

Solaranlagen im Kontext strom- und wärmeerzeugender Energieversorgungssysteme

Oliver Miedaner, Thomas Schmidt
Solites – Steinbeis Forschungsinstitut
für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme
Meitnerstr. 8, 70563 Stuttgart
Tel.: +49 711 6732000 80, Fax: +49 711 6732000 99
E-Mail: miedaner@solites.de, Internet: www.solites.de

Einleitung

Im Rahmen des EU-CONCERTO-Projektes PIME'S (CONCERTO communities towards optimal thermal and electrical efficiency of buildings and districts, based on microgrids, TREN/FP7EN/239288/"PIME'S", 12/9-11/14) wird erstmals europaweit untersucht, wie Solarthermieanlagen mit gekoppelter Wärme- und Stromerzeugung zusammenwirken. Das Projekt wird von 14 Partnern in vier Ländern durchgeführt (www.pimes.eu). Für die drei Standorte Salburua in Vitoria-Gasteiz (Spanien), Dale in Sandnes (Norwegen) und Szentendre bei Budapest (Ungarn) werden unterschiedliche Gesamtsysteme betrachtet, die jeweils eine solarthermische Anlage mit gekoppelter Wärme- und Stromproduktion kombinieren. Ein zentrales Element ist hierbei ein Wärmespeicher, der die erzeugte Wärme aus mehreren Quellen aufnimmt und den Wärmebedarf bedient. Die Systeme werden in TRNSYS [1] abgebildet und durch umfangreiche Parametervariationen dimensioniert. Im Rahmen des CONCERTO-Projektes wird an den drei Standorten jeweils eine Pilotanlage realisiert. Derzeit befinden sich die Anlagen in der Planungsphase.

Das Projekt beinhaltet zusätzlich den Einsatz von intelligentem Energie-Management auf Basis von MICROGRIDS [2] und die Entwicklung von neuen ESCO-Modellen (Energy Service Company), bei denen die Bewohner der Standorte steigende Besitzanteile an der ESCO halten sollen.

Ziele

Das Ziel von PIME'S ist die Integration und Nutzung von erneuerbaren Energiequellen sowie die Verbesserung der Energieeffizienz unter wirtschaftlichen Aspekten. Das übergeordnete Ziel ist eine umfassende nachhaltige Struktur für die Lebensqualität der Bewohner an den drei Standorten zu konzipieren und so ein überprüfbares Modell zur Verfügung zu stellen, das zukünftig auf weitere Standorte angewandt werden kann.

Beschreibung der Standorte

Salburua (Spanien)

Das PIME'S-Gebiet Salburua liegt nahe dem Grüngürtel der baskischen Stadt Vitoria-Gasteiz und umfasst den Neubau von fünf Mehrfamilienhäusern (siehe Bild 1) mit insgesamt 432 Wohneinheiten und einer beheizten Fläche von 34.888 m². Im Erdgeschoss der achtstöckigen Wohngebäude werden Gewerbeflächen eingerichtet. Der über dynamische Gebäudesimulationen ermittelte Wärmebedarf beträgt 1.807.510 kWh_{th}/a. Die wesentlichen Kenndaten sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Kenndaten Salburua

| Klimadaten [3] | |
|---|--------------------------------|
| Jahrestemperatur Ø: | 11,9 °C |
| Globalstrahlung horizontal: | 1.347 kWh/m ² a |
| Gradtagzahl (G _{19/15}): | 2.516 Kd/a |
| Standortdaten | |
| Gebäudefläche (Neubau): | 34.888 m ² |
| Anzahl Bewohner: | 1.380 - |
| Hauptsächlich Wohnungsbau, Anteil Gewerbe | |
| Wärmebedarf | |
| Warmwasser: | 618.219 kWh _{th} /a |
| Raumwärme: | 1.189.291 kWh _{th} /a |

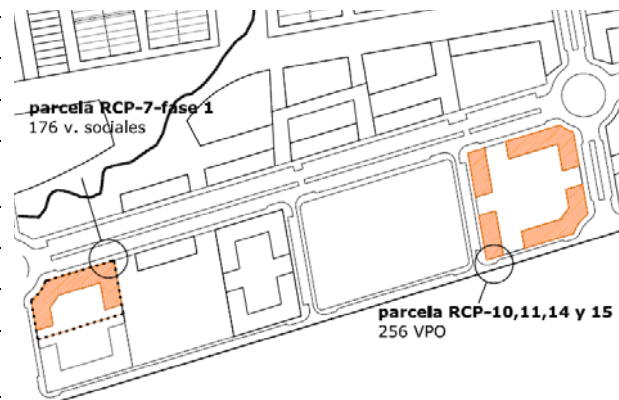


Bild 1: Standort Salburua (Quelle: VISESA)

Der Standort kann in zwei Gebiete unterteilt werden. Die folgenden Angaben beziehen sich auf das rechte Teilgebiet in Bild 1, für das eine Solarthermieanlage vorgesehen ist. Dort werden zwei Heizzentralen errichtet, an die jeweils ein Absorberkollektorfeld, ein Gas-BHKW und zur Spitzenlastabdeckung ein Gas-Kessel angeschlossen sind. Zentrales Element der Wärmeversorgung ist ein Erdsonden-Wärmespeicher, in dem die überschüssige Solarwärme des Sommers gespeichert wird und der im Bedarfsfall über eine Wärmepumpe entladen wird. Der Strom wird durch die BHKWs sowie PV-Fassaden-Kollektoren erzeugt, zusätzlich sollen kleine Vertikalachsen-Windenergieanlagen installiert werden (siehe Tabelle 2). Der erzeugte Strom wird ins Netz eingespeist und gemäß dem Einspeise-Gesetz (ES) vergütet.

Tabelle 2: Technische Kenndaten Salburua (Planungsstand, endgültige Werte werden durch Studie ermittelt)

| | | | |
|---|------------------------|-------------------------|------------------------|
| Absorberkollektorfeld: | 2*705 m ² | Gas-BHKW: | 2*27 kW _{th} |
| Wärmepumpe: | 2*218 kW _{th} | Gas-Kessel: | 2*439 kW _{th} |
| Erdsonden-Wärmespeicher: (Größe noch nicht festgelegt) | | Photovoltaik (Fassade): | 60 kW _p |
| | | Windenergieanlage: | 50 kW _{el} |

Für den Standort in Salburua wurde eine erste Potentialuntersuchung, basierend auf einem vereinfachten TRNSYS-Simulationsmodell, durchgeführt.

In Bild 2 sind für verschiedene Kollektorflächen der solare Deckungsanteil sowie der solare Nutzwärmeertrag über dem Speichervolumen aufgetragen. Ein Effekt, der den Verlauf des solaren Nutzwärmeertrages beeinflusst, ist, dass die Solarthermieanlage und das BHKW um Speicherplatz konkurrieren. Für eine Kollektorfläche von beispielsweise 300 m² nimmt der solare Nutzwärmeertrag bis zu einem Speichervolumen von 100 m³ zu und erreicht einen Wert von 485 kWh/m²a. Bei dieser Systemkonstellation liegt auch das Maximum des solaren Deckungsanteils von etwa 8 %. Zudem ist dieses Speichervolumen ausreichend, um Stagnation in den Kollektoren zu vermeiden, wie Bild 3 entnommen werden kann. Der maximale solare Nutzwärmeertrag wird bei einem Speichervolumen von 2.000 m³ erzielt, da ab diesem Volumen das BHKW seine Wärme auch im Sommer vollständig in den Speicher laden kann (vgl. Bild 3) und dadurch auch die Solarthermieanlage den Speicher optimal nutzen kann. Wird das Speichervolumen weiter vergrößert, erhöhen sich auch die Speicherverluste, so dass der solare Nutzwärmeertrag sinkt.

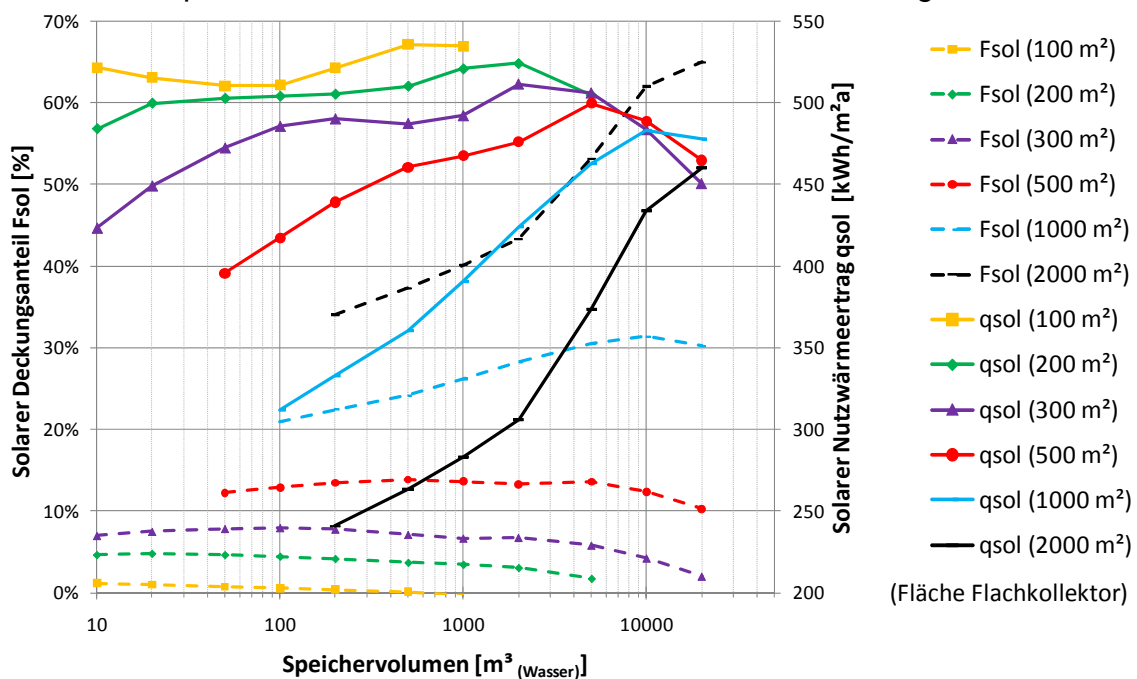


Bild 2: Solarer Deckungsanteil (F_{sol}) und solarer Nutzwärmeertrag (q_{sol}) über dem Speichervolumen

In Bild 3 sind für verschiedene Kollektorflächen die Stagnationszeit der Solaranlage und die potentielle Laufzeit des BHKWs über dem Speichervolumen aufgetragen.

Das BHKW soll bis auf einen Monatsmonat das ganze Jahr betrieben werden, um möglichst viel Strom zu erzeugen. Daraus ergibt sich eine auf ein ganzes Jahr bezogene maximale Laufzeit von knapp 92 %. Bei einer Kollektorfläche von 300 m² und einem Speichervolumen von 100 m³ wäre das BHKW jedoch nur zu knapp 80 % ausgelastet, da im Sommer nicht die ganze Abwärme eingespeichert werden kann. Um eine maximale Auslastung des BHKWs von 92 % zu erreichen, müsste der Speicher auf 2.000 m³ vergrößert werden.

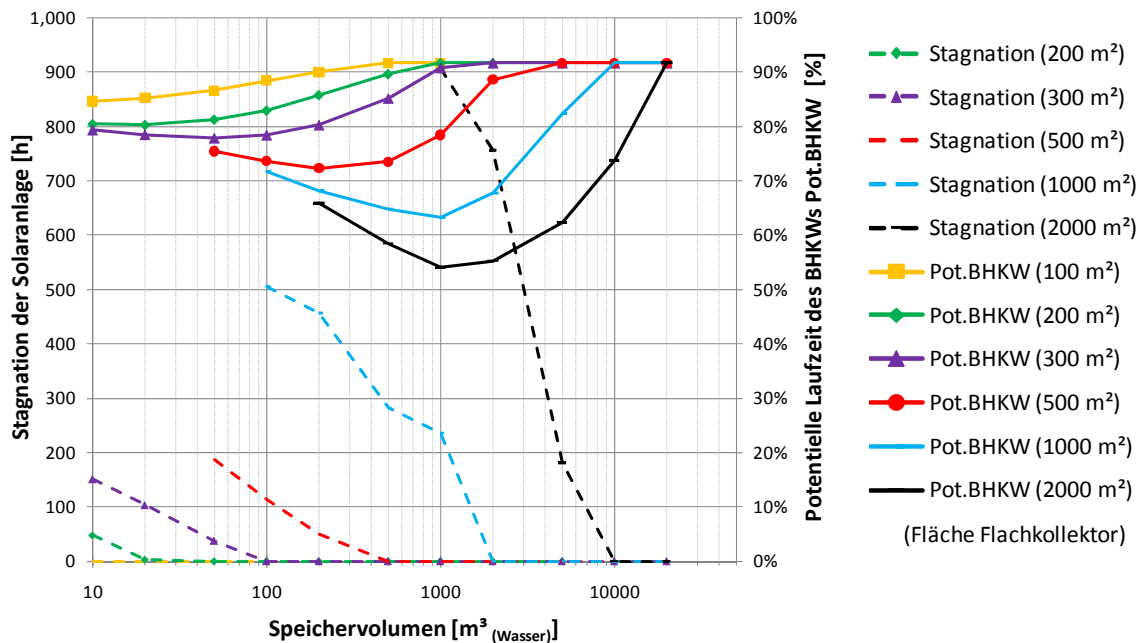


Bild3: Stagnation der Solaranlage und potentielle Laufzeiten des BHKWs bezogen auf ein ganzes Jahr

Für die endgültige Auslegung muss ein Optimum aus Kollektorfläche, Speichervolumen und BHKW-Leistung gefunden werden. Zusätzlich muss eine Betriebsoptimierung erfolgen, so dass der Wärmespeicher zulässt, dass das Gas-BHKW betrieben wird, auch wenn aktuell kein Wärmebedarf vorhanden ist, jedoch hohe Strompreise erzielt werden können (schwankende Einspeise-Vergütungen!). Die wirtschaftliche Optimierung, ob z.B. höhere Investitionskosten für einen größeren Speicher durch Mehreinnahmen bei maximaler Stromproduktion ausgeglichen werden können, bzw. zu welchen Zeiten das BHKW betrieben wird, um ein begrenztes Speichervolumen ökonomisch möglichst sinnvoll zu nutzen, wird anhand des MICROGRID-Ansatzes durch den Partner LABEIN-Tecnalia (ES) untersucht.

Dale (Norwegen)

Dale, das PIME'S-Gebiet am Gandsfjord in Süd-West-Norwegen, verzeichnet ein starkes Bevölkerungswachstum. Der Standort war ursprünglich ein Krankenhaus mit verschiedenen psychiatrischen Einrichtungen. Im Rahmen des Projekts werden das bestehende Hauptgebäude saniert und die restlichen Gebäude durch neu zu errichtende Ein- und Mehrfamilienhäuser ersetzt (siehe Bild 4). Insgesamt wird der Standort eine beheizte Fläche von 29.165 m² umfassen (siehe Tabelle 3).

Der durch dynamische Gebäudesimulationen ermittelte Wärmebedarf beträgt für das PIME'S-Gebiet insgesamt 1.390.895 kWh_{th}/a. Hervorzuheben ist, dass der Wärmebedarf der neuen Gebäude um 30 % geringer sein wird als der norwegische Wärme-Standard vorschreibt.

Die Besonderheit in Dale ist, dass das Gebiet über das PIME'S-Projekt hinaus in mehreren Bauabschnitten erweitert wird. So sollen bis zum Jahr 2034 zusätzlich

250.000 m² Wohnfläche in Form von Ein- und Mehrfamilienhäusern entstehen. Entsprechend wird auch das Nahwärmenetz erweitert werden, wobei die im Rahmen von PIME'S gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen mit einfließen werden.

Tabelle 3: Kenndaten Dale

| Klimadaten [3] | |
|---|------------------------------|
| Jahrestemperatur Ø: | 8,4 °C |
| Globalstrahlung horizontal: | 770 kWh/m ² a |
| Gradtagzahl (G _{T19/15}): | 3.801 Kd/a |
| Standortdaten | |
| Gebäudefläche: | 29.165 m ² |
| - davon Neubau: | 23.462 m ² |
| - davon saniert: | 5.703 m ² |
| Anzahl Bewohner: | 400 - |
| Hauptsächlich Wohnungsbau, sowie Anteile von Gewerbeflächen und öffentlichen Gebäuden | |
| Wärmebedarf | |
| Warmwasser: | 694.210 kWh _{th} /a |
| Raumwärme: | 696.685 kWh _{th} /a |

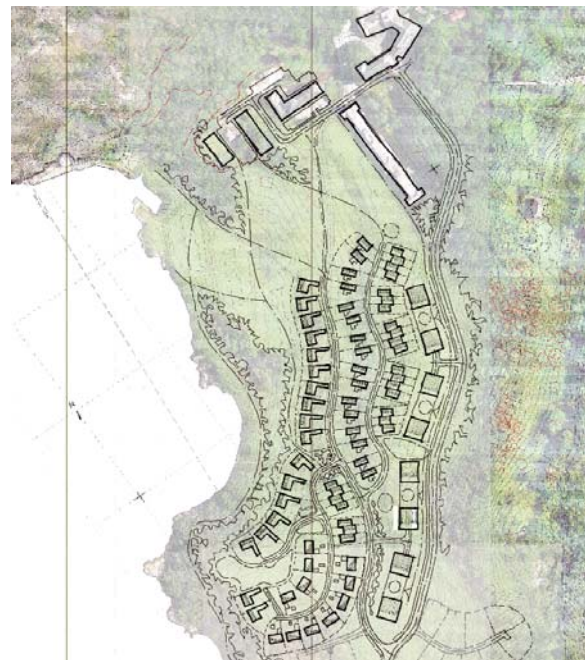


Bild 4: Standort Dale (Quelle: Vitale Dale)

Zur Wärmebereitstellung wird ein bereits bestehendes kleines Nahwärmenetz erneuert, auf niedrigere Vorlauftemperaturen umgestellt und erweitert. Des Weiteren wird eine neue Heizzentrale gebaut. Das Wärmenetz soll von in die Dächer der Häuser integrierten Solarkollektoren sowie einer Holzhackschnitzel-KWK gespeist werden. Die Spitzenlastabdeckung erfolgt durch Gas-Kessel. Das System soll mit einem saisonalen Wärmespeicher ausgestattet werden. Bodenuntersuchungen werden Auskunft geben, ob ein Erdsonden-Wärmespeicher möglich ist.

Die Stromerzeugung soll durch die Reaktivierung eines stillgelegten Wasserkraftwerks sowie durch ein BHKW erfolgen (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Technische Kenndaten Dale (Planungsstand, endgültige Werte werden durch Studie ermittelt)

| | | | |
|--|----------------------------|------------------------|----------------------|
| Flachkollektorfeld: | 276 bis 450 m ² | Gas-Kessel: | 895 kW _{th} |
| Wärmepumpe, Langzeit-Wärmespeicher: (Größe noch nicht festgelegt) | | Holzhackschnitzel-KWK: | 400 kW _{th} |
| | | Wasserkraftwerk: | 80 kW _{el} |

Szentendre (Ungarn)

Szentendre ist etwa 20 km von Budapest entfernt und hat etwas mehr als 25.000 Einwohner. Das PIME'S-Gebiet liegt an der Donau und setzt sich aus mehreren Teilgebieten zusammen (siehe Bild 5). Die verschiedenen Bereiche umfassen Wohngebäude, Bürogebäude, ein Forschungs- und Entwicklungszentrum sowie eine Kläranlage. Die Planungen in Szentendre sind noch nicht weit genug fortgeschritten,

dass Angaben zum Wärmebedarf gemacht werden können. Die Klima- und Standortdaten für Szentendre sind in Tabelle 5 aufgelistet.

Tabelle 5: Kenndaten Szentendre

| Klimadaten [3] | |
|--|----------------------------|
| Jahrestemperatur $\bar{\theta}$: | 10,9 °C |
| Globalstrahlung horizontal: | 1.187 kWh/m ² a |
| Gradtagzahl ($G_{19/15}$): | 3.111 Kd/a |
| Standortdaten | |
| Gebäudefläche: | 17.597 m ² |
| - davon Neubau: | 5.815 m ² |
| Anzahl Bewohner: | 1.010 - |
| Etwa gleiche Anteile von Wohnungsbau und Gewerbe, geringer Anteil öffentlicher Gebäude | |



Bild 5: Standort Szentendre (Quelle: Projektantrag)

Am Standort werden die bestehenden Gebäude saniert und wärmegeklämt, einige Gebäude werden neu gebaut. Des Weiteren wird das bestehende Nahwärmenetz erneuert. Gespeist werden soll es durch zwei Solarkollektorfelder, eingebunden über eine Wärmepumpe sowie drei BHKWs. Ebenfalls angeschlossen wird ein Langzeit-Wärmespeicher. Strom wird durch die BHKWs und die Photovoltaik-Anlage erzeugt und ins Netz eingespeist (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6: Technische Kenndaten Szentendre (Planungsstand, endgültige Werte werden durch Studie ermittelt)

| | | | |
|---|---------------------------|----------------|-----------------------------|
| Flachkollektorfeld: | 66 und 500 m ² | Biomasse-BHKW: | 35 und 500 kW _{el} |
| Wärmepumpe: | 100 kW _{el} | Biogas-BHKW: | 76 kW _{el} |
| Wärmespeicher (Größe noch nicht festgelegt) | | Photovoltaik: | 35 kW _p |

Zeitlicher Ablauf und erwartete Ergebnisse

Das PIME'S-Projekt startete im Dezember 2009 mit einer Laufzeit von fünf Jahren. Bis Ende 2011 sollen die Planung und bis Ende 2013 die Bauarbeiten der Pilotanlagen an den drei Standorten abgeschlossen sein. Begleitend findet ein technisches Monitoring an den Standorten statt.

Es wird erwartet, dass basierend auf einem intelligenten Energie-Management und dem Einsatz von erneuerbaren Energien mit entsprechenden Speichersystemen, der Energiebedarf an den Standorten weitgehend regenerativ gedeckt werden kann.

Literatur

- [1] TRNSYS 17 - A Transient System Simulation Program (2010), Madison, USA
- [2] Perea E., Oyarzabal J.M., Rodriguez R., (2008), Definition, evolution, applications and barriers for deployment of microgrids in the energy sector, LABEIN-Tecnalia, Derio, ES
- [3] Meteororm, (2011), Global Meteorological Database for Engineers, Planners and Education, version 6.1, Meteotest, www.meteororm.com, CH