



Quelle: Fraunhofer ISE

Sorptionsgestützte Klimaanlage mit Solarluftkollektoren

Von Carsten Hindenburg

Die sorptionsgestützte Klimatisierung (SGK) ist eine der aussichtsreichsten thermisch angetriebenen Klimatisierungstechnologien zur Einbindung thermischer Solarenergie. Insbesondere das niedrige Antriebstemperaturniveau von 45 °C bis 90 °C ist interessant.

Darüber hinaus zeichnet sich die SGK-Technologie aufgrund des Kältemittels „Wasser“ durch eine völlige Freiheit von klassischen Kältemitteln und den damit verbundenen Umweltproblemen aus. In [1] wurden Untersuchungen zur Einbindung von Solarluftkollektoren in SGK-Systeme vorgestellt. Die positiven Ergebnisse dieser Untersuchung mündeten in einer Demonstrationsanlage bei der Industrie- und Handelskammer Südlicher Oberrhein (IHK SO) in Freiburg. Diese Anlage wird im Rahmen eines von der Europäischen Union sowie dem Land Baden-Württemberg geförderten Projektes (ASODECO) untersucht. Für die Konzeption der Anlage und die wissenschaftliche Begleitung ist das Fraunhofer ISE verantwortlich.

Konzept

Eine der Besonderheiten der Anlage ist die solar autarke Wärmeversorgung im Sommerfall. Dies bedeutet, dass die gesamte thermische Antriebsenergie im Sommer ausschließlich durch die Solarkollektoranlage zur Verfügung gestellt wird. Darüber hinaus liefert die Solarluftkollektoranlage natürlich im Heizfall auch einen nennenswerten Beitrag zur Beheizung der Räume. Damit geht dieses Konzept weiter als andere Anlagen der solarunterstützten Klimatisierung, in denen nur ein Teil der thermischen Antriebsenergie im Kühlfall durch die Sonne zur Verfügung gestellt wird.

Das Gebäude der IHK SO wurde 1992 als Verwaltungsgebäude neu erbaut. Im Dachgeschoss befinden sich zwei repräsentative Versammlungsräume. Der größere Raum wird vorwiegend als Sitzungssaal genutzt und bietet bis zu 100 Personen Platz. Der Sitzungssaal hat eine Fläche von 148 m² und ein Raumvolumen von 565 m³. Der kleinere Raum ist für ca. 20 Personen konzipiert und wird für Sitzungen aber auch für kleine Empfänge genutzt und als Cafeteria bezeichnet. Die Cafeteria hat eine Grundfläche von 65 m² und ein Raumvolumen von 250 m³. Beide Räume sind sehr großzügig verglast und haben einen sehr transparenten Charakter mit viel Tageslicht. Der Sitzungssaal ist nach Osten und Westen hin komplett verglast. Die Cafeteria ist sogar nach Osten, Süden und Westen hin komplett verglast. Das Titelbild dieses Beitrags gibt einen Eindruck der Struktur der Räume am Beispiel der Cafeteria. Beide Räume sind mit außenliegenden Verschattungseinrichtungen ausgestattet, welche in der Kühlsaison nahezu immer geschlossen sind. Vor dem Beginn des ASODECO-Projektes waren beide Räume jeweils mit einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung aber ohne

Tagen montiert werden. Die thermische Leistung der Solarkollektoren ist im Sommerhalbjahr nur geringfügig kleiner gegenüber einer leistungsoptimierten Aufstellung im Winkel von ca. 30° nach Süden. Gerade für die sommerliche Klimatisierung kann also die flache Aufstellung der Solarkollektoranlage bei geringfügig vergrößerter Kollektorfläche wirtschaftlich interessant sein. Ferner konnten die Kollektoren auf diese Weise sehr gut in das architektonische Erscheinungsbild des Gebäudes eingefügt werden. Dieser Aspekt ist für die Akzeptanz von größeren Solarkollektorflächen nicht nur bei Architekten von großer Bedeutung.



Abbildung 2: 100 m² Solarluftkollektoren für eine solarautarke sorptionsgestützte Klimaanlage am Dach der Industrie- und Handelskammer Südlicher Oberrhein (IHK SO) in Freiburg.
Quelle: Fraunhofer ISE

Im Rahmen des ASODECO-Projektes wird die Anlage durch messtechnisch intensives Monitoring begleitet (über 40 Sensoren). So werden u.a. die Raumluftzustände im Sitzungssaal und in der Cafeteria minütlich aufgezeichnet. Seit dem 16.07.01 liegen die Monitoringdaten vor und werden am Fraunhofer ISE analysiert. Abbildung 3 zeigt beispielhaft die Raumluftzustände für den Sitzungssaal für den Zeitraum Juli 2001 bis Ende Januar 2002. Auf der X-Achse ist die absolute Feuchte in Kilogramm Wasserdampf pro Kilogramm trockener Luft aufgetragen. Auf der Ordinate ist die in der Abluft gemessene Raumlufttemperatur aufgetragen. Der vom roten Feld eingeschlossene Bereich gibt den sog. Behaglichkeitsbereich nach DIN 1946 Teil 2 an. Nach dieser Norm fühlt sich ein „normal“ bekleideter Mensch in Büro- und Versammlungsräumen behaglich, wenn die Wertepaare der Temperatur und Feuchte in diesem Feld liegen. Die Norm fordert eigentlich, dass auf der Y-Achse die operative Raumtemperatur aufgetragen wird, um auch den Einfluss der Temperatur der Raumschließungsflächen zu erfassen. Diese ist aber messtechnisch nur zu kaum vertretbaren Kosten erfassbar und daher sind hier die Werte der Lufttemperatur aufgetragen. Die untere Grenze der Temperatur von 22 °C ist gerade für neuere Gebäude diskutabel und in der IHK wird im Winter ein Wert von 20 °C als unterer Wert angestrebt. Die Praxiserfahrung bei der IHK zeigt jedoch auch, dass diese untere Grenze häufig auch von der Art der Sitzungsteilnehmer und der Gruppenzusammensetzung abhängt. In Abbildung 3 repräsentiert jeder blaue Punkt einen 1-Minutenmittelwert für Temperatur und Feuchte in der Abluft des Sitzungssaales.

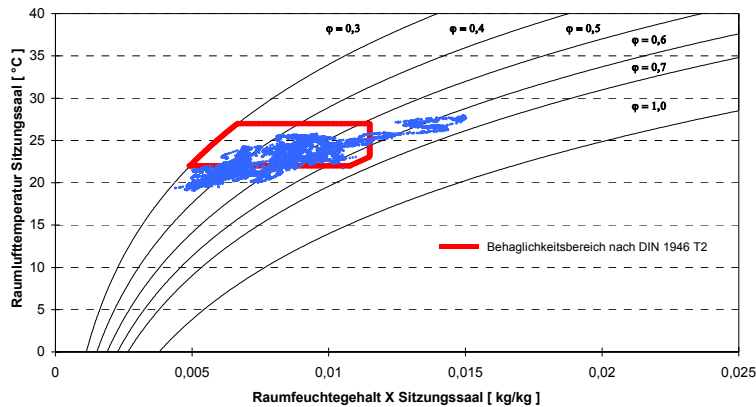


Abbildung 3: Gemessene Raumlufzustände im Sitzungssaal von Juli 2001 bis Januar 2002. Quelle: Fraunhofer ISE

Die Raumablufttemperatur hat im Sommer 2001 nur an zwei Tagen den Wert von 25 °C um maximal 2,5 K überschritten. Damit einhergegangen ist eine Überschreitung der maximal zulässigen absoluten Feuchte von 11,5 g/kg. Die Anzahl der Überschreitungsstunden liegt somit sogar unter den Erwartungen basierend auf den Simulationsrechnungen. Die Anzahl der Überschreitungsstunden ist in der Cafeteria aufgrund des höheren Verglasungsanteils in der Fassade höher als im Sitzungssaal. Dies stimmt mit den Simulationsrechnungen überein. Die Werte der relativen Luftfeuchte liegen von den zwei Extremtagen abgesehen bis auf wenige Minuten im Band zwischen 30 und 60% relative Luftfeuchte.

Betriebserfahrungen

Aufgrund der Betriebserfahrungen und Monitoringergebnisse kann darüber hinaus festgehalten werden, dass die sommerliche Drehzahl des Sorptionsrades bisher zu hoch ist. Dies bedingt eine nicht optimale Entfeuchtungsleistung. Somit besteht noch Potential die Raumlufzustände weiter zu verbessern.

Die Kapazität des Luftkanalnetzes zwischen Kollektorfeldaustritt und Anlageneintritt macht sich in der Regelung stärker bemerkbar als anfänglich erwartet. Die Führungsgröße zur Regelung der Regenerationstemperatur sollte daher direkt nach dem Kollektoreintritt und nicht in der Anlage vor dem Sorptionsrad gemessen werden.

Eine Erhöhung des Kollektorertrags durch Einbeziehung von Solarwärme zur Raumbeheizung außerhalb der Nutzungszeiten der Räume ist geplant. Durch diese Maßnahme kann direkt fossile Energie eingespart werden, da die Temperatur in den Räumen bisher außerhalb der Nutzungszeiten durch statische Heizflächen auf 16 °C gehalten wird.

Regelung von Klimaanlage unter Einbeziehung von CO₂-Raumgrenzwerten ist energetisch sinnvoll. Für die Wahl der Grenzwerte muss jedoch dringend die lokale Luftbelastung beachtet werden.

Die Feuchte- und Energiebilanzierung einzelner Komponenten in der SGK-Anlage ist mit „InSitu“-Messungen aufgrund von Strömungsschichtungen in der Anlage sehr schwierig. Weitere Untersuchungen für verlässlich quantitative Messungen sind notwendig.

Die quantitative Gesamtenergiebilanzierung von der Raumluftechnischer (RLT) Anlage und/oder solaren RLT-Anlagen unter „InSitu“-Bedingungen muss noch intensiv untersucht werden. Dies ist mit Hinblick auf ein eventuelles Contracting von „Solarer Klimatisierung“ von großer Bedeutung.

Das Konzept der solarautarken sorptionsgestützten Klimatisierung mit Solarluftkollektoren ist für stark verglaste Versammlungsräume mit vorwiegender Tagnutzung sehr geeignet.

Eine intensive Inbetriebnahmephase deutlich über das am Markt übliche Maß hinaus ist auch für „nichtsolare“ Klimaanlage im Sinne einer Energiesparung dringend anzuraten.

Ökonomische Betrachtungen

In Abbildung 4 ist die Verteilung der Investitionskosten auf verschiedene Kostenkategorien dargestellt. Die Gesamtkosten von ca. € 210.000.- sind Nettopreise ohne MwSt. Dies bedeutet Kosten von € 20,59 pro m³/h Nennvolumenstrom für eine Vollklimaanlage mit allen vier thermodynamischen Behandlungsfunktionen (Heizen, Kühlen, Befeuchten, Entfeuchten). Die Kosten für die SGK-Anlage dominieren mit einem Anteil von 69% die Kosten. Davon entfallen 46% auf das Klimagerät, 17% auf die Geräteinstallation und die Luftkanäle und 6% auf die Hydraulik und die Elektrotechnik. Aufgrund des Umbaus von den zwei kleineren zu einem größeren Klimagerät fielen Kosten für die bauseitige Anpassung von ca. € 27000.- an. Dies entspricht 13% der Gesamtkosten. Insbesondere die räumliche Enge im Technikraum wirkte sich kostensteigernd aus. Für die Planung (Ausführungsplanung, Bauleitung) fielen ca. 3% der Kosten an. Dieser Wert ist bedingt durch den Pilotcharakter kleiner als üblich ausgefallen (siehe Danksagung). Die Zusatzkosten für das Monitoring der Anlage belaufen sich auf ca. 5% der Kosten, wobei ein Teil der Kosten für die zusätzlichen Monitoringsensoren bereits in den Kosten für das RLT-Gerät der Firma robatherm enthalten ist.

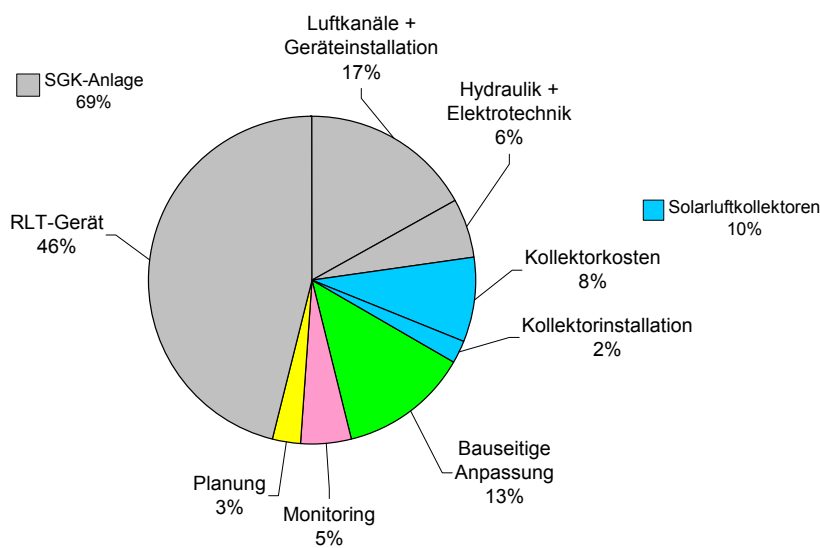


Abbildung 4: Aufteilung der Investitionskosten. Die Kostenaufstellung erfolgte nach relativen Anteilen der einzelnen Kostenkategorien (Netto-Gesamtkosten = 210.114,17 Euro). Quelle: Fraunhofer ISE

Die Kosten für die Solarluftkollektoren liegen bei nur 10% der Gesamtinvestitionskosten. Dies entspricht Systemkosten für die fertig installierte Kollektoranlage von € 210 pro m² Bruttollektorfläche. Bezogen auf die Absorberfläche des Kollektors (92 m²) ergibt sich ein Systempreis von € 228.- pro m². Dies ist ein vielversprechender Wert für eine Kollektoranlage dieser Größenordnung, insbesondere unter dem Gesichtspunkt der solarautarken Wärmeversorgung im Kühlfall.

Unter dem Aspekt, dass eine Entscheidung für eine sommerliche Raumklimatisierung niemals streng wirtschaftlich gegenüber dem Verzicht auf die Klimatisierung sein kann, sollen an dieser Stelle bewusst nicht die eventuell resultierenden solaren Wärmegestehungskosten im Detail diskutiert werden. Hier sei unter Berücksichtigung des genannten Systempreises von € 210 auf die Ausführungen in /1/ verwiesen. Legt man diesen Preis zu Grunde so würde nach /1/ bereits ein spezifischer Jahreskollektorertrag von 200 kWh/m² Kollektorfläche zu spezifischen solaren Wärmegestehungskosten von ca. € 0,10 führen. Dieser Wert kann und wird nach Abschluss der Monitoringphase, die noch bis zum Frühjahr 2003 andauert, mit der Anlagenpraxis kritisch verglichen werden.

Zusammenfassung

Die erste solarautarke sorptionsgestützte Klimaanlage hat ihren ersten heißen Freiburger Sommer mit Erfolg bestanden. Das Konzept funktioniert wie in den Simulationsrechnungen vorausgerechnet, obwohl von Seiten des Fraunhofer ISE noch Potenzial für eine Verbesserung der Anlagenperformance durch eine Verbesserung der Regelungs- und Betriebsführungsstrategie gesehen wird. Dies ist Gegenstand der zweiten Hälfte des Projektes. Durch den intensiven internationalen Austausch zum Thema solare sorptionsgestützte Klimatisierung im ASODECO-Projekt (siehe auch www.eu-asodeco.de) werden auf europäischer Ebene weitere Impulse für diese aussichtsreiche Technologie gegeben. So werden im ASODECO Projekt zwei weitere Pilotanlagen zur solaren SGK-Technik in Österreich und Holland untersucht. Im Gewerbepark Hartberg in der Nähe von Graz wird durch das Joanneum Research die spezielle Kopplung von Biomasseheizung mit SGK-Technik untersucht.

Aus ökonomischer Sicht kann man zusammenfassen, dass eine solarautarke sorptionsgestützte Klimatisierung von Sitzungsräumen nicht mit astronomischen Mehrkosten verbunden sein muss. Die Kosten für die Solarluftkollektoranlage liegen in diesem Projekt in einer Größenordnung, in der auch der Spielraum durch das Verhandlungsgeschick des Anlagenkäufers in anderen Projekten anzusiedeln ist. Noch nicht eingerechnet, weil auch monetär schwer zu bewerten, sind positive Marketingaspekte, die sich für Firmen als Nutzer einer ökologisch 100%ig sauberen Klimatisierungstechnologie ergeben. Dies lässt auf Nachahmer hoffen.

Literatur

[1] Einsatz von Solarluftkollektoren in sorptionsgestützten Klimatisierungssystemen; Carsten Hindenburg, Hans-Martin Henning, Gerhard Schmitz; 8. Symposium therm. Solarenergie; Kloster Banz 1998; Otti Kolleg

Danksagung

Die hier dargestellten Ergebnisse wurden im Rahmen des ASODECO-Projektes erarbeitet. Dieses wird von der DG TREN der Europäischen Kommission (Projektnummer: NNE5/1999/00531) und dem Umwelt- und Verkehrsministerium des Landes Baden-Württemberg finanziell unterstützt. Die Anlage wurde auch vom Ing. Büro Bühler in Bahlingen und der Firma GWE Gesellschaft für wirtschaftliche Energieversorgung mbH & Co. KG aus Freiburg finanziell unterstützt. Der Autor dankt für diese Unterstützung. Die Verantwortung für den Inhalt des Beitrags liegt nur beim Autor.

Autor:

Dipl.-Ing. Carsten Hindenburg ist Projektleiter für Solare Kühlung in der Gruppe Thermische Anlagen und Komponenten am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Deutschland, carsten.hindenburg@ise.fhg.de, www.ise.fhg.de, www.solar-cooling.de

Dieser Artikel wurde in der **erneuerbaren energie 2002-2** publiziert. Die Zeitschrift ist die Mitgliederzeitung der Arbeitsgemeinschaft ERNEUERBARE ENERGIE – Dachverband und erscheint viermal jährlich. Internet: www.aee.at