

Es wurden

- zeitliche Verläufe des jeweiligen **Wärmebedarfs** und des Temperaturniveaus zum Teil (grob) abgeschätzt und zum Teil durch Messungen bestimmt,
- zeitliche Verläufe der **Wärmeversorgungssysteme** betrachtet: Vorhandene Speicher und Hydraulik, verwendete Medien (z.B. Dampfkreisläufe), sowie deren zeitliche Verläufe von Wärme- und Temperaturbereitstellung und **Wärmeverluste** einiger Geräte und Gebäude abgeschätzt.

Aus der Erfassung von Energie- und Leistungsdaten sowie Temperaturniveaus und deren zeitliche Verläufe ergeben sich in der Regel zunächst Erkenntnisse über eine rationellere Prozessführung und übrige Einsparpotentiale. So hat sich bei der Analyse der betrachteten Prozesse in noch größerem Maße als im Wohnungsbereich gezeigt, dass die Konzeption einer solarthermischen Anlage erst nach der Ausschöpfung konventioneller Energieeinsparmaßnahmen sinnvoll ist. Eine rationellere Prozessführung kann z.B. durch Wärmerückgewinnungsmaßnahmen, Verhinderung eines unnötigen Dauerbetriebs des Wärmeversorgungssystems oder eine gleichmäßigere Prozessführung erreicht werden. Einsparpotentiale könnten darüber hinaus insbesondere durch Gebäudedämmmaßnahmen, Speicher- und Rohrinsulation und durch eine veränderte hydraulische Verschaltung aktiviert werden. Zu Beginn der Analysen waren in einigen der Betriebe Defizite beim Kenntnisstand der eigenen Energieverbrauchssituation zu erkennen, insbesondere bezüglich der Verteilung des Energiebedarfs auf verschiedene Verbraucher.

2. Integration von solarthermischen Anlagen in die untersuchten Prozesse

Bei drei der betrachteten Betriebe handelt es sich um mittelständische Traditionsunternehmen, beim vierten Betrieb, einer Behindertenwerkstatt, um ein Unternehmen mit besonders hohen sozialen und ökologischen Ansprüchen. Der Imagegewinn der Unternehmen, den die Installation einer solarthermischen Anlage mit sich bringen könnte, war daher eines der Hauptanliegen bei der Teilnahme am Forschungsvorhaben.

Beispiel 1: Brauerei

Der Brauprozess sowie das für einzelne Prozessketten benötigte Temperaturniveau ist in Bild 2 schematisch dargestellt.



Bild 1: Brauerei: Sudkessel und Flaschenwaschanlage.

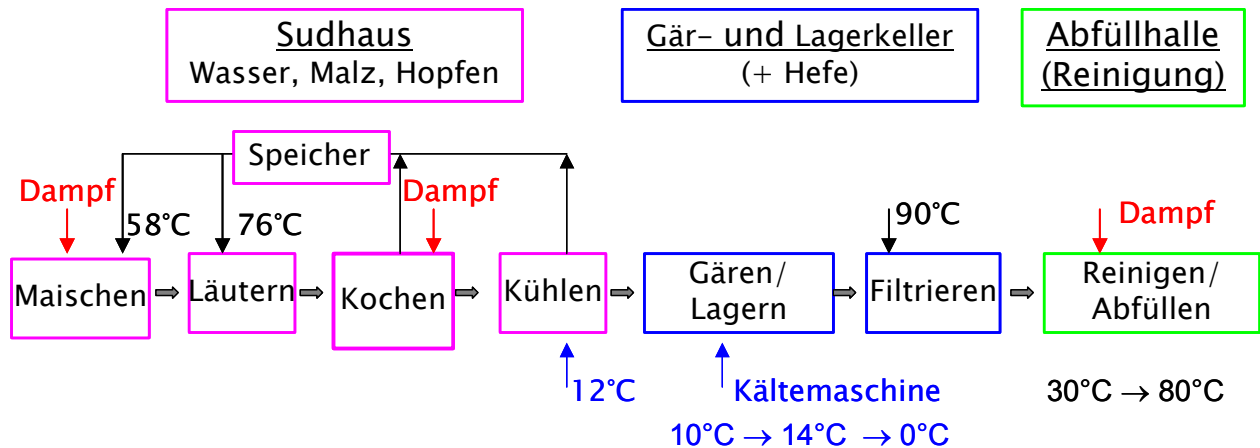


Bild 2: Schema des Brauprozesses

Der Gesamtwärmebedarf der Brauerei beträgt ca. 5.3 GWh/a (im Jahr 2004), der von einem Dampfkessel ($P = 2.6 \text{ MW}_{\text{th}}$) zur Verfügung gestellt wird.

Die ermittelten Einsparpotentiale unterscheiden sich sehr stark bzgl. des Investitions- und des Umsetzungsaufwands. Sinnvolle Maßnahmen reichen von einer einfachen Modifikation der Kesselregelung bis hin zu einer Umstellung der Würzekochung.

Eine Einbindung solarer Prozesswärme könnte sich insbesondere an zwei Punkten der Prozesskette als sinnvoll erweisen:

- 1.) Für das Herstellen der Bierwürze werden beim so genannten Einmaischen große Mengen an Wasser mit einer Temperatur von 58°C benötigt, welche zumindest teilweise solar bereitgestellt werden könnten. Die hierbei ermittelte sinnvoll mögliche Kollektorfläche beläuft sich auf ca. 350 m². Ein bereits bestehender 50 m³-Speichertank könnte genutzt werden. Ein Schema für eine mögliche Einbindung einer solchen Solaranlage ist in Bild 3 dargestellt.

2.) Der Wärmebedarf der Flaschenwaschmaschine könnte erheblich gesenkt werden, indem ein solar beheizter und wärmegeprägter Sedimentationstank errichtet wird. Eine Installation von 100 bis 200 m² Vakuumröhrenkollektoren wäre zur Beheizung eines solchen Tanks sinnvoll möglich (siehe Bild 4).

Zur Abschätzung der Energiebereitstellung in der Flaschenwaschanlage wurde der Dampfvolumentstrom an der Anlage sowie die Laugentemperatur vermessen.

Denkbare Einbindung einer Solaranlage

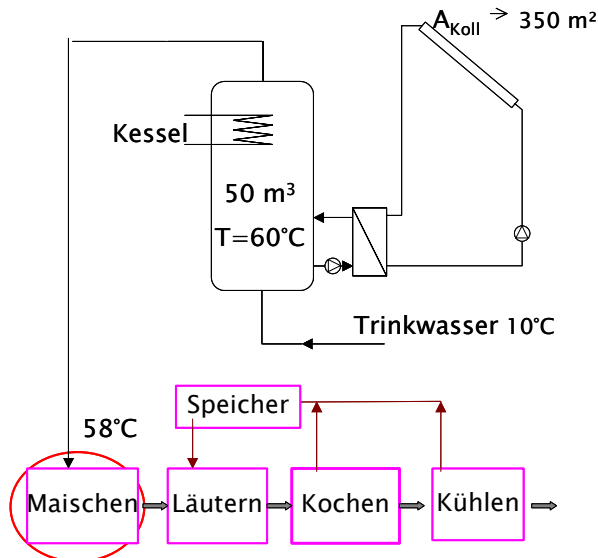


Bild 3: Schema einer solar-unterstützten Prozesswärmeerzeugung in einer Brauerei, Wärmezufuhr zum Maischen.

Denkbare Einbindung einer Solaranlage

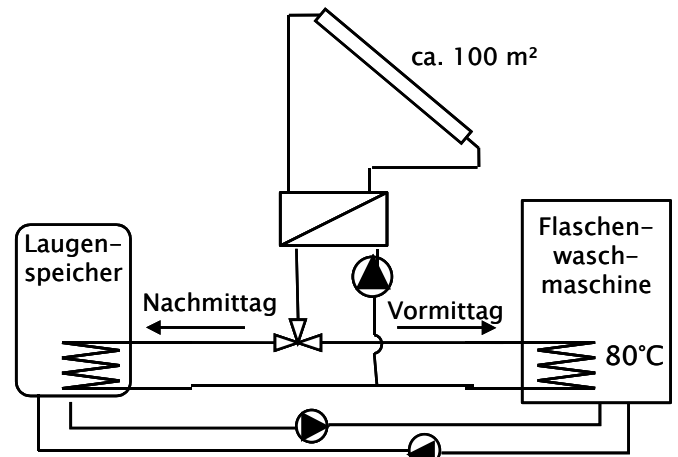


Bild 4: Schema einer Solaranlage zur Erwärmung der Reinigungslauge einer Flaschenwaschmaschine der untersuchten Brauerei.

Beispiel 2: Wäscherei

Ein Schema der Geräte und des Produktionsablaufs der untersuchten Wäscherei ist in Bild 6 dargestellt. Es handelt sich um einen mittelgroßen Wäschereibetrieb mit einer Kapazität von ca. 1.2 t Trockenwäsche/Tag.



Bild 5: Wäscherei

Die Wäscherei verfügt über folgende Geräte:

- eine 5-Kammer-Waschstraße mit einem Fassungsvermögen von 25 kg/Kammer
- zwei Wasch-Schleuder-Maschinen mit Fassungsvermögen von 35 und 80 kg
- vier Trockner
- Muldenmangel, Kittelpresse, Ärmelkabinett, Kittelfaltungsautomat, u.a.
- Finisher (zum Trocknen, Glätten und Zusammenlegen der Wäsche)

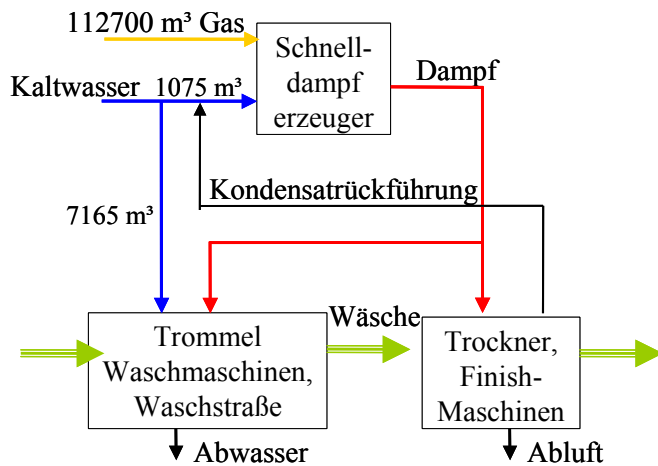


Bild 6: Schema des Wäschereibetriebs (vereinfacht), Jahresgrößen von 2004.

Die thermische Energie wird von einem Erdgasbrenner ($P_{\max} = 1 \text{ MW}$) in Form von Dampf bereitgestellt, der durch ein Rohrnetz den Verbrauchern zugeführt wird. Nur ca. 13% des thermischen Energiebedarfs entfallen auf den eigentlichen Waschprozess, der übrige Wärmebedarf muss für die Nachbehandlungsschritte Trocknen und Finishen aufgebracht werden. Die Wärme wird je nach Gerät und Waschgang in der Regel auf einem Temperaturniveau von 40°C bis 70°C benötigt (in Einzelfällen bis 90°C).

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden Programmabläufe, Waschprogramme und Füllmengen der Waschmaschinen detailliert erfasst. Dabei wurde ein wöchentlicher Warmwasserverbrauch von 34 m³ ermittelt mit einer durchschnittlichen Temperatur von ca. 53°C (Q ca. 1620 kWh).

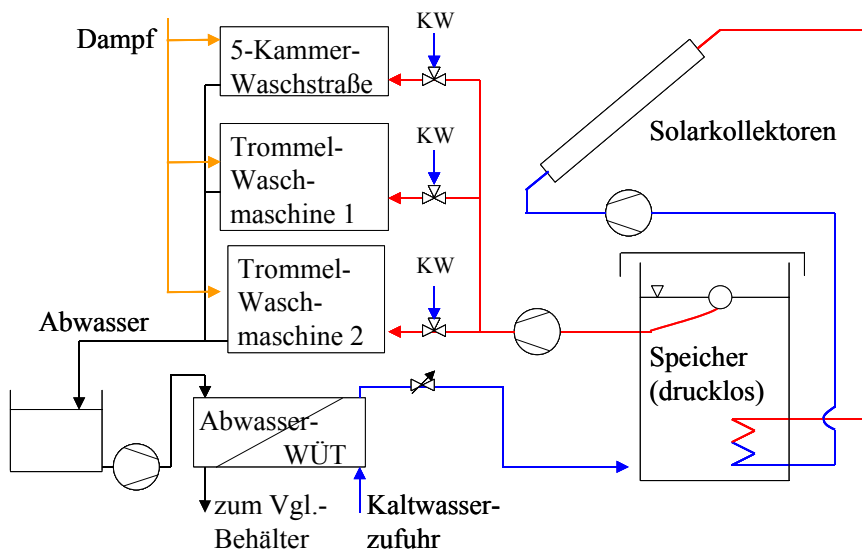


Bild 7: Anlagenschema zur solar-unterstützten Wärmeversorgung der Wäscherei.

In Bild 7 ist ein Schema einer möglichen Solarsystemeinbindung dargestellt. Folgende Maßnahmen wurden bei dem Konzept berücksichtigt:

- Wärmerückgewinnung: Vorwärmung des Frischwassers mit einem Abwasser-Wärmeübertrager von ca. 12°C auf ca. 24°C (bei einer mittleren Abwassertemperatur von ca. 37°C).
- Solare Vorwärmung des Frischwassers für die Waschmaschinen für mehrere Spülgänge. Durch Verwendung warmen Wassers beim letzten Waschgang sollte auch der Wärmebedarf zum Trocknen der Wäsche verringert werden.

Das Konzept sieht weiterhin vor, dass das stoßweise anfallende Abwasser zwischengespeichert wird und dann in Intervallen durch den Wärmeübertrager geleitet wird. Das im Wärmeübertrager vorerwärmte Frischwasser, das dann ebenfalls ein variables Profil aufweist, müsste einem weiteren offenen Speicher zugeführt werden. Dieser Speicher könnte durch einen internen Wärmeübertrager mit einem Solarkollektorfeld verbunden sein.

Mithilfe einer Input-Output Analyse (Zeitschritt: 5 min) wurde eine sinnvolle Kollektorfläche von ca. 100 m² und eine Speichergröße von ca. 2.5 m³ ermittelt.

3. Fazit

Alle untersuchten Prozesse eignen sich grundsätzlich zur Integration solarer Prozesswärme, wobei die Realisierung der Anlagen durch die hohen Investitionskosten erschwert wird. Aufgrund der hohen Bedarfs-Grundlast sind in allen Fällen Solaranlagen mit vergleichsweise kleinen Speichern möglich, so dass solare Wärmepreise von rund 6 ct/kWh erreicht werden können. Dennoch sind die im Allgemeinen von der Industrie geforderten Amortisationszeiten von 3 bis 5 Jahren nur sehr schwer zu erreichen. Aus diesem Grund bietet es sich an, die Errichtung einer Solaranlage mit Maßnahmen der Energieeffizienz zu verbinden.

Die Forschungsarbeiten werden im Rahmen des IEA-SHC Task 33 ,Solar Heat for Industrial Processes' durchgeführt.

English Title:

Estimation of the Potential to Integrate Solar Process Heat

– An Example of Four Industrial Companies in the Kassel Area