



**Umwelt-Campus
Birkenfeld**

IfaS Institut
für
angewandtes
Stoffstrommanagement

Forschungsbericht zur Nutzung solarer Wärme an Autowaschanlagen



Praxisbeispiel SB-Waschanlage Globus, Gensingen

April 2008

Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Forsten und
Verbraucherschutz des Landes Rheinland-Pfalz

Rheinland-Pfalz



Ministerium für Umwelt, Forsten
und Verbraucherschutz

Projektleitung:

Prof. Dr. Peter Heck

Erstellt von:

Dipl. Wirt.-Ing. Antti Olbrisch

Verantwortlich im Sinne des Pressegesetzes für den Inhalt sind die Autoren. Aus der Benutzung der Studie können gegenüber der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz keine Schadensersatzansprüche geltend gemacht werden. Die Forschungsanstalt ist bemüht, die Studien auf Wahrheit, Inhalte und Herkunft zu prüfen. Sie kann jedoch beispielsweise die Urdaten von Vor-Ort-Erhebungen, gegebenenfalls verwendete Algorithmen und Hintergrundinformationen nicht prüfen.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	II
Abbildungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis	III
1 Einführung	4
1.1 Einleitung	4
1.2 Aufgabenstellung	5
1.3 Zielsetzung	6
2 Technik.....	6
2.1 Auswahl des Anlagentypen	6
2.2 Anlagenbeschreibung	7
2.3 Wärmebedarf.....	7
2.4 Anlagenauslegung.....	9
3 Wirtschaftlichkeit	12
3.1 Investitionskosten	12
3.2 Fördermittel.....	13
3.3 Jahreskosten und Wärmepreis	16
3.4 Sensitivitätsanalyse	21
3.5 Amortisation	23
4 CO ₂ -Einsparung	24
5 Zusammenfassung und Fazit	24
Literaturverzeichnis	27
Anhang.....	28
Simulation mit T*Sol	28
Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	39

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: SB-Waschanlage Globus Gensingen	6
Abbildung 2: Anteil der Solarenergie am Energieverbrauch Variante III	10
Abbildung 3: Anteil der Solarenergie am Energieverbrauch Variante I.....	11
Abbildung 4: Anteil der Solarenergie am Energieverbrauch Variante II.....	11
Abbildung 5: Anteil der Solarenergie am Energieverbrauch Variante IV.....	12
Abbildung 6: Vergleich der Wärmepreise	19
Abbildung 7: Langfristige Entwicklung von Öl- und Gaspreisen.....	21
Abbildung 8: Entwicklung des Wärmepreises in den nächsten 10 Jahren.....	22

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Durchschnittliche Dauer der Waschprogramme.....	8
Tabelle 2: Ergebnisse der Jahressimulation der Anlagenvarianten.....	10
Tabelle 3: Investitionskosten.....	13
Tabelle 4: Basisförderung des Marktanzreizprogramms, Stand: Februar 2008.....	13
Tabelle 5: Fördermittel und restliche Investitionskosten der Anlagen	14
Tabelle 6: Jahreskosten und Wärmepreise der Anlagen	18
Tabelle 7: Brennstoffersparnis der Varianten.....	19
Tabelle 8: Ergebnisse der Wärmepreisberechnung der Gesamtanlagen.....	20
Tabelle 9: Amortisationszeiten.....	23

1 Einführung

1.1 Einleitung

Durch den Betrieb von Autowaschanlagen werden große Mengen an Wärme und Wasser verbraucht. In der Bundesrepublik Deutschland werden zurzeit ca. 1.500 Autowaschstraßen, 12.000 Portalwaschanlagen (überwiegend in Tankstellen integriert) und 2.400 SB-Waschplatzanlagen betrieben. Von insgesamt ca. 44 Millionen zugelassenen Pkws werden ungefähr die Hälfte (ca. 22 Millionen) regelmäßig in Autowaschstraßen, Portalwaschanlagen und SB-Waschplätzen gereinigt. Je nach Maschinentyp werden bei jeder Wäsche 30 - 80 Liter Wasser verbraucht.¹ Die Temperatur des Wassers beträgt bis zu 80° C. Autowäschen werden zum größten Teil durchgeführt, wenn die Sonne scheint. Das Energieangebot durch die Solarstrahlung und die Nachfrage nach Autowäschen fallen also zeitlich aufeinander. Daher liegt es nahe, die Nutzung solarthermischer Anlagen in diesem Bereich zu prüfen. Durch die Nutzung solarthermischer Anlagen erlangt man zumindest teilweise eine Unabhängigkeit vom Brennstoffmarkt und sichert sich somit auch gegen die weiteren zu erwartenden Preissteigerungen in diesem Bereich ab. Mit dieser Studie soll eine Grundlage gegeben werden, dass diese Möglichkeit von Betreibern dieser Anlagen vermehrt geprüft und angenommen wird.

Diese Studie ersetzt nicht die konkrete Planung der Anlagen. Sie soll dazu dienen, vorab Entscheidungen bezüglich der Errichtung solarthermischer Anlagen zu treffen und richtungweisend für weitere Betreiber von Autowaschanlagen sein.

¹ www.tankstellenmesse.de; 10.08.2007

1.2 Aufgabenstellung

Es gibt drei verschiedene Typen von Autowaschanlagen:

- Portalwaschanlagen, in die man das Kraftfahrzeug einfährt und die sich um das Auto herum bewegen,
- Autowaschstraßen, in welche man mit dem Kraftfahrzeug einfährt und durch die dieses dann durchgezogen wird und
- Selbstwaschanlagen, in die man einfährt und selber das Auto reinigen kann.

Zunächst werden die drei Waschanlagentypen bezüglich des Warmwasserbedarfes und der generellen Möglichkeit der technischen Einbindung einer solarthermischen Anlage in die vorhandenen Systeme untersucht. Auf Basis dieser ersten Betrachtung wird anschließend ein Waschanlagentyp sowie eine bestimmte Anlage dieses Typs ausgewählt, anhand derer die Machbarkeitsuntersuchung durchgeführt wird.

In der Machbarkeitsuntersuchung wird dann zunächst die solarthermische Anlage auf den Wärmebedarf der Waschanlage ausgelegt. Die Installationsmöglichkeiten für die solarthermische Anlage sowie die Möglichkeit der Einbindung in die vorhandenen Wärmeerzeugungsstrukturen werden ermittelt und dargestellt. Schließlich erfolgt eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung, welche eine Gegenüberstellung der Wärmepreise mit und ohne solarthermische Anlagen zum Ergebnis hat.

Mit den Ergebnissen der Untersuchung wird ein Ausblick auf die Einsparpotentiale gegeben, welche sich durch eine solche Nutzung solarer Wärme in Rheinland Pfalz ergeben.

1.3 Zielsetzung

Ziel dieses Forschungsvorhabens ist zum einen die Darstellung der technischen Machbarkeit der Einbindung solarthermischer Anlagen in den Anlagenbetrieb von Autowaschanlagen und zum anderen die Darstellung der Wirtschaftlichkeit dieser Maßnahmen. Die Ergebnisse dieser Studie werden so dargestellt, dass sie als Richtwerte für weitere ähnliche Projekte herangezogen werden können.

2 Technik

2.1 Auswahl des Anlagentypen

In diesem Forschungsauftrag werden hier lediglich SB-Waschanlagen behandelt. Zur Auswahl des Anlagentyps wurden die Verbrauchszahlen für Warmwasser herangezogen. Bei Autowaschstraßen und Portalwaschanlagen wird bei neuen Anlagen das Wasser immer seltener erhitzt. Das heißt, dass die Warmwassertemperatur immer weiter abnimmt. Die Sauberkeit des Autos wird aufgrund immer wirksamerer Waschmittel garantiert. Aus diesem Grund wird in dieser Studie eine SB-Waschanlage betrachtet, welche den höchsten Warmwasserbedarf pro Autowäsche bietet. Als Beispielanlage wurde die Autowaschanlage am Globus Warenhaus in Gensingen betrachtet.



Abbildung 1: SB-Waschanlage Globus Gensingen

2.2 Anlagenbeschreibung

Bei der gewählten Anlage handelt es sich um eine Waschanlage der Firma Wash-Tec, den „Wesumat Hobby Wash“. Die Waschanlage besteht aus vier Waschplätzen für PKW sowie zwei LKW-Waschplätzen. Dabei sind jeweils zwei PKW- und ein LKW-Waschplatz in einer Anlage zusammengefasst. Die Heizanlage für diese drei Waschplätze wird mit Erdgas betrieben und hat jeweils eine Leistung von 32 kW. Zusätzlich hat diese Anlage eine Bodenheizung zum Frostschutz. Die Bodenheizung wird in diesem Forschungsauftrag nicht mit in die Betrachtung einbezogen.

2.3 Wärmebedarf

Da keine Verbrauchswerte für die Heizung an den Waschanlagen separat vorliegen, wird der Wärmebedarf anhand von Kennzahlen berechnet, welche vom Anlagenbetreiber und vom Anlagenhersteller zur Verfügung gestellt wurden. Nach Angaben des Betreibers der Waschanlage werden jährlich etwa 120.000 Autos in der Waschanlage gewaschen. Es wird im Weiteren angenommen, dass sich diese Autowäschen gleichmäßig über das Jahr und die Anlagen verteilen. Da es sich um zwei baugleiche Anlagen mit jeweils drei Waschplätzen handelt, wird im Folgenden von 60.000 Autowäschen im Jahr ausgegangen. Das Ergebnis lässt sich auf die zweite Anlage übertragen.

An der Anlage gibt es sechs mögliche Programme zur Auswahl:

1. Hochdruck
2. Aktivschaum
3. Klarspülen
4. Nachspülen
5. Wachs
6. Glanzspülen

Warmwasser wird lediglich bei der Hochdruckwäsche verwendet. Laut Angaben der Firma Wash-Tec werden die einzelnen Programme durchschnittlich mit den folgenden Dauern genutzt:

Nr.	1	2	3	4	5	6
Programm	Hochdruck	Aktiv-schaum	Klarspülen	Nachspülen	Wachs	Glanzspülen
Dauer	160 Sek.	55 Sek.	50 Sek.	40 Sek.	30 Sek.	90 Sek.

Tabelle 1: Durchschnittliche Dauer der Waschprogramme

Der Wasserdurchfluss beträgt bei allen Programmen, außer Aktivschaum, etwa 8 Liter pro Minute. Der durchschnittliche Wasserdurchsatz pro Autowäsche bei Programm 1 wird mit 21,36 Litern angegeben. Somit beträgt der Warmwasserbedarf bei 60.000 Autowäschen über ein Jahr hinweg 1.282 m³. In den Waschanlagen wird nach Werkseinstellung das Wasser auf eine Temperatur von 48 °C erwärmt. Hieraus ergibt sich eine benötigte Wärmemenge von rund 56,5 MWh jährlich.

2.4 Anlagenauslegung

Anhand des Wärmebedarfes wurde die Solaranlage mithilfe des Simulationsprogramms T*Sol dimensioniert. Hierbei wurden verschiedene Varianten betrachtet. Der Anteil an der Warmwasserbereitung wurde variiert. So wurde ein Szenario entwickelt, welches sich nach der verfügbaren Dachfläche richtet, jeweils eins zur Abdeckung von 30% und 70% des Warmwasserbedarfs und eines mit einer Kollektorfläche von 40 m², welche die maximale nach dem Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) förderfähige Größe für eine Solarthermieanlage darstellt. (Kapitel 3.2)

Technische Auslegung

Für alle Varianten wurden die gleichen Kollektoren (Wagner, Euro C20AR) angenommen. Die weiteren Komponenten sind als Standardkomponenten aus der Software T*Sol übernommen. Eine genaue Auswahl der Komponenten ist bei einer konkreten Fachplanung für die Anlage zu treffen. Die hier angenommenen Anlagenkomponenten und eine technische Darstellung befinden sich im Anhang.

Jahressimulation

In einer Jahressimulation wurde die Energielieferung der unterschiedlichen Anlagen berechnet. Die Ergebnisse sind in folgender Tabelle dargestellt:

	Variante I	Variante II	Variante III	Variante IV
Auslegungsgröße	Dachfläche	30% des Warmwasserbedarfs	70% des Warmwasserbedarfs	40 m ² Kollektorfläche
Installierte Kollektorleistung	14,61 kW	18,26 kW	84,01 kW	27,40 kW
Kollektorfläche	20 m ²	26 m ²	120 m ²	40 m ²
Abgegebene Energie Kollektorkreis	15,19 MWh	18,19 MWh	42,53 MWh	24,58 MWh
Deckungsanteil Warmwasser	26,2%	31,3%	70,6%	42,1%

Tabelle 2: Ergebnisse der Jahressimulation der Anlagenvarianten

Mit der Anlagenvariante III kann in den Sommermonaten nahezu der gesamte Energiebedarf gedeckt werden. Alle anderen Varianten benötigen nach den Simulationsergebnissen regelmäßige Zuheizung. Durch die langfristige Abschaltung der Gasheizung wird der Verschleiß an dieser verringert und somit kann diese insgesamt langfristiger genutzt werden, als bei einem ganzjährig durchgängigen Betrieb.

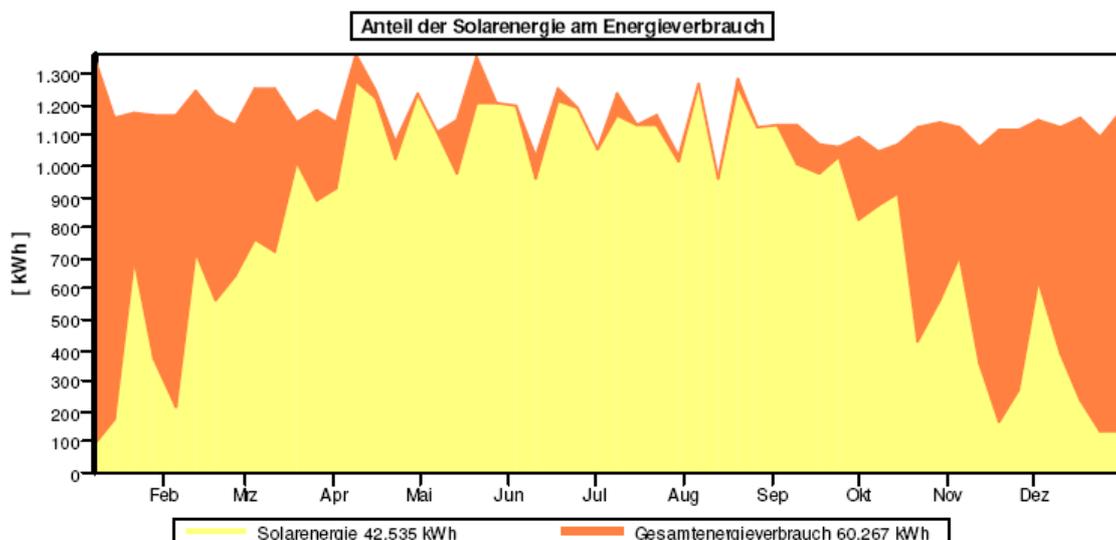


Abbildung 2: Anteil der Solarenergie am Energieverbrauch Variante III

Der Anteil der Solarenergie am Energieverbrauch stellt sich auch in den anderen Varianten positiv dar. Jedoch ist wie bereits erwähnt keine 100%ige Deckung über die Sommermonate zu erreichen.

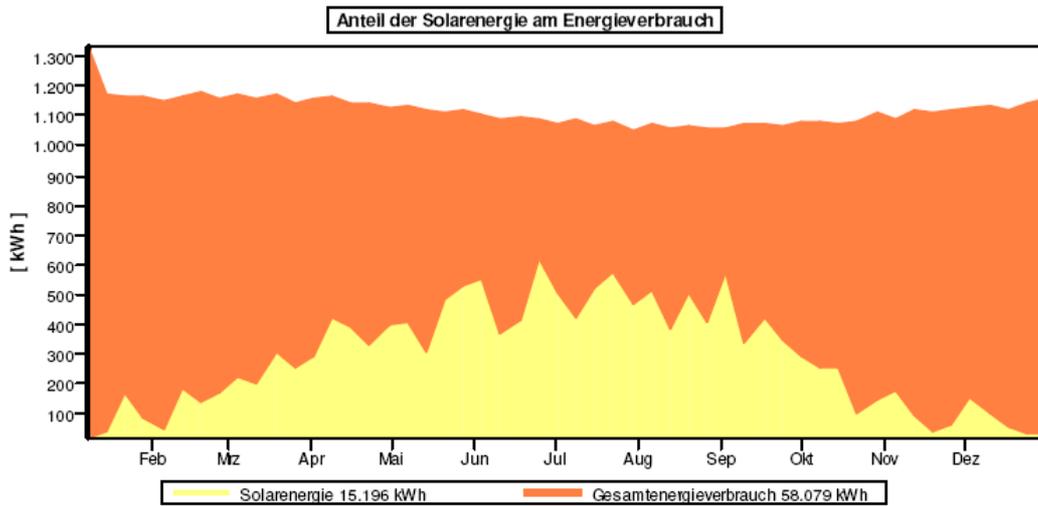


Abbildung 3: Anteil der Solarenergie am Energieverbrauch Variante I

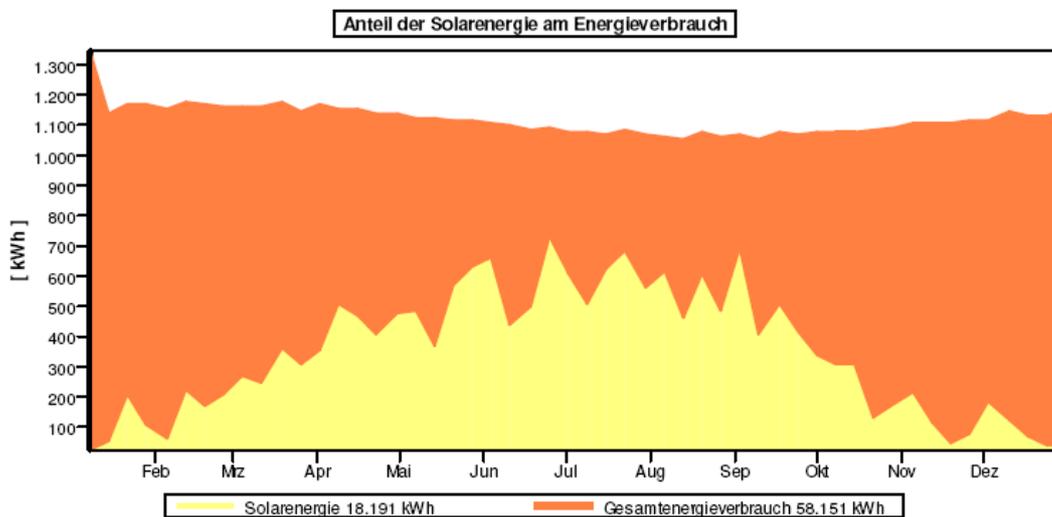


Abbildung 4: Anteil der Solarenergie am Energieverbrauch Variante II

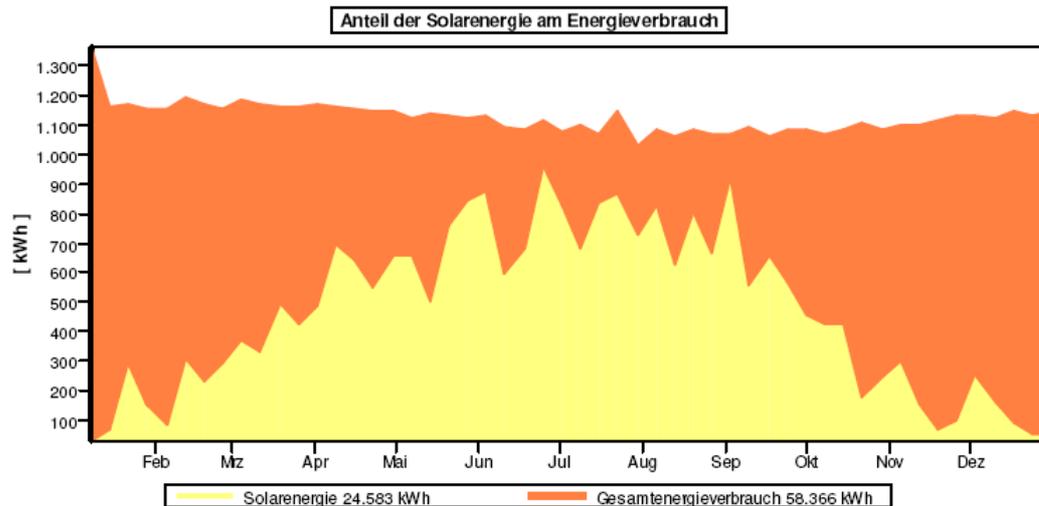


Abbildung 5: Anteil der Solarenergie am Energieverbrauch Variante IV

3 Wirtschaftlichkeit

Im Folgenden wird die Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Anlagen betrachtet. Hierzu wird ein Wärmepreis berechnet, welcher die Kapitalkosten sowie alle laufenden Kosten der Anlagen beinhaltet. Weiterhin wird eine Amortisationsrechnung durchgeführt sowie mit einer Sensitivitätsanalyse ein Ausblick in die Zukunft gegeben. Alle in diesem Kapitel genannten Kosten und Preise verstehen sich als Nettobeträge.

3.1 Investitionskosten

Da die Preise für Solarthermieanlagen sowohl zeitlich als auch von Anbieter zu Anbieter stark schwanken, wurden zwei unterschiedliche Preisansätze verfolgt. Zum einen wurde ein niedriger Preis mit 500 € pro m² Kollektorfläche angenommen und zum anderen wurde ein höherer Preis mit 700 € pro m² angesetzt. Zum Vergleich hierzu wurde die Neuinstallation einer Gasheizung betrachtet und der Wärmepreis dieser berechnet. Es ergeben sich die in folgender Tabelle dargestellten Investitionskosten:

	Variante I	Variante II	Variante III	Variante IV	Gasheizung
Auslegungsgröße	Dachfläche	30% des Warmwasserbedarfs	70% des Warmwasserbedarfs	40 m ² Kollektorfläche	
500 €/m²	10.000 €	13.000 €	60.000 €	20.000 €	12.000 €
700 €/m²	14.000 €	18.200 €	84.000 €	28.000 €	

Tabelle 3: Investitionskosten

3.2 Fördermittel

Die Errichtung von solarthermischen Anlagen wird mit Fördermitteln und zinsgünstigen Krediten staatlich gefördert. Fördermittel werden über die BAFA und die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) vergeben. Hier werden kurz die relevantesten Förderprogramme dargestellt.

3.2.1 Marktanreizprogramm

Um eine Förderung über das Marktanreizprogramm zu beziehen, sind bestimmte Voraussetzungen zu erfüllen. Diese sind im Folgenden tabellarisch dargestellt.

	Maßnahme	Basisförderung
Errichtung einer thermischen Solaranlage zur	- Warmwasserbereitung bis max. 40 m ² Kollektorfläche	60 €/m ² Kollektorfläche, mindestens 410 €
	- Kombinierten Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung bis maximal 40 m ² Kollektorfläche, zur solaren Kälteerzeugung oder zur Bereitstellung von Prozesswärme	105 €/m ² Kollektorfläche. Bei Flachkollektoren: Mindestens 9 m ² Kollektorfläche und 40 l/m ² Pufferspeichervolumen. Bei Röhrenkollektoren: Mindestens 7 m ² Kollektorfläche und 50 l/m ² Pufferspeichervolumen
	- Kombinierten Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung auf Ein- und Zweifamilienhäusern mit mehr als 40 m ² Kollektorfläche und einem Pufferspeichervolumen von mindestens 100 l/m ² Kollektorfläche	105 €/m ² Kollektorfläche bis 40 m ² + 45 €/m ² Kollektorfläche über 40 m ² Mindestgröße des Pufferspeichers 100 l/m ²
	- Erweiterung einer bestehenden Solaranlage	45 €/m ² zusätzlicher Kollektorfläche

Tabelle 4: Basisförderung des Marktanreizprogramms, Stand: Februar 2008²

² www.bafa.de, 20.3.2008

Die hier betrachtete Anlage stellt Prozesswärme bereit. Es werden Flachkollektoren verwendet. Somit wird sie mit 105 €/m² Kollektorfläche gefördert.

Anlagen mit einer Kollektorfläche von mehr als 40 m² werden zurzeit nicht gefördert. Jedoch ist eine Förderung im Marktanreizprogramm geplant. Dieses Programm sollte im zweiten Quartal 2008 geöffnet werden und über die KfW abgewickelt werden. Es ist davon auszugehen, dass dieses Programm in Bälde geöffnet wird. Dieses sieht für folgende Maßnahmen Tilgungszuschüsse in Höhe von bis zu 30% der förderfähigen Nettoinvestitionskosten vor.

Maßnahmen:

- Große thermische Solarkollektoranlagen ab 40 m² für MFH oder Nichtwohngebäude zur:
 - o Warmwasserbereitung und/oder Raumheizung
 - o Bereitstellung von Prozesswärme
 - o Solaren Kälteerzeugung³

	Variante I	Variante II	Variante III	Variante IV
Auslegungsgröße	Dachfläche	30% des Warmwasserbedarfs	70% des Warmwasserbedarfs	40 m ² Kollektorfläche
Gesamtinvestition 500 €/m²	10.000 €	13.000 €	60.000 €	20.000 €
Gesamtinvestition 700 €/m²	14.000 €	18.200 €	84.000 €	28.000 €
Fördermittel	2.100 €	2.730 €	18.000 €, bzw. 25.200 €	4.200 €
Restinvestition 500 €/m²	7.900 €	10.270 €	42.000 €	15.800 €
Restinvestition 700 €/m²	11.900 €	15.470 €	58.800 €	23.800 €

Tabelle 5: Fördermittel und restliche Investitionskosten der Anlagen

Die Fördermittel für die jeweiligen Anlagen sowie die sich daraus ergebenden restlichen Investitionskosten sind in Tabelle 5 dargestellt. Es gilt zu beachten, dass sich

³ www.bmu.de, 18.04.2008

die Kosten wie oben erwähnt auf lediglich eine von zwei gleichen Anlagen beziehen. Wird für jede Waschanlage auch eine solarthermische Anlage errichtet, so verdoppeln sich auch die Investitionskosten.

3.2.2 Kreditvergabe über die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)

Die KfW fördert die Errichtung von Anlagen mit unterschiedlichen Programmen. Es ist im Einzelnen immer zu prüfen, welches Programm zutrifft. Hier werden das ERP – Umwelt- und Energiesparprogramm, das Umweltprogramm sowie das KfW – Programm Erneuerbare Energien vorgestellt.

ERP – Umwelt- und Energiesparprogramm

Dieses Programm kann von jeglichen Unternehmen, welche sich mehrheitlich in Privatbesitz befinden in Anspruch genommen werden. Mitfinanziert werden Investitionen, die dazu beitragen, die Umweltsituation deutlich zu verbessern. Hierzu zählen auch Maßnahmen zum Einsatz regenerativer Energiequellen.⁴ In diesem Fall werden bis zu 35% der förderfähigen Kosten, bzw. bis zu 50% bei kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) über dieses Programm finanziert. Der effektive Zinssatz wird mit 4,4% angenommen. Die Zinssätze ändern sich stetig. Die aktuellen Zinssätze können bei http://www.kfw-foerderbank.de/DE_Home/Service/Zinssatze.jsp eingesehen werden. Es ist möglich, das Programm mit anderen zu kombinieren.

⁴ Merkblatt – ERP – Umwelt- und Energiesparprogramm (225); www.kfw-foerderbank.de, 20.3.08

KfW Programm Erneuerbare Energien

Antragsberechtigt sind hier unter anderem Kleine und Mittlere Unternehmen (KMU).⁵ Gefördert werden in diesem Programm solarthermische Anlagen ab einer Größe von 40 m² u.a. zur Bereitstellung von Prozesswärme. Gefördert werden bis zu 100% der förderfähigen Kosten.⁶ Hier wird der Zinssatz mit etwa 4% angesetzt. Die aktuellen Konditionen sind auch hier der Homepage der KfW zu entnehmen.

KfW – Umweltprogramm

Antragsteller können hier alle gewerblichen Unternehmen sein. Gefördert werden Maßnahmen, welche die Umweltsituation wesentlich bessern, also auch solarthermische Anlagen. Dieses Programm wird zumeist als Zusatzprogramm zum ERP - Umwelt- und Energiesparprogramm gesehen.⁷ Die Zinssätze sind ebenfalls aktuell von der KfW einzuholen.

3.3 Jahreskosten und Wärmepreis

Auch in diesem Kapitel wird nur eine von zwei baugleichen Waschanlagen betrachtet. Werden zwei Anlagen gebaut, so verdoppeln sich die Jahreskosten, der Wärmepreis bleibt jedoch gleich.

Aus den dargestellten Investitionskosten und den laufenden Kosten werden die gesamten Jahreskosten einer Anlage ermittelt. Diese Jahreskosten im Verhältnis zur erzeugten Wärmemenge ergeben den Wärmepreis in Eurocent pro Kilowattstunde.

⁵ KMU-Kriterien: Das Unternehmen darf nicht mehr als 250 Beschäftigte haben und der Umsatz muss unter € 50 Millionen oder die Bilanzsumme unter € 43 Millionen liegen. Darüber hinaus darf kein Unternehmen zu 25 % oder mehr beteiligt sein, das diese Kriterien nicht erfüllt.

⁶ Merkblatt – KfW-Programm Erneuerbare Energien (128); www.kfw-foerderbank.de, 20.3.08

⁷ Merkblatt – KfW-Umweltprogramm (020, 025, 026); www.kfw-foerderbank.de, 20.03.08

Zunächst werden hierzu die Investitionskosten mit Hilfe der Annuitätenmethode als jährliche Kosten dargestellt. Vereinfacht wird hier eine Lebensdauer von 20 Jahren für alle Anlagenteile angenommen. Werden unterschiedliche Lebensdauern für die einzelnen Komponenten angesetzt, so ergeben sich nur geringe Unterschiede im Ergebnis. Zudem ist zweifelhaft, ob diese Unterscheidung besonders sinnvoll ist, da sie voraussetzt, dass, so lange wie noch eine Komponente eine theoretische Lebensdauer hat, alle anderen eventuell defekten Komponenten ersetzt werden. Das würde bedeuten, dass ein Kollektorfeld neu installiert wird, nur weil ein paar Rohre theoretisch noch einige Jahre nutzbar sind.⁸ Weiterhin wird ein Zinssatz von 4,5% angenommen, welcher sich an die Zinssätze der KfW anlehnt. Es wird davon ausgegangen, dass die entsprechenden Programme, je nach der Größe der Anlage ausgewählt und kumuliert werden.

Weitere laufende Kosten entstehen aus Wartung und Pflege sowie Hilfsstrom für die Pumpen. Diese Kosten werden mit 1% für die Wartung und Pflege und 0,3% für den Hilfsstrom angesetzt.

Aus der Summe dieser Kosten (Wartung und Pflege, Hilfsstrom und Kapitalkosten) ergeben sich die jährlichen Kosten, die durch die Errichtung einer Anlage über den Zeitraum von 20 Jahren entstehen. Diese Kosten, in das Verhältnis zur produzierten Wärmemenge gesetzt, ergeben den Wärmepreis.

⁸ BINE; Solare Trinkwassererwärmung in Großanlagen S. 147

	Variante I	Variante II	Variante III	Variante IV
Auslegungsgröße	Dachfläche	30% des Warmwasserbedarfs	70% des Warmwasserbedarfs	40 m ² Kollektorfläche
Jahreskosten bei 500 €/m²	737 €	959 €	5.393 €	1.475 €
Jahreskosten bei 700 €/m²	1.097 €	1.426 €	7.550 €	2.194 €
Wärmepreis bei 500 €/m²	0,0485 €/kWh	0,0564 €/kWh	0,1056 €/kWh	0,0600 €/kWh
Wärmepreis bei 700 €/m²	0,0722 €/kWh	0,0839 €/kWh	0,1479 €/kWh	0,0892 €/kWh

Tabelle 6: Jahreskosten und Wärmepreise der Anlagen

Als Vergleich zu diesen Kosten wurde auf Basis einer Neuinstallation einer Gasheizung der Wärmepreis für diese berechnet. Hier wurden Gesamtinvestitionskosten in Höhe von 12.000 € angenommen. Der Zinssatz beträgt 8%. Hierbei fallen zusätzlich Brennstoffkosten an. Der Gaspreis beträgt für Globus in Gensingen 5 Cent pro kWh. Angenommen wird ein zusätzlicher Arbeitspreis von 25 €/Monat. Unter den getroffenen Annahmen belaufen sich die Kosten für den Brennstoff zurzeit auf mehr als 3.100 € im Jahr. Die gesamten Jahreskosten belaufen sich hier auf 4.811 €/Jahr und der daraus resultierende Wärmepreis beträgt 0,0946 €/kWh netto. Weiterhin wurde ein Wärmepreis für eine bestehende Heizanlage ohne Neuinvestition berechnet. Hierzu wurden die gleichen Annahmen getroffen, lediglich die Investitionskosten wurden hier nicht mit betrachtet. Dieser Preis ergab sich zu 0,0705 €/kWh.

In Abbildung 6 sind die verschiedenen Wärmepreise grafisch dargestellt. Der grüne Balken stellt jeweils die Wärmepreise mit der niedrigen angenommenen Preisgrenze dar und die roten Balken diejenigen, welche mit den hohen angenommenen Preisen berechnet wurden. Der gelbe Balken stellt den Wärmepreis der herkömmlichen Gasheizung dar und der hellgelbe denjenigen ohne Neuanschaffung einer Heizung. Also den Weiterbetrieb der vorhandenen Anlage. Die deutlich höchsten Wärmepreise werden in Variante III erreicht, jedoch ist anzunehmen, dass die spezifischen Investitionskosten sinken, je größer die Solaranlage ist. Es ist zu erkennen, dass die Wärmepreise der Solarthermieanlagen, außer in der Variante III, denjenigen der neu zu installierenden Gasheizung unterschreiten. Hiernach stellt sich eine solarthermische Anlage also gegenüber dem Neubau einer Gasheizung als wirtschaftlich dar.

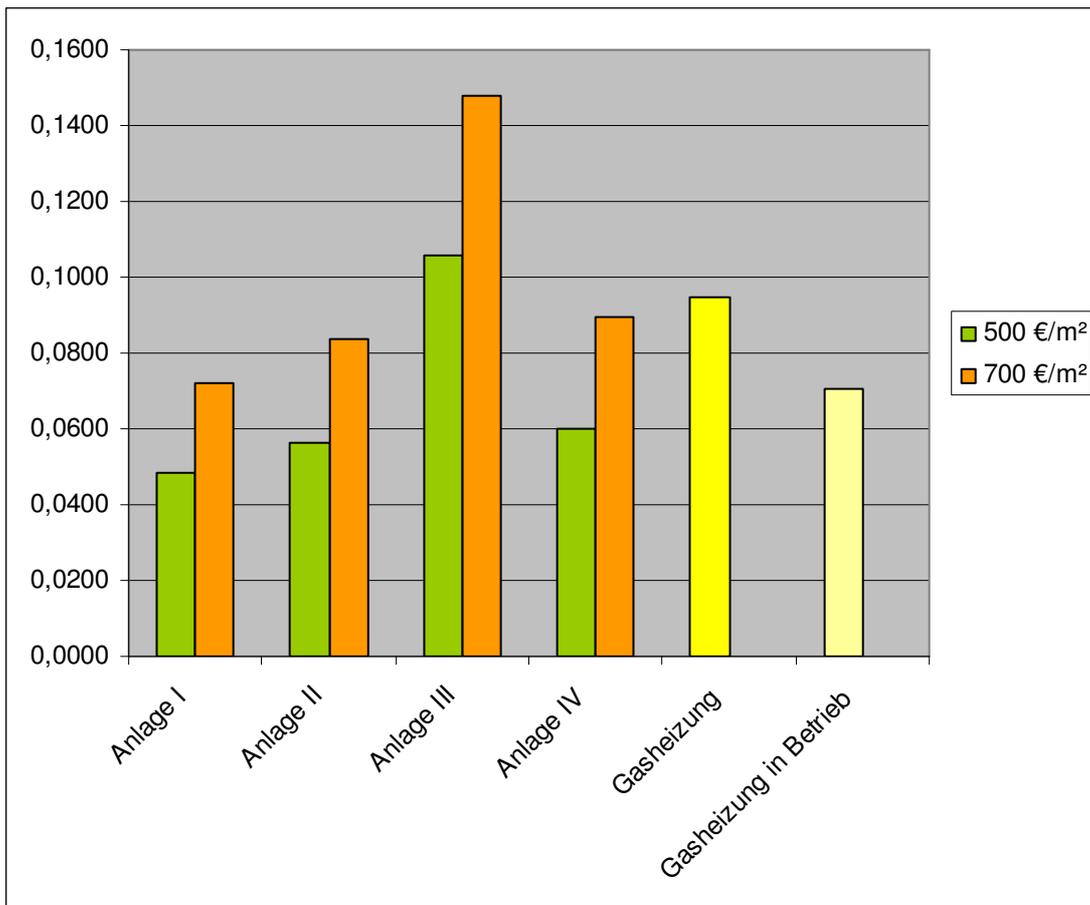


Abbildung 6: Vergleich der Wärmepreise

In den hier berechneten Wärmepreisen für die solarthermischen Anlagen sind die Brennstoffersparnisse nicht berücksichtigt. Diese sind in folgender Tabelle dargestellt:

	Variante I	Variante II	Variante III	Variante IV
Auslegungsgröße	Dachfläche	30% des Warmwasserbedarfs	70% des Warmwasserbedarfs	40 m ² Kollektorfläche
Brennstoffersparnis	760 €/Jahr	850 €/Jahr	2.127 €/Jahr	1.229 €/Jahr

Tabelle 7: Brennstoffersparnis der Varianten

Um diese nun mit einzubeziehen muss eine Berechnung durchgeführt werden, welche die Kosten der solarthermischen Anlage mit denen der Gasheizung kombiniert.

Hier wurden die oben dargestellten Ergebnisse miteinander verrechnet. In die Varianten der solarthermischen Anlagen wurde also jeweils die Gasheizung einbezogen. Diese hat weiterhin eine Leistung von 35 kW. Die Ergebnisse, die sich nach dieser Berechnung darstellen, sind in Tabelle 8 dargestellt:

	Variante I	Variante II	Variante III	Variante IV	Gasheizung	Gasheizung
Auslegungsgröße	Dachfläche	30% des Warmwasserbedarfs	70% des Warmwasserbedarfs	40 m ² Kollektorfläche	Einsatz einer neuen Gasheizung	Weiterbetrieb der vorhandenen Heizung
Laufende Kosten 500 €/m²	4.636 €	4.773 €	8.025 €	4.939 €	4.602 €	3.380 €
Laufende Kosten 700 €/m²	4.995 €	5.241 €	10.182 €	5.658 €		
Wärmepreis 500€/m²	0,0941	0,0967	0,1411	0,0994	0,0946	0,0705
Wärmepreis 700 €/m²	0,1012	0,1059	0,1764	0,1135		

Tabelle 8: Ergebnisse der Wärmepreisberechnung der Gesamtanlagen

Betrachtet man die gesamte Anlage, so ist mit der kleinsten Variante bereits ein geringerer Wärmepreis zu erreichen, als bei einer neu zu installierenden Gasheizung. Bei den solarthermischen Anlagen sind die Ergebnisse der kleineren Anlagen besser als die der großen Anlagen. Jedoch ist davon auszugehen, dass die Anlagenpreise sinken, je größer die Anlage ist. Im Einzelfall sollten hier Angebote für unterschiedliche Anlagengrößen eingeholt und wirtschaftlich miteinander verglichen werden.

3.4 Sensitivitätsanalyse

Der Erdgaspreis ist stark an den Erdölpreis gekoppelt. In den letzten Jahren stiegen die Preise sehr stark an, wie in Abbildung 7 dargestellt.

Langfristige Entwicklung von Öl- und Gaspreisen (Ölpreisbindung) Preisentwicklung Heizöl / Gas bei Haushalten 1990 – 2007



Die Grafik zeigt die Preisentwicklung (indexierte Preissteigerungsraten, keine absoluten Brennstoffpreise) bei Heizöl und Gas für Haushalte seit 1990. Deutlich wird, dass aufgrund der Ölpreisbindung der Gaspreis dem Ölpreis jeweils mit einer zeitlichen Verzögerung folgt. Hierbei fallen die Preisausschläge beim Erdgas deutlich geringer aus als beim Heizöl.

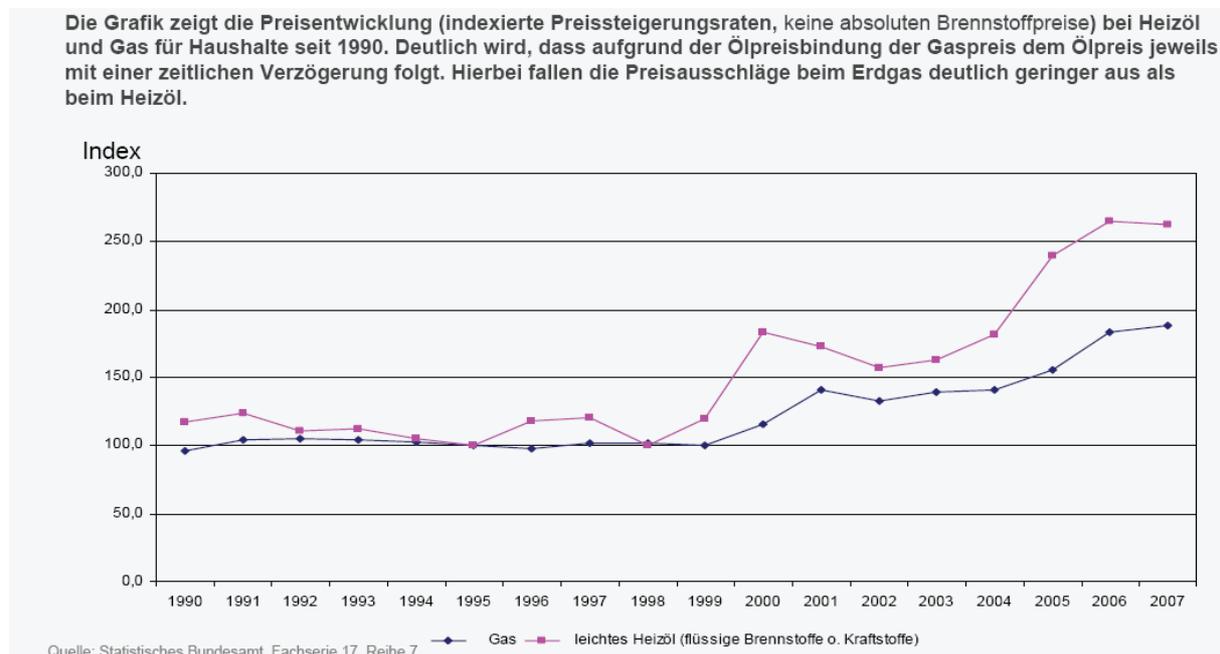


Abbildung 7: Langfristige Entwicklung von Öl- und Gaspreisen

In dieser Grafik sind die letzten Preissteigerungen aus dem Jahre 2007 nicht berücksichtigt, welche den Rohölpreis auf Rekordniveau steigen ließen.

Gehen wir von einer gleichbleibenden Änderung des Gaspreises aus, so lassen sich die zukünftigen Jahreskosten und Wärmepreise prognostizieren. Hierzu wurde die Steigerung des Gaspreises vom 1.1.2002 bis zum 1.1.2007 zugrunde gelegt. Diese betrug durchschnittlich 12,9% jährlich.⁹

⁹ Quelle: Statistisches Bundesamt

Betrachtet werden im Folgenden die aus beiden Anlagen zusammen berechneten Wärmepreise. (Tabelle 8: Ergebnisse der Wärmepreisberechnung der Gesamtanlagen)

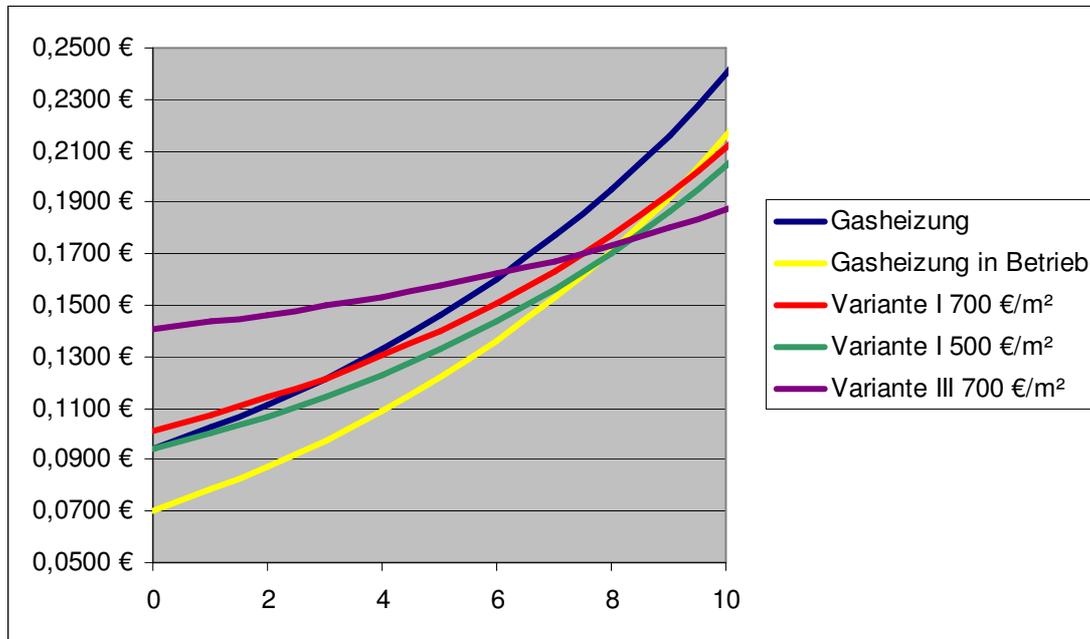


Abbildung 8: Entwicklung des Wärmepreises in den nächsten 10 Jahren

In Abbildung 8 ist deutlich zu erkennen, dass der Wärmepreis der Gasheizungen deutlich stärker ansteigt, als bei den Varianten mit einer solarthermischen Anlage. Bereits innerhalb der ersten drei Jahre wird die Variante mit einer kleinen Anlage (Variante I) und den hohen Investitionskosten unter den hier getroffenen Annahmen günstiger sein, als die Gasheizung. Nach etwa neun Jahren ist der Wärmepreis der Gasheizung der höchste Wärmepreis der hier berechneten Varianten. Voraussetzung ist immer eine gleichbleibende Steigerung des Brennstoffpreises von 12,9% jährlich.

Deutlich wird durch diese Darstellung auch, dass die Abhängigkeit vom Brennstoffpreis mit der Größe der Anlage deutlich abnimmt. Das ist daran zu erkennen, dass die Wärmepreissteigerung der Variante III, also der größten angenommenen Anlage deutlich geringer steigt, als der Preis der anderen hier dargestellten Varianten.

3.5 Amortisation

Auf Basis der in den vorigen Kapiteln berechneten Daten wurde eine Amortisationsrechnung durchgeführt. Es wurden die kumulierten Einsparungen des Brennstoffes und die kumulierten Jahreskosten gegenübergestellt.

Bei einer Gaspreissteigerung von 7,4% ergeben sich Amortisationszeiten zwischen 1 und 15 Jahren. Ab diesem Zeitpunkt überschreiten die summierten Einsparungen des Brennstoffs die Kosten, welche durch die Errichtung und den Betrieb der Anlagen entstehen.

Variante	Amortisationszeit
Variante I 500 €/m ²	<1 Jahr
Variante I 700 €/m ²	5 Jahre
Variante II 500 €/m ²	1 Jahr
Variante II 700 €/m ²	7 Jahre
Variante III 500 €/m ²	10 Jahre
Variante III 700 €/m ²	15 Jahre
Variante IV 500 €/m ²	4
Variante IV 700 €/m ²	8

Tabelle 9: Amortisationszeiten

Auch hier wird aufgrund der großen Spanne deutlich, dass die Anlagen im Einzelfall anhand konkreter Angebote zu prüfen sind.

4 CO₂-Einsparung

Bei der Verbrennung von einer Megawattstunde Erdgas werden 200 kg CO₂ emittiert.¹⁰ Die hier berechneten solarthermischen Anlagen produzieren zwischen 15,2 MWh und 42,5 MWh Wärme jährlich. Es werden also zwischen 3.040 und 8.500 Kilogramm an CO₂-Emissionen jährlich vermieden. Wird an beiden vorhandenen, baugleichen Anlagen eine Solarthermieanlage errichtet, so verdoppeln sich diese Werte und bis zu 17 Tonnen CO₂-Emissionen können jährlich vermieden werden

In ganz Deutschland gibt es 16.400 SB-Waschanlagen¹¹. Geht man davon aus, dass diese alle das gleiche Einsparpotential haben, wie die hier betrachtete Anlage, so ergibt sich ein theoretisches Einsparpotential von bis zu 278.000 Tonnen CO₂ eingespart werden. Geht man weiter von einer Gleichverteilung der Anlagen auf die Bevölkerung in ganz Deutschland aus, so sind bei einem Bevölkerungsanteil von etwa 5% an der Bevölkerung Deutschlands in Rheinland-Pfalz 820 SB-Waschanlagen angesiedelt. Bei dieser Anzahl können fast 14.000 Tonnen CO₂-Emissionen eingespart werden.

5 Zusammenfassung und Fazit

Um die Möglichkeiten einer Nutzung von Solarthermieanlagen an Autowaschanlagen darzustellen, wurden anhand einer SB-Waschanlage in Gensingen verschiedene Anlagengrößen technisch ausgelegt und anhand ihrer Jahreskosten und ihres Wärmepreises wirtschaftlich mit dem Betrieb einer reinen Gasheizung verglichen. Gewählt wurde eine SB-Waschanlage, da diese sich aufgrund des Warmwasserbedarfs im Gegensatz zu den anderen Anlagentypen (Waschstraße, Portalwaschanlage) als der sinnvollste Anwendungsbereich darstellte.

¹⁰ Kubessa, Energiekennwerte, S. 173

¹¹ Erwerb und Betrieb einer Autowaschanlage, S. 4

Die betrachteten Anlagengrößen ergaben sich aus den vorhandenen Dachflächen, einem angestrebten solaren Deckungsanteil von 30% bis 70% sowie der maximal über die BAFA förderfähigen Modulfläche von 40 m². Es wurden zwei Preisansätze bei der Berechnung verfolgt (500 €/m² und 700 €/m²), welche die Preisspanne für solche Anlagen bei der aktuellen Marktlage realistisch abdecken sollen.

Bei gleichbleibenden spezifischen Kosten für die Anlage erzielt eine kleinere Anlage günstigere Wärmepreise als eine große Anlage. Da man jedoch generell davon ausgehen kann, dass diese Kosten mit der Größe der Anlage sinken, sollten bei der Einholung von Angeboten mehrere Größen betrachtet und erneut miteinander verglichen werden.

Bei allen förderfähigen Varianten stellen sich die Wärmepreise so dar, dass eine Durchführung, spätestens nach Betrachtung der Sensitivitätsanalyse, sinnvoll erscheint. Der Betrieb einer reinen Gasheizung wird unter den angenommenen Bedingungen (Preissteigerung des Brennstoffes, wie in den Jahren 2001 bis 2007 bei 12,9%) nach zehn Jahren auch bei den höheren, angenommenen Investitionskosten den teuersten Wärmepreis ergeben.

Mit der Errichtung solarthermischer Anlagen können pro Waschanlage fast 10.000 Tonnen CO₂-Emissionen vermieden werden.

Für SB-Autowaschanlagen bietet sich die Nutzung solarthermischer Anlagen an. Mit einer Förderung sind konkurrenzfähige Wärmepreise zu erzielen. Diese sind unabhängig von den weiteren Entwicklungen auf dem nationalen und internationalen Energiemarkt und bleiben daher für die nächsten Jahre stabil.

Ziel des weiteren Vorgehens sollte nun die Umsetzung von solarthermischen Anlagen an Autowaschanlagen sein. In diesem Sinne kann eine Informationsbroschüre erstellt werden, welche den Autowaschanlagenbetreibern zugesandt wird. Diese sollte die

Möglichkeit beinhalten sich als Interessent für eine solarthermische Anlage zu registrieren. Als Anreiz für die ersten Anlagen sollte eine Zusatzförderung durch das Land durchgeführt werden, um eine Initialzündung zu liefern. Die Koordination des weiteren Vorgehens kann vom IfaS übernommen werden. Hierzu sollten zunächst Informationsveranstaltungen zu dieser Thematik durchgeführt werden. Diese können in Abstimmung mit Tankstellenverbänden (Bundesverband Tankstellen und Gewerbliche Autowäsche Deutschland e.V. (BTG - Minden)) stattfinden. Diese Veranstaltungen richten sich an Betreiber von Autowaschanlagen.

Literaturverzeichnis

Solare Trinkwassererwärmung mit Großanlagen: praktische Erfahrung; ein Informationspaket / Hrsg. Fachinformationszentrum Karlsruhe, Gesellschaft für Wissenschaftlich-Technische Information mbH. F.A. Peuser; Köln: TÜV-Verl., 1999

Energiekennwerte: Handbuch für Beratung, Planung, Betrieb / Hrsg. Michael Kubessa; Potsdam: Brandenburgische Energiesparagentur, 1998

Preise: Daten zur Energiepreisentwicklung – Lange Reihen von Januar 2000 bis Februar 2008 - / Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2008

Sechster Energiebericht der Landesregierung / Landtag Rheinland Pfalz, 2006

www.tankstellenmesse.de

www.bafa.de

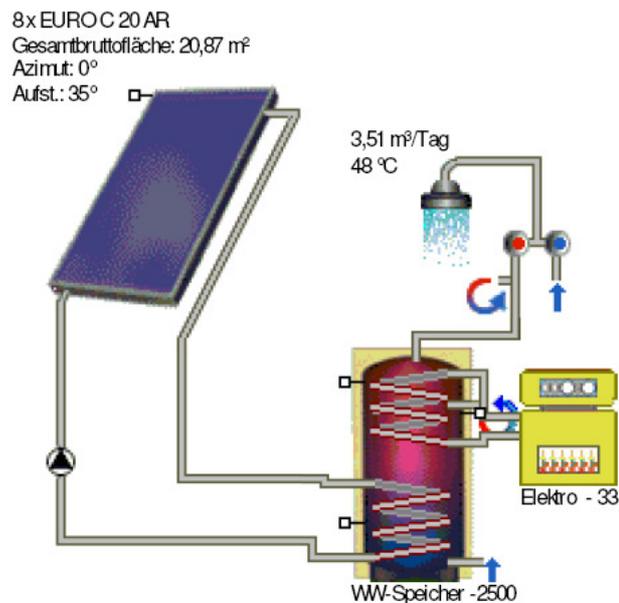
www.bmu.de

www.kfw-foerderbank.de

Anhang

Simulation mit T*Sol

Auslegung nach Dachfläche



Ergebnisse der Jahressimulation

Installierte Kollektorleistung:	14,61 kW	
Einstrahlung Kollektorfläche:	22,45 MWh	1.182,78 kWh/m ²
Abgegebene Energie Kollektoren:	15,70 MWh	826,92 kWh/m ²
Abgegebene Energie Kollektorkreis:	15,20 MWh	800,48 kWh/m ²
Energief Lieferung	56,53 MWh	
Trinkwarmwassererwärmung:		
Energie Solarsystem an Warmwasser:	15,2 MWh	
Zugeführte Energie Zusatzheizung:	42,88 MWh	

Einsparung Erdgas H:	1.637,7 m³
Vermiedene CO₂-Emissionen:	3.463,24 kg
Deckungsanteil Warmwasser:	26,2 %
Anteilige Energieeinsparung (prEN 12976):	26,9 %
Systemnutzungsgrad:	67,7 %

Vorgaben

Klimadaten

Standort:	Gensingen
Klimadatensatz:	"Bad Kreuznach"
Jahressumme Globalstrahlung:	1065,08 kWh
Breitengrad:	49,85 °
Längengrad:	-7,87 °

Trinkwarmwasser

Durchschnittlicher Tagesverbrauch:	3,51 m ³
Solltemperatur:	48 °C
Lastprofil:	Geschäftszeiten
Kaltwassertemperatur:	Februar: 8 °C / August: 12 °C

Anlagenkomponenten

Kollektorkreis

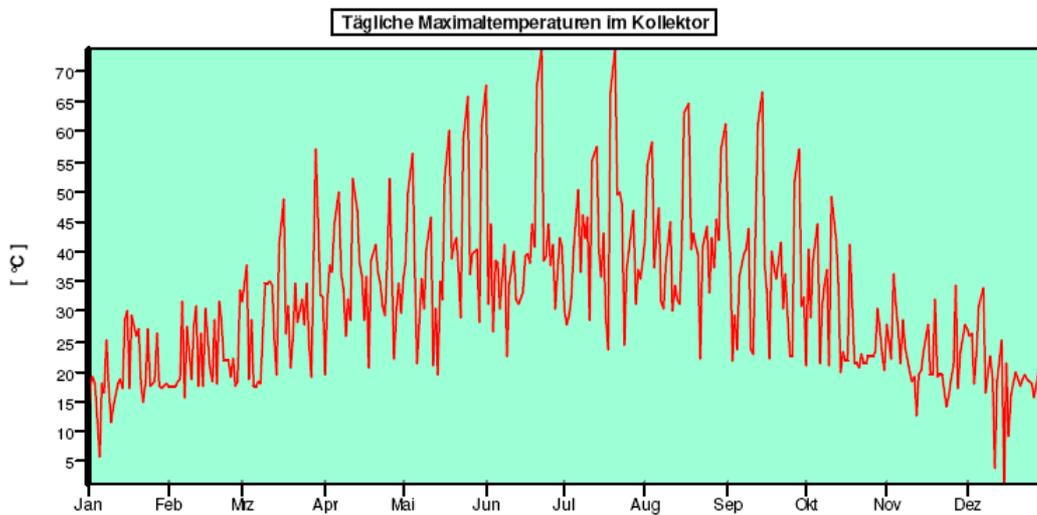
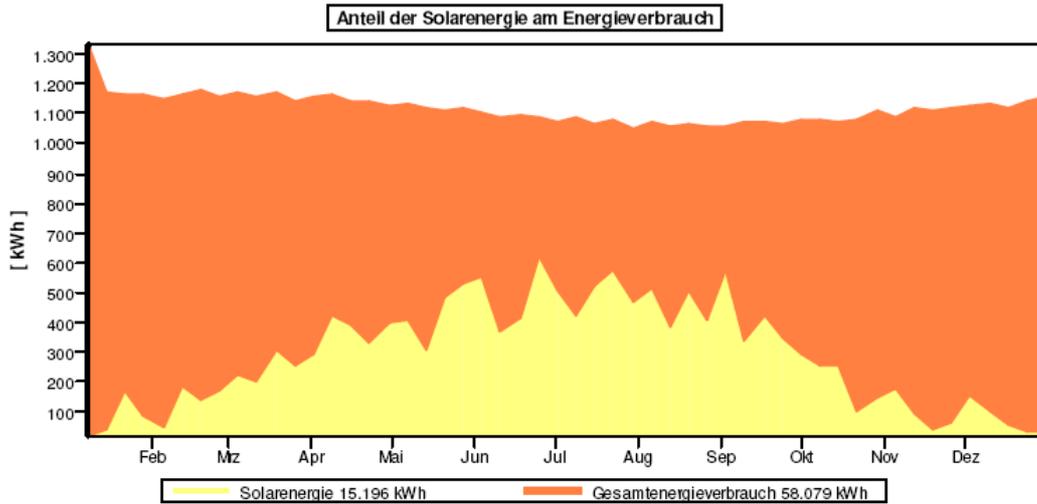
Hersteller:	Wagner & Co
Typ:	 EURO C 20 AR
Anzahl:	8,00
Gesamtbruttofläche:	20,873 m ²
Gesamtbezugsfläche :	18,984 m ²
Aufstellwinkel:	35 °
Azimut:	0 °

Bivalenter Trinkwasserspeicher

Hersteller:	T*SOL Bibliothek
Typ:	 WW-Speicher -2500
Volumen:	2500 l

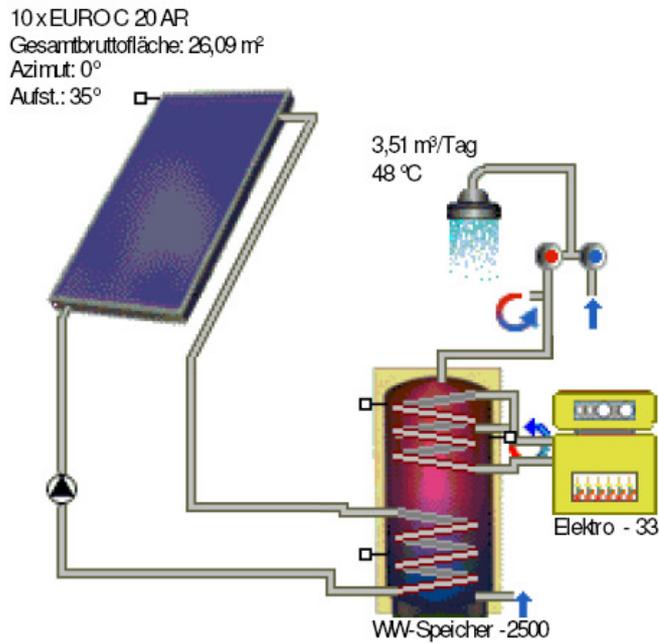
Zusatzheizung

Hersteller:	T*SOL Bibliothek
Typ:	 Elektro - 33
Nennleistung:	33 kW



Die Berechnungen wurden mit dem Simulationsprogramm für thermische Solaranlagen T*SOL Pro 4.4 durchgeführt. Die Ergebnisse sind durch eine mathematische Modellrechnung mit einer variablen Zeitschrittweite von max. 6 Minuten ermittelt worden. Die tatsächlichen Erträge können aufgrund von Schwankungen des Wetters, des Verbrauchs und anderen Faktoren davon abweichen. Das obige Anlagenschema ersetzt keine fachtechnische Planung der Solaranlage.

Deckungsanteil 30%



Ergebnisse der Jahressimulation

Installierte Kollektorleistung:	18,26 kW	
Einstrahlung Kollektorfläche:	28,07 MWh	1.182,78 kWh/m ²
Abgegebene Energie Kollektoren:	18,89 MWh	795,94 kWh/m ²
Abgegebene Energie Kollektorkreis:	18,19 MWh	766,57 kWh/m ²
Energief Lieferung	56,53 MWh	
Trinkwarmwassererwärmung:		
Energie Solarsystem an Warmwasser:	18,19 MWh	
Zugeführte Energie Zusatzheizung:	39,96 MWh	

Einsparung Erdgas H:	1.960,1 m³
Vermiedene CO₂-Emissionen:	4.144,94 kg
Deckungsanteil Warmwasser:	31,3 %
Anteilige Energieeinsparung (prEN 12976):	31,9 %
Systemnutzungsgrad:	64,8 %

Vorgaben

Klimadaten

Standort:	Gensingen
Klimadatensatz:	"Bad Kreuznach"
Jahressumme Globalstrahlung:	1065,08 kWh
Breitengrad:	49,85 °
Längengrad:	-7,87 °

Trinkwarmwasser

Durchschnittlicher Tagesverbrauch:	3,51 m ³
Solltemperatur:	48 °C
Lastprofil:	Geschäftszeiten
Kaltwassertemperatur:	Februar: 8 °C / August: 12 °C

Anlagenkomponenten

Kollektorkreis

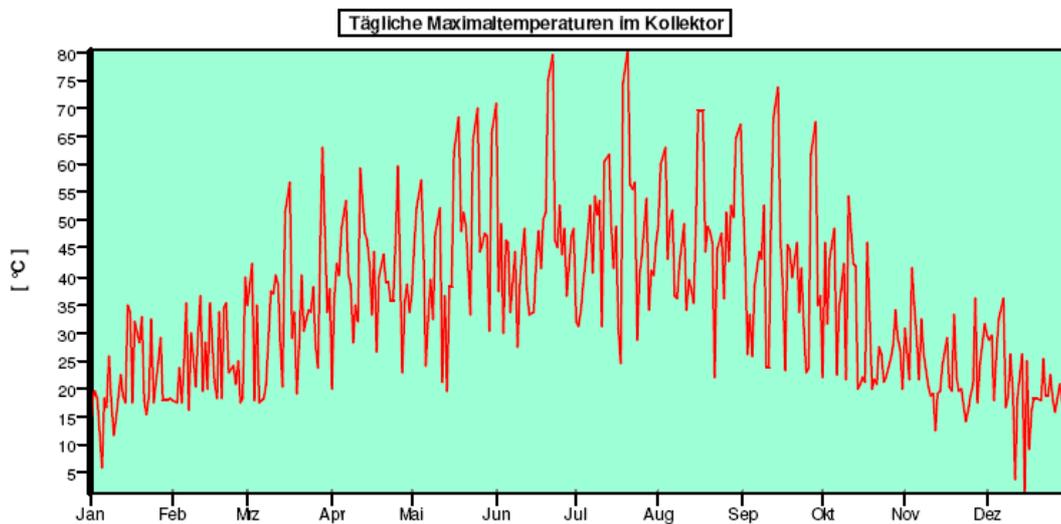
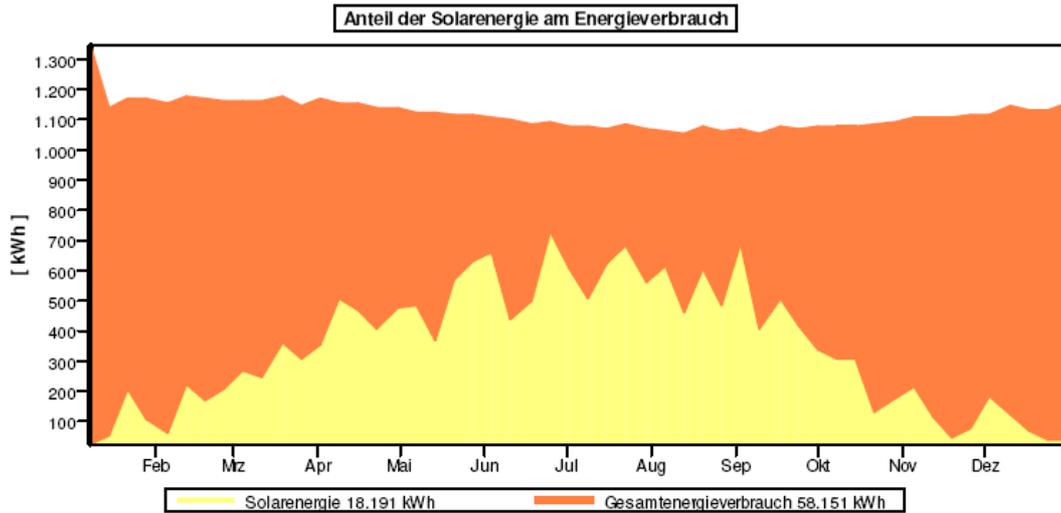
Hersteller:	Wagner & Co
Typ:	 EURO C 20 AR
Anzahl:	10,00
Gesamtbruttofläche:	26,092 m ²
Gesamtbezugsfläche :	23,73 m ²
Aufstellwinkel:	35 °
Azimut:	0 °

Bivalenter Trinkwasserspeicher

Hersteller:	T*SOL Bibliothek
Typ:	 WW-Speicher -2500
Volumen:	2500 l

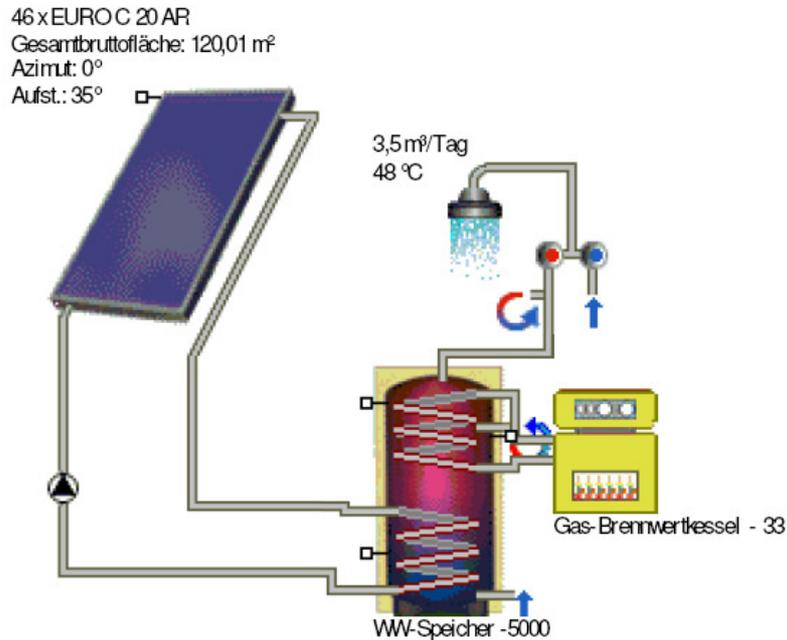
Zusatzheizung

Hersteller:	T*SOL Bibliothek
Typ:	 Elektro - 33
Nennleistung:	33 kW



Die Berechnungen wurden mit dem Simulationsprogramm für thermische Solaranlagen T*SOL Pro 4.4 durchgeführt. Die Ergebnisse sind durch eine mathematische Modellrechnung mit einer variablen Zeitschrittweite von max. 6 Minuten ermittelt worden. Die tatsächlichen Erträge können aufgrund von Schwankungen des Wetters, des Verbrauchs und anderen Faktoren davon abweichen. Das obige Anlagenschema ersetzt keine fachtechnische Planung der Solaranlage.

Deckungsgrad 70%



Ergebnisse der Jahressimulation

Installierte Kollektorleistung:	84,01 kW	
Einstrahlung Kollektorfläche:	129,11 MWh	1.182,78 kWh/m ²
Abgegebene Energie Kollektoren:	46,99 MWh	430,48 kWh/m ²
Abgegebene Energie Kollektorkreis:	42,53 MWh	389,66 kWh/m ²
Energielieferung	56,37 MWh	
Trinkwarmwassererwärmung:		
Energie Solarsystem an Warmwasser:	42,53 MWh	
Zugeführte Energie Zusatzheizung:	17,73 MWh	

Einsparung Erdgas H:	5.033,4 m³
Vermiedene CO₂-Emissionen:	10.643,88 kg
Deckungsanteil Warmwasser:	70,6 %
Anteilige Energieeinsparung (prEN 12976):	69,7 %
Systemnutzungsgrad:	32,9 %

Vorgaben

Klimadaten

Standort:	Gensingen
Klimadatensatz:	"Bad Kreuznach"
Jahressumme Globalstrahlung:	1065,08 kWh
Breitengrad:	49,85 °
Längengrad:	-7,87 °

Trinkwarmwasser

Durchschnittlicher Tagesverbrauch:	3,5 m ³
Solltemperatur:	48 °C
Lastprofil:	Geschäftszeiten
Kaltwassertemperatur:	Februar: 8 °C / August: 12 °C

Anlagenkomponenten

Kollektorkreis

Hersteller:	Wagner & Co
Typ:	 EURO C 20 AR
Anzahl:	46,00
Gesamtbruttofläche:	120,014 m ²
Gesamtbezugsfläche :	109,158 m ²
Aufstellwinkel:	35 °
Azimut:	0 °

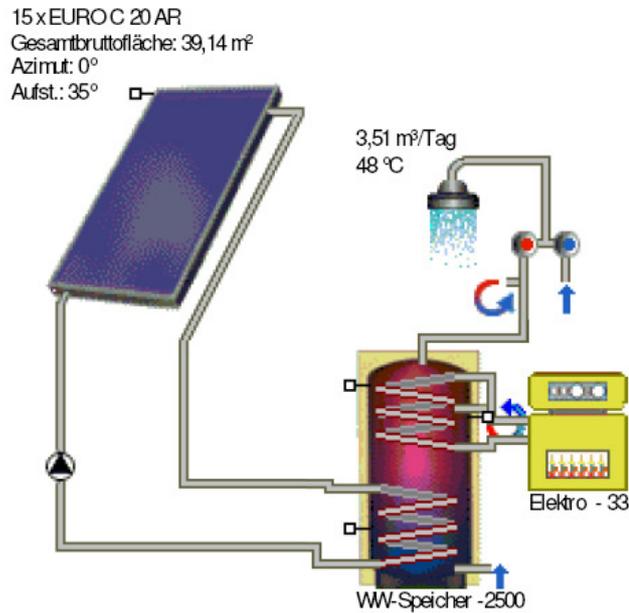
Bivalenter Trinkwasserspeicher

Hersteller:	T*SOL Bibliothek
Typ:	 WW-Speicher -5000
Volumen:	5 m ³

Zusatzheizung

Hersteller:	T*SOL Bibliothek
Typ:	 Gas-Brennwertkessel - 33
Nennleistung:	33 kW

40 m² Modulfläche



Ergebnisse der Jahressimulation

Installierte Kollektorleistung:	27,40 kW	
Einstrahlung Kollektorfläche:	42,10 MWh	1.182,78 kWh/m ²
Abgegebene Energie Kollektoren:	25,64 MWh	720,32 kWh/m ²
Abgegebene Energie Kollektorkreis:	24,58 MWh	690,63 kWh/m ²
Energiefieferung	56,53 MWh	
Trinkwarmwassererwärmung:		
Energie Solarsystem an Warmwasser:	24,58 MWh	
Zugeführte Energie Zusatzheizung:	33,78 MWh	

Einsparung Erdgas H:	2.646,8 m³
Vermiedene CO₂-Emissionen:	5.597,07 kg
Deckungsanteil Warmwasser:	42,1 %
Anteilige Energieeinsparung (prEN 12976):	42,4 %
Systemnutzungsgrad:	58,4 %

Vorgaben

Klimadaten

Standort:	Gensingen
Klimadatensatz:	"Bad Kreuznach"
Jahressumme Globalstrahlung:	1065,08 kWh
Breitengrad:	49,85 °
Längengrad:	-7,87 °

Trinkwarmwasser

Durchschnittlicher Tagesverbrauch:	3,51 m ³
Solltemperatur:	48 °C
Lastprofil:	Geschäftszeiten
Kaltwassertemperatur:	Februar: 8 °C / August: 12 °C

Anlagenkomponenten

Kollektorkreis

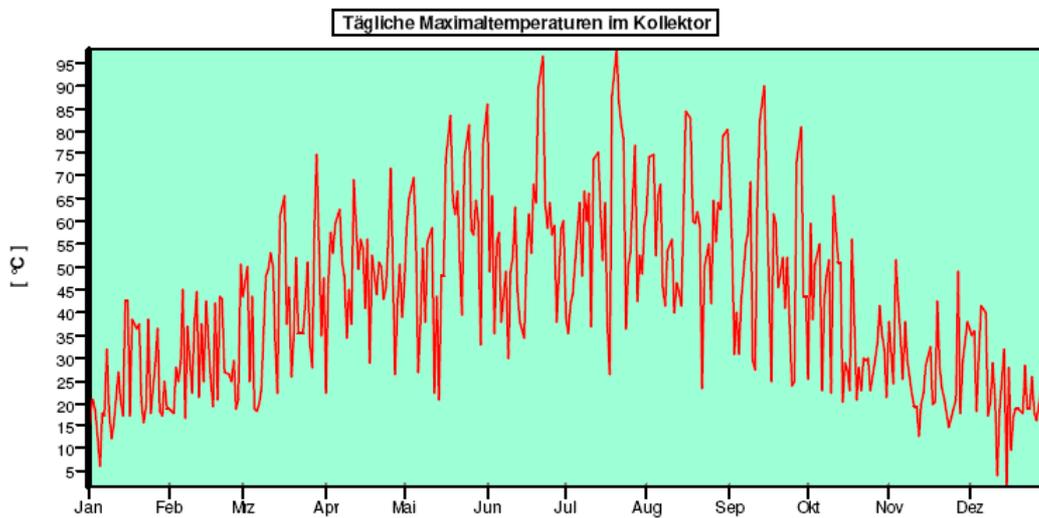
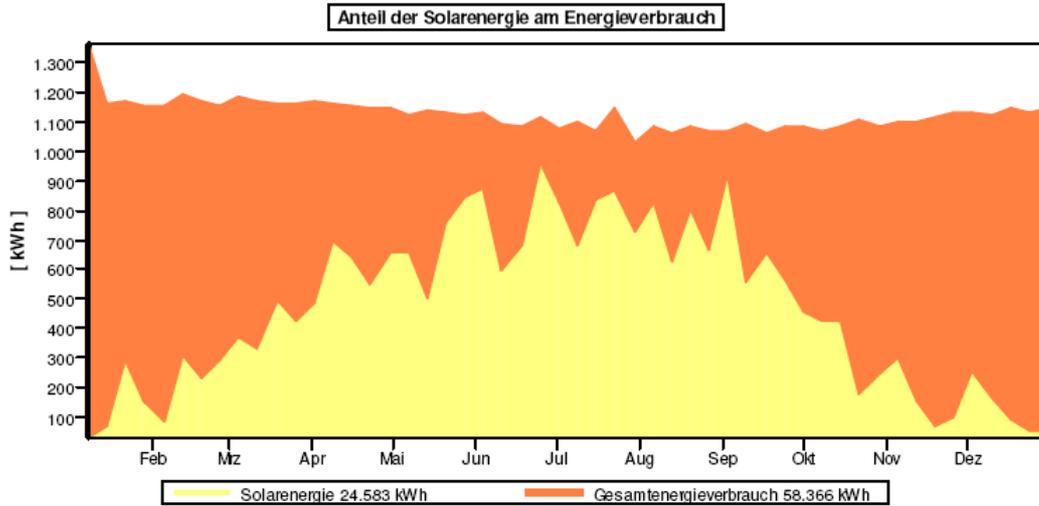
Hersteller:	Wagner & Co
Typ:	 EURO C 20 AR
Anzahl:	15,00
Gesamtbruttofläche:	39,137 m ²
Gesamtbezugsfläche :	35,595 m ²
Aufstellwinkel:	35 °
Azimut:	0 °

Bivalenter Trinkwasserspeicher

Hersteller:	T*SOL Bibliothek
Typ:	 WW-Speicher -2500
Volumen:	2500 l

Zusatzheizung

Hersteller:	T*SOL Bibliothek
Typ:	 Elektro - 33
Nennleistung:	33 kW



Die Berechnungen wurden mit dem Simulationsprogramm für thermische Solaranlagen T*SOL Pro 4.4 durchgeführt. Die Ergebnisse sind durch eine mathematische Modellrechnung mit einer variablen Zeitschrittweite von max. 6 Minuten ermittelt worden. Die tatsächlichen Erträge können aufgrund von Schwankungen des Wetters, des Verbrauchs und anderen Faktoren davon abweichen. Das obige Anlagenschema ersetzt keine fachtechnische Planung der Solaranlage.

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Anlage I		Anlage II		Anlage III		Anlage IV	
Fläche	20 m ²	Fläche	26 m ²	Fläche	120 m ²	Fläche	40 m ²
Leistung	14,61 kW	Leistung	18,26 kW	Leistung	84,01 kW	Leistung	27,4 kW
Energielieferung Solar	15,19 MWh	Energielieferung Solar	17,00 MWh	Energielieferung Solar	42,53 MWh	Energielieferung Solar	24,58 MWh
Deckungsanteil	27%	Deckungsanteil	30%	Deckungsanteil	75%	Deckungsanteil	43%
Investitionskosten niedrig	10.000 €	Investitionskosten niedrig	13.000 €	Investitionskosten niedrig	60.000 €	Investitionskosten niedrig	20.000 €
Investitionskosten hoch	14.000 €	Investitionskosten hoch	18.200 €	Investitionskosten hoch	84.000 €	Investitionskosten hoch	28.000 €
Fördermittel	2.100 €	Fördermittel	2.730 €	Fördermittel niedrig	18.000 €	Fördermittel	4.200 €
				Fördermittel hoch	25.200 €		
				Kapitalkosten niedrig	3.713 €		
				Kapitalkosten hoch	5.198 €		
Wartungs-, Stromkosten niedrig	130 €	Wartungs-, Stromkosten niedrig	169 €	Wartungs-, Stromkosten niedrig	780 €	Wartungs-, Stromkosten niedrig	260 €
Wartungs-, Stromkosten hoch	182 €	Wartungs-, Stromkosten hoch	237 €	Wartungs-, Stromkosten hoch	1.092 €	Wartungs-, Stromkosten hoch	364 €
Jahreskosten niedrig	737 €	Jahreskosten niedrig	959 €	Jahreskosten niedrig	4.493 €	Jahreskosten niedrig	1.475 €
Jahreskosten hoch	1.097 €	Jahreskosten hoch	1.426 €	Jahreskosten hoch	6.290 €	Jahreskosten hoch	2.194 €
Wärmepreis niedrig	0,0485 €/kWh	Wärmepreis niedrig	0,0564 €/kWh	Wärmepreis niedrig	0,1056 €/kWh	Wärmepreis niedrig	0,0600 €/kWh
Wärmepreis hoch	0,0722 €/kWh	Wärmepreis hoch	0,0839 €/kWh	Wärmepreis hoch	0,1479 €/kWh	Wärmepreis hoch	0,0892 €/kWh
Einsparung Brennstoff	760 €/Jahr	Einsparung Brennstoff	850 €/Jahr	Einsparung Brennstoff	2.127 €/Jahr	Einsparung Brennstoff	1.229 €/Jahr
Wärmepreis niedrig inkl. Brennstoffeinsparung	-0,0015 €/kWh	Wärmepreis niedrig inkl. Brennstoffeinsparung	0,0064 €/kWh	Wärmepreis niedrig inkl. Brennstoffeinsparung	0,0556 €/kWh	Wärmepreis niedrig inkl. Brennstoffeinsparung	0,0100 €/kWh
Wärmepreis hoch inkl. Brennstoffeinsparung	0,0222 €/kWh	Wärmepreis hoch inkl. Brennstoffeinsparung	0,0339 €/kWh	Wärmepreis hoch inkl. Brennstoffeinsparung	0,0979 €/kWh	Wärmepreis hoch inkl. Brennstoffeinsparung	0,0392 €/kWh
Kombiniert		Kombiniert		Kombiniert		Kombiniert	
Investitionskosten niedrig	22.000 €	Investitionskosten	25.000 €	Investitionskosten	72.000 €	Investitionskosten	32.000 €
Investitionskosten hoch	26.000 €	Investitionskosten hoch	30.200 €	Investitionskosten hoch	96.000 €	Investitionskosten hoch	40.000 €
Fördermittel	2.100 €	Fördermittel	2.730 €	Fördermittel	18.000 €	Fördermittel	4.200 €
laufende Kosten niedrig	2.422 €	laufende Kosten niedrig	2.643 €	laufende Kosten niedrig	6.177 €	laufende Kosten niedrig	3.159 €
laufende Kosten hoch	2.781 €	laufende Kosten hoch	3.110 €	laufende Kosten hoch	7.974 €	laufende Kosten hoch	3.878 €
Menge Erdgas	41,34 MWh	Menge Erdgas	39,53 MWh	Menge Erdgas	14,00 MWh	Menge Erdgas	31,95 MWh
Kosten Erdgas	0,0500 €/kWh						
Grundgebühr Erdgas	25 €/Monat						
Brennstoffkosten	2.367 €	Brennstoffkosten	2.277 €	Brennstoffkosten	1.000 €	Brennstoffkosten	1.898 €
Jahreskosten niedrig	4.789 €	Jahreskosten niedrig	4.920 €	Jahreskosten niedrig	7.177 €	Jahreskosten niedrig	5.057 €
Jahreskosten hoch	5.148 €	Jahreskosten hoch	5.387 €	Jahreskosten hoch	8.974 €	Jahreskosten hoch	5.776 €
Wärmepreis niedrig	0,0941 €	Wärmepreis niedrig	0,0967 €	Wärmepreis niedrig	0,1411 €	Wärmepreis niedrig	0,0994 €
Wärmepreis hoch	0,1012 €	Wärmepreis hoch	0,1059 €	Wärmepreis hoch	0,1764 €	Wärmepreis hoch	0,1135 €

Allgemeine Faktoren		
Gesamtenergiebedarf	56,53	MWh
spez. Kosten niedrig	500 €	/m ²
spez. Kosten hoch	700 €	/m ²
realer Zinssatz	4,50%	
Betrachtungsdauer	20	Jahre
Annuitätenfaktor	0,0769	
Förderung		
Anlage 9 - 40 m ²	105 €	/m ²
Wartungskosten	1,00%	
Hilfstrom	0,30%	

Gasheizung			Gasheizung ohne Erneuerung		
Leistung	35	kW	Leistung	35	kW
Investitionskosten	12.000 €				
realer Zinssatz	8,00%				
Betrachtungsdauer	20	Jahre			
Annuitätenfaktor	0,1019				
Kapitalkosten	1.222 €	/Jahr			
Kosten Erdgas	0,0500 €	/kWh	Kosten Erdgas	0,0500 €	/kWh
Grundgebühr Erdgas	25 €	/Monat	Grundgebühr Erdgas	25 €	/Monat
Menge Erdgas	56,53	MWh/Jahr	Menge Erdgas	56,53	MWh/Jahr
Brennstoffkosten	3.127 €	/Jahr	Brennstoffkosten	3.127 €	/Jahr
Betriebsstromkosten	42 €	/Jahr	Betriebsstromkosten	42 €	/Jahr
Wartungskosten	420 €	/Jahr	Wartungskosten	420 €	/Jahr
Jahreskosten	4.811 €	/Jahr	Jahreskosten	3.589 €	/Jahr
Wärmepreis	0,0946 €	/kWh	Wärmepreis	0,0705 €	/kWh