

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME, ISE

INTEGRATION VON SOLARTHERMIE IN WÄSCHEREIEN IN DEUTSCHLAND

Erfahrungen aus dem Projekt SoProW-Demo

INTEGRATION VON SOLARTHERMIE IN WÄSCHEREIEN IN DEUTSCHLAND

Erfahrungen aus dem Projekt SoProW-Demo

Theda Zoschke, M.Sc.
Fanny Hübner, M.Sc.

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme, ISE
Heidenhofstraße 2, Freiburg im Breisgau

Datum: 30.09.2021

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 0325859 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Inhalt

1	Das Projekt SoProW-Demo	4
2	Potenzial von Solarthermie in Wäschereien in Deutschland	5
2.1	Energiebedarf in Wäschereien	5
2.2	Geeignete Integrationspunkte von Solarwärme	5
3	Zusammenfassung der Ergebnisse des Projekts	7
4	Gewonnene Erkenntnisse	9
4.1	Energieeffizienz	9
4.1.1	Energiebedarfsanalyse	9
4.1.2	Wärmedämmung	9
4.1.3	Exergetische Optimierung der Frischwasserzufuhr	9
4.1.4	Wärmerückgewinnung aus Abwasser	10
4.1.5	Auslegung der Wärmeübertrager	10
4.1.6	Innovative Anlagen	10
4.1.7	Raumheizung der Waschhallen	11
4.2	Solarthermie	11
4.2.1	Ökonomischster Integrationspunkt	11
4.2.2	Geeigneter Installationsort	12
4.2.3	Individuelle Kostenannahmen	12
4.2.4	Motivation der Entscheidungsträger	13
4.2.5	Anreize für Solarthermie	13
5	Schlussfolgerung	14
6	Literatur	15

Im Vorhaben SoProW-Demo (**Demonstration** von Energieeffizienz und **solarer Prozesswärme** in **Wäschereien**) wurde in drei Wäschereien in Deutschland die Kombination von Energieeffizienz-Maßnahmen und Solarthermie untersucht und optimiert. Zudem sollten Solarthermieanlagen demonstriert werden. In den Betrieben wurde zunächst ein Prozess-Monitoring zur Echtzeit-Erfassung und Bilanzierung des gesamten Wasser- und Energieverbrauchs installiert. Die erfassten Daten wurden genutzt, um mögliche Wärmerückgewinnungsmaßnahmen zu ermitteln und deren Auswirkungen auf potenzielle Integrationsstellen solarer Prozesswärme zu quantifizieren. Im Rahmen einer techno-ökonomischen Modellierung wurden für die Betriebe Gesamtkonzepte aus Energieeffizienz und Solarthermie erarbeitet. Um in den Wäschereien möglichst viele der vorgeschlagenen Maßnahmen zur Umsetzung zu bringen, wurden die Betriebe kontinuierlich vom Fraunhofer ISE begleitet und unterstützt, beispielsweise bei der Ausschreibung der Effizienzmaßnahmen und Solar-Installationen.

SoProW-Demo ergänzte das Vorhaben SoProW um die Untersuchung der optimierten Kopplung von Energieeffizienz und Solarthermie.

Im Laufe des Projekts wurden einige Energieeffizienzmaßnahmen umgesetzt. Für die Umsetzung einer Solarthermieanlage hat sich aus unterschiedlichen Gründen keine der Wäschereien entschlossen. Dennoch ist während des Planungsprozesses viel Erfahrung gesammelt worden, die für die Planung künftiger Anlagen von Nutzen sein kann. In diesem Bericht soll erörtert werden, was aus dem Projekt gelernt wurde.

2 Potenzial von Solarthermie in Wäschereien in Deutschland

Das Potenzial von Solarthermie wurde im Vorgänger-Projekt SoPoW untersucht und im Abschlussbericht [1] sowie einem Branchenbericht des Hohenstein Instituts zusammengefasst [2]. Weitere Erkenntnisse wurden im Projekt SoProW-Demo erlangt. Im Folgenden wird zusammengefasst, welches Potenzial für Solarthermieintegration in Wäschereien identifiziert wurde.

2.1 Energiebedarf in Wäschereien

Gewerbliche Wäschereien weisen einen hohen Energiebedarf auf, der im Jahr 2008 bei etwa 0,9 TWh/Jahr lag [3]. Mit einem Energiekostenanteil von 8-10% am Umsatz stellt der Energieverbrauch einen nicht zu vernachlässigen Kostenfaktor in Wäschereien dar [4]. Der Hauptanteil der Energie fällt mit über 80% in Form von Wärme an. Diese wird zur Versorgung der verschiedenen Prozesse beim Waschen und Trocknen benötigt, z.B. für Waschmaschinen, Waschstraßen, Trockner, Mangeln und Finisher. Die erforderlichen Temperaturen liegen je nach Prozess im Bereich von etwa 40-180°C, wobei ein Großteil unterhalb von 150°C bereitgestellt wird. Aufgrund des hohen Wärmebedarfs in einem niedrigen bis mittleren Temperaturbereich hat die Solarthermie das Potential, einen entscheidenden Beitrag zur Wärmeversorgung in Wäschereien zu leisten.

2.2 Geeignete Integrationspunkte von Solarwärme

Prinzipiell gibt es eine Vielzahl von möglichen Integrationspunkten für solarthermische Anwendungen in Wäschereien, sowohl auf Versorgungs- als auch auf Prozessebene. Die zwei verschiedenen Ebenen zur Einbindung sind in Abbildung 1 schematisch dargestellt.

Die Versorgungsebene umfasst das bestehende Wärmenetz, das in der Regel ein Dampfnetz darstellt. Der Dampf wird im Kesselhaus erzeugt und erhitzt und dient zur Wärmeversorgung der verschiedenen Prozesse. Zur Dampferzeugung auf Versorgungsebene sind höhere Temperaturen erforderlich, die nur mithilfe von konzentrierenden Kollektoren zu erreichen sind. Soll die Einbindung direkt ohne Wärmetauscher erfolgen, ist der Einsatz von direktverdampfenden, konzentrierenden Kollektoren erforderlich (z.B. Fresnel- und Parabolrinnen-Kollektoren). Konzentrierende Kollektoren sind in geographischen Lagen mit hoher Direktstrahlung wirtschaftlicher. In Deutschland ist ein wirtschaftlicher Einsatz je nach Temperatur, Standort und Anlagengröße kritisch zu prüfen [5].

Ein weiterer Integrationspunkt auf Versorgungsebene stellt die Vorwärmung des Frischwassers (meist gereinigt und entkalktes Brunnenwasser) dar, das dann einerseits dem Kessel als Speisewasser zur späteren Dampferzeugung, andererseits aber auch den einzelnen Waschprozessen als Waschwasser direkt zugeführt wird. Da einige Prozesse für eine optimale Waschleistung „kaltes“ Waschwasser bei nicht mehr als 40 °C erfordern, ist allerdings eine Vorwärmung nur bis zu dieser Grenztemperatur möglich. Der maximale Solare Anteil am Gesamtenergieverbrauch ist somit eingeschränkt. Auch eine Integration bei höheren Temperaturen ist möglich (wodurch der solare Anteil erhöht werden kann), erfordert aber einen separaten Warmwassertank und einen Eingriff in die Prozesse und Verschaltung, was zu zusätzlichem Planungsaufwand führt. Mehr dazu

wird in Kapitel 4.2.1 erläutert. Für diesen Integrationspunkt können Flachkollektoren eingesetzt werden, die für die Bereitstellung moderater Temperaturen unter 100°C (End- bzw. Nutztemperatur) meist am ökonomischsten sind. Ein Vorteil bei der Einbindung auf Versorgungsebene ist außerdem, dass Langzeitänderungen im Lastprofil und Temperaturniveau einzelner Prozesse zu weniger starken Abweichungen der realen und berechneten Erträge führen. Zudem fallen mögliche Maßnahmen zur Wärmerückgewinnung und Prozessoptimierung bei der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit weniger stark ins Gewicht, was bei der Versorgung auf Prozessebene berücksichtigt werden muss.

Auf Prozessebene hingegen können einzelne Prozesse direkt durch Solarwärme unterstützt werden, wie z.B. die Erwärmung des Waschwassers in Waschschleudermaschinen und Waschstraßen. Die Berücksichtigung der individuellen Zeitpläne der einzelnen Prozesse erfordert zumeist einen Speicher für das solar beheizte Wasser, um die Diskrepanz von Sonnenstunden und Betriebsstunden zu kompensieren. Durch die Integration eines Speichers kann das Temperaturniveau des Wassers besser an die Bedingungen des Prozesses angepasst werden.

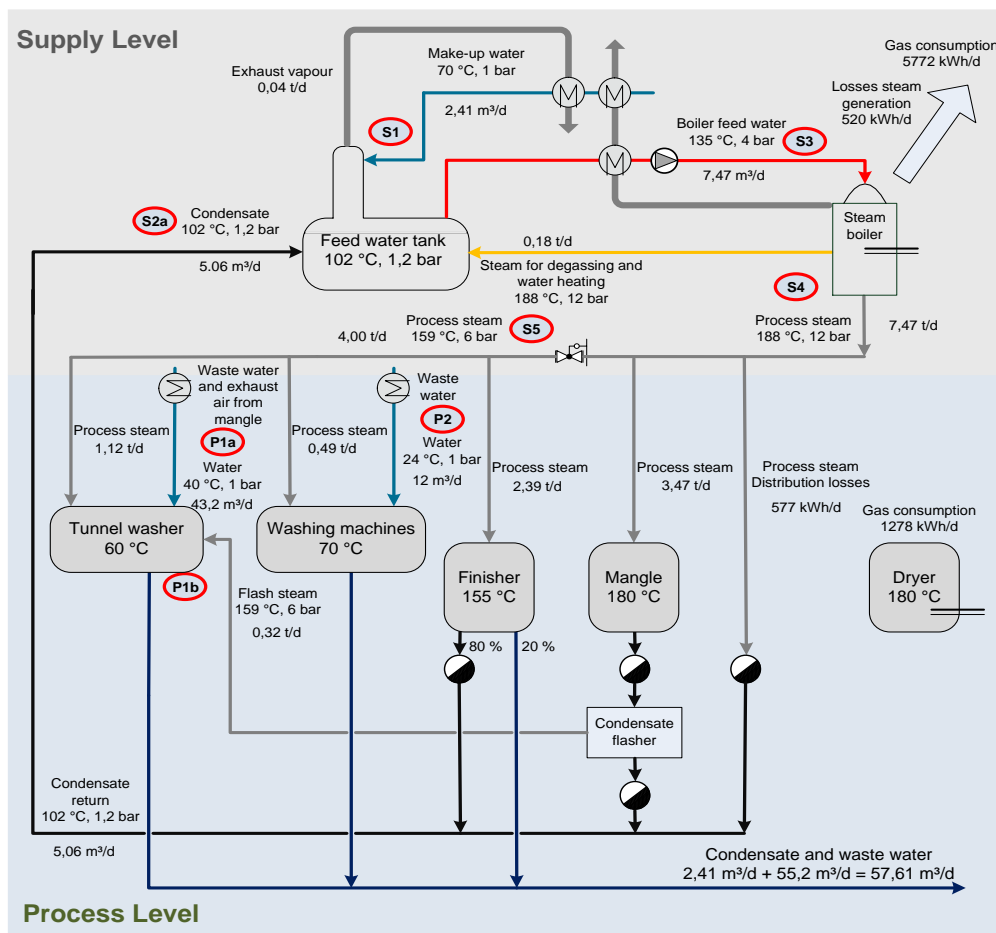


Abbildung 1: Potenzielle Integrationspunkte für Solarwärme in Wäschereien auf Versorgungs- und Prozessebene [1].

Im Projekt wurden für drei Wäschereien die Potenziale für Energieeffizienzmaßnahmen und die Integration von Solarthermie untersucht. Dafür wurde zunächst ein Monitoring durchgeführt, um den Energiebedarf der Anlagen und Prozesse zu identifizieren. Anschließend wurden Energieeffizienzmaßnahmen identifiziert und vorgeschlagen. Vor allem wurde hier die Versorgungsebene betrachtet, da ein Eingriff in die laufenden Prozesse oft nicht möglich oder nicht erwünscht ist. Um die Wärmegestehungskosten der potenziellen solaren Prozesswärmeanlagen zu bestimmen, wurden detaillierte thermo-hydraulische Simulationen durchgeführt.

Die vorgeschlagenen Energieeffizienzmaßnahmen auf der Versorgungsebene sind im Folgenden zusammengefasst:

- Bessere Dämmung von Verrohrungen, speziell Dampf- und Kondensatleitungen, sowie Armaturen
- Verbesserte Verschaltung der Abwasser-, Economizer- und Wrasenwärmeübertrager: Seite der Wärmesenke mit möglichst kaltem Wasser durchströmen, um den übertragenen Wärmestrom zu erhöhen
- Hydraulische Trennung von Frisch- und Warmwasserbecken um den übertragenen Wärmestrom im Wärmeübertrager zu erhöhen
- Zusätzliche oder neue Wärmeübertrager für optimierte Wärmerückgewinnung
- Gebäudeheizung nicht über Dampfnetz speisen, sondern mit eigener Heizanlage versorgen
- Reduzierung des Heizenergiebedarfs durch optimierten Gebäudebetrieb, wie häufigeres Schließen von Hallentoren, Fenstern und Oberlichtern
- Abdeckung der offenen Frischwasserbehälter zur Vermeidung von Verdunstungsverlusten
- Idealerweise gedämmte Speicher für vorgewärmtes Frischwasser

Die meisten Energieeffizienzmaßnahmen wurden umgesetzt. Der größte Eingriff war die Umstrukturierung des gesamten Heizsystems in einer der Wäschereien zur exergetisch optimierten Bereitstellung von Heizenergie. Die Idee, Heizenergie solar bereit zu stellen, wurde geprüft, aber auf Grund der saisonalen Diskrepanz von Wärmebedarf und Solarertrag verworfen.

Das Solarthermiefeldpotenzial wurde individuell untersucht. In allen drei Wäschereien wurde im Projekt SoProW-Demo die Frischwasservorwärmung auf 40 °C als ökonomischster Integrationspunkt für Solarthermie identifiziert (mehr dazu in Kapitel 4.2.1). An diesem Integrationspunkt sind Flachkollektoren am besten zur Bereitstellung von Warmwasser bis 40 °C geeignet. In zwei der drei Wäschereien bestand die Möglichkeit, Solarkollektoren zu installieren. Hier wurden detaillierte thermo-hydraulische Simulationen durchgeführt, um die technische Umsetzbarkeit und Wirtschaftlichkeit zu bewerten.

Für verschiedene Solarfeldgrößen wurden Simulationen durchgeführt. Für jede Wäscherei wurden dann die Simulationen anhand von verschiedenen Kostenszenarien ausgewertet: Dafür wurden „Niedrige“ und „Hohe“ Anlagenkosten auf Basis von Literaturwerten ausgewählt [6][7], um eine realistische Bandbreite an möglichen Wärmegestehungskosten zu ermitteln. Da bei der Einspeisung in den Frischwasserbehälter kein Speicher benötigt wird, wurden die Anlagenkosten leicht nach unten korrigiert. Folgende wirtschaftlichen Parameter wurde für die ökonomische Auswertung der Simulationsergebnisse herangezogen:

Tabelle 1: Kostenparameter für die techno-ökonomische Auswertung der Solarthermieintegration in den Wäschereien

Solarfeldkosten Flachkollektor (Turn-Key, 310 („Niedrig“) – 470 („Hoch“) €/m² [6][7] inklusive „Balance of Plant“ und Planung)

Betriebs- und Wartungskosten	2 % der Investitionskosten
Staatliche Anreize Deutschland 2018	50 % auf Investitionskosten [8]
Zins	7 %
Nutzungsdauer	20 Jahre

Die Solarfeldfläche, die zu den niedrigsten Wärmegestehungskosten führt, wurde als optimaler Auslegungspunkt festgelegt.

In einer Wäscherei konnten Wärmegestehungskosten von 5 -10,5 Ct/kWh erreicht werden. Diese Kosten übersteigen die aktuellen Wärmegestehungskosten von 3,3 Ct/kWh. In der anderen Wäscherei wurden Wärmegestehungskosten von 3 - 6 Ct/kWh erreicht. Diese Kosten sind, je nach Kollektorkostenszenario, niedriger als die aktuellen Wärmegestehungskosten von 3,8 Ct/kWh. Für die bessere Wirtschaftlichkeit in der zweiten Wäscherei waren maßgeblich die höhere solare Einstrahlung am Standort sowie die höheren aktuellen Wärmegestehungskosten verantwortlich.

Am Ende des Projekts wurde aus unterschiedlichen Gründen in keiner der Wäschereien eine Solarthermieanlage umgesetzt. Eine der Wäschereien hatte sich zwar zu der Umsetzung einer Anlage entschieden und es wurde mit der Planung und Vergabe begonnen, letztlich war die Statik des Daches dann aber für die Installation von Kollektoren nicht ausreichend und es stand keine alternative Aufstellfläche zur Verfügung.

Auf dem Weg hin zu diesen erzielten Ergebnissen wurden einige Erkenntnisse erlangt, die in den nächsten Kapiteln genauer erläutert werden.

4.1

Energieeffizienz

Mögliche Energieeffizienzmaßnahmen wurden vor allem auf Versorgungsebene genauer beleuchtet. Die wichtigsten Erkenntnisse dieses Prozesses werden im Folgenden zusammengefasst.

4.1.1

Energiebedarfsanalyse

Für die Integration von Solarthermie, aber auch für das Umsetzen von Energieeffizienzmaßnahmen wird in der Regel eine Energiebedarfsanalyse benötigt. Oft liegen aber keine genauen Prozessinformationen vor. Der Gesamtenergieverbrauch kann mit Hilfe der Zählerstände und Kostenabrechnungen leicht identifiziert werden. Eine größere Herausforderung ist aber die Identifizierung der Wärmemengen, die den einzelnen Prozessen zugeführt werden. Denn oft sind hier keine Volumenstromzähler installiert. Für schnelle, mobile Untersuchungen gibt es für die Messung von Wasservolumenströmen „clip-on“ Ultraschallmessgeräte, die in der Lage sind, durch die Rohrwandung Volumenströme zu messen. Wichtiger für die Analyse der Wärmemengen ist aber meist die Zufuhr von Dampf in die einzelnen Prozesse. Die Messung des Dampfstroms ist aber nur mit Hilfe von stationären und eher kostspieligen Dampfsensoren möglich. Es hat sich im Projekt SoProW-Demo gezeigt, dass schon kleine Installationsfehler die korrekte Messung beeinträchtigen können. Hier sollten Kosten und Nutzen richtig abgewogen werden. Während die Sensoren für eine detaillierte energetische Analyse der Wäscherei essenziell sind, können sie vernachlässigt werden, wenn es darum geht, Energieeffizienzmaßnahmen oder Solarthermie auf der Versorgungsebene zu integrieren. Für die Versorgungsebene werden meist keine speziellen Sensoren der einzelnen Verbrauchsströme/Prozessen benötigt, um den Wärmebedarf zu bestimmen, da hier meist schon sehr genaue (Gesamt-)Verbrauchsdaten zur Verfügung stehen. Dadurch beschränken sich die so abgeleiteten Effizienzmaßnahmen aber auch auf die reine Versorgungsseite und eine Analyse von Effizienzmaßnahmen in den einzelnen Verbraucherströmen/Prozessen ist nicht möglich.

4.1.2 **Wärmedämmung**

Ein naheliegender erster Schritt bei der Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen ist die adäquate Dämmung aller vorhandener Rohrleitungen und Armaturen, speziell an Dampf- und Kondensatleitungen, die hohe Temperaturen aufweisen. Aber auch die Abdeckung offener Becken kann zur Reduktion von Verdunstungsverlusten führen. Speziell wenn vorgewärmtes Wasser in den Becken und Behältern gespeichert wird, sollten die Behälterwandungen und Abdeckungen möglichst ebenfalls gedämmt sein.

4.1.3 **Exergetische Optimierung der Frischwasserzufuhr**

Frischwasser wird einerseits benötigt, um den Dampfkessel zu speisen, andererseits um damit direkt die Wäsche zu waschen. Dieses aufbereitete und entkalkte (Brunnen)wasser wird meist in einem Behälter zwischengespeichert vorgehalten und gegebenenfalls mit Abwärme aus dem Abwasser und anderen internen Wärmequellen vorgewärmt. Dabei darf die Temperatur von ca. 40 °C meist auf Grund von prozessbedingten Limitationen nicht überschritten werden. Es ist zum Beispiel oft nicht möglich, der Waschmaschine im Vorwaschprogramm zu heißes Wasser zuzuführen, da sonst die Spülwirkung

beeinträchtigt wird und sich Flecken einwaschen. Wenn durch Wärmerückgewinnungsmaßnahmen Abwärme auf höherem Temperaturniveau zur Verfügung steht, kann es eine gute Maßnahme sein, einen zusätzlichen Speicher zu installieren, in dem wärmeres Wasser gespeichert wird (z.B. 60°C). Dieses kann dann Waschstraßen zugeführt werden, die einen speziellen Warmwasseranschluss haben. Auch Recyclingwasser kann von einigen Waschmaschinen verwendet werden. Dafür wird gefiltertes Abwasser eines Waschganges für die Vorwäsche des nächsten Waschganges verwendet. So wird Wasser und Energie gespart.

4.1.4 Wärmerückgewinnung aus Abwasser

Das Abwasser aus den Waschmaschinen und Tunnelwaschmaschinen wird der Kanalisation zugeführt. Die darin vorhandene Wärme wird meist mit Hilfe eines Wärmeübertragers an das Frischwasser abgegeben. Ein Antrieb hierfür ist neben der Energierückgewinnung, dass das Abwasser nicht mit einer Temperatur über 35 °C der Kanalisation zugeführt werden darf. Der Wärmeübertrager ist so ausgelegt, dass der Grenzwert nicht überschritten wird. Das Abwasser kann aber in vielen Fällen noch weiter gekühlt werden und die Energie rückgewonnen werden. Es lohnt sich deshalb häufig, die Auslegung des Abwasser-Wärmeübertragers zu überprüfen. Siehe dazu auch den folgenden Abschnitt 4.1.5. Der Abwasser-Wärmeübertrager darf sich dabei nicht mit Schmutz und Flusen zusetzen, die im Wäschereiabwasser enthalten sind. Spezielle Wärmeübertrager stehen für diese Anwendung zur Verfügung.

4.1.5 Auslegung der Wärmeübertrager

Was für den Abwasser-Wärmeübertrager gilt, ist durchaus auch bei anderen Wärmeübertragern sinnvoll. Wärmerückgewinnung kann oft effizienter erfolgen als es in den Betrieben umgesetzt ist. Die Auslegung der Wärmeübertrager sollte kontrolliert werden. Um die Effektivität der Wärmeübertrager zu erhöhen ist es des Weiteren sinnvoll, mit möglichst kaltem Wasser auf der Seite der Wärmesenke in den Wärmeübertrager zu strömen, damit möglichst viel Energie rückgewonnen wird.

4.1.6 Innovative Anlagen

Die Anschaffung neuer Anlagen ist immer mit größeren Investitionen verbunden, die wohl überlegt sein wollen. Neue Anlagen sind jedoch häufig deutlich effizienter. Zudem gibt es in der Wäschereibranche Innovationen, die noch nicht sehr weit verbreitet sind. So kommt z.B. in konventionellen Trocknern die Wäsche kalt in die Anlage, muss dort samt Trockner auf 80°C erhitzt und anschließend wieder gekühlt werden. Durch Trennung der Prozessschritte „heizen“ und „kühlen“ auf in Reihe geschaltete Trocknerstufen, kann die Trocknerhardware auf einer Temperatur gehalten werden. Die Wäsche wird – wenn möglich noch warm von der Waschstraße - dem bereits warmen Trockner zugeführt und in der zweiten Stufe nacherhitzt. Für die Aufheizung auf Zieltemperatur ist somit weniger Energie notwendig und ist zudem schneller. Statt die Wäsche samt Trockner zu kühlen, wird sie an die dritte Trocknerstufe weitergegeben. Die ersten beiden Stufen bleiben auf hohem Temperaturniveau und nehmen im Takt die nächste Ladung auf. Durch die Parallelisierung der 3 Trocknerstufen können die Taktzeiten an die Waschstraße angepasst werden. Eine solche Pilotanlage eines sogenannten Kaskadentrockners mit 3x3 Trocknern wurde bei der Wäscherei CHMS erfolgreich in Betrieb genommen und dadurch der Energiebedarf von ca. 900-1300 W/kg_{Wäsche} auf 140-260 W/kg_{Wäsche} reduziert [9].

Da solche Anlagen vielen Betreibern nicht bekannt sind, können sie über die neuartigen Technologien aufgeklärt werden.

4.1.7 Raumheizung der Waschhallen

Bei bestehenden Wäschereien handelt es sich häufig um historisch gewachsene Betriebe, bei denen die Hallentemperatur (neben der Außentemperatur) maßgeblich durch Abwärme der Maschinen bestimmt ist. Durch den Einsatz von neuen, effizienteren und besser gedämmten Anlagen spielt die Hallenheizung eine immer größere Rolle. Im Projekt SoProw-Demo wird in zwei der drei Wäschereien die Heizung der Hallen, in denen viele MitarbeiterInnen die Maschinen betreiben, über das Dampfnetz gespeist. Es liegt nahe, die vorhandene Wärmequelle „Dampf“ genauso auch für die Hallenheizung zu verwenden, da so kein zusätzlicher Heizkessel benötigt wird. Da es sich aber oft um kaum gedämmte Hallen mit sehr hohen Decken handelt, kann der Heizbedarf trotz Abwärme der Maschinen beträchtlich sein. In einer der Wäschereien wurde dies genauer untersucht. Es hat sich gezeigt, dass die Heizung in den kältesten Monaten für ein Drittel des Wärmebedarfs verantwortlich ist. Die Wärme für die Raumheizung bei Eintrittstemperaturen von 40 – 60 °C mit Hilfe von Dampf zu realisieren, ist exergetisch nicht sinnvoll und damit ineffizient. Deshalb kann es einen großen Effekt haben, die Raumheizung zu modernisieren und mit einem eigenen Wärmeerzeuger umzusetzen. Dabei kann diese näher an den zu beheizenden Flächen installiert und so Rohrleitungsverluste reduziert werden. Außerdem kann die Heizung saisonal abgeschaltet werden, womit vor allem unnötiges Heizen in den Übergangsjahreszeiten vermieden wird. Darüber hinaus kann das Nutzungsverhalten der Hallen verbessert werden, indem Tore und Fenster häufiger geschlossen werden oder Türen mit Folienvorhängen versehen werden.

4.2 Solarthermie

Die Erkenntnisse, die im Zuge der Simulation und der Planung der Solarthermieanlagen erlangt wurden, werden im Folgenden zusammengefasst.

4.2.1 Ökonomischster Integrationspunkt

Generell gilt bei der Wahl des Integrationspunkts für Solarthermie:

- Gleichmäßiges, zuverlässiges Lastprofil mit möglichst hoher Nachfrage während der Sonnenstunden, damit die Abnahme der solaren Wärme gegeben ist und die Speicherkapazität gering sein kann
- Niedriges Temperaturniveau für höhere Kollektoreffizienz
- Hohe Temperaturdifferenz zwischen Prozessein- und -austrittstemperatur für höhere Speicherkapazität
- Ausreichend freie und geeignete Flächen für die Installation von Solarkollektoren in der Nähe des Prozessstandortes
- Der Integrationspunkt ist möglichst nahe dem Kollektorinstallationsort
- Der Eingriff in den Prozess ist an diesem Integrationspunkt praktisch umsetzbar (Platz für Wärmeübertrager vorhanden, kein Verschmutzungsrisiko usw.)
- Falls Integrationspunkte mit unterschiedlichen Wärmequellen zur Verfügung stehen: die aktuellen Wärmegestehungskosten sind eher hoch (sie definieren maßgeblich die finanziellen Einsparungen und damit die Wirtschaftlichkeit der Solaranlage)

Der Integrationspunkt, für den die oben genannten Kriterien am besten erfüllt werden, sollte ausgewählt werden.

In allen drei Wäschereien wurde im Projekt SoProW-Demo die Vorwärmung von Frischwasser (aufbereitetes (Brunnen)wasser, das einerseits dem Dampfkessel als Speisewasser und andererseits den Waschprozessen als Waschwasser zugeführt wird) als ökonomischster Integrationspunkt für Solarthermie identifiziert. Die Dampferzeugung mit Solarkollektoren war in allen Fällen deutlich teurer. Das Frischwasser kann meist auf 40 °C, maximal 60 °C erhitzt werden. Das Brunnenwasser weist je nach Jahreszeit Temperaturen von 10 – 15 °C auf. Die Wärmemenge, die so in das System eingebracht werden kann, ist dabei auf diesen Temperaturhub begrenzt. Die Energie, die für die Dampferzeugung benötigt wird, ist sehr viel höher. Der maximale Solare Anteil am Gesamtenergieverbrauch ist also an diesem Integrationspunkt deutlich kleiner. Allerdings hat sich gezeigt, dass der begrenzende Faktor für die Anlagenauslegung meist nicht die geforderte Anlagenleistung, sondern die vorhandene Installationsfläche ist. Wäschereien befinden sich oft in eher urbanen Gegenden mit wenigen Freiflächen. Deshalb bietet sich meist die Installation auf Dachflächen an, deren Fläche aber begrenzt ist und die für Installationen geeignet sein muss (Statik, Beschaffenheit, Ausrichtung). Die Energie, die auf der vorhandenen Fläche erzeugt werden kann, war in den im Projekt untersuchten Wäschereien immer niedriger als der Energiebedarf für die Frischwasservorwärmung. Somit hat sich die Frischwasservorwärmung als ökonomischster Integrationspunkt erwiesen. Diese kann mit Flachkollektoren realisiert werden, die einerseits deutlich wartungsärmer, andererseits durch niedrigere Windlasten besser für die Dachinstallation geeignet sind. An diesem Integrationspunkt sollte lediglich bedacht werden, dass zunächst alle Wärmerückgewinnungspotenziale (siehe Kapitel 4.1.4 und 4.1.5) voll ausgeschöpft werden, bevor die Anlage umgesetzt wird.

4.2.2 Geeigneter Installationsort

Bevor eine detaillierte Analyse des Energiebedarfs der Wäschereien erfolgt, sollte überprüft werden, ob überhaupt Flächen zur Verfügung stehen, um solarthermische Kollektoren zu installieren. Wie bereits erwähnt, verfügen Wäschereien häufig über keine Freiflächen, da sie sich meist in urbanen Gegenden befinden. Deshalb bieten sich meist die Dachflächen an. Hier sollte allerdings zuerst die Eignung für eine Installation von Kollektoren überprüft werden hinsichtlich Orientierung, Dachneigung und vor allem der Statik. Zudem sind die Hallen oft nicht im Besitz der Wäschereien, sondern werden gepachtet, sodass ein Eingriff in die Gebäudehülle einer Genehmigung des Eigentümers bedarf. Diese Kriterien sind entscheidend für die grundsätzliche Realisierbarkeit einer Solarthermieanlage und sind daher gleich zu Beginn der Untersuchung festzuhalten und zu belegen.

4.2.3 Individuelle Kostenannahmen

Für eine erste Näherung gibt es allgemeine Angaben zu Anlagen-Kosten für Solarthermieprojekte, die für die Planung herangezogen werden können [4][5]. Hier handelt sich um Turn-Key Kosten, also Kosten pro installierter Kollektorfläche inklusive Planungskosten und Peripherie für die komplette, betriebsbereite Anlage. Allerdings sollten Besonderheiten in der Umsetzung bedacht werden. Für die Integration im Frischwasserbecken wird ein Edelstahl-Wärmeübertrager benötigt, da das Frischwasser enthärtet und damit sehr aggressiv ist. Diese sind deutlich teurer als andere übliche Wärmeübertrager. Speziell bei kleineren Anlagen fallen diese zusätzlichen Kosten stark ins Gewicht. Gleichzeitig wird an diesem Integrationspunkt kein Speicher benötigt, wodurch Kosten gespart werden können. Denn es ist meist ein Frischwasserbecken vorhanden, in dem das aufbereitete Wasser gesammelt wird. Diesem Becken kann das vorgewärmte Wasser wieder zugeführt werden.

Des Weiteren ist zu bedenken, dass Betriebe oft Partnerfirmen haben, mit denen sie üblicherweise Projekte zum Umbau und/oder Erweiterung der Anlagen umsetzen und die daher ihre Anlagen und Randbedingungen gut kennen. Diese Firmen haben in der Regel Solarthermie nicht in ihrem Portfolio oder es handelt sich nicht um deren Kerngeschäft, sodass sie nicht der günstigste Anbieter sind. Es kann hier helfen, alternative Anlagenplaner vorzuschlagen oder die vorhandenen Anlagenplaner zu beraten bzw. zu unterstützen.

4.2.4 Motivation der Entscheidungsträger

Viele Betriebe stehen dem Einsatz von Erneuerbaren Energien grundsätzlich sehr positiv gegenüber. Auch sie möchten ihren Beitrag zur Energiewende leisten. Doch schlussendlich sind sie wirtschaftlich denkende und handelnde Betriebe, bei denen die Wirtschaftlichkeit im Vordergrund steht (stehen muss). Da die Umsetzung von Solarthermieanlagen häufig mit langen Amortisationszeiten verbunden ist, muss zusätzliche Überzeugungsarbeit geleistet werden. Hier sind einerseits niedrige Entscheidungshierarchien hilfreich. Gerade in Familienunternehmen bzw. Eigentümer-geführten Betrieben findet man diese häufig vor. Andererseits spielen die Umweltfreundlichkeit und Energieeffizienz eine immer größere Rolle für die Kundenakquise. Speziell Firmen mit einem ausgeprägten „Innovationsgeist“ sind für die Energieerzeugung mit einer Solarthermieanlage zu begeistern. Es empfiehlt sich, gleich mit den Entscheidungsträgern direkt zu kommunizieren, um ein klares Bild von der Motivation der handelnden und entscheidenden Menschen zu bekommen.

Grundsätzlich gilt ein „grünes Image“ immer stärker als Marketing-Argument, das neben den direkten wirtschaftlichen Kriterien entweder für das Firmenprofil oder sogar als indirektes wirtschaftliches Argument dient. Besitzt ein Unternehmen allerdings viele Kunden des öffentlichen Raumes, so spielt das „grüne Image“, das eine solche Anlage erzeugen könnte, eine untergeordnete Rolle. Das ist zum Beispiel dann der Fall, wenn in einer Wäscherei viel Wäsche öffentlich betriebener Krankenhäuser gewaschen wird. Denn öffentliche Betriebe wie Krankenhäuser sind verpflichtet, das günstigste Angebot zu wählen. Kriterien wie Umweltfreundlichkeit werden hier in der Beschaffung bzw. Auftragsvergabe eher nicht einbezogen.

4.2.5 Anreize für Solarthermie

Ob die Integration von Solarthermie wirtschaftlich ist, hängt maßgeblich von der solaren Einstrahlung, den Prozessbedingungen (möglichst kontinuierliche Wärmeabnahme auf einem Temperaturniveau $<100\text{ °C}$) und den aktuellen Wärmegestehungskosten ab. Denn die Anlage finanziert sich letztlich vorwiegend über die eingesparten Energiekosten einer konventionellen bzw. fossilen Wärmegestehung. Aber selbst wenn eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eine positive Entscheidung zugunsten einer Solarthermieanlage nahelegen, scheuen Firmen die oft größeren Mehrinvestitionen und damit verbundenen längeren Amortisationszeiten, da das Risiko als zu groß wahrgenommen wird. Es existiert bereits eine Förderung für Solarthermieanlagen von - je nach Projekt - um die 50 % der Investitionskosten [8], jedoch reicht das noch nicht aus. Hier müssen von Seiten der Politik Anreize geschaffen werden, um die Dekarbonisierung gemeinsam mit der Industrie voranzutreiben. Dies könnte beispielsweise durch eine adäquate CO_2 -Bepreisung, Investitionshilfen oder andere Fördermaßnahmen erfolgen. Diese Schritte sind unumgänglich für die baldige Energiewende.

5 Schlussfolgerung

Da in Wäschereien viel Wärme auf einem Temperaturniveau von etwa 40-180°C benötigt wird, hat die Solarthermie das Potenzial, einen relevanten Beitrag zur erneuerbaren Wärmeversorgung zu leisten. Das Projekt SoProW-Demo hatte die Umsetzung von Solarthermie und Energieeffizienzmaßnahmen in drei Wäschereien zum Ziel, wobei viele Erkenntnisse gewonnen wurden.

Da Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz oft sehr kostengünstig sind, sollten diese vor dem Bau einer Solarthermieanlage umgesetzt werden. Wärmeverluste sollten minimiert und Wärmerückgewinnung voll ausgeschöpft werden.

Solarthermieanlagen können dann sowohl versorgungsseitig als auch prozessseitig eingebunden werden. Da für die versorgungsseitige Einbindung weniger Prozessinformationen benötigt werden, ist der Planungsaufwand und die Einbindung häufig einfacher. In Deutschland ist für die Erzeugung moderater Temperaturen unter 100°C der Einsatz von stationären Kollektoren dem Einsatz von konzentrierende Kollektoren in der Regel vorzuziehen, da diese je nach Temperatur, Standort und Anlagengröße meist wirtschaftlicher sind. Auf der Versorgungsseite bietet sich in Wäschereien als Integrationspunkt die Vorwärmung von Frischwasser (aufbereitetes (Brunnen)Wasser, das einerseits dem Dampfkessel als Speisewasser und andererseits den Waschprozessen als Waschwasser zugeführt wird) an. An diesem Integrationspunkt ist der solare Anteil zwar begrenzt, da in den meisten Wäschereien den Prozessen der größte Teil der Wärme über das Dampfnetz zugeführt wird, allerdings ist die Anlagenleistung ohnehin oft durch die vorhandene Fläche zur Installation der Kollektoren begrenzt. Da Wäschereien meist in urbanen Gegenden zu finden sind, bietet sich vor allem die Dachfläche für die Installation der Kollektoren an. Die Wärme, die mit Hilfe von Solarkollektoren auf dieser Fläche erzeugt werden kann, war in den im Projekt untersuchten Wäschereien in keinem der Fälle größer als der Wärmebedarf am genannten Integrationspunkt.

Mit einer solarthermischen Anlage kann Wärme emissionsfrei erzeugt werden, wodurch ein positiver Beitrag zur Energiewende geleistet und das „grüne Image“ der Wäscherei verbessert werden kann. Je höher die Wärmeversorgungskosten in der Wäscherei sind und je höher die solare Einstrahlung am Standort ist, desto besser ist dabei die Wirtschaftlichkeit der Anlage. Da es bei der Wirtschaftlichkeit jedoch große Unterschiede geben kann, sollte sie mit Hilfe einer Machbarkeitsstudie im Individualfall geprüft werden. Dies gilt auch für andere mögliche Integrationspunkte sowohl versorgungs- wie auch prozess-seitig, da Möglichkeiten zur Integration von Solarthermie stark von den bestehenden Anlagen sowie konkreten spezifischen Randbedingungen einer Wäscherei abhängen. Insgesamt ist mit etwas längeren Amortisationszeiten einer solarthermischen Anlage zu rechnen. Zusätzliche finanzielle Anreize der Politik zur Reduktion von CO₂-Emissionen (bzw. eine Verteuerung von Emissionen) würden dazu beitragen, die Wirtschaftlichkeit weiter zu verbessern und Installationsentscheidungen maßgeblich zu fördern.

6 Literatur

- [1] Anton, Neuhäuser, SoProW - Optimierte Erzeugung und Integration solarer Prozesswärme am Beispiel der Wäscherei-Branche, Abschlussbericht für das Verbundprojekt, Förderkennzeichen 0325999A, 2017.
- [2] Markus Beeh, Branchenbericht – Übersicht über die Wäschereibranche, Hohenstein Institut für Textilinnovation gGmbH, 2013.
- [3] Schlomann et al., Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in Deutschland für die Jahre 2007 bis 2010, Projekt-Nr. 53/09, 2011, S.55, Tab. 2-24.
- [4] P. Lackner, U. Radosch, Branchen-Energieeffizienz-Konzept der Textilreiniger, Wäscher und Färber in Österreich. Österreichische Energieagentur, 2012. URL: <http://www.klimaaktiv.at/article/archive/31429/>
- [5] Dirk Krüger, Dr. Stephan Fischer, Dr. Peter Nitz, Javier Iñigo Labairu "Chancen für den Einsatz konzentrierender Kollektoren in Mitteleuropa", in: Tagungsband "ONLINE-SYMPOSIUM SOLARTHERMIE UND INNOVATIVE WÄRMESYSTEME", 27. – 30. APRIL 2021, S.211-224, ISBN 978-3-948176-13-6.
- [6] Database for applications of solar heat integration in industrial processes, AEE INTEC, 2013-2021. URL: http://ship-plants.info/reports/areas/overview?collector_type=3&country=Germany
- [7] Solare Prozesswärme – Wirtschaftlichkeit - Kosten, Universität Kassel, Fachgebiet Solar- und Anlagentechnik, 2021. URL: <http://www.solare-prozesswaerme.info/wirtschaftlichkeit/#kosten>
- [8] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Heizen mit Erneuerbaren Energien – Solarthermie, 2018, URL: http://www.bafa.de/DE/Energie/Heizen_mit_Erneuerbaren_Energien/Solarthermie/solarthermie_node.html
Anmerkung: Das Förderprogramm wurde derweil überarbeitet. Die Konditionen wurden angepasst. Das aktuelle Programm ist im folgenden Link beschrieben.
Energie - Modul 2: Prozesswärme aus Erneuerbaren Energien, Bundesministerium für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, 2021. URL: https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Energieeffizienz_und_Prozesswaerme/Modul2_Prozesswaerme/modul2_prozesswaerme_node.html
- [9] Angaben von CHMS Inhaber Joachim Krause