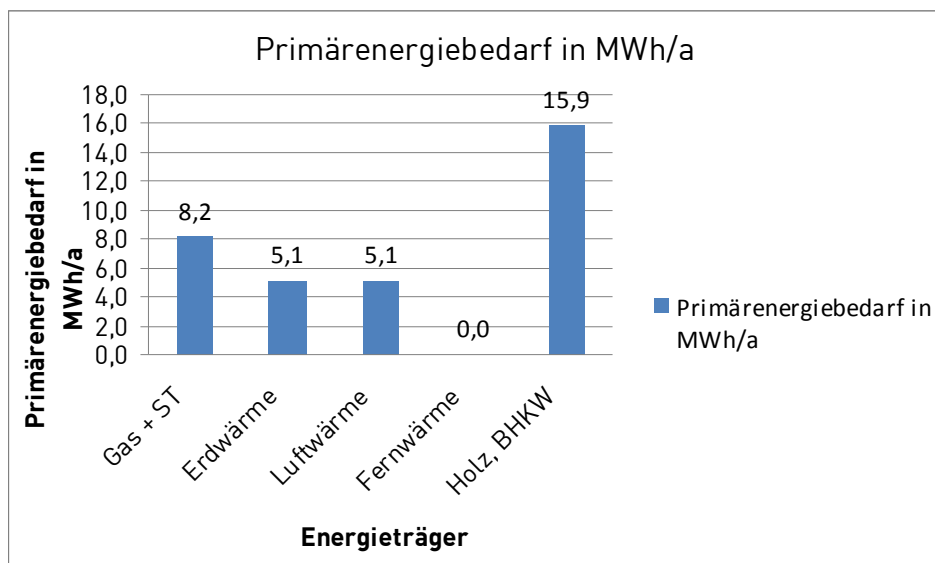


Abbildung 18: Primärenergiebedarf in MWh/a für ein EFH im Wohngebiet 1, bzw. Wohngebiet 5a (Fernwärme) und Wohngebiet 5d (BHKW)

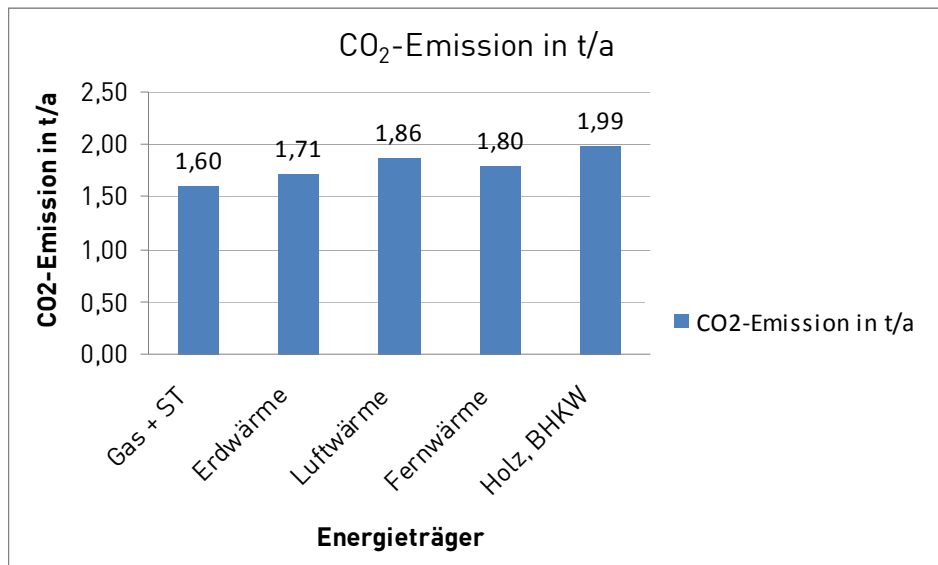


Abbildung 19: CO₂-Emission in t/a für ein EFH im Wohngebiet 1, bzw. Wohngebiet 5a (Fernwärme) und Wohngebiet 5d (BHKW)

14 DIAGRAMME ZUR DARSTELLUNG DER AMORTISATION

Die folgenden Abbildungen zeigen die Amortisationsdauer von Erdwärme gegenüber Gas, Gas mit Solarthermie und Luftwärme jeweils für eine Wärmepumpe von emcal und von Vikersonn. Pro Wohngebiet wird ein Diagramm dargestellt. Bei der Amortisation von Erdwärme gegenüber Gas mit Solarthermie werden jeweils die Werte für die beste Eignungsstufe zugrunde gelegt.

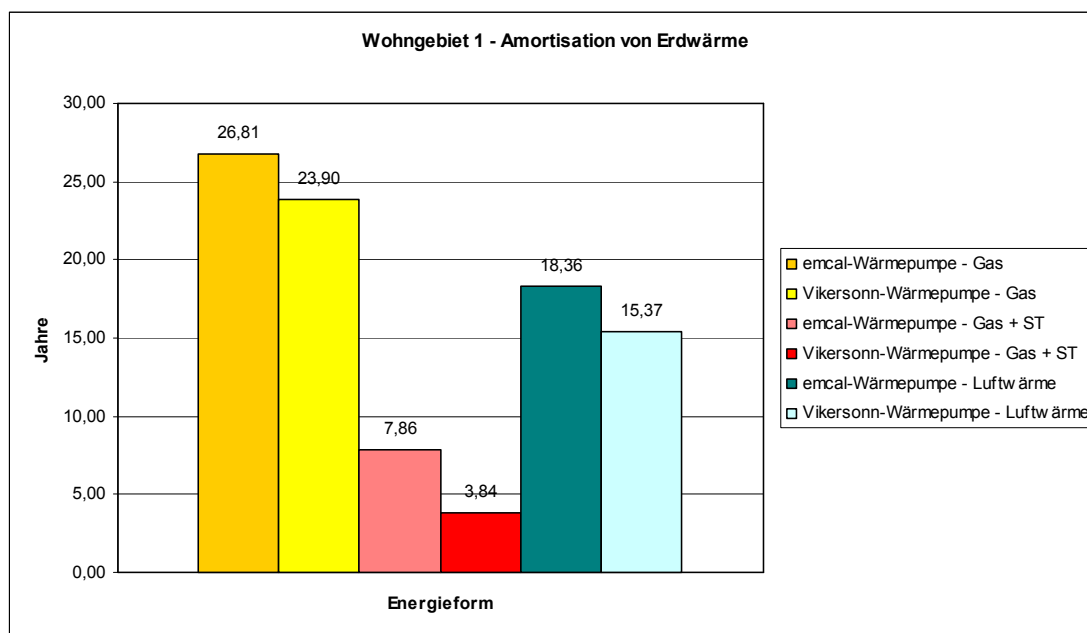


Abbildung 20: Wohngebiet 1 – Amortisation von Erdwärme

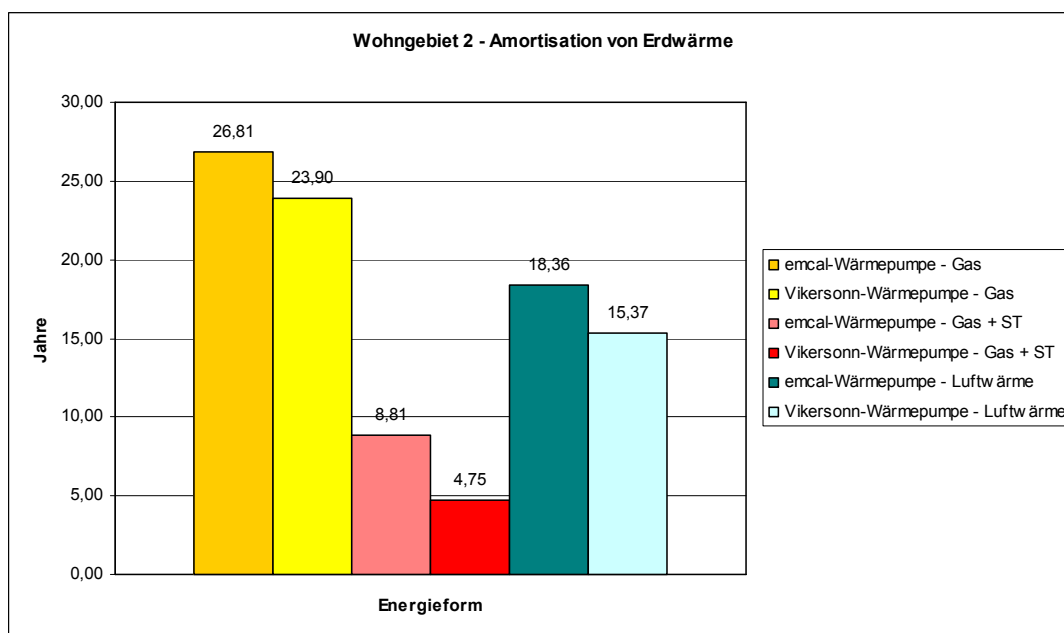


Abbildung 21: Wohngebiet 2 – Amortisation von Erdwärme

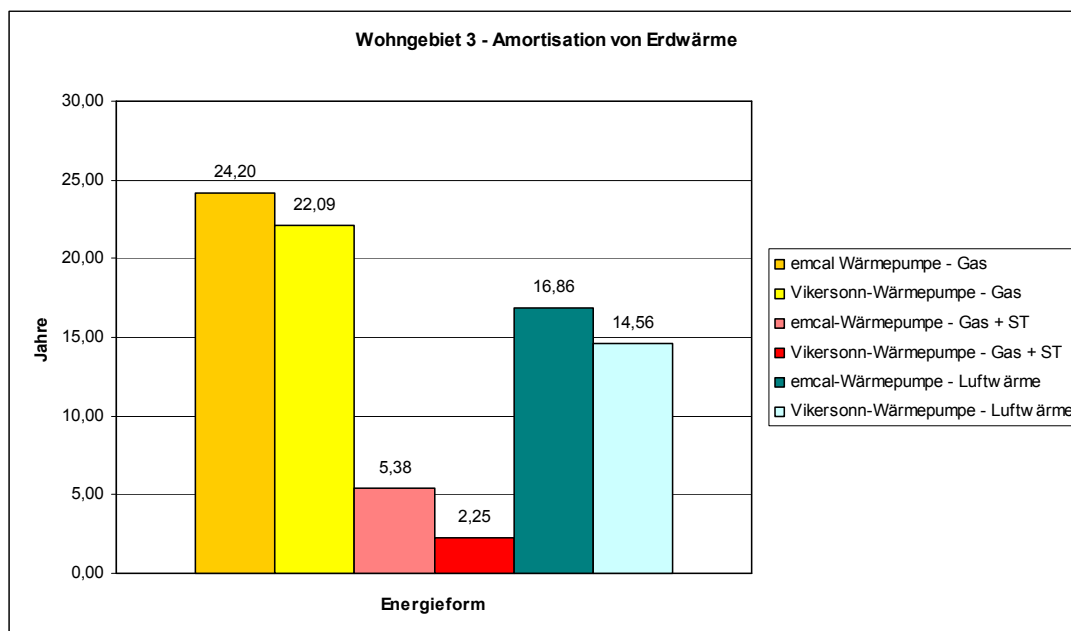


Abbildung 22: Wohngebiet 3 – Amortisation von Erdwärme

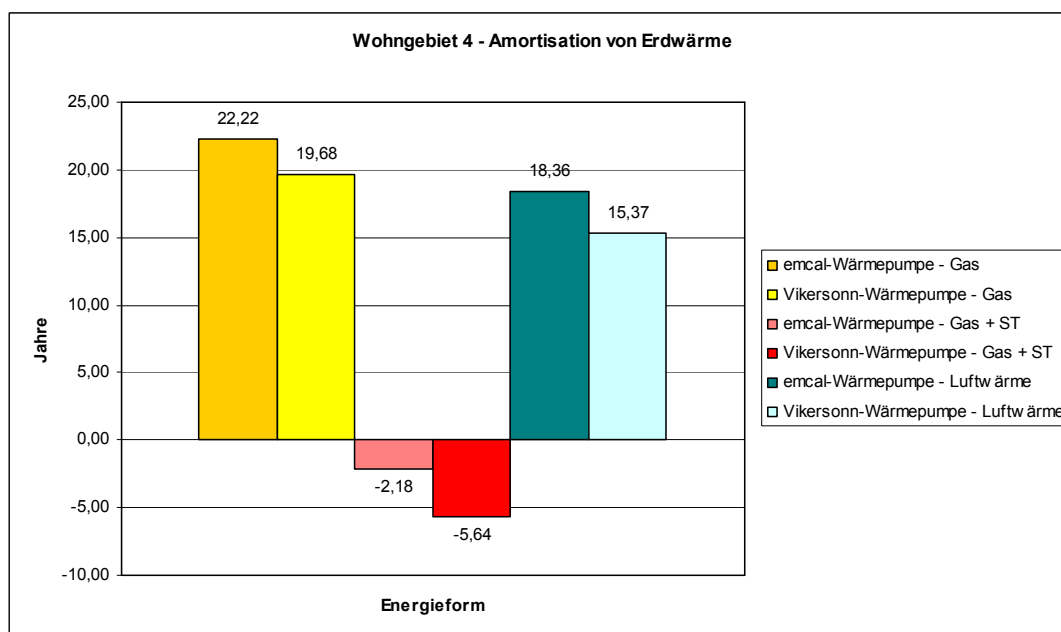


Abbildung 23: Wohngebiet 4 – Amortisation von Erdwärme

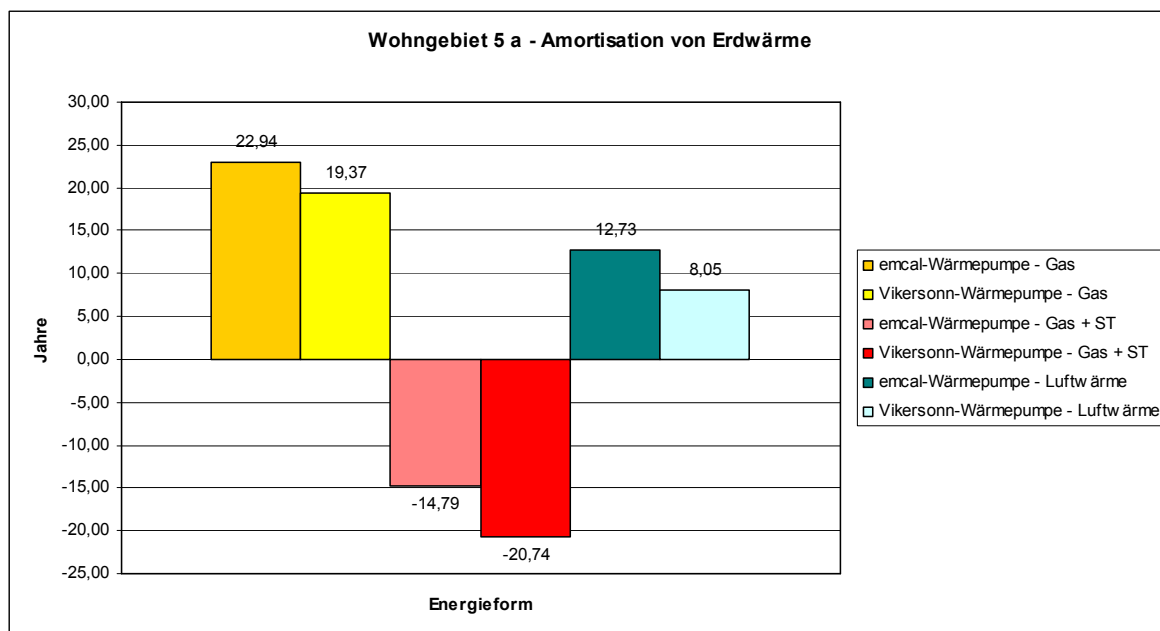


Abbildung 24: Wohngebiet 5a – Amortisation von Erdwärme

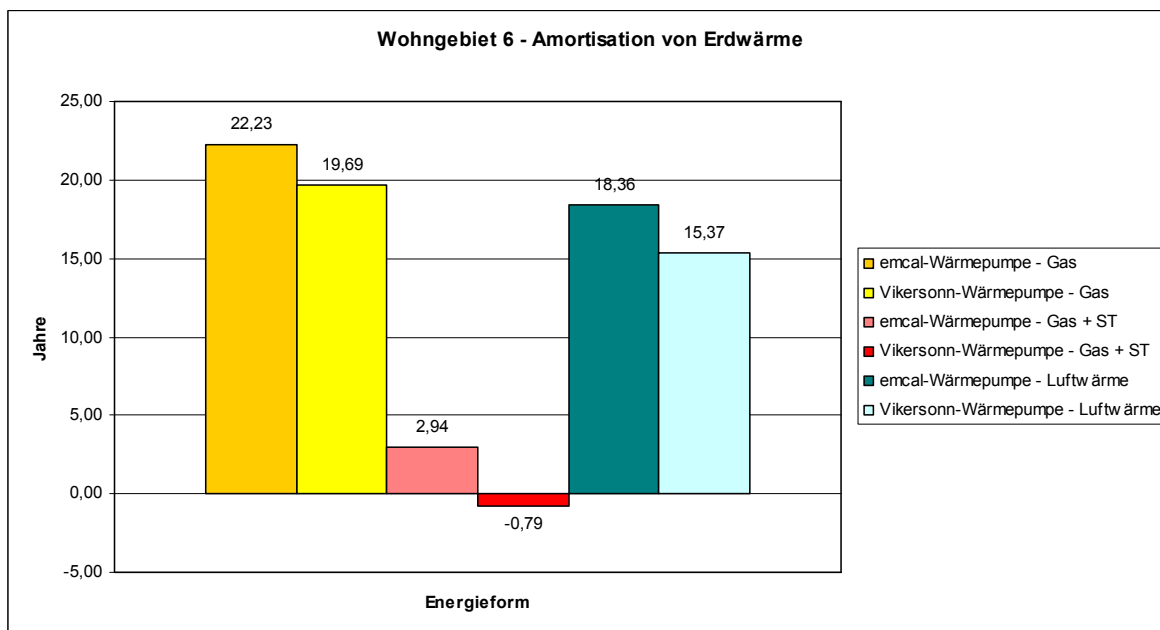


Abbildung 25: Wohngebiet 6 – Amortisation von Erdwärme

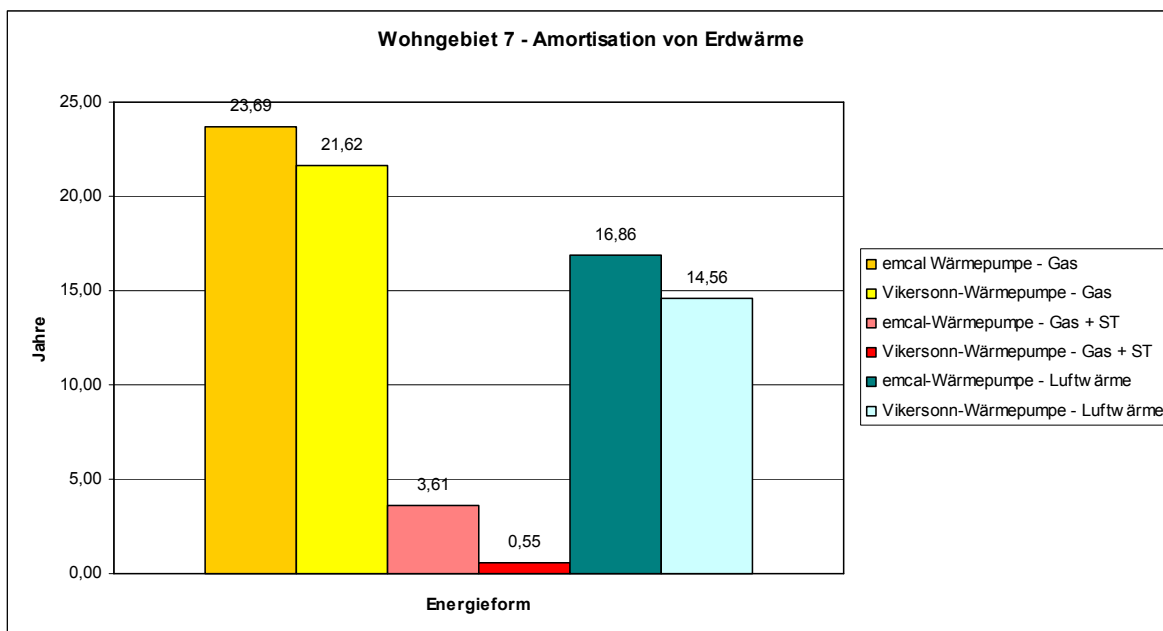


Abbildung 26: Wohngebiet 7 – Amortisation von Erdwärme

15 FAZIT

Solarpotenzialanalysen

Die Stadt Dresden ließ im Rahmen einer B-Plan Aufstellung des Neubaugebiets Dresden-Nickern eine solarenergetische Prüfung und Anpassung umsetzen.

Um eine nachhaltige Stadtentwicklung zu fördern, werden Klimaschutzbelange auch in die städtebauliche Planungspraxis integriert. Das Baugesetzbuch (BauGB) schreibt u. a. eine ausreichende Besonnung und Tageslichtversorgung von Wohn- und Arbeitsräumen, sowie die zeitgemäße Energieeffizienz des Städtebaus und verstärkte Nutzung der erneuerbaren Energien vor. Die Energieeinsparverordnung (EnEV) regelt konkret die energetischen Anforderungen für zu errichtende Wohngebäude. In diesem Zusammenhang führen Kommunen zunehmend solarenergetische Prüfungen im Rahmen von B-Planaufstellungen durch, so auch die Stadt Dresden mit diesem Projekt.

Über ein GIS-basiertes Verfahren zur Berechnung und Optimierung der solaren Nutzung in Neubauvorhaben wurde die aktive solare Nutzung berechnet, bewertet und die Entwurfsplanung dahingehend optimiert. Detaillierte Analysen der solaren Einstrahlung auf Dachflächen und die Berechnung des potenziellen Stromertrags über Photovoltaik-Anlagen bzw. Wärmeertrag durch Solarthermienutzung werden für die als 3D-Modell aufzubauende Planungssituation ermittelt.

Für das Neubaugebiet Dresden-Nickern sind Solarpotenzialberechnungen für Photovoltaik und Solarthermie für unterschiedliche Varianten durchgeführt worden. Das Potenzial bezieht sich dabei auf die berechneten Standortfaktoren (Neigung, Ausrichtung, Dachflächengröße) sowie den Einstrahlungswert. Der B-Plan-Entwurf 35.3 wurde hinsichtlich der solaren Nutzung für Photovoltaik und Solarthermie zur Heizungsunterstützung durch eine entsprechende Anpassung der Dachformen und Dachneigungen optimiert. Es fand eine Eignungsklassifizierung der Dachflächen für die Photovoltaik- bzw. Solarthermienutzung und eine exakte Berechnung des solaren Dachflächenenergiepotenzials für Dresden-Nickern statt.

Insgesamt liegen sehr günstige Voraussetzungen für den Einsatz für die Photovoltaik- und Solarthermienutzung im Neubaugebiet Dresden-Nickern vor.

Für die Solarthermie-Nutzung zur Heizungsunterstützung eignen sich 113 von 271 Dachflächen. Davon weisen 62 Objekte mit einer Modulfläche von 2.997 m² eine „sehr gute“ Eignung auf. Für die solare PV-Nutzung eignen sich 119 Objekte mit insgesamt 6.558 m² Modulfläche, wovon 97 Dachflächen sehr gut geeignet sind. Über PV-Anlagen mit 15% Wirkungsgrad könnte auf allen geeigneten Dachflächen 843 MWh/a PV-Strom erzeugt und 361 t CO₂ eingespart werden. Durch die solarenergetische Prüfung konnten unter Berücksichtigung stadtplanerischer Gegebenheiten die Gebäudedachflächen optimal für die solare Nutzung angepasst werden.

Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Neben der solarenergetischen Prüfung der aktiven solaren Nutzung wurden zur Strom- und Wärmeversorgung der Gebäude im Neubaugebiet Wirtschaftlichkeitsberechnungen für unterschiedliche Energieträger vorgenommen. Unter Beachtung des prognostizierten Jahresheizwärmebedarfs und der Heizlast pro Gebäude sind die Wärmeenergiesysteme Geothermie, Luftwärme, Gas und Gas mit Solarthermie miteinander verglichen worden. Zudem wurden für ausgewählte Gebäude Berechnungen zur Fernwärmeversorgung und für den Einsatz eines Blockheizkraftwerks mit Holzpellets umgesetzt. Des Weiteren sind Stromkosten unter Berücksichtigung verschiedener Eigenverbrauchsanteile von PV-Strom im Haushalt berechnet worden.

In Deutschland ist die Wärmeversorgung von Wohngebäuden über dezentrale Gaskessel Standard. Gemäß EEWärmeG ist der Wärmebedarf von Neubauten durch anteilige Nutzung erneuerbarer Energien zu decken. Ein alleiniger Einsatz von Gaskesseln in Neubauten ist daher nicht mehr zulässig. In Zukunft wird daher eine Zunahme erneuerbarer Energieträger gegenüber fossilen Brennstoffen zu verzeichnen sein.

Die Wärmeversorgung über Erdwärme stellt die Basisvariante dar, mit der die anderen Energieformen bezüglich ihrer Wirtschaftlichkeit verglichen werden. Die geringste Amortisationsdauer weist Erdwärme gegenüber der Kombination von Gas und Solarthermie auf. Insbesondere bei ungünstigeren solarthermischen Eignungsstufen und bei höheren Heizwärmebedarfen amortisiert sich Erdwärme gegenüber Gas und Solarthermie bereits ab dem ersten Tag.

Gegenüber einer Luftwärmepumpe liegen die Amortisationszeiten von Erdwärme in den meisten Fällen unter 20 Jahren. Die aufgrund der Bohrungen höheren Investitionskosten einer Erdwärmepumpe relativieren sich durch die hohen Betriebskosten einer Luftwärmepumpe, welche besonders im Winter einen hohen Stromverbrauch aufweist, so dass der Betrieb einer Erdwärmepumpe gegenüber einer Luftwärmepumpe in vielen Fällen wirtschaftlicher ist.

Die Nutzung von Erdwärme gegenüber Fernwärme erweist sich für die ausgewählten Gebäude 37-39 und 85-86 nach durchschnittlich 8,5 Jahren als wirtschaftlich, so dass diese Energieform vorzuziehen ist.

Aufgrund der hohen Investitionskosten für ein Blockheizkraftwerk mit Pellet-Bestückung ist ein wirtschaftlicher Betrieb für die Gebäude 88 und 89 mit dieser Energieform nicht möglich. Hier empfiehlt sich der Einsatz einer Erd- oder Luftwärmepumpe.

Außerdem wurden die Primärenergiebedarfe und CO₂-Emissionen der unterschiedlichen Energieformen ermittelt. Neben Fernwärme mit 0,0 kWh/a weisen Erd- und Luftwärmepumpen den geringsten Primärenergiebedarf auf. Die geringsten CO₂-Emissionen verursachen Gaskessel in Kombination mit Solarthermieanlagen mit durchschnittlich etwa 1.800 kg/a für Einfamilienhäuser.

16 SACHDATENINFORMATIONEN

Folgende Daten werden für Dresden-Nickern abgegeben:

- 4 Excel-Dateien (Sachdaten)
- 4 Shape-Dateien (Geodaten)

Dateibezeichnungen:

- PhotoVoltaik_Variante1_NIC20130618.xls /.shp
- SolarThermie_Variante1_NIC20130618.xls /.shp
- PhotoVoltaik_Variante2_NIC20130618.xls /.shp
- SolarThermie_Variante2_NIC20130618.xls /.shp

Bei den ESRI Shape-Dateien handelt es sich um ein häufig verwendetes Austauschformat für Geodaten. Diese werden eingebunden in die IT-Toolbox des EU-Projektes „Cities on Power“. Ein Beispiel für die Funktionsweise der IT-Toolbox findet sich unter: http://87.106.76.186/ubisolis_kuc/.

Photovoltaik

Tabelle 30: Inhalte der Datei „PhotoVoltaik_Variante%_NIC20130618.xls /.shp“

Feldbezeichnung	Datentyp	Beschreibung
GebID	Short Integer	ID des Gebäudes
WA	Text	Wohngebietszugehörigkeit (Angabe aus dem Bebauungsplan)
GebArt	Text	Nutzungsart des Gebäudes
DachArt	Text	Ausformung des Daches
Traufhoehe	Float	Höhe der Traufe in m
Dachhoehe	Float	Höhe des Daches von der Traufe bis zum First in m
Richtung	Short Integer	Absoluter Ausrichtungswert in °. -1°= Flachdach, 180°= Süd, 270° = West etc.
Neigung	Short Integer	Absoluter Neigungswert in °
DachTyp	Text	Unterschieden zwischen „flach“ und „geneigt“
ModArea	Long Integer	Für die Solarnutzung geeignete Flächengröße, mögliche Modulfläche in m².
radAbs	Short Integer	Mittlere solare Einstrahlungsenergie kWh/a auf geeignete Dachfläche. Geringe Abschattung auf die Fläche wird mit eingerechnet.
gRadPrz	Short Integer	Mittlerer prozentualer Anteil der Einstrahlungsenergie auf die Fläche der maximal im Betrachtungsraum möglichen Einstrahlungsenergie. Geringe Abschattung auf die Fläche wird mit eingerechnet.

EigngPV _i	Short Integer	Eignung der Fläche numerisch beschrieben 1= „Sehr gut“ 2 = „Gut“ 3 = „Bedingt“
EigngPV	Text	Eignung der Fläche verbal beschrieben 95 – 100 % der maximal im Untersuchungsgebiet nutzbaren Einstrahlungsenergie = „Sehr gut“ 80 – 95 %: „Gut“ 75 – 80 %: „Bedingt“
str_09	Long Integer	Möglicher Stromertrag in kWh/a für jede geeignete Fläche bei einem Wirkungsgrad der PV-Module von 9%.
CO ₂ _09	Long Integer	CO ₂ -Einsparung pro Dachfläche bei 0, 607 kg/kWh (anzunehmender Wirkungsgrad des Moduls 9%).
str_12	Long Integer	Möglicher Stromertrag in kWh/a für jede geeignete Fläche bei einem Wirkungsgrad der PV-Module von 12%.
CO ₂ _12	Long Integer	CO ₂ -Einsparung pro Dachfläche bei 0, 553 kg/kWh (anzunehmender Wirkungsgrad des Moduls 12%).
str_15	Long Integer	Möglicher Stromertrag in kWh/a für jede geeignete Fläche bei einem Wirkungsgrad der PV-Module von 15%.
CO ₂ _15	Long Integer	CO ₂ -Einsparung pro Dachfläche bei 0, 523 kg/kWh (anzunehmender Wirkungsgrad des Moduls 15 %).
kW	Float	Mögliche zu installierende kWp-Leistung (1 kWp = 7 m ²).
kWh_kWp	Float	Stromertrag pro kWp bei 15% Wirkungsgrad.
InvestPV	Float	Investitionsvolumen (1 kWp = 1.600 €).

Solarthermie

Tabelle 31: Inhalte der Datei „SolarThermie_Variante%_NIC20130618.xls /.shp“

Feldbezeichnung	Datentyp	Beschreibung
GebID	Text	ID des Gebäudes
WA	Text	Wohngebietszugehörigkeit (Angabe aus dem Bebauungsplan)
GebArt	Text	Nutzungsart des Gebäudes
DachArt	Text	Ausformung des Daches
Traufhöhe	Float	Höhe der Traufe in m
Dachhöhe	Float	Höhe des Daches von der Traufe bis zum First in m
Richtung	Short Integer	Absoluter Ausrichtungswert in °. -1°= Flachdach, 180°= Süd, 270° = West etc.
Neigung	Short Integer	Absoluter Neigungswert in °
DachTyp	Text	Unterschieden zwischen „flach“ und „geneigt“
ModArea	Long Integer	Für die Solarnutzung geeignete Flächengröße, mögliche Modulfläche in m ² .
radAbs	Short Integer	Mittlere solare Einstrahlungsenergie kWh/a auf geeignete Dachfläche. Geringe Abschattung auf die Fläche wird mit

		eingerechnet.
gRadPrz	Short Integer	Mittlerer prozentualer Anteil der Einstrahlungsenergie auf die Fläche der maximal im Betrachtungsraum möglichen Einstrahlungsenergie. Geringe Abschattung auf die Fläche wird mit eingerechnet.
EigngTHi	Short Integer	Eignung der Fläche numerisch beschrieben 1= „Sehr gut“ 2 = „Gut“
EigngTH	Text	Eignung der Fläche verbal beschrieben 85 – 100 % der maximal im Untersuchungsgebiet nutzbaren Einstrahlungsenergie = „Sehr gut“ 70 – 85 % „Gut“
pow_TH	Long Integer	Potenzielle Wärmemenge pro m ² einer Thermie-Flachkollektoranlage (anzunehmender Wirkungsgrad des Moduls 40%).
CO2_TH	Long Integer	CO ₂ -Einsparung pro m ² bei 0,155 kg/kWh (anzunehmender Wirkungsgrad des Moduls 40%).

Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Zur Wirtschaftlichkeitsberechnung für Dresden-Nickern werden folgende Daten abgegeben:

- 1 Raster-Datei: „geotherm_Entz100.tif“ (Angaben in W/m)
- 1 Shape-Datei: „geothermalEntz100_Flur.shp“ (Angaben in W/m)
- 1 Excel-Datei: „Ergebnisse_ Wirtschaftlichkeit_NIC20130826.xls“
- 1 PDF-Dokument: „Ergebnis_Erdwaerme_NIC20130826_DINA3.pdf“

Datenstruktur der Ergebnisdaten

Tabelle 32: Inhalte der Tabelle „Wirtschaftlichkeitsberechnung Erdwärme für Dresden-Nickern“

Spaltenbezeichnung	Beschreibung
Wohngebiet	Wohngebietszugehörigkeit
Eignung ST	Eignung des Gebäudes für Solarthermie zur Heizungsunterstützung numerisch beschrieben: 1 = sehr gut, 2 = gut, 3 = bedingt, 0= ungeeignet
Gebäude-ID	ID des Gebäudes
Heizwärmebedarf in kWh/a	Heizwärmebedarf des Gebäude in kWh pro Jahr
Heizlast in kW	Heizlast des Gebäudes in kW
Investitionskosten Erdwärme emcal	Kostenschätzung für Erdwärmepumpe von emcal und Bohrkosten
Investitionskosten Erdwärme vikersonn	Kostenschätzung für Erdwärmepumpe von vikersonn und Bohrkosten
Betriebskosten Erdwärme (EnEV Easy)	Heizkosten für Erdwärme angelehnt an die EnEV Easy Methode
Betriebskosten Erdwärme (1800 h)	Heizkosten für Erdwärme (1800 Betriebsstunden)

Betriebskosten Erdwärme (2400 h)	Heizkosten für Erdwärme (2400 Betriebsstunden)
Primärenergiebedarf in kWh/a	Primärenergiebedarf Erdwärmepumpe in kWh/a
CO ₂ -Emission in kg/a	CO ₂ -Emission Erdwärmepumpe in kg/a
CO ₂ -Einsparung gegenüber Gas in kg/a	CO ₂ -Einsparung Erdwärme gegenüber Gas in kg/a
Investitionskosten Gas	Kostenschätzung für Gaskessel mit Anschlusskosten
Betriebskosten Gas (EnEV Easy)	Heiz- und Wartungskosten für Gas angelehnt an die EnEV Easy Methode
Primärenergiebedarf in kWh/a	Primärenergiebedarf Gas in kWh/a
CO ₂ -Emission in kg/a	CO ₂ -Emission Gas in kg/a
Investitionskosten Gas + ST	Kostenschätzung für Gaskessel und Flachkollektor mit Anschlusskosten
Betriebskosten Gas + ST (EnEV Easy)	Heiz- und Wartungskosten für Gas und Solarthermie (Flachkollektor, Deckungsgrad 30%) angelehnt an die EnEV Easy Methode
Primärenergiebedarf in kWh/a	Primärenergiebedarf Gas + ST in kWh/a
CO ₂ -Emission in kg/a	CO ₂ -Emission Gas + ST in kg/a
CO ₂ -Einsparung gegenüber Gas in kg/a	CO ₂ -Einsparung Gas + ST gegenüber Gas in kg/a
Investitionskosten Luftwärme	Kostenschätzung für Luftwärmepumpe mit Anschlusskosten
Betriebskosten Luftwärme (EnEV Easy)	Heiz- und Wartungskosten für Luftwärmepumpe angelehnt an die EnEV Easy Methode
Primärenergiebedarf in kWh/a	Primärenergiebedarf Luftwärmepumpe in kWh/a
CO ₂ -Emission in kg/a	CO ₂ -Emission Luftwärmepumpe in kg/a
CO ₂ -Einsparung gegenüber Gas in kg/a	CO ₂ -Einsparung Luftwärme gegenüber Gas in kg/a
Einsparung gegenüber Gas (EnEV Easy)	Einsparung Betriebskosten in € nach berechnetem Wärmebedarf (EnEV Easy), Erdwärme gegenüber Gas
Einsparung gegenüber Gas (1800 h)	Einsparung Betriebskosten in € nach berechnetem Wärmebedarf (1800 Betriebsstunden), Erdwärme gegenüber Gas
Einsparung gegenüber Gas (2400 h)	Einsparung Betriebskosten in € nach berechnetem Wärmebedarf (2400 Betriebsstunden), Erdwärme gegenüber Gas
Amortisation gegenüber Gas (EnEV Easy) emcal	Amortisationsdauer in Jahren, Erdwärme gegenüber Gas (Wärmepumpe emcal und EnEV Easy Bedarf)
Amortisation gegenüber Gas (EnEV Easy) vikersonn	Amortisationsdauer in Jahren, Erdwärme gegenüber Gas (Wärmepumpe vikersonn und EnEV Easy Bedarf)
Amortisation gegenüber Gas (1800 h) emcal	Amortisationsdauer in Jahren, Erdwärme gegenüber Gas (Wärmepumpe emcal und 1800 Betriebsstunden)
Amortisation gegenüber Gas (1800 h) vikersonn	Amortisationsdauer in Jahren, Erdwärme gegenüber Gas (Wärmepumpe vikersonn und 1800 Betriebsstunden)
Amortisation gegenüber Gas (2400 h) emcal	Amortisationsdauer in Jahren, Erdwärme gegenüber Gas (Wärmepumpe emcal und 2400 Betriebsstunden)
Amortisation gegenüber Gas (2400 h) vikersonn	Amortisationsdauer in Jahren, Erdwärme gegenüber Gas (Wärmepumpe vikersonn und 2400 Betriebsstunden)

	Betriebsstunden]
Einsparung gegenüber Gas + ST (EnEV Easy)	Einsparung Betriebskosten in € nach berechnetem Wärmebedarf (EnEV Easy), Erdwärme gegenüber Gas und Solarthermie (Flachkollektor, Deckungsgrad 30%)
Amortisation gegenüber Gas + ST (EnEV Easy) emcal	Amortisationsdauer in Jahren, Erdwärme gegenüber Gas und Solarthermie (Flachkollektor, Deckungsgrad 30%) (Wärmepumpe emcal und EnEV Easy Bedarf)
Amortisation gegenüber Gas + ST (EnEV Easy) vikersonn	Amortisationsdauer in Jahren, Erdwärme gegenüber Gas und Solarthermie (Flachkollektor, Deckungsgrad 30%) (Wärmepumpe vikersonn und EnEV Easy Bedarf)
Einsparung gegenüber Luftwärme (EnEV Easy)	Einsparung Betriebskosten in € nach berechnetem Wärmebedarf (EnEV Easy), Erdwärme gegenüber Luftwärme
Amortisation gegenüber Luftwärme (EnEV Easy) emcal	Amortisationsdauer in Jahren, Erdwärme gegenüber Luftwärme (Wärmepumpe emcal und EnEV Easy Bedarf)
Amortisation gegenüber Luftwärme (EnEV Easy) vikersonn	Amortisationsdauer in Jahren, Erdwärme gegenüber Luftwärme (Wärmepumpe vikersonn und EnEV Easy Bedarf)

Tabelle 33: Inhalte der Tabelle „Fernwärmerechnung für Dresden-Nickern“

Spaltenbezeichnung	Beschreibung
Gebäude-ID	ID des Gebäudes
Jahresheizwärmebedarf in kWh/a	Heizwärmebedarf des Gebäude in kWh pro Jahr
Heizlast in kW	Heizlast des Gebäudes in kW
Anschlusskosten	Anschlusskosten in €
Jahresgrundpreis	Jahresgrundpreis (Leistungspreis) in € in Abhängigkeit von der Anbindung (Primär- u. Sekundärnetz)
Messpreis pro Jahr	Messpreis in €/a in Abhängigkeit von der Art und der Größe der Messeinrichtung
Heizkosten pro Jahr	Heizkosten für Fernwärme in €/a
Gesamtbetriebskosten pro Jahr	Summe der Betriebskosten für Fernwärme in €/a
Primärenergiebedarf in kWh/a	Primärenergiebedarf Fernwärme in kWh/a
CO ₂ -Emission in kg/a	CO ₂ -Emission Fernwärme in kg/a
Investitionskosten Wärmepumpe emcal	Kostenschätzung für Erdwärmepumpe von emcal und Bohrkosten
Investitionskosten Wärmepumpe vikersonn	Kostenschätzung für Erdwärmepumpe von vikersonn und Bohrkosten
Betriebskosten pro Jahr	Betriebskosten für Erdwärme in €/a
Primärenergiebedarf in kWh/a	Primärenergiebedarf Erdwärmepumpe in kWh/a
CO ₂ -Emission in kg/a	CO ₂ -Emission Erdwärmepumpe in kg/a
Einsparung (EnEV Easy) pro Jahr	Einsparung Heizkosten in €/a nach berechnetem Wärmebedarf (EnEV Easy), Erdwärme gegenüber

	Fernwärme
Amortisationsdauer in Jahren (EnEV Easy) emcal	Amortisationsdauer in Jahren, Erdwärme gegenüber Fernwärme (Wärmepumpe emcal und EnEV Easy Bedarf)
Amortisationsdauer in Jahren (EnEV Easy) vikersonn	Amortisationsdauer in Jahren, Erdwärme gegenüber Fernwärme (Wärmepumpe vikersonn und EnEV Easy Bedarf)

Anhang I: Ergebnisübersicht Solarpotenzialanalysen



Dresden-Nickern - Eignung für Solarthermie zur Heizungsunterstützung

Eignung Solarthermie

-  sehr gut
-  gut
-  bedingt
-  ungeeignet
-  Baumstandorte
-  Baumanpflanzung
-  Kronendurchmesser
-  Grundstücke
- 24 Gebäude-ID



0 25 50 100 150 Meter



Dresden-Nickern - Eignung für Photovoltaik Ganzjahresbetrachtung

Eignung Photovoltaik

- sehr gut
- gut
- bedingt
- ungeeignet
- Baumstandorte
- Baumanpflanzung
- Kronendurchmesser
- Grundstücke
- 24 Gebäude-ID



Aktives Solarpotenzial für Dresden-Nickern

Gebäudeparameter								Photovoltaik-Potenzial									Thermie-Potenzial					
Gebäude-ID	Wohn- gebiet	Gebäude- art	Dachform	Traufhö- e in m	Dachhöhe in m	Dachaus- richtung in °	Dach- neigung in °	Jahres- summe der Global- strahlung in kWh/m²	Prz-Anteil Jahres- summe der Global- strahlung	geeignete Modul- fläche PV in m²	Eignung PV	potenzieller Stromertrag 15% Wirkungs- grad PV in kWh/a	CO2- Einsparun- g für 15% Wirkungs- grad PV in kg	potenzielle KW- Leistung PV	spezifischer Stromertrag PV in kWh°a/kWP	Investitions- volumen PV in €	Summe der Global- strahlung in der Heizperiode in kWh/m²	Prz-Anteil Summe der Global- strahlung in der Heizperiode	geeignete Dachfläche für Thermie in m²	Eignung Thermie Heizungs- unter- stützung	potenzielle Wärme- menge Thermie pro m² in kWh/Heiz- periode*m²	CO2- Einspar- summe Thermie in kg/Heiz- periode
1	1	Wohnhaus	Satteldach	4,5	4,5	211	45	1125	94	72	gut	9054	3875	10,22	886	16351	437	91	72	gut	175	27
2	1	Wohnhaus	Satteldach	4,5	4,5	211	45	1104	93	70	gut	8687	3718	9,99	869	15987	416	86	70	gut	166	26
3	1	Wohnhaus	Satteldach	4,5	4,5	211	45	1090	92	68	gut	8327	3564	9,7	858	15521	404	84	68	gut	162	25
4	1	Wohnhaus	Satteldach	4,5	4,5	211	45	1114	94	71	gut	8907	3812	10,15	877	16245	434	90	71	gut	174	27
5	1	Wohnhaus	Satteldach	4,5	4,5	211	45	1133	95	72	sehr gut	9186	3932	10,29	892	16472	446	93	72	gut	178	28
6	3	Wohnhaus	Satteldach	6	2,81	194	32	1185	99	59	sehr gut	7913	3387	8,48	933	13567	464	96	59	sehr gut	186	29
7	3	Wohnhaus	Satteldach	6	2,81	195	32	1183	99	60	sehr gut	7951	3403	8,54	932	13656	463	96	60	sehr gut	185	29
8	3	Wohnhaus	Satteldach	6	2,81	196	32	1182	99	59	sehr gut	7908	3385	8,5	931	13593	461	96	59	sehr gut	184	29
9	3	Wohnhaus	Satteldach	6	2,81	197	32	1181	99	60	sehr gut	7972	3412	8,57	930	13716	461	96	60	sehr gut	184	29
10	3	Wohnhaus	Satteldach	6	2,81	198	32	1178	99	60	sehr gut	7893	3378	8,51	928	13614	458	95	60	sehr gut	183	28
11	3	Wohnhaus	Satteldach	6	2,81	200	32	1177	99	60	sehr gut	7879	3372	8,5	927	13602	458	95	60	sehr gut	183	28
12	3	Wohnhaus	Satteldach	6	2,81	201	32	1174	99	59	sehr gut	7815	3345	8,45	925	13524	455	94	59	gut	182	28
13	3	Wohnhaus	Satteldach	6	2,81	194	32	1185	99	60	sehr gut	7934	3396	8,5	933	13603	464	96	60	sehr gut	186	29
14	2	Wohnhaus	Satteldach	4,5	2,66	285	32	935	79	52	bedingt	5479	2345	7,44	736	11905	311	65	52	ungeeignet	124	19
14	2	Wohnhaus	Satteldach	4,5	2,66	105	32	1045	88	59	gut	6903	2954	8,39	823	13421	374	78	59	bedingt	150	23
15	2	Wohnhaus	Satteldach	4,5	4,5	197	45	1166	98	71	sehr gut	9349	4001	10,18	918	16291	471	98	71	sehr gut	188	29
16	2	Wohnhaus	Satteldach	4,5	2,66	288	32	921	77	51	bedingt	5318	2276	7,33	725	11733	303	63	51	ungeeignet	121	19
16	2	Wohnhaus	Satteldach	4,5	2,66	108	32	1053	88	59	gut	7029	3008	8,48	829	13562	377	78	59	bedingt	151	23
17	2	Wohnhaus	Satteldach	4,5	4,5	199	45	1160	97	71	sehr gut	9318	3988	10,2	913	16321	466	97	71	sehr gut	186	29
18	3	Wohnhaus	Satteldach	6	2,81	201	32	1169	98	59	sehr gut	7801	3339	8,47	921	13558	450	93	59	gut	180	28
19	3	Wohnhaus	Satteldach	6	2,81	194	32	1184	99	59	sehr gut	7853	3361	8,42	932	13475	463	96	59	sehr gut	185	29
20	2	Wohnhaus	Satteldach	4,5	4,5	195	45	1160	97	71	sehr gut	9289	3976	10,17	913	16270	465	96	71	sehr gut	186	29
21	2	Wohnhaus	Satteldach	4,5	4,5	197	45	1151	97	71	sehr gut	9231	3951	10,18	906	16295	457	95	71	sehr gut	183	28
22	2	Wohnhaus	Satteldach	4,5	4,5	198	45	1148	96	71	sehr gut	9112	3900	10,08	904	16127	454	94	71	gut	182	28
23	2	Wohnhaus	Satteldach	4,5	4,5	199	45	1145	96	71	sehr gut	9171	3925	10,17	902	16273	450	93	71	gut	180	28
24	3	Wohnhaus	Satteldach	6	2,81	201	32	1163	98	59	sehr gut	7783	3331	8,5	916	13597	444	92	59	gut	178	28
25	3	Wohnhaus	Satteldach	6	2,81	194	32	1145	96	55	sehr gut	7029	3008	7,8	902	12472	424	88	55	gut	170	26
26	2	Wohnhaus	Satteldach	4,5	4,5	195	45	1100	92	62	gut	7671	3283	8,86	866	14169	406	84	62	gut	162	25
27	2	Wohnhaus	Satteldach	4,5	4,5	197	45	1006	84	56	gut	6335	2711	8	792	12795	328	68	56	ungeeignet	131	20
28	2	Wohnhaus	Satteldach	4,5	4,5	198	45	1036	87	57	gut	6685	2861	8,19	816	13109	349	72	57	ungeeignet	140	22
29	2	Wohnhaus	Satteldach	4,5	4,5	199	45	1010	85	56	gut	6413	2745	8,06	795	12901	334	69	56	ungeeignet	134	21
30	3	Wohnhaus	Satteldach	6	2,81	201	32	1102	93	48	gut	5990	2564	6,9	868	11044	392	81	48	gut	157	24
31	3	Wohnhaus	Satteldach	6	2,81	194	32	1164	98	57	sehr gut	7420	3176	8,09	917	12951	443	92	57	gut	177	27
32	4	Wohnhaus	Satteldach	6	2,39	195	28	1131	95	54	sehr gut	6915	2960	7,76	891	12423	407	84	54	gut	163	25
33	4	Wohnhaus	Satteldach	6	2,39	197	28	1127	95	54	sehr gut	6823	2920	7,69	888	12300	403	84	54	gut	161	25
34	4	Wohnhaus	Satteldach	6	2,39	198	28	1136	95	52	sehr gut	6670	2855	7,46	895	11930	413	86	52	gut	165	26
35	4	Wohnhaus	Satteldach	6	2,39	199	28	1122	94	53	gut	6707	2871	7,59	884	12145	401	83	53	gut	160	25
36	3	Wohnhaus	Satteldach	6	2,81	201	32	1054	88	46	gut	5449	2332	6,56	830	10504	357	74	46	ungeeignet	143	22
371	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	32	sehr gut	4245	1817	4,53	938	7242	482	100	32	sehr gut	193	30
372	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	34	sehr gut	4503	1927	4,8	938	7682	482	100	34	sehr gut	193	30
373	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	37	sehr gut	4913	2103	5,24	938	8382	482	100	37	sehr gut	193	30
374	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	36	sehr gut	4886	2091	5,21	938	8335	482	100	36	sehr gut	193	30
375	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	32	sehr gut	4301	1841	4,59	938	7338	482	100	32	sehr gut	193	30
381	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	31	sehr gut	4150	1776	4,43	938	7080	482	100	31	sehr gut	193	30
382	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	33	sehr gut	4456	1907	4,75	938	7601	482	100	33	sehr gut	193	30
383	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	36	sehr gut	4881	2089	5,2	938	8327	482	100	36	sehr gut	193	30
384	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	37	sehr gut	4911	2102	5,24	938	8378	482	100	37	sehr gut	193	30
385	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	32	sehr gut	4279	1831	4,56	938	7299	482	100	32	sehr gut	193	30
391	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	31	sehr gut	4200	1798	4,48	938	7165	482	100	31	sehr gut	193	30
392	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	37	sehr gut	4902	2098	5,23	938	8363	482	100	37	sehr gut	193	30
393	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	37	sehr gut	4924	2107	5,25	938	8400	482	100	37	sehr gut	193	30
394	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	33	sehr gut	4480	1917	4,78	938	7643	482	100	33	sehr gut	193	30
395	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	32	sehr gut	4342	1858	4,63	938	7407	482	100	32	sehr gut	193	30

Aktives Solarpotenzial für Dresden-Nickern

Gebäudeparameter								Photovoltaik-Potenzial									Thermie-Potenzial						
Gebäude-ID	Wohn- gebiet	Gebäude- art	Dachform	Traufhö- e in m	Dachhöhe in m	Dachaus- richtung in °	Dach- neigung in °	Jahres- summe der Global- strahlung in kWh/m²	Prz-Anteil Jahres- summe der Global- strahlung	geeignete Modul- fläche PV in m²	Eignung PV	potenzieller Stromertrag 15% Wirkungs- grad PV in kWh/a	CO2- Einsparun- g für 15% Wirkungs- grad PV in kg	potenzielle KW- Leistung PV	spezifischer Stromertrag PV in kWh°a/kWP	Investitions- volumen PV in €	Summe der Global- strahlung in der Heizperiode in kWh/m²	Prz-Anteil Summe der Global- strahlung in der Heizperiode	geeignete Dachfläche für Thermie in m²	Eignung Thermie Heizungs- unter- stützung	potenzielle Wärme- menge Thermie pro m² in kWh/Heiz- periode*m²	CO2- Einspar- summe Thermie in kg/Heiz- periode	
40	1	Wohnhaus	Satteldach	4,5	4,5	211	45	1142	96	72	sehr gut	9252	3960	10,29	899	16460	453	94	72	gut	181	28	
41	1	Wohnhaus	Satteldach	4,5	4,5	211	45	1145	96	72	sehr gut	9261	3964	10,27	902	16433	457	95	72	sehr gut	183	28	
42	1	Wohnhaus	Satteldach	4,5	4,5	211	45	1145	96	72	sehr gut	9264	3965	10,27	902	16439	456	95	72	sehr gut	182	28	
43	1	Wohnhaus	Satteldach	4,5	4,5	211	45	1141	96	72	sehr gut	9264	3965	10,31	899	16496	453	94	72	gut	181	28	
44	1	Wohnhaus	Satteldach	4,5	4,5	211	45	1136	95	71	sehr gut	9017	3859	10,08	895	16127	449	93	71	gut	180	28	
45	3	Wohnhaus	Satteldach	6	2,81	203	32	1151	97	59	sehr gut	7702	3296	8,5	906	13596	445	92	59	gut	178	28	
46	2	Wohnhaus	Satteldach	4,5	4,5	204	45	1144	96	72	sehr gut	9289	3976	10,31	901	16497	452	94	72	gut	181	28	
47	2	Wohnhaus	Satteldach	4,5	4,5	205	45	1140	96	72	sehr gut	9173	3926	10,22	898	16349	449	93	72	gut	180	28	
48	2	Wohnhaus	Satteldach	4,5	4,5	206	45	1137	95	72	sehr gut	9201	3938	10,28	895	16441	446	93	72	gut	178	28	
49	2	Wohnhaus	Satteldach	4,5	4,5	207	45	1132	95	72	sehr gut	9134	3909	10,25	891	16395	443	92	72	gut	177	27	
50	3	Wohnhaus	Satteldach	6	2,81	209	32	1151	97	60	sehr gut	7742	3314	8,54	906	13667	436	90	60	gut	174	27	
51	3	Wohnhaus	Satteldach	6	2,81	203	32	1158	97	59	sehr gut	7704	3297	8,45	912	13516	440	91	59	gut	176	27	
52	2	Wohnhaus	Satteldach	4,5	4,5	204	45	1083	91	67	gut	8194	3507	9,61	853	15371	393	82	67	gut	157	24	
53	2	Wohnhaus	Satteldach	4,5	4,5	205	45	1076	90	66	gut	8048	3445	9,5	847	15197	387	80	66	gut	155	24	
54	2	Wohnhaus	Satteldach	4,5	4,5	206	45	1076	90	68	gut	8214	3516	9,69	847	15510	390	81	68	gut	156	24	
55	2	Wohnhaus	Satteldach	4,5	4,5	207	45	1074	90	67	gut	8134	3481	9,62	846	15388	388	80	67	gut	155	24	
56	3	Wohnhaus	Satteldach	6	2,81	209	32	1112	93	57	gut	7088	3034	8,09	876	12950	400	83	57	gut	160	25	
57	1	Wohnhaus	Satteldach	4,5	4,5	203	45	1144	96	69	sehr gut	8895	3807	9,87	901	15798	453	94	69	gut	181	28	
58	1	Wohnhaus	Satteldach	4,5	4,5	204	45	1153	97	72	sehr gut	9309	3984	10,25	908	16405	463	96	72	sehr gut	185	29	
59	1	Wohnhaus	Satteldach	4,5	4,5	205	45	1156	97	72	sehr gut	9315	3987	10,23	910	16373	465	96	72	sehr gut	186	29	
60	1	Wohnhaus	Satteldach	4,5	4,5	206	45	1155	97	72	sehr gut	9324	3991	10,25	910	16402	464	96	72	sehr gut	186	29	
61	1	Wohnhaus	Satteldach	4,5	4,5	208	45	1153	97	72	sehr gut	9321	3989	10,27	908	16424	463	96	72	sehr gut	185	29	
62	1	Wohnhaus	Satteldach	4,5	4,5	209	45	1151	97	69	sehr gut	8953	3832	9,88	906	15804	461	96	69	sehr gut	184	29	
63	3	Wohnhaus	Satteldach	6	2,81	203	32	1156	97	58	sehr gut	7511	3215	8,25	910	13201	442	92	58	gut	177	27	
64	4	Wohnhaus	Flachdach	6,5	0	-1	0	1191	100	38	sehr gut	5068	2169	5,4	938	8646	482	100	38	sehr gut	193	30	
65	4	Wohnhaus	Satteldach	6	2,39	205	28	1166	98	57	sehr gut	7527	3222	8,2	918	13115	446	93	57	gut	178	28	
66	4	Wohnhaus	Flachdach	6,5	0	-1	0	1191	100	38	sehr gut	5084	2176	5,42	938	8673	482	100	38	sehr gut	193	30	
67	4	Wohnhaus	Satteldach	6	2,39	208	28	1161	97	58	sehr gut	7528	3222	8,23	914	13174	442	92	58	gut	177	27	
68	3	Wohnhaus	Satteldach	6	2,81	209	32	1157	97	60	sehr gut	7802	3339	8,56	911	13700	442	92	60	gut	177	27	
69	3	Wohnhaus	Satteldach	6	2,81	203	32	1169	98	60	sehr gut	7868	3368	8,55	921	13675	455	94	60	gut	182	28	
70	4	Wohnhaus	Satteldach	6	2,39	204	28	1163	98	55	sehr gut	7180	3073	7,84	916	12543	443	92	55	gut	177	27	
71	4	Wohnhaus	Satteldach	6	2,39	205	28	1147	96	55	sehr gut	7080	3030	7,84	903	12541	426	88	55	gut	170	26	
72	4	Wohnhaus	Satteldach	6	2,39	206	28	1128	95	55	sehr gut	6942	2971	7,82	888	12504	410	85	55	gut	164	25	
73	4	Wohnhaus	Satteldach	6	2,39	208	28	1147	96	55	sehr gut	7103	3040	7,86	903	12583	430	89	55	gut	172	27	
74	3	Wohnhaus	Satteldach	6	2,81	209	32	1133	95	58	sehr gut	7370	3154	8,26	892	13216	421	87	58	gut	168	26	
75	6	Wohnhaus	Satteldach	5,5	4,5	208	45	1142	96	71	sehr gut	9173	3926	10,2	899	16320	453	94	71	gut	181	28	
76	6	Wohnhaus	Satteldach	5,5	4,5	208	45	1143	96	72	sehr gut	9306	3983	10,34	900	16541	452	94	72	gut	181	28	
77	7	Wohnhaus	Satteldach	6	5,36	208	50	1138	96	78	sehr gut	9959	4262	11,11	896	17781	465	96	78	sehr gut	186	29	
78	7	Wohnhaus	Satteldach	6	5,36	208	50	1137	95	78	sehr gut	9938	4253	11,1	895	17759	463	96	78	sehr gut	185	29	
79	7	Wohnhaus	Satteldach	6	5,36	208	50	1137	95	77	sehr gut	9802	4195	10,95	895	17515	463	96	77	sehr gut	185	29	
80	7	Wohnhaus	Satteldach	6	5,36	208	50	1136	95	79	sehr gut	10082	4315	11,27	895	18032	462	96	79	sehr gut	185	29	
81	7	Wohnhaus	Satteldach	6	5,36	208	50	1134	95	77	sehr gut	9862	4221	11,04	893	17670	460	95	77	sehr gut	184	29	
82	7	Wohnhaus	Satteldach	6	5,36	208	50	1119	94	76	gut	9621	4118	10,92	881	17468	446	93	76	gut	178	28	
83	7	Wohnhaus	Satteldach	6	5,36	208	50	1117	94	75	gut	9439	4040	10,73	880	17169	446	93	75	gut	178	28	
84	7	Wohnhaus	Satteldach	6	5,36	208	50	1128	95	78	sehr gut	9873	4226	11,11	888	17784	455	94	78	gut	182	28	
851	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	37	sehr gut	4927	2109	5,25	938	8405	482	100	37	sehr gut	193	30	
852	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	32	sehr gut	4337	1856	4,62	938	7398	482	100	32	sehr gut	193	30	
853	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	31	sehr gut	4220	1806	4,5	938	7199	482	100	31	sehr gut	193	30	
854	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	31	sehr gut	4168	1784	4,44	938	7110	482	100	31	sehr gut	193	30	
855	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	35	sehr gut	4668	1998	4,98	938	7962	482	100	35	sehr gut	193	30	
861	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	37	sehr gut	4917	2104	5,24	938	8388	482	100	37	sehr gut	193	30	
862	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	32	sehr gut	4318	1848	4,6	938	7366	482	100	32	sehr gut	193	30	
863	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	32	sehr gut	4240	1815	4,52	938	7234	482	100	32	sehr gut	193	30	

Aktives Solarpotenzial für Dresden-Nickern

Gebäudeparameter								Photovoltaik-Potenzial								Thermie-Potenzial						
Gebäude-ID	Wohngebiet	Gebäudeart	Dachform	Traufhöhe in m	Dachhöhe in m	Dachausrichtung in °	Dachneigung in °	Jahressumme der Globalstrahlung in kWh/m²	Prz-Anteil Jahressumme der Globalstrahlung	geeignete Modulfläche PV in m²	Eignung PV	potenzieller Stromertrag 15% Wirkungsgrad PV in kWh/a	CO2-Einsparung für 15% Wirkungsgrad PV in kg	potenzielle KW-Leistung PV	spezifischer Stromertrag PV in kWh*a/kWP	Investitionsvolumen PV in €	Summe der Globalstrahlung in der Heizperiode in kWh/m²	Prz-Anteil Summe der Globalstrahlung in der Heizperiode	geeignete Dachfläche für Thermie in m²	Eignung Thermie Heizungsunterstützung	potenzielle Wärmemenge Thermie pro m² in kWh/Heizperiode*m²	CO2-Einsparsumme Thermie in kg/Heizperiode
864	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	32	sehr gut	4249	1819	4,53	938	7249	482	100	32	sehr gut	193	30
865	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	36	sehr gut	4802	2055	5,12	938	8191	482	100	36	sehr gut	193	30
871	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	37	sehr gut	4948	2118	5,28	938	8441	482	100	37	sehr gut	193	30
872	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	32	sehr gut	4298	1840	4,58	938	7332	482	100	32	sehr gut	193	30
873	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	31	sehr gut	4160	1780	4,44	938	7096	482	100	31	sehr gut	193	30
874	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	35	sehr gut	4627	1980	4,93	938	7893	482	100	35	sehr gut	193	30
881	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	37	sehr gut	5001	2140	5,33	938	8531	482	100	37	sehr gut	193	30
882	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	34	sehr gut	4538	1942	4,84	938	7741	482	100	34	sehr gut	193	30
883	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	38	sehr gut	5047	2160	5,38	938	8609	482	100	38	sehr gut	193	30
891	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	37	sehr gut	4987	2134	5,32	938	8508	482	100	37	sehr gut	193	30
892	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	34	sehr gut	4537	1942	4,84	938	7739	482	100	34	sehr gut	193	30
893	5	Wohnhaus	Flachdach	9,5	0	-1	0	1191	100	38	sehr gut	5061	2166	5,4	938	8633	482	100	38	sehr gut	193	30
90	6	Wohnhaus	Satteldach	5,5	4,5	209	45	1153	97	72	sehr gut	9322	3990	10,27	908	16426	464	96	72	sehr gut	186	29

Anhang II: Ergebnisübersicht Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Gebäudeparameter				Erdwärme				Gas				Gas und Solarthermie				Luftwärme										
Wohn- gebiet	Eignung ST	Gebäude- kosten in kWh/a	Heizwärme- bedarf in kWh/a	Heizlast in kW	Investitions- kosten Erdwärme emca	Investitions- kosten Erdwärme vikerson	Betriebs- kosten Erdwärme (EnEV Easy)	Betriebs- kosten Erdwärme (1800 h)	Betriebs- kosten Erdwärme (2400 h)	Primär- energie- bedarf in kWh/a	CO2-Emission in kg/a	CO2-Ein- spargung gegenüber Gas in kg/a	Investitions- kosten Gas	Betriebs- kosten Gas (EnEV Easy)	Primär- energie- bedarf in kWh/a	CO2-Emission in kg/a	Investitions- kosten Gas + ST	Betriebs- kosten Gas + ST (EnEV Easy)	Primär- energie- bedarf in kWh/a	CO2-Emission in kg/a	CO2-Ein- spargung gegenüber Gas in kg/a	Investitions- kosten Luftwärme	Betriebs- kosten Luftwärme (EnEV Easy)	Primär- energie- bedarf in kWh/a	CO2-Emission in kg/a	CO2-Ein- spargung gegenüber Gas in kg/a
1	1	41	10.259,17	7,39	15.097,70	14.053,77	578,49	727,92	945,21	5.129,58	1.713,28	359,07	5.475,00	937,47	11.285,08	2.072,35	13.055,00	838,50	8.207,33	1.595,30	477,05	8.704,00	926,65	5.129,58	1.862,04	210,31
1	1	42	10.259,17	7,39	15.097,70	14.053,77	578,49	727,92	945,21	5.129,58	1.713,28	359,07	5.475,00	937,47	11.285,08	2.072,35	13.055,00	838,50	8.207,33	1.595,30	477,05	8.704,00	926,65	5.129,58	1.862,04	210,31
1	1	58	10.259,17	7,39	15.097,70	14.053,77	578,49	727,92	945,21	5.129,58	1.713,28	359,07	5.475,00	937,47	11.285,08	2.072,35	13.055,00	838,50	8.207,33	1.595,30	477,05	8.704,00	926,65	5.129,58	1.862,04	210,31
1	1	59	10.259,17	7,39	15.097,70	14.053,77	578,49	727,92	945,21	5.129,58	1.713,28	359,07	5.475,00	937,47	11.285,08	2.072,35	13.055,00	838,50	8.207,33	1.595,30	477,05	8.704,00	926,65	5.129,58	1.862,04	210,31
1	1	60	10.259,17	7,39	15.097,70	14.053,77	578,49	727,92	945,21	5.129,58	1.713,28	359,07	5.475,00	937,47	11.285,08	2.072,35	13.055,00	838,50	8.207,33	1.595,30	477,05	8.704,00	926,65	5.129,58	1.862,04	210,31
1	1	61	10.259,17	7,39	15.097,70	14.053,77	578,49	727,92	945,21	5.129,58	1.713,28	359,07	5.475,00	937,47	11.285,08	2.072,35	13.055,00	838,50	8.207,33	1.595,30	477,05	8.704,00	926,65	5.129,58	1.862,04	210,31
1	1	62	10.259,17	7,39	15.097,70	14.053,77	578,49	727,92	945,21	5.129,58	1.713,28	359,07	5.475,00	937,47	11.285,08	2.072,35	13.055,00	838,50	8.207,33	1.595,30	477,05	8.704,00	926,65	5.129,58	1.862,04	210,31
1	2	1	10.259,17	7,39	15.097,70	14.053,77	578,49	727,92	945,21	5.129,58	1.713,28	359,07	5.475,00	937,47	11.285,08	2.072,35	13.235,00	841,20	8.207,33	1.595,30	477,05	8.704,00	926,65	5.129,58	1.862,04	210,31
1	2	2	10.259,17	7,39	15.097,70	14.053,77	578,49	727,92	945,21	5.129,58	1.713,28	359,07	5.475,00	937,47	11.285,08	2.072,35	13.235,00	841,20	8.207,33	1.595,30	477,05	8.704,00	926,65	5.129,58	1.862,04	210,31
1	2	3	10.259,17	7,39	15.097,70	14.053,77	578,49	727,92	945,21	5.129,58	1.713,28	359,07	5.475,00	937,47	11.285,08	2.072,35	13.235,00	841,20	8.207,33	1.595,30	477,05	8.704,00	926,65	5.129,58	1.862,04	210,31
1	2	4	10.259,17	7,39	15.097,70	14.053,77	578,49	727,92	945,21	5.129,58	1.713,28	359,07	5.475,00	937,47	11.285,08	2.072,35	13.235,00	841,20	8.207,33	1.595,30	477,05	8.704,00	926,65	5.129,58	1.862,04	210,31

Gebäudeparameter				Erdwärme gegenüber Gas										Erdwärme gegenüber Gas und Solarthermie				Erdwärme gegenüber Luftwärme		
Wohn- gebiet	Eignung ST	Gebäude- ID	Heizwärme- bedarf in kWh/a	Heizlast in kW	Einsparung gegenüber Gas (EnEV Easy)	Einsparung gegenüber Gas (1800 h)	Einsparung gegenüber Gas (2400 h)	Amortisation gegenüber Gas (EnEV Easy) emcal	Amortisation gegenüber Gas (EnEV virkerson)	Amortisation gegenüber Gas (1800 h) emcal	Amortisation gegenüber Gas (1800 h) virkerson	Amortisation gegenüber Gas (2400 h) emcal	Amortisation gegenüber Gas (2400 h) virkerson	Einsparung gegenüber Gas + ST (EnEV Easy)	Amortisation gegenüber Gas + ST (EnEV Easy) emcal	Amortisation gegenüber Gas + ST (EnEV virkerson)	Einsparung gegenüber Luftwärme (EnEV Easy)	Amortisation gegenüber Luft- wärme (EnEV Easy) emcal	Amortisation gegenüber Luft- wärme (EnEV virkerson)	
1	1	41	10.259,17	7,39	358,98 €	420,38 €	509,67 €	26,81	23,90	22,89	20,41	18,88	16,83	260,00 €	7,86	3,84	348,16	18,36	15,37	15,37
1	1	42	10.259,17	7,39	358,98 €	420,38 €	509,67 €	26,81	23,90	22,89	20,41	18,88	16,83	260,00 €	7,86	3,84	348,16	18,36	15,37	15,37
1	1	58	10.259,17	7,39	358,98 €	420,38 €	509,67 €	26,81	23,90	22,89	20,41	18,88	16,83	260,00 €	7,86	3,84	348,16	18,36	15,37	15,37
1	1	60	10.259,17	7,39	358,98 €	420,38 €	509,67 €	26,81	23,90	22,89	20,41	18,88	16,83	260,00 €	7,86	3,84	348,16	18,36	15,37	15,37
1	1	61	10.259,17	7,39	358,98 €	420,38 €	509,67 €	26,81	23,90	22,89	20,41	18,88	16,83	260,00 €	7,86	3,84	348,16	18,36	15,37	15,37
1	1	62	10.259,17	7,39	358,98 €	420,38 €	509,67 €	26,81	23,90	22,89	20,41	18,88	16,83	260,00 €	7,86	3,84	348,16	18,36	15,37	15,37
1	2	1	10.259,17	7,39	358,98 €	420,38 €	509,67 €	26,81	23,90	22,89	20,41	18,88	16,83	262,70 €	7,09	3,12	348,16	18,36	15,37	15,37
1	2	2	10.259,17	7,39	358,98 €	420,38 €	509,67 €	26,81	23,90	22,89	20,41	18,88	16,83	262,70 €	7,09	3,12	348,16	18,36	15,37	15,37
1	2	3	10.259,17	7,39	358,98 €	420,38 €	509,67 €	26,81	23,90	22,89	20,41	18,88	16,83	262,70 €	7,09	3,12	348,16	18,36	15,37	15,37
1	2	4	10.259,17	7,39	358,98 €	420,38 €	509,67 €	26,81	23,90	22,89	20,41	18,88	16,83	262,70 €	7,09	3,12	348,16	18,36	15,37	15,37
1	2	5	10.259,17	7,39	358,98 €	420,38 €	509,67 €	26,81	23,90	22,89	20,41	18,88	16,83	262,70 €	7,09	3,12	348,16	18,36	15,37	15,37
1	2	40	10.259,17	7,39	358,98 €	420,38 €	509,67 €	26,81	23,90	22,89	20,41	18,88	16,83	262,70 €	7,09	3,12	348,16	18,36	15,37	15,37
1	2	43	10.259,17	7,39	358,98 €	420,38 €	509,67 €	26,81	23,90	22,89	20,41	18,88	16,83	262,70 €	7,09	3,12	348,16	18,36	15,37	15,37
1	2	44	10.259,17	7,39	358,98 €	420,38 €	509,67 €	26,81	23,90	22,89	20,41	18,88	16,83	262,70 €	7,09	3,12	348,16	18,36	15,37	15,37
1	2	57	10.259,17	7,39	358,98 €	420,38 €	509,67 €	26,81	23,90	22,89	20,41	18,88	16,83	262,70 €	7,09	3,12	348,16	18,36	15,37	15,37
2	0	27	10.259,17	7,39	358,98 €	420,38 €	509,67 €	26,81	23,90	22,89	20,41	18,88	16,83	-	-	-	348,16	18,36	15,37	15,37
2	0	28	10.259,17	7,39	358,98 €	420,38 €	509,67 €	26,81	23,90	22,89	20,41	18,88	16,83	-	-	-	348,16	18,36	15,37	15,37
2																				

Wirtschaftlichkeitsberechnung Erdwärme für Dresden-Nickern

Gebäudeparameter					Erdwärme								Gas				Gas und Solarthermie					Luftwärme				
Wohn- gebiet	Eignung ST	Gebäude- ID	Heizwärme- bedarf in kWh/a	Heizlast in kW	Investitions- kosten Erdwärme emca	Investitions- kosten Erdwärme vikersonn	Betriebs- kosten Erdwärme (EnEV Easy)	Betriebs- kosten Erdwärme (1800 h)	Betriebs- kosten Erdwärme (2400 h)	Primär- energie- bedarf in kWh/a	CO2-Emission in kg/a	CO2- Einsparung gegenüber Gas in kg/a	Investitions- kosten Gas (EnEV Easy)	Betriebs- kosten Gas (EnEV Easy)	Primär- energie- bedarf in kWh/a	CO2-Emission in kg/a	Investitions- kosten Gas + ST	Betriebs- kosten Gas + ST (EnEV Easy)	Primär- energie- bedarf in kWh/a	CO2-Emission in kg/a	CO2- Einsparung gegenüber Gas in kg/a	Investitions- kosten Luftwärme	Betriebs- kosten Luftwärme (EnEV Easy)	Primär- energie- bedarf in kWh/a	CO2-Emission in kg/a	CO2- Einsparung gegenüber Gas in kg/a
6	2	76	12.315,86	8,22	15.097,70	14.053,77	679,22	801,07	1.042,75	6.157,93	2.056,75	431,05	5.975,00	1.089,59	13.547,44	2.487,80	14.275,00	958,78	9.852,69	1.915,12	572,69	8.704,00	1.027,38	6.157,93	2.235,33	252,48
7	1	77	13.344,20	8,64	16.188,36	15.296,11	729,58	837,65	1.091,52	6.672,10	2.228,48	467,05	5.975,00	1.160,64	14.678,62	2.695,53	15.135,00	1.021,42	10.675,36	2.075,02	620,51	9.667,00	1.116,26	6.672,10	2.421,97	273,56
7	1	78	13.344,20	8,64	16.188,36	15.296,11	729,58	837,65	1.091,52	6.672,10	2.228,48	467,05	5.975,00	1.160,64	14.678,62	2.695,53	15.135,00	1.021,42	10.675,36	2.075,02	620,51	9.667,00	1.116,26	6.672,10	2.421,97	273,56
7	1	79	13.344,20	8,64	16.188,36	15.296,11	729,58	837,65	1.091,52	6.672,10	2.228,48	467,05	5.975,00	1.160,64	14.678,62	2.695,53	15.135,00	1.021,42	10.675,36	2.075,02	620,51	9.667,00	1.116,26	6.672,10	2.421,97	273,56
7	1	80	13.344,20	8,64	16.188,36	15.296,11	729,58	837,65	1.091,52	6.672,10	2.228,48	467,05	5.975,00	1.160,64	14.678,62	2.695,53	15.135,00	1.021,42	10.675,36	2.075,02	620,51	9.667,00	1.116,26	6.672,10	2.421,97	273,56
7	1	81	13.344,20	8,64	16.188,36	15.296,11	729,58	837,65	1.091,52	6.672,10	2.228,48	467,05	5.975,00	1.160,64	14.678,62	2.695,53	15.135,00	1.021,42	10.675,36	2.075,02	620,51	9.667,00	1.116,26	6.672,10	2.421,97	273,56
7	2	82	13.344,20	8,64	16.188,36	15.296,11	729,58	837,65	1.091,52	6.672,10	2.228,48	467,05	5.975,00	1.160,64	14.678,62	2.695,53	15.785,00	1.031,17	10.675,36	2.075,02	620,51	9.667,00	1.116,26	6.672,10	2.421,97	273,56
7	2	83	13.344,20	8,64	16.188,36	15.296,11	729,58	837,65	1.091,52	6.672,10	2.228,48	467,05	5.975,00	1.160,64	14.678,62	2.695,53	15.785,00	1.031,17	10.675,36	2.075,02	620,51	9.667,00	1.116,26	6.672,10	2.421,97	273,56
7	2	84	13.344,20	8,64	16.188,36	15.296,11	729,58	837,65	1.091,52	6.672,10	2.228,48	467,05	5.975,00	1.160,64	14.678,62	2.695,53	15.785,00	1.031,17	10.675,36	2.075,02	620,51	9.667,00	1.116,26	6.672,10	2.421,97	273,56

Wirtschaftlichkeitsberechnung Erdwärme für Dresden-Nickern

Gebäudeparameter					Erdwärme gegenüber Gas									Erdwärme gegenüber Gas und Solarthermie			Erdwärme gegenüber Luftwärme			
Wohn- gebiet	Eignung ST	Gebäude- ID	Heizwärme- bedarf in kWh/a	Heizlast in kW	Einsparung gegenüber Gas (EnEV Easy)	Einsparung gegenüber Gas (1800 h)	Einsparung gegenüber Gas (2400 h)	Amortisation gegenüber Gas (EnEV Easy) emcal	Amortisation gegenüber Gas (EnEV Easy) vikersonn	Amortisation gegenüber Gas (1800 h) emcal	Amortisation gegenüber Gas (1800 h) vikersonn	Amortisation gegenüber Gas (2400 h) emcal	Amortisation gegenüber Gas (2400 h) vikersonn	Einsparung gegenüber Gas + ST (EnEV Easy)	Amortisation gegenüber Gas + ST (EnEV Easy) emcal	Amortisation gegenüber Gas + ST (EnEV Easy) vikersonn	Einsparung gegenüber Luftwärme (EnEV Easy)	Amortisation gegenüber Luft- wärme (EnEV Easy) emcal	Amortisation gegenüber Luft- wärme (EnEV Easy) vikersonn	
6	2	76	12.315,86	8,22	410,37 €	460,44 €	559,75 €	22,23	19,69	19,81	17,55	16,30	14,43	279,56 €	2,94	-0,79		348,16	18,36	15,37
7	1	77	13.344,20	8,64	431,06 €	475,47 €	579,79 €	23,69	21,62	21,48	19,60	17,62	16,08	291,84 €	3,61	0,55		386,68	16,86	14,56
7	1	78	13.344,20	8,64	431,06 €	475,47 €	579,79 €	23,69	21,62	21,48	19,60	17,62	16,08	291,84 €	3,61	0,55		386,68	16,86	14,56
7	1	79	13.344,20	8,64	431,06 €	475,47 €	579,79 €	23,69	21,62	21,48	19,60	17,62	16,08	291,84 €	3,61	0,55		386,68	16,86	14,56
7	1	80	13.344,20	8,64	431,06 €	475,47 €	579,79 €	23,69	21,62	21,48	19,60	17,62	16,08	291,84 €	3,61	0,55		386,68	16,86	14,56
7	1	81	13.344,20	8,64	431,06 €	475,47 €	579,79 €	23,69	21,62	21,48	19,60	17,62	16,08	291,84 €	3,61	0,55		386,68	16,86	14,56
7	2	82	13.344,20	8,64	431,06 €	475,47 €	579,79 €	23,69	21,62	21,48	19,60	17,62	16,08	301,59 €	1,34	-1,62		386,68	16,86	14,56
7	2	83	13.344,20	8,64	431,06 €	475,47 €	579,79 €	23,69	21,62	21,48	19,60	17,62	16,08	301,59 €	1,34	-1,62		386,68	16,86	14,56
7	2	84	13.344,20	8,64	431,06 €	475,47 €	579,79 €	23,69	21,62	21,48	19,60	17,62	16,08	301,59 €	1,34	-1,62		386,68	16,86	14,56

Fernwärmeberechnung für Dresden-Nickern

Gebäudeparameter			Fernwärme							Erdwärme					Erdwärme gegenüber Fernwärme		
Gebäude-ID	Jahres-heizwärmebedarf in kWh	Heizlast in kW	Anschlusskosten	Jahresgrundpreis	Messpreis pro Jahr	Heizkosten pro Jahr	Gesamtbetriebskosten pro Jahr	Primärenergiebedarf in kWh/a	CO2-Emission in kg/a	Investitionskosten Wärmepumpe emcal	Investitionskosten Wärmepumpe vikersonn	Betriebskosten pro Jahr	Primärenergiebedarf in kWh/a	CO2-Emission in kg/a	Einsparung (EnEV Easy) pro Jahr	Amortisationsdauer in Jahren (EnEV Easy) emcal	Amortisationsdauer in Jahren (EnEV Easy) vikersonn
37	58.131	37,4	4.760 €	1.852,32 €	153,36 €	4.699,89 €	6.705,57 €	0,00	1.802,06	39.454,26 €	34.560,75 €	2.923,01 €	116.261,87	9.707,87	3.782,56 €	9,17	7,88
38	58.131	37,4	4.760 €	1.852,32 €	153,36 €	4.699,89 €	6.705,57 €	0,00	1.802,06	39.454,26 €	34.560,75 €	2.923,01 €	116.261,87	9.707,87	3.782,56 €	9,17	7,88
39	58.131	37,4	4.760 €	1.852,32 €	153,36 €	4.699,89 €	6.705,57 €	0,00	1.802,06	39.454,26 €	34.560,75 €	2.923,01 €	116.261,87	9.707,87	3.782,56 €	9,17	7,88
85	58.857	38,0	4.760 €	1.881,67 €	153,36 €	4.758,58 €	6.793,61 €	0,00	1.824,56	39.454,26 €	34.560,75 €	2.958,57 €	117.713,86	9.829,11	3.835,05 €	9,05	7,77
86	58.857	38,0	4.760 €	1.881,67 €	153,36 €	4.758,58 €	6.793,61 €	0,00	1.824,56	39.454,26 €	34.560,75 €	2.958,57 €	117.713,86	9.829,11	3.835,05 €	9,05	7,77