

Hochschule für Technik Stuttgart

Masterstudiengang
Sustainable Energy Competence (SENCE)

Sommersemester 2016

Solare Prozesswärme – Analyse besonders attraktiver Anwendungsfelder in Europa (Kurzfassung)

Eingereicht von: Samuel Baumeister
Lange Gasse 14/2
72589 Westerheim
Matrikelnr.: 651350

Bearbeitungszeitraum
von: 01.04.2016
bis: 30.05.2016

Betreuer: Dr. Uli Jakob
dr. jakob energy research GmbH & Co. KG
Hochschule für Technik Stuttgart

Co-Betreuer: Dr. Dirk Pietruschka
Hochschule für Technik Stuttgart

1. Einleitung

Weshalb ist die Entscheidung für die Potentialanalyse von solarer Prozesswärme (SPH) in Europa gefallen? Auf der einen Seite ist die Nutzung solarthermischer Anlagen für industrielle Prozesse noch nicht so weit verbreitet wie es von der Regierung gewollt ist. Ein verbindliches Ziel der Europäischen Union ist es, einen Anteil der erneuerbaren Energien am Energieverbrauch von mindestens 27% zu erreichen. Dies kann nur gelingen, wenn die Industrie ihren Teil dazu beiträgt. Zum anderen soll aufgezeigt werden, welche Standorte ein hohes Potential hinsichtlich dieser Anwendung haben. Zugleich sind die bestimmenden Einflussfaktoren auf ein wirtschaftliches Anlagensystem aufzuzeigen, um die Unternehmen aber auch die Politik darauf aufmerksam zu machen, welche Parameter dafür wichtig sind.

Mittels der Erläuterung zur solaren Prozesswärme wird zu Beginn den allgemeinen Aufbau einer Anlage aufgezeigt. Im darauffolgenden Kapitel wird dann die europäische Industrie mit ihren Energieverbräuchen dargestellt. Die aktuelle Situation der installierten SPH Anlagen in Europa zeigt auf, wie die Anlagen generell aufgebaut sind und wo Potentiale stecken könnten. Die Untersuchung der Standorte und ein Bewertungsverfahren derer liefert die Auswahl der Standorte, die in der weiterführenden Systemuntersuchung sowie innerhalb der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung analysiert werden. Eine Amortisationsrechnung prüft den langfristigen ökonomischen Aspekt und gibt an, an welchem Standort eine SPH Anlage sinnvoll installiert werden kann.

Die Intention dieser Arbeit ist es, Standorte herauszufinden, sie zu bewerten und sie kritisch zu betrachten, um ein anschließendes Fazit über besonders attraktive Anwendungsfelder in Europa einzuleiten.

1.1. Wirtschaftlicher Vergleich

Für eine Bewertung der Standorte werden diese nun anhand ihrer Jahreskosten verglichen. Da für jeden Standort eine Referenzanlage erstellt wurde, können die Standorte untereinander verglichen werden. Abbildung 1 zeigt diesen Vergleich auf. Wie schon erwähnt, hat der Stockholmer Standort die höchsten Jahreskosten. Hierfür sind sogar die Kosten der SPH Anlage höher als die der Referenzanlage der anderen Standorte. Für die Kosten aller Referenzanlagen sind zu rund 92% die bedarfsgebundene Gaskosten verantwortlich.

Bei den SPH Anlagen liegen die durchschnittlichen kapitalgebundenen Kosten bei 47%, die betriebsgebundenen Kosten bei 11% und die bedarfsgebundenen Kosten bei 42%. Dies bedeutet, dass das Kapital rund die Hälfte der gesamten Jahreskosten bei den SPH Anlagen ausmacht. Allerdings weicht dies bezüglich der Stockholmer Standort ein wenig ab.

Die größte prozentuale Abweichung des Referenzsystems weist im Gegensatz zu der SPH Anlage der Standort Athen auf. Budapest hat hingegen die kleinste Abweichung, wofür die höheren Gaskosten entscheidend sind.

Der Vergleich der Jahreskosten lässt eine Abschätzung der Wirtschaftlichkeit zu. Jedoch zeigt diese Untersuchung nicht die Amortisation der Anlage, da diese Kosten nur für das erste Jahr gelten. Eine Berücksichtigung der Energiepreissteigerung kann andere Ergebnisse hervorrufen, weil sich die Preissteigerung auf höhere Energiekosten (Energiepreis und Energieverbrauch) stärker auswirkt. Die Amortisationsuntersuchung wird im folgenden Kapitel 1.2 detaillierter beschrieben und dargestellt.

Vergleich der Jahresgesamtkosten

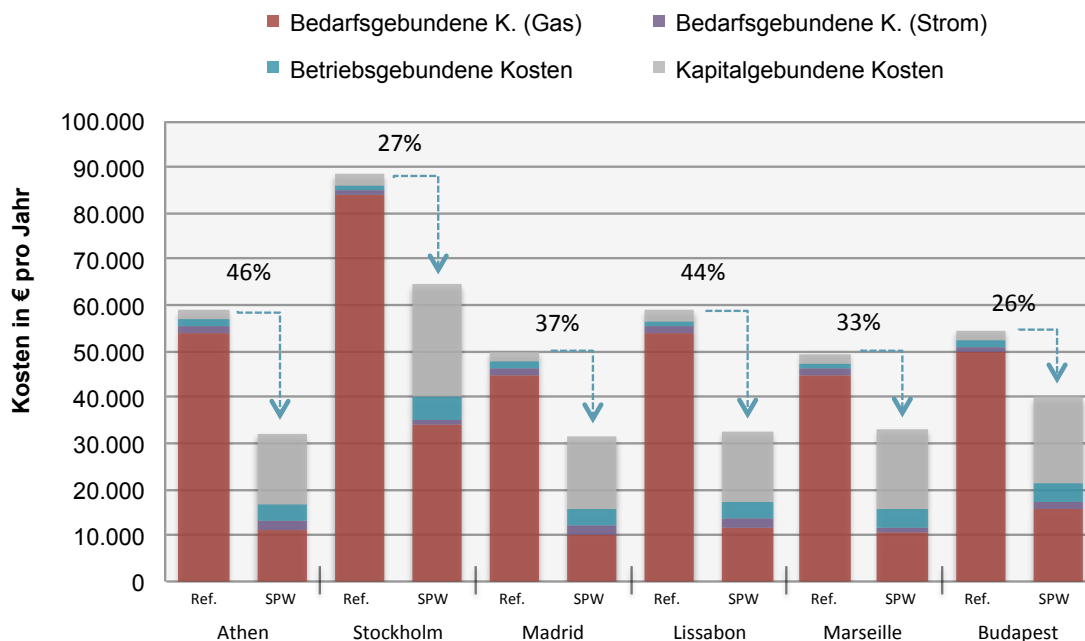


Abbildung 1: Vergleich der Jahreskosten, jeweils die Referenzanlage zu Solarer Prozesswärme Anlage (JER)

1.2. Amortisation

Die Berechnung der Amortisation ist nicht in der VDI 2067 integriert. Auf Grund dessen wurden hierbei die Jahreskosten der Referenzanlage gegengerechnet. Diese Amortisationszeit wird auch als Return of Investment (ROI) bezeichnet. Die Summe aus Kapital-, Betriebs- und bedarfsgebundene Jahreskosten ergibt die Gesamtsumme der Jahreskosten. Wie in Kapitel 1.1 erwähnt, stellt die prozentuale Abweichung der Jahreskosten zwischen Referenzsystem und SPH Anlage einen Vergleichswert für das erste Betriebsjahr dar. Bei der Betrachtung über 15 Jahre muss deshalb die Energiepreissteigerung mit eingerechnet werden. In diesem Fall wurden jeweils die drei Preissteigerungen von 1%, 2% und 3% untersucht.

In folgendem Vergleich (Abbildung 2) sind die Jahreskosten der Referenzanlage für die Standorte Athen und Stockholm mit dem Betrachtungszeitraum von 15 Jahren aufgetragen.

Die verschiedenen Preissteigerungen zeigen das Verhalten der Investitionskosten der SPH Anlage im Hinblick zu den Jahreskosten des Referenzsystems. Die gestrichelte Linie stellt die Investitionskosten des jeweiligen Standortes dar. Der Schnittpunkt der Preissteigerung und der gestrichelten Linie gibt die vollständige Amortisation an. Bei Athen liegt deshalb die Amortisationszeit je nach Preissteigerung zwischen 7,5 – 8 Jahren. Der Stockholmer Standort benötigt hingegen 9,5 – 10,5 Jahre um die Investition zurück zu gewinnen. Detaillierte Untersuchungen der anderen Standorte sind im Anhang dieser Arbeit zu finden.



Abbildung 2: Amortisation einer SPH Anlage am Standort Athen im Vergleich zum Standort Stockholm (JER)

Folgende Tabelle 1 weist die errechneten Amortisationszeiten der ausgewählten Standorte auf. Athen und Lissabon haben den kürzesten ROI von ca. 7,5 – 8 Jahren. Interessant ist jedoch, dass sich die solare Prozesswärme-Anlage am Standort Stockholm vor Marseille und Budapest amortisiert.

Tabelle 1: Übersicht der Amortisationszeiten der einzelnen Standorte (JER)

Amortisation	Athen	Stockholm	Madrid	Lissabon	Marseille	Budapest
Preissteigerung von 3%	7,5 Jahre	9,5 Jahre	9,0 Jahre	7,5 Jahre	10,0 Jahre	11,0 Jahre
Preissteigerung von 1%	8,0 Jahre	10,5 Jahre	10,0 Jahre	8,0 Jahre	11,0 Jahre	12,0 Jahre

2. Abschlussbetrachtung und Fazit

Wie bereits zu Beginn thematisiert, benötigt die Industrie sehr viel Energie in Form von Wärme für interne industrielle Prozesse. Diese Arbeit fokussiert dabei die Bereitstellung der benötigten Wärmeenergie der Industrie auf regenerativer Art und Weise. Hierfür kommt ein klassisches solarthermisches System zum Einsatz, welches bisher oftmals nur für Gebäudeheizung oder für die Warmwasserbereitstellung genutzt wurde. Jedoch ist der Anteil am Endenergieverbrauch der Haushalte und der der Industrie in Europa fast gleich groß. Deutschland benötigt rund sieben mal mehr Energie als der Durchschnitt in Europa und hat damit den höchsten Energieverbrauch. Aus der Analyse des spezifischen Wärmebedarfs wird ersichtlich, dass ein großer Teil der Wärme in einem sehr hohen Temperaturniveau benötigt wird. Andererseits ist der Anteil mit einer geringeren Temperatur als 100°C nicht zu vernachlässigen, da dieser Anteil immerhin 30% sind. Industriesektoren mit Prozessen, die solch ein Temperaturniveau haben, sind die Metall-, Lebensmittel- und Textilindustrie.

Ein kurzer Überblick der aktuellen Situation in Europa zeigt auf, dass momentan am häufigsten solare Prozesswärme (SPH) Anlagen für Prozesse in der Lebensmittelindustrie installiert sind. Viele Anlagen befinden sich in Österreich und Deutschland wobei die installierte Gesamtleistung in Österreich größer ist. Davon sind zahlreiche Anlagen mit einem Flachkollektor ausgestattet und haben oftmals eine Kollektorfeldgröße von rund 300 – 1.000 m².

Das Ziel der Standortanalyse war es, Standorte die ein gewisses Potential für eine solare Nutzung haben, aufzuzeigen. Dabei wurden verschiedene Gewichtungen angesetzt, um die Standorte bezüglich verschiedener Einflussfaktoren wie Einstrahlung, Temperatur oder Energiekosten zu bewerten. Daraus resultiert, dass Standorte mit hohen thermischen Kosten und guten Einstrahlungswerten eine gute Bewertung, in diesem Fall hohe Scores, bekommen. Vorherzusehen war, dass südlich gelegene Standorte höhere Einstrahlungswerte aufweisen und damit schlussendlich auch hohe Scores haben. Jedoch zielt diese Arbeit ebenso auf andere auffällige Standorte ab. Stockholm und Budapest kristallisierten sich als ein solcher Standort heraus. Im Endeffekt wurden die Standorte Athen, Stockholm, Madrid, Lissabon, Marseille und Budapest ausgewählt. Ein wichtiger zusätzlicher Aspekt der Standortauswahl war die generelle Verteilung in Europa. Die ausgewählten Standorte sind gut über Europa verteilt. Es ist lediglich anzumerken, dass in Zentraleuropa (Deutschland oder Holland) eine Lücke vorhanden ist. Jedoch sind die Scores der dortigen Standorte nicht hoch genug und wurden deshalb in den nächsten Kapiteln nicht untersucht.

Im darauffolgendem Kapitel wurde eine detaillierte Berechnung des Solarertrages sowie der benötigten Kollektorfläche für einen Beispiel Prozess von 200 kW errechnet. Eine zusätzliche Annahme war ein Temperaturniveau von 80°C. Diese Annahme wurde getroffen, da, wie schon erwähnt, sehr viel Wärmeenergie für die unterschiedlichsten Prozesse unter 100°C benötigt werden. Die Auswertung hat ergeben, dass wie nicht anders zu erwarten war, Athen, Madrid und Lissabon die geringsten Kollektorflächen benötigen. Ein solarthermisches System am Standort Stockholm bräuchte knapp die doppelte Kollektorfläche. Diese wichtigen Erkenntnisse waren Input für das nächste Kapitel indem die Wirtschaftlichkeit der Standorte überprüft wurden.

Mithilfe der VDI 2067 konnten die Standorte auf verschiedene Kostengruppen untersucht werden. Für jeden ausgewählten Standort wurde eine Referenzanlage erstellt. Dies war notwendig, um die verschiedenen Energiepreise der unterschiedlichen Standorte mit einzurechnen.

nen. Um einen Vergleich schaffen zu können, wurden alle solaren Prozesswärme Anlagen, sowie die Referenzanlagen auf Jahreskosten heruntergerechnet. Es wurde hierbei ein Betrachtungszeitraum von 15 Jahren angenommen. Bei den Referenzsystemen spielt der bedarfsgebundene Anteil die wichtigste Rolle, da dieser im Durchschnitt 92% der Jahreskosten beträgt. Im Gegensatz dazu, ist der Anteil der kapitalgebundenen Kosten (Investitionskosten) bei den SPH Anlagen mit rund 50% ein nicht zu vernachlässigender Anteil. Entscheidend für eine Aussage der Wirtschaftlichkeit ist der Unterschied jedes Standortes zum untersuchten Referenzsystem. Dabei fällt auf, dass der Standort Athen mit 46% die größte Abweichung aufweist. Lissabon liegt mit 44% knapp darunter. Die Standorte Stockholm und Budapest weisen mit rund 27% die geringste Abweichung auf. Dies bedeutet, dass, vergleichend betrachtet, Athen der wirtschaftlichste Standort ist.

In Kapitel 1.2 wurde auf die Berücksichtigung des Betrachtungszeitraumes eingegangen. Dies wurde untersucht um die Amortisation der einzelnen Standorte aufzuzeigen. Die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeit spielen hier eine wichtige Rolle. Wie bereits erwähnt, sind die bedarfsgebundene Kosten des Referenzsystems sehr hoch und stellen in dieser Betrachtung der Amortisation ein wichtiger Faktor dar. Da die Energiepreise der ausgewählten Standorte sehr unterschiedlich sind, wirkt sich dies deutlich aus. Zusätzlich wurden drei unterschiedliche Energiepreiserhöhungen untersucht (1 – 3%).

Die Untersuchung hinsichtlich der ökonomischen Amortisation macht nochmals deutlich, dass der Standort Athen nicht nur die beste Wirtschaftlichkeit, sondern auch gleichzeitig die kürzeste Amortisationszeit von rund 7,5 – 8 Jahren aufweist. Die SPH Anlage am Standort Lissabon amortisiert sich ebenfalls in der gleichen Zeit. Ein interessanter Standort dahingegen ist jedoch Stockholm, der mit ca. 9,5 – 10,5 Jahren, gegenüber den anderen Standorten, wie erwartet, keine sehr lange Zeit benötigt, um die Anlage zu amortisieren. Der Standort Budapest hat die längste Amortisationszeit von rund 11 – 12 Jahren je nach Energiepreiserhöhung.

Es kann gesagt werden, dass in dieser Arbeit ein klares Bild hinsichtlich der unterschiedlichen Einflussfaktoren gegeben ist. Potentiale in Europa ergeben sich nur unter Berücksichtigung der Energiekosten. Hohe, vor allem thermische Energiepreise, tragen zur schnellen Amortisation einer solaren Prozesswärme-Anlage bei. Der Standort Athen birgt hohes Potential für eine solarthermische Nutzung in industriellen Prozessen.

In einer weiteren Arbeit können bestimmte Dinge zusätzlich oder aus einem anderen Blickwinkel betrachtet werden. Zum Beispiel ist in dieser Arbeit ein Temperaturniveau von 80°C angenommen worden. Da die Industrie jedoch auch andere Temperaturen benötigt und sich diese auf das System auswirkt, würde eine Untersuchung bezüglich höherer Temperaturen Sinn machen. Ebenfalls würde eine thermische Simulation der Anlagen genaue Werte liefern, um damit das Anlagensystem und ebenfalls die Wirtschaftlichkeit abstimmen zu können.