

# 100% RENEWABLE HEAT FOR INDUSTRY THE GREEN DREAM

**Christian Holter, Lukas Feierl, Peter Luidolt**

SOLID Solar Energy Systems, Am Innovationspark 10, 8020 Graz, E-Mail: [c.holter@solid.at](mailto:c.holter@solid.at)

## **Kurzfassung:**

Angesichts der weltweit steigenden Temperaturen ist der Bedarf an erneuerbarer Energie so groß wie noch nie. Trotzdem gilt es derzeit noch als äußerst schwierig, eine Industrieanlage zu 100% mit erneuerbarer Energie zu versorgen. Um mit diesem Bild zu brechen – und zu zeigen, dass der „grüne Traum“ tatsächlich wahr werden kann – teilt dieses Paper die Erfahrungen von SOLID am Beispiel der Industrieanlage „Ball Beverage Metal Containers“. Das Werk wird derzeit von einem Gaskessel-Dampfsystem auf eine zu 100% erneuerbare Wärmeversorgung umgestellt. Eine Kombination von Solarthermie und Wärmepumpen - bei gleichzeitiger Verbesserung der Effizienz des bestehenden Verteilungssystems - sorgt dabei für ein attraktives Geschäftsmodell. Das Konzept hat ein enormes Potenzial zur Nachahmung, und Folgeprojekte sind in Vorbereitung.

**Keywords:** 100% erneuerbar, Solarthermie, Industrie, Machbarkeitsstudie, Wärmepumpe

## **1 Einleitung**

Angesichts der weltweit steigenden Temperaturen ist der Bedarf an erneuerbarer Energie so groß wie noch nie. Doch trotzdem gibt es kaum Industrieanlagen, die vollkommen erneuerbar betrieben werden und es wird als äußerst schwer angesehen, eine zu 100% erneuerbare Energieversorgung für Industrieanlagen zu erreichen.

Um mit diesem Bild zu brechen - und zu zeigen, dass der „grüne Traum“ tatsächlich wahr werden kann - beschreibt dieses Paper die Erfahrungen der Autoren mit der Industrieanlage „Ball Beverage Metal Containers“ in Fairfield, Kalifornien, welche Aluminiumdosen für die Getränkeindustrie herstellt. Im Zuge einer Feasibility-Studie wurde ein Konzept für eine vollkommen erneuerbare Wärmeversorgung erarbeitet und dessen Umsetzung im Jahr 2023 gestartet. Das zuvor verwendete Gaskessel Dampfsystem wurde dabei in einem ersten Schritt zum Großteil von einer Solarthermieanlage (3957m<sup>2</sup>/2.770kW) inklusive Wärmespeicher (110m<sup>3</sup>) ersetzt und das Warmwasser-Verteilungssystem verbessert. Darüber hinaus wird derzeit die Integration von Wärmepumpen geprüft, um einen Anteil von 100% erneuerbarer Energien zu erreichen.

Dieses Paper beschreibt daher die Erkenntnisse aus diesem Projekt, um zu zeigen, dass eine vollkommen erneuerbare Energieversorgung einer Industrieanlage nicht nur möglich ist, sondern auch einen günstigen Business Case darstellen kann. Das Paper beschreibt daher:

- die Machbarkeitsstudie - inklusive einer Beschreibung der Ausgangssituation und des neu vorgeschlagenen Konzepts zur Erreichung von 100% erneuerbarer Energie, und einer Diskussion der Simulationsergebnisse.

- die Erfahrungen während der Umsetzung des Projekts – inklusive einer Beschreibung der Rahmenbedingungen, die zu einer erfolgreichen Umsetzung führten, sowie Erfahrungen aus der technischen Umsetzung.

## 2 Machbarkeits-Studie

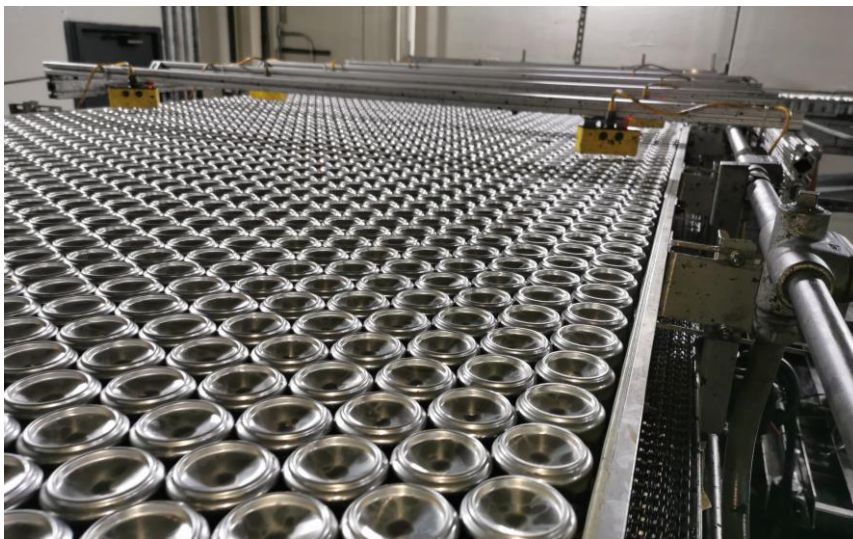
Dieser Abschnitt beschreibt die Machbarkeitsstudie zu dem Projekt. Im ersten Teil wird die Ausgangslage sowie die Anforderungen der Industrieanlage beschrieben. Im zweiten Teil wird das neue Konzept zur Erreichung der 100% erneuerbaren Energieversorgung vorgestellt. Im dritten Teil werden die Ergebnisse der Machbarkeitsstudie präsentiert.

### 2.1 Ausgangssituation

Die „Ball Corporation“ ist einer der weltgrößten Hersteller von Aluminiumverpackungen und ist auf die Herstellung von Getränkedosen spezialisiert. Die Industrieanlage „Ball Beverage Metal Containers“, die in diesem Projekt analysiert wurde, befindet sich in Fairfield, California und wird auch für die Herstellung von Aluminiumdosen benutzt (siehe Abbildung 1). Als Teil des Prozesses wird Heißwasser sowohl für die Reinigung und das Besprühen der Dosen als auch für die Reinigung des Abwasserstroms verwendet. Der Gesamtbedarf an Wärme beläuft sich hierbei auf 7GWh pro Jahr mit einer Temperatur von bis zu 80°C.

Die Anlage wurde im Jahr 1970 erbaut und die Wärme wurde mit Hilfe dreier Erdgas-Dampfkessel bereitgestellt. Der erzeugte Dampf wurde mithilfe eines Dampfverteilungs-Systems zu verschiedenen Integrationspunkten übertragen, an denen mittels Wärmetauscher Wasser erhitzt wird. Insgesamt existieren mehr als 20 Übergabestationen, die Wärme mit Temperaturen zwischen 50° und 80°C benötigen. Alle Prozesse sind dauerhaft (24/7) in Betrieb.

Um die Nachhaltigkeitsziele zu erreichen, wurde SOLID Solar Energy Systems beauftragt, die Anlage zu analysieren und ein neues Konzept zu erstellen, um den Anteil an erneuerbarer Energie zu erhöhen.



*Abbildung 1: Bei Industrieanlage produzierte Dosen.*

## 2.2 Neues Konzept

Das vorgeschlagene Konzept zur erneuerbaren Bereitstellung des Wärmebedarfs der Anlage ist in Abbildung 2 zu sehen.

Das Kernstück für die Warmwasserversorgung ist dabei die Solarthermieanlage mit 3950m<sup>2</sup> brutto Fläche und 2770kW Nennleistung (siehe Solar-Circuit in Abbildung 2). Die Solarthermie ist dabei durch die geringe benötigte Prozesstemperatur von maximal 80°C und guten Strahlungs- und Wetterbedingungen in Kalifornien begünstigt. Ein 110m<sup>3</sup> Warmwasserspeicher stellt sicher, dass eine Wärmeversorgung der Industrieanlage auch über Nacht/Schlechtwetter möglich ist, Überschuss an Solarwärme gespeichert, und die Solarthermieanlage effizient betrieben werden kann.

Zusätzlich konnte im Zuge der Prozessanalyse eine Abwärme-Quelle identifiziert werden, deren Wärme rückgewonnen werden kann (siehe Waste Heat in Abbildung 2). Diese Abwärme kann über den Abwasserstrom gewonnen werden, der im Zuge der Reinigung entsteht. Durchfluss und Temperatur sind konstant mit einer Temperatur von 50°C und einem Durchfluss von etwa 13 [m<sup>3</sup>/h]. Eine elektrische Wärmepumpe mit 450kW Leistung erlaubt es, die Temperatur der Abwärme auf die benötigten 80°C zu erhöhen, wodurch die Wärme wieder ins System eingespeist werden kann.

Eine weitere Wärmepumpe (siehe Solar Heat Pump in Abbildung 2) zwischen Warmwasserspeicher und den Integrationspunkten macht es möglich, den Speicher auch zu nutzen, wenn die Temperaturen unter die benötigten 80°C fallen. Im Falle von Schlechtwettertagen kann so der Speicher länger entleert werden. Als nützlicher Nebeneffekt kann, steht der Solarthermieanlage am nächsten Tag eine niedrigere Rücklauftemperatur zur Verfügung, was die Effizienz der Anlage erhöht. Ein weiterer Benefit ist, dass in der Winterzeit die Solarthermieanlage mit geringerer Vorlauftemperatur betrieben werden kann, während die

Wärmepumpe die in den Speicher geladene Wärme auf die benötigte Prozesstemperatur aufwerten kann.

Verbliebener Wärmebedarf - zum Beispiel im Fall von Schlechtwetter für mehrere Tage – wird mit Hilfe eines elektro-Boiler oder einer Luft-Wärmepumpe bereitgestellt, um den Wärmebedarf jederzeit zu gewährleisten.

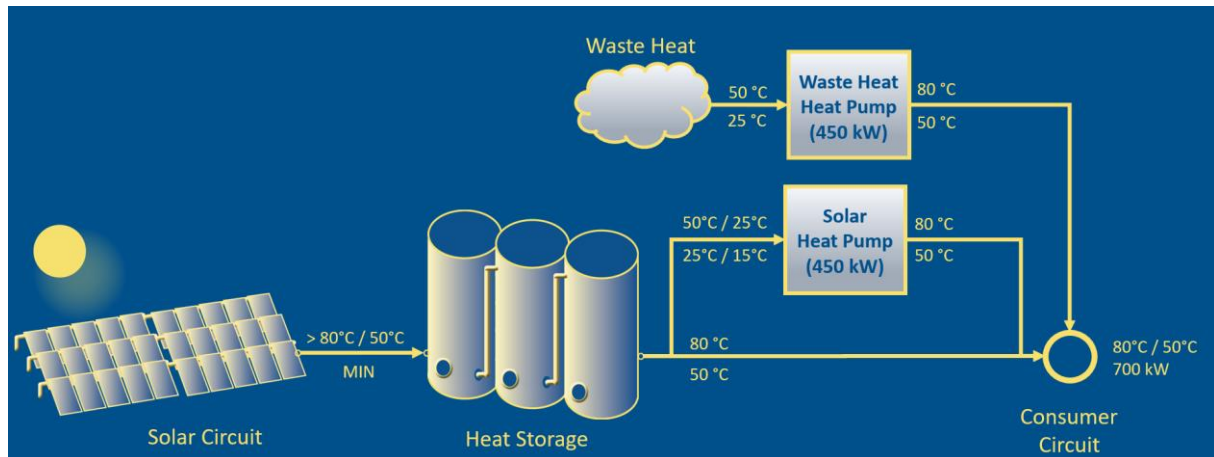


Abbildung 2: Schematische Darstellung des erarbeiteten neuen Konzepts zur erneuerbaren Wärmebereitstellung.

## 2.3 Simulationsergebnisse

Die Berechnung wurde in einem von SOLID Solar Energy Systems entwickelten Simulationstool erstellt. Die Berechnung des Kollektorsertrags (200 Stück TIGI HC.1 und 250 Stück Sunrain FPC1500C) erfolgt dabei auf Basis von Solar-Keymark unter Verwendung von dynamischen Vorlauf- und Rücklauftemperaturen (je nach Speicherladung und Anlagensteuerung). Der Speicher wurde mit Hilfe von 8 Temperaturband-Schichten mit variablen Volumen und Temperaturen modelliert. Ein Mischventil erlaubt eine Speicherentladung mit kontrollierter Temperatur. Die Wärmepumpen wurden anhand Auslegungsdaten (Datenblatt) modelliert, wobei Abweichungen von den Nominaltemperaturen berücksichtigt wurden. Der Abnehmerkreis wurde als einzige Übergabestation modelliert.

Die Ergebnisse der Simulation sind in Abbildung 3 zu sehen. Den Hauptteil des Bedarfs wird dabei von der Solarthermieanlage gedeckt (45%), ein weiterer Teil von der Abwärme-Wärmepumpe (28%) und der Solar-Wärmepumpe (25%). Nur ein sehr kleiner Teil von 2% muss mit einem elektrischen Boiler oder einer Luft-Wärmepumpe bereitgestellt werden.

Die direkte Einspeisung der Solaranlage (gelb) erfolgt dabei vor allem im Sommer. Bei der Steuerung der Anlage wurde dabei darauf geachtet, dass die Einspeisung priorisiert über den Speicher stattfindet, solange Einstrahlung verfügbar ist. Dies stellt sicher, dass der Speicher nicht überladen wird und hohe Kollektortemperaturen vermieden werden. Nach Einsetzen der Dunkelheit wurde die Ausspeisung des Speichers gedrosselt und ein Parallelbetrieb mit der Abwärme-Wärmepumpe forciert, um eine höhere Deckung zu gewährleisten (siehe Abbildung 3).

Im Winter ist dagegen vor allem die Wärmepumpe in Betrieb. Wie im Konzept beschrieben, wird die Solaranlage auf 50°C gesteuert, und die Solar-Wärmepumpe veredelt die Temperatur auf 80°C. So kann auch mit weniger Solarertrag im Winter ein großer Teil des Bedarfs gedeckt werden. Zusätzlich läuft die Abwärme-Wärmepumpe in Parallelbetrieb, welche auch hohen

Anteil des Bedarfs decken kann. Nur im Fall von mehreren Schlechtwettertagen in Folge (etwa 3-mal im Simulationsjahr) reicht der Parallel-Betrieb der Wärmepumpen nicht aus, und verbliebener Demand muss mit einem elektrischen Boiler oder einer Luft-Wärmepumpe gedeckt werden.

Final zeigen die Ergebnisse, dass und allein die Solarthermieanlage und die Wärmepumpen den Demand zu 98% decken können.

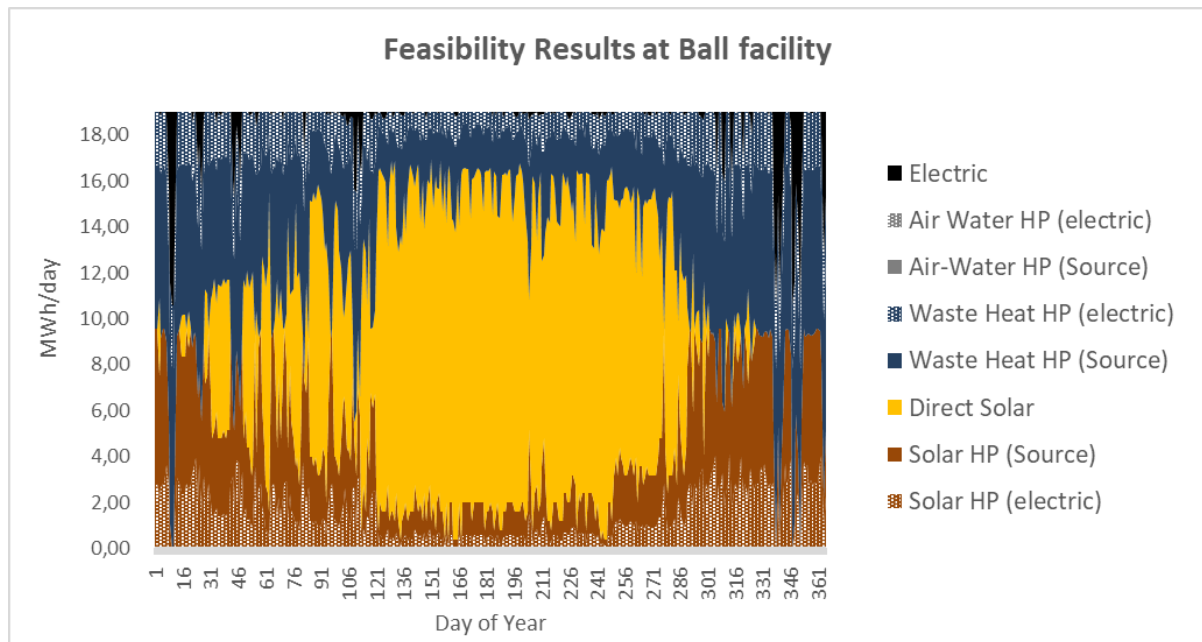


Abbildung 3: Ergebnisse der Simulation auf Tagesbasis.

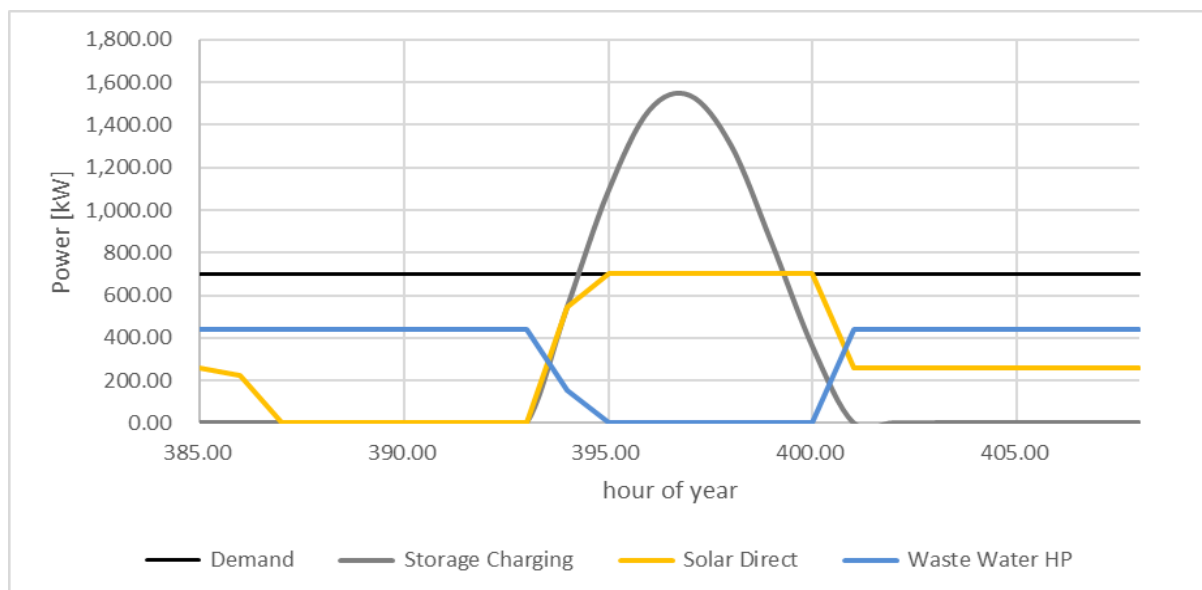


Abbildung 4: Drosselung der Speicherentleerung über Nacht und priorisierte Direkteinspeisung bei Tag.

### **3 Umsetzung**

Dieser Abschnitt beschreibt die Erfahrungen während der Umsetzung des Projekts. Dabei wird einerseits für die Umsetzung notwendige Business-Case Konzept und Rahmenbedingungen betrachtet (erster Teil), als auch die technische Umsetzung vor Ort (zweiter Teil).

#### **3.1 Erfahrungen zur Projektentwicklung**

Die Deckung des vollen Wärmebedarfs ist immer am teuersten, weshalb Projekte für erneuerbare Energien oft nur einen bestimmten Prozentsatz abdecken. Die Stilllegung einer Erdgas-Dampfkesselanlage führt jedoch zu erheblichen Einsparungen, da die Fixkosten für das Dampfsystem (Zertifizierungen, Inspektionen, ständige Überwachung usw.) sowie erhebliche Nebenkosten für den Betrieb (Zusatzwasser, elektrische Energie für den Betrieb der Lieferwagen usw.) entfallen. Die Einsparungen bei den Fixkosten ermöglichen es, trotz niedriger Energiekosten einen Business Case zu erstellen.

Die Umsetzung des Konzepts wurde gemeinsam von SOLID Solar Energy Systems und TIGI vorangetrieben. Dabei wurde außerdem ein Wärmeliefervertrag verwendet, um das Risiko für den Kunden weiter zu minimieren und so schneller zu einer Projektzusage zu gelangen. Weiters konnte auch CSI (Californian Solar Incentive) Förderprogramm und zur schnellen Umsetzung des Projektes beitragen.

In einem ersten Schritt wurde daher die Umsetzung der Solarthermieanlagen, des Speichers und der Integration in die Wärmeverteilung beschlossen und 2023 umgesetzt. Darüber hinaus wird derzeit die Integration von Wärmepumpen weitergetrieben, um den vollen Anteil von 100% erneuerbarer Energie zu erreichen.

#### **3.2 Technische Umsetzung (Solarthermieanlage)**

Im Jahr 2023 wurde die konzeptionierte solarthermische Anlage von SOLID Solar Energy Systems in Betrieb genommen. Zum Lieferumfang gehörten ein Solarkollektorfeld von 3.957m<sup>2</sup>/2.770 kW mit Kollektoren von TIGI und Sunrain, ein Container mit der mechanischen Ausrüstung, ein Speicher von 110m<sup>3</sup> und ein neues Warmwasserverteilungssystem mit Wärmeübergabestationen zu den Integrationspunkten (Abbildung 5).

Innerhalb des ersten Betriebsmonats stellte sich heraus, dass der solare Anteil viel höher war als erwartet. Dies war trotz vorher durchgeführter Audits auf die unterschätzten Verluste im Dampfsystem zurückzuführen. Ein Beispiel: Für einen wichtigen Prozess beträgt die Größe der neuen Heißwasserzuleitung 1 ½", während die vorherige Leitung 6" betrug. Ein viermal größeres Rohr, das bei 150°C statt der heutigen 80°C betrieben wird, führt zu einem Faktor 8-10 bei den Rohrwärmeverlusten. Der verbleibende Bedarf für den Gaskessel war also geringer als erwartet, was zu mehreren Notabschaltungen des Kessels führte.

Die Umsetzung der Solarthermieanlage und die Verbesserungen am System führte auch zu höherem Vertrauen des Kunden in erneuerbare Energie und zur Solarthermie im speziellen, als die Erdgasboiler zu manchen Zeiten (auch ohne Wärmepumpen) komplett abgeschaltet werden konnten.



Abbildung 5: Implementierte Solarthermieanlage, Wärmespeicher (rechts im Bild), und Solar-Container (südlich des Speichers).

## 4 Diskussion

Die Ergebnisse der Machbarkeitsstudie, aber auch die Erfolge bei der technischen Umsetzung der Anlage zeigen, dass der „grüne Traum“ von 100% erneuerbare Energie technisch und ökonomisch möglich sind und umgesetzt werden können. Eine gute Analyse der Rahmenbedingungen und Regelung-Strategien sind dabei wichtig, um einen hohen Anteil an erneuerbare Energie zu erreichen.

Die Erfahrungen aus der Umsetzung zeigen aber auch, dass Förderungen und ein wachsendes Vertrauen in erneuerbare Technologie sehr wichtig sind, um den Ausbau von erneuerbarer Energie schneller umzusetzen. Die Rückmeldungen nach Umsetzung der Anlage legen nahe, dass das Potential erneuerbarer Lösungen noch unterschätzt wird und durch weitere Beispielanwendungen mehr Vertrauen erzeugt werden könnte.

Im Speziellen zeigen die Ergebnisse auch die Synergie zwischen Solarthermie und Wärmepumpen, wenn ein hoher Anteil an erneuerbare Energie gebraucht wird. Genauso legen die Ergebnisse auch nahe, wie wichtig es ist, existierende Abwärme zu identifizieren und zu nutzen, sowie die Effizienz des Systems auszubauen. Das Modell hat ein enormes Potenzial zur Nachahmung, und Folgeprojekte sind in Vorbereitung. Darüber hinaus wird derzeit die Integration von Wärmepumpen weitergetrieben, um den vollen Anteil von 100% erneuerbarer Energie zu erreichen.