

Solarunterstützte Wärmenetze

Zweigeteiltes Projekt: Biomasse-Nahwärmenetze mit Solaranlagen, Untersuchung der ökonomischen und ökologischen Sinnhaftigkeit der Koppelung von zwei CO₂-neutralen Energieträgern; Solaranlagen für Mehrfamilienhäuser, Erstellung von standardisierten Systemkonzepten und Planungsrichtlinien.

Zusammenfassung des Projektes

Einleitung:

In Österreich werden in zunehmendem Maße sowohl Nahwärmenetze als auch Wärmenetze in Mehrfamilienhäusern durch Solaranlagen unterstützt. Kleine und mittlere Nahwärmenetze werden in Österreich primär mit Biomasse betrieben. Ende 1998 waren 444 Biomasse-Nahwärmenetze in Betrieb, wovon 12 im Sommer durch eine Solaranlage unterstützt werden. Im Geschosswohnbau wurden in den letzten Jahren rund 300 bis 350 thermische Solaranlagen realisiert. Beide Arten der Nutzung der Solarenergie bieten neue, über den bereits gut abgedeckten Markt der Einfamilienhäuser hinausgehende, Märkte für Sonnenkollektoranlagen.

Für solarunterstützte Biomasse- Nahwärmenetze ergeben sich aufgrund unterschiedlicher Rahmenbedingungen andere Fragestellungen als für Solaranlagen für die Mehrfamilienhäuser. Aus diesem Grund ist das Projekt auch zweigeteilt.

Projektteil Nahwärmenetze

Ausgangslage und Aufgabenstellung

- Technisch sind (sollten) die Solaranlagen auf gutem Stand, da sie zumeist groß genug sind, um von einem spezialisierten Planer (ev. im Subauftrag für den Generalplaner) ausgelegt zu werden.
- Da Nahwärmenetze vorwiegend mit Biomasse betrieben werden, sind CO₂ und erneuerbare Energieträger keine Entscheidungskriterien für oder gegen eine Solaranlage.
- Nahwärmenetze müssen als Ganzes vorwiegend wirtschaftlich betrieben werden.
- Daher ergibt sich als in dem vorliegenden Projekt behandelte Fragestellung die ökonomische und ökologische (Schadstoffe außer CO₂) Sinnhaftigkeit der Koppelung von Biomasse-Nahwärmenetzen mit Solaranlagen.

Methodischer Ansatz

In diesem Projektteil wurde an 355 Biomasse-Nahwärmenetze ein Fragebogen über technische und wirtschaftliche Daten versendet. Auch das Teillastverhalten von Biomassekesseln von verschiedenen Herstellern wurde über Fragebogen erhoben. Leider war hier der Rücklauf bisher sehr gering. Aus diesen Daten heraus wurden vier signifikante Referenzanlagen (125, 600, 1500 und 5000 kW Anschlussleistung bzw. 120, 600, 1000, 3500 m² Kollektorfläche) definiert.

Für diese Anlagen wurde eine Analyse der Wirtschaftlichkeit (nach VDI 2067) unter Berücksichtigung von 3 Varianten des Brennstoffeinsatzes (reine Biomasseanlage ohne Ölkessel (Variante 1), Biomasseanlage mit Öl-Spitzenkessel im Sommer der auch mit Solaranlage den Restheizenergiebedarf liefert (Variante 2) und eine Anlage welche die Sommerdeckung vor dem Bau der Solaranlage mit Biomasse und danach mit einem bestehenden Ölkessel durchführt (Variante 3)) durchgeführt. Zur Abschätzung von solarem Jahresdeckungsgrad, solarem Sommerdeckungsgrad und der eingesparten Wärmeenergie durch die Solaranlage wurde ein einfacher Berechnungsalgorithmus unter Verwendung von Nomogrammen und Anpassungsfaktoren für die Bestimmung erarbeitet. Die Faktoren wurden mit Hilfe des Simulationspaketes SHWwin errechnet.

Zur Veranschaulichung des Einflusses von verschiedenen Parametern auf die Wirtschaftlichkeit wurden Sensitivitätsanalysen durchgeführt.

Zielsetzungen

Das **Ziel** des Projektteiles Biomasse-Nahwärmenetze ist, einen Kriterienkatalog zu erstellen, unter welchen Umständen (Anlagengröße, Anlagenkonzeption und Art und Höhe der Anlagenförderung) eine Solarunterstützung von Biomasse-Nahwärmenetzen ökonomisch und ökologisch sinnvoll ist.

Zur Beantwortung dieser Frage soll ein Kriterienkatalog in Abhängigkeit von Anlagengröße, Anlagenkonzeption und Art und Höhe der Anlagenförderung, erstellt werden, der eine ökonomische und ökologische Entscheidungsfindung für oder gegen eine Kombination aus Biomassekessel und Solaranlage ermöglicht.

Die Ergebnisse stehen primär den öffentlichen Förderstellen und Planern zur Verfügung.

Ergebnisse

65 Fragebögen konnten ausgewertet werden. Die meisten Netze weisen eine zu geringe Leistungsdichte auf, was sich auf die Kostensituation auswirkt. Große Netze haben tendenziell mehr Kessel als kleine. Es zeigen sich stark erhöhte CO-Emissionen für jeden Start- und Stopvorgang. Eine Lebensdauerverlängerung des Biomassekessels aufgrund sommerlichen Stillstandes kann aufgrund unterschiedlicher und weniger Rückmeldungen nicht angenommen werden.

Als Beispiele für die Analyse der Wirtschaftlichkeit zeigt Abb. 1 die Amortisationsdauer der Solaranlage für die vier Referenzsysteme und 3 Varianten und Abb.2 die Sensitivitätsanalyse für Variante 2, Anlage 1. Die Wirtschaftlichkeit der Installation einer Solaranlage ist stark abhängig von der Ausgangssituation hinsichtlich des Sommerbetriebes eines Nahwärmenetzes. Bei Anlagen, die im Sommer mit einem Ölkessel betrieben werden ist am ehesten ein wirtschaftlicher Betrieb erreichbar.

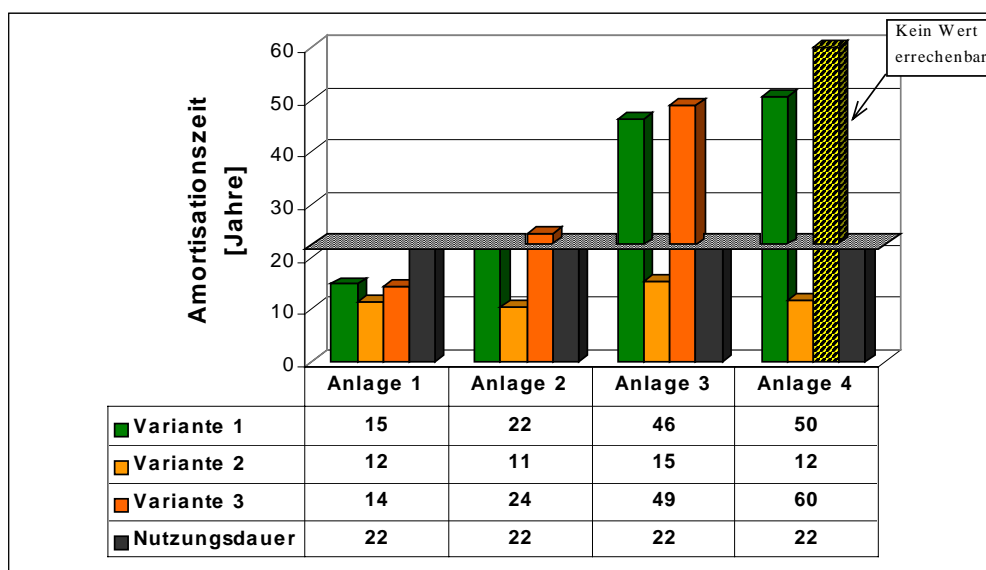


Abb. 1 Amortisationszeit der Solaranlage

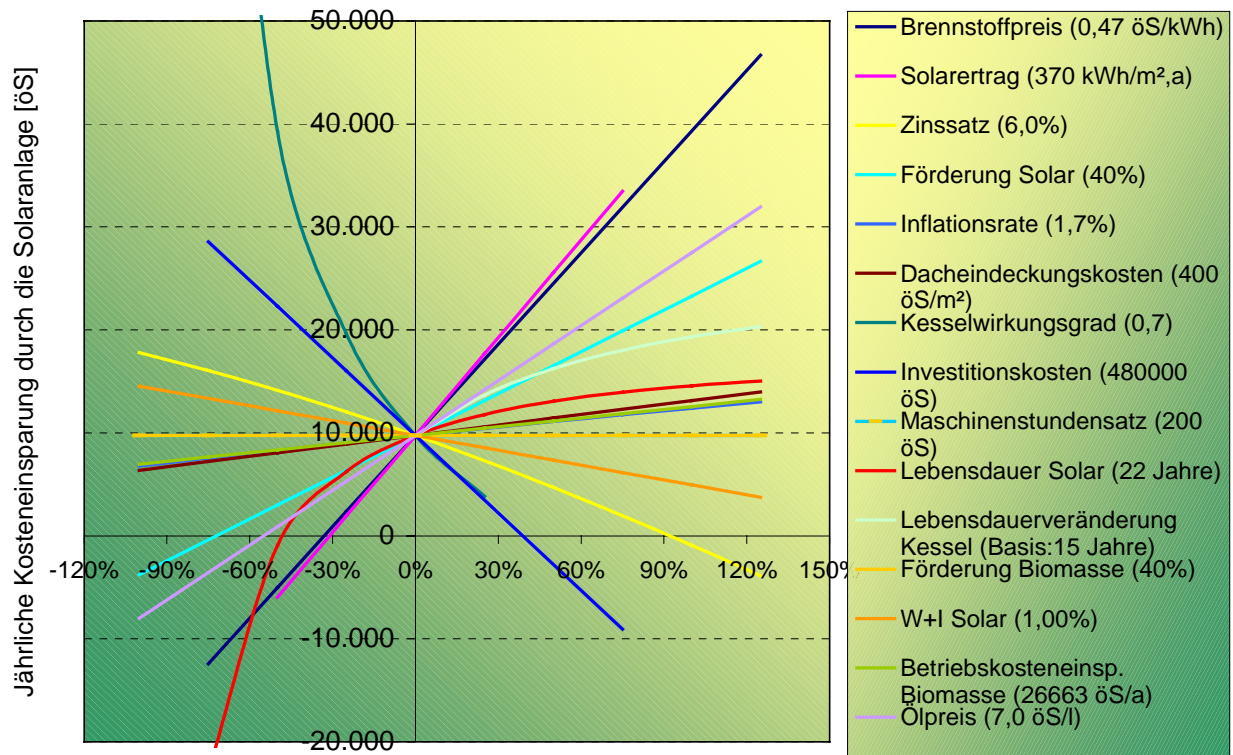


Abbildung 2: Sensitivitätsanalyse für Variante 2, Anlage 1

Die technischen Parameter, welche die Wirtschaftlichkeit am stärksten beeinflussen sind der Solarertrag und der Kesselwirkungsgrad. Die sensitivsten wirtschaftlichen Parameter sind die Investitionskosten für die Solaranlage, der Mischpreis für die eingesparten Brennstoffe und die Förderquote für die Solaranlage.

Um Benutzern des Kriterienkataloges auch eine Schnellabschätzung von Deckungsgraden und eingesparten Energien sowie eine Grobauslegung zu ermöglichen, wurde mit Hilfe des Simulationsprogrammes SHWwin ein Algorithmus entwickelt, der dies ermöglichen soll. Die Basis für den Algorithmus stellt ein Ausgangs-Nomogramm (siehe Abb. 3) dar, dass mit einer bestimmten Konstellation hinsichtlich der Netztemperaturen und anderer Parameter erstellt wurde. Um auch Anlagen mit von der Ausgangskonstellation abweichenden Parametern berechnen zu können, wurden für jeden dieser Parameter Anpassungsfaktoren (Auf- oder Abminderungsfaktoren) für unterschiedliche Werte ermittelt. Mit Hilfe dieses Nomogrammes sind Genauigkeiten bei der Berechnung des Jahresdeckungsgrades und der eingesparten Energie von \pm ca. 5 % und beim Sommerdeckungsgrad von \pm ca. 10 % möglich. Die folgenden Parameter wurden berücksichtigt:

- Anlagenanschlussleistung (=Gesamtheizlast)
- Spez. Kollektorfläche [m²/kW Anschlussleistung]
- Spez. Puffervolumen [m³/kW Anschlussleistung]
- Neigung des Kollektors
- Azimut des Kollektors
- Betriebsweise im Sommer (kontinuierlich oder intermittierend)
- Warmwasserbedarf
- Netztemperaturen (Vorlauf und Rücklauf) bei der Auslegungstemperatur
- Netztemperaturen im Sommer
- Auslegungstemperatur
- Heizbeginnntemperatur
- Klimadaten

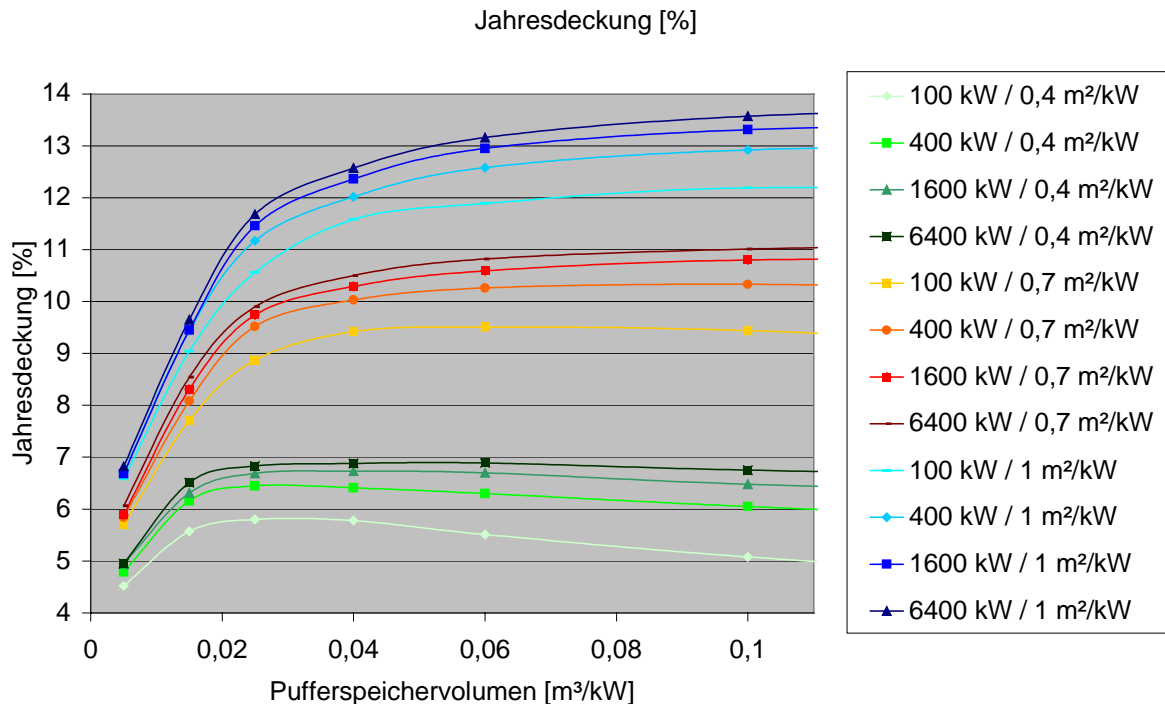


Abbildung 3: Ausgangsnomogramm für den Standort Graz (Relativwerte beziehen sich auf die maximale Wärmelast des Fernwärmenetzes)

Projektteil Mehrfamilienhäuser

Ausgangslage und Aufgabenstellung

- Solartechnikfirmen liefern in der Regel keine „Systeme“ sondern meist nur Kollektoren und Komponenten. Die Planung der Anlage und die Kopplung an die Haustechnik bleibt dem Haustechnikplaner überlassen. Aufgrund des geringen Alters der Technologie wird von den Planern hier oft Neuland betreten.
- Solaranlagen werden in der Regel an konventionelle Energiequellen und Wärmeverteilnetze gekoppelt, ohne die Erfordernisse für günstige Betriebsweisen von Solaranlagen zu berücksichtigen.
- Nachteilige Anlagendimensionierung (Beschränkter bzw. falscher Einsatz von Simulationsprogrammen) – keine verfügbaren Erfahrungswerte.

Die Aufgabenstellung im Projektteil „Solaranlagen für Mehrfamilienhäuser“ ist daher die Erarbeitung von optimierten und standardisierten Systemkonzepten sowie Dimensionierungsrichtlinien, die auch von Haustechnikplanern mit wenig Erfahrung im Bereich Solarthermie umgesetzt werden können. Neben der Systemtechnik werden schwerpunktmäßig Kostenanalysen durchgeführt und erzielbare Wärmepreise ermittelt.

Methodischer Ansatz

Als ersten Schritt wurde der Stand der Technik von thermischen Solarsystemen in Mehrfamilienhäusern mittels Literaturrecherche und Analyse von verfügbaren Messergebnissen aus realisierten Anlagen dokumentiert. Basierend auf diesen Arbeiten wurde eine Typologie von Hydraulikkonzepten, die 13 verschiedene Schaltungsmöglichkeiten umfasst, erstellt und die Vor- bzw. Nachteile beschrieben. Für die weiterführenden Optimierungsarbeiten wurden daraus 4 vielversprechende Konzepte ausgewählt und in der Simulationsumgebung TRNSYS modelliert. Ebenso wurden für die Optimierungsrechnungen 3 Referenzgebäude (5, 12 und 48 Wohneinheiten) definiert und in TRNSYS modelliert. Für drei der vier Referenzhydraulikkonzepte wurde bereits eine benutzerfreundliche Simulationsoberfläche (TRNSSED) erstellt. Anhand der Referenzsysteme wurden umfangreiche Kostenermittlungen mittels Musterausschreibungen sowohl für das Solarsystem wie auch das Wärmeverteilssystem durchgeführt.

Unter Berücksichtigung der Simulationsergebnisse und der Kostenermittlung werden nach VDI 2067 Wärmepreise für die Referenzsysteme bei verschiedenen Dimensionierungsansätzen ermittelt und verglichen.

Zielsetzungen

Standardisierte Systemkonzepte und Dimensionierungsrichtlinien, die gesicherte Ertragsprognosen unter möglichst ökonomischen Rahmenbedingungen zulassen, werden in einer Planungsbroschüre zusammengefasst. Diese Broschüre, die einen Leitfaden bei Konzeptwahl, Dimensionierung und Betrieb der Anlage geben wird, steht den partizipierenden Firmen sowie interessierten Haustechnikplanern am Ende des Projektes zur Verfügung.

Ergebnisse

Alle Referenzsysteme wurden in der dynamischen Simulationsumgebung TRNSYS modelliert und für drei davon bereits eine komfortable Benutzeroberfläche (TRNSED) erstellt. Beispielhaft für die vier modellierten Referenzsysteme ist in Abbildung 4 ein 2-Leiter-Netz (und dezentralen Trinkwasserspeichern) mit allen nötigen Types und deren funktionsgerechte Verbindung dargestellt.

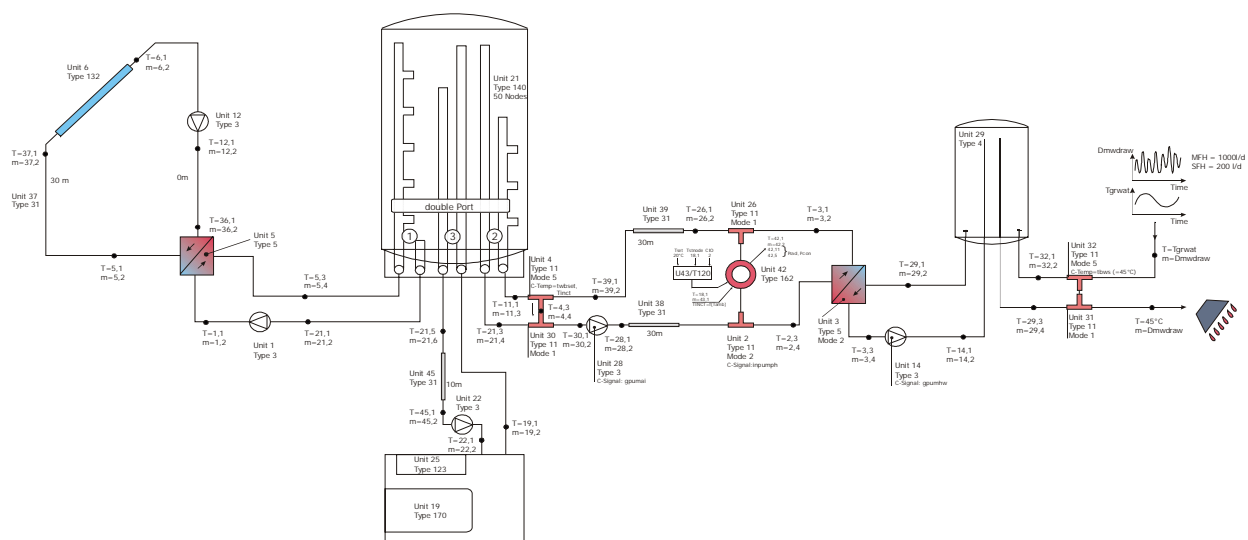


Abbildung 4: Darstellung der Types und deren funktionsgerechte Verbindungen für das Referenzkonzept „2-Leiter-Netz mit dezentralen Warmwasserspeichern“.

Die Beurteilung und der Vergleich der Systemeffizienz der Referenzsysteme erfolgte mit nachfolgend angeführten Kennzahlen.

- Solarer Deckungsgrad
- Spezifischer Kollektorbeitrag
- Systemwirkungsgrad
- Systemnutzungsgrad
- Auslastung

Beispielhaft für die vier Referenzsysteme werden die Kennzahlen für das 2-Leiter-Netz mit dezentralen Warmwasserspeichern in Abbildung 5 dargestellt. Die Kennzahlen sind über der Auslastung aufgetragen. Die Auslastung ist die spezifische Größe, die den Jahresverbrauch (Raumwärme und Warmwasser) je m² Kollektorfläche darstellt. Die Kennzahlen spezifischer Ertrag, Systemnutzungsgrad und Systemwirkungsgrad steigen bei zunehmender Auslastung (bei kleiner werdenden Kollektorflächen), die Kennzahl solarer Deckungsgrad sinkt.

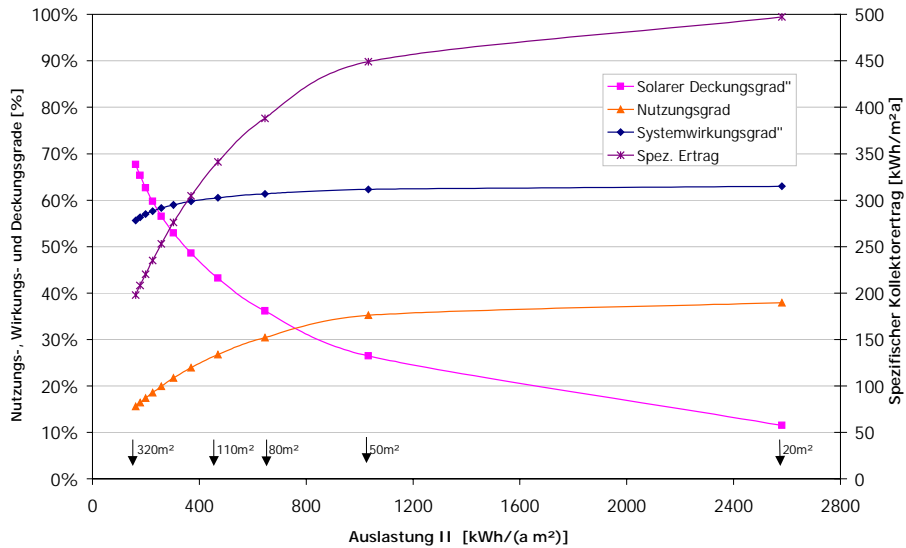


Abbildung 5: Kennzahlen (solarer Deckungsgrad, spezifischer Ertrag, Systemwirkungsgrad, Systemnutzungsgrad) des Referenzsystems „2-Leiter-Netz mit dezentralen Brauchwasserspeichern“ über der Auslastung.

In den weiterführenden Arbeiten werden die Verläufe der Kennzahlen durch den Verlauf des solaren Wärmepreises ergänzt. Damit können die vier Referenzsysteme in Verbindung mit der Anlagengröße sowohl in technischer als auch in ökonomischer Hinsicht verglichen werden.

Über eine Vielzahl durchgeführter Musterschreibungen konnten die Systempreise von Solarsystemen zwischen 20m² und 400m² Kollektorfläche ermittelt werden. Diese in Abbildung 6 dargestellten spezifischen Systempreise (öS je m² Kollektorfläche) resultieren aus Angeboten von drei österreichischen Marktführern im Bereich Großanlagen.

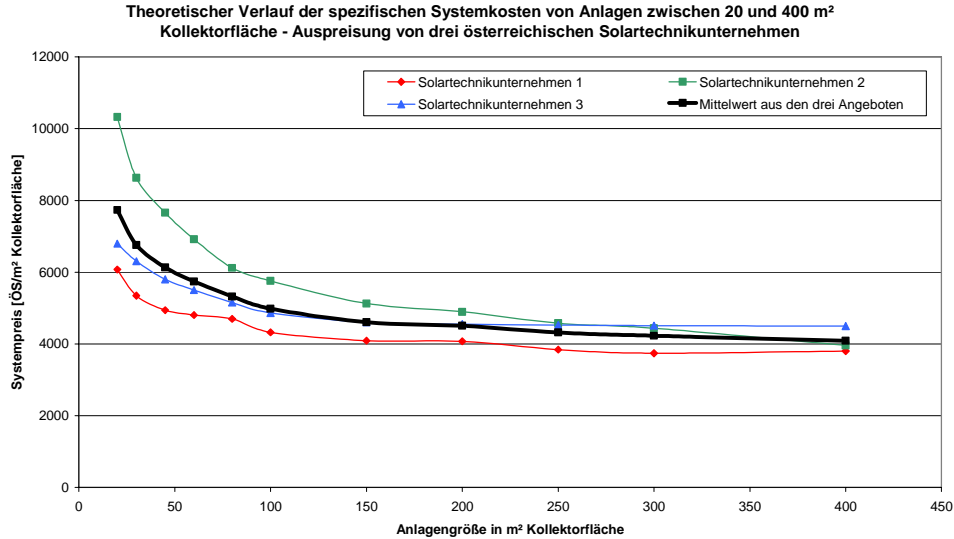


Abbildung 6: Verlauf der spezifischen Systempreise von Solarsystemen in Abhängigkeit der Anlagengröße – Auspreisungsergebnisse von Musterleistungsverzeichnissen durch drei österreichische Solartechnikunternehmen.

Da die vier Referenzsysteme unterschiedliche Wärmeverteilungssysteme aufweisen, wurden diese – um Vergleichbarkeit zu schaffen – ebenso in die Kostenermittlungen aufgenommen. Beispielhaft für das schon vorhin erwähnte Referenzsystem „2-Leiter-Netz mit dezentralen Trinkwasserspeichern“ sind in Abbildung 7 die Kostengruppen für Wärmeverteilung und Wärmeabgabe für vier Gebäudegrößen dargestellt.

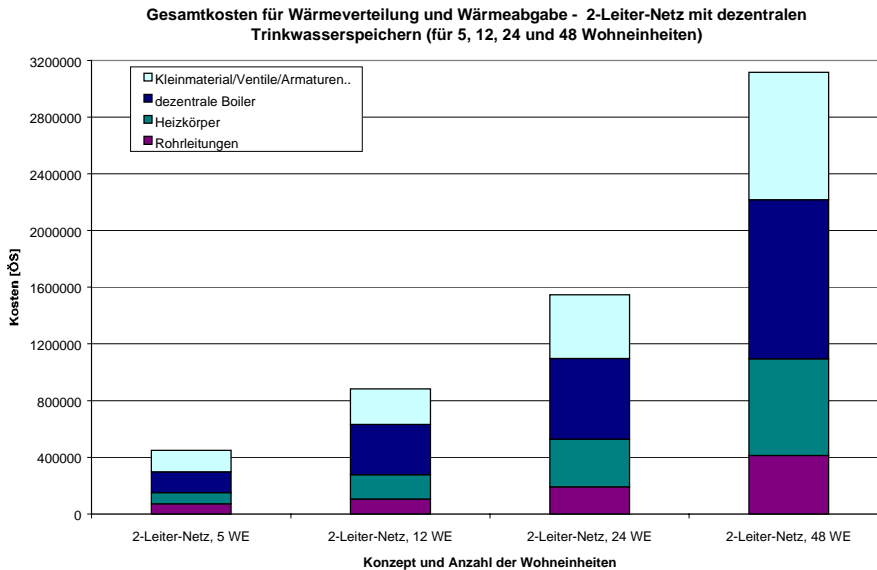


Abbildung 7: Investitionskosten für Wärmeverteilung und Wärmeabgabe des Referenzsystems „2-Leiter-Netz mit dezentralen Brauchwasserspeichern“ für vier definierte Gebäudegrößen.

Die Kombination der Ergebnisse aus den Simulationsrechnungen mit den Ergebnissen aus der Kostenermittlung führt zum Wärmepreis des solaren Wärmeversorgungssystems. Diese Größe stellt somit die wesentlichste Kennzahl beim Vergleich der Referenzsysteme dar. An der Fertigstellung der Wärmepreisrechnungen wird im Moment noch gearbeitet.

Projektteam:

Mitarbeiter am Institut für Wärmetechnik:

Dipl.-Ing. Richard Heimrath

Tel.: 0316-873-7306

Fax: 0316-873-7305

E-Mail: heimrath@iwt.tu-graz.ac.at

Dipl.-Ing. (Fh) Andreas Heinz

Tel.: 0316-873-7815

Fax: 0316-873-7305

E-Mail: heinz@iwt.tu-graz.ac.at

Mitarbeiter bei der Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie, Gleisdorf, Feldgasse 19, 8200 Gleisdorf

Ing. Christian Fink

Tel: 03112-5886-14

Fax: : 03112-5886-18

E-Mail: c.fink@ae.at

Dipl.-Ing. Gottfried Purkarthofer

Tel: 03112-5886-16

Fax: : 03112-5886-18

E-Mail: g.purkarthofer@ae.at

Richard Riva

Tel: 03112-5886-24

Fax: : 03112-5886-18

E-Mail: r.riva@ae.at

Weitere Mitarbeiter:

Ing. Harald Kaufmann, Technisches Büro für Biomasse, Solaranlagen und Nahwärmenetze
Herrgottwiesgasse 188, A-8055 Graz

Tel: 0316-244259; 0664-3410193

Fax: 0316-244259

E-Mail: h.Kaufmann@nahwaerme.net

Fa. SOLID GmbH

Dr. Christian Holter

Herrgottwiesgasse 188, 8055 Graz

Tel: 0316/29-28-40-40

Fax: 0316/29-28-40-28

E-Mail: c.holter@nahwaerme.net

Kontaktadresse

Ao. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Wolfgang Streicher

Institut für Wärmetechnik, TU-Graz

Inffeldgasse 25

A 8010 Graz

Tel/Fax: 0316-873-7306 / 0316-873-7305

E-Mail: streicher@iwt.tu-graz.ac.at ; Homepage: <http://wt.tu-graz.ac.at>