

## Grußwort

Mit Sonnenwärme kühlen - das mag für Laien vielleicht paradox klingen, ist aber nicht nur technisch möglich, sondern eine besonders clevere Nutzung der Solarenergie: Der Bedarf an Kühlung ist ja gerade dann am höchsten, wenn die Sonneneinstrahlung am intensivsten ist. Mit der schleichenden Temperaturzunahme durch den Klimawandel, vor allem aber durch den wachsenden Komfortbedarf wird zunehmend Energie für Kühlung und Klimatisierung eingesetzt.

Am Universitätsklinikum wurde die geeignete Technologie schon zur EXPO 2000 präsentiert. Kälte wird praktisch ohne Strom erzeugt, Umweltbelastungen und Klimaauswirkungen werden vermieden.

Während kleine elektrische Kühlaggregate sich unkontrolliert „vermehren“ und Strom fressen, ist die solarthermische Kühlung Teil eines integrierten Energiekonzepts eines Gebäudes. Der Bedarf an Planung und Beratung ist entsprechend hoch. Mit dem Freiburger Know-how kann sich diese Technologie zum Exportprodukt entwickeln, speziell für Länder südlicherer Breitengrade mit wachsendem Energiehunger.

Auch beim Projekt des Universitätsklinikums zur solarthermischen Kühlung richtet sich die Forschung und Entwicklung auf das System von Gebäude und Energie. Dies ist nicht nur die technische, sondern zugleich auch die wirtschaftliche Perspektive, unter der sich diese Technologie durchsetzen wird.

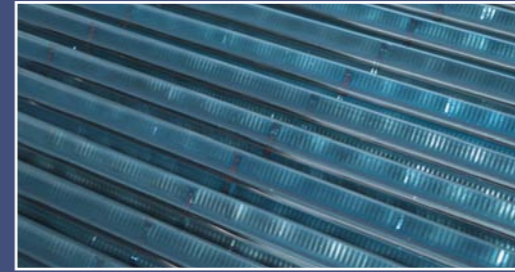
*Gerda Stuchlik*

(Gerda Stuchlik)  
Bürgermeisterin der Stadt Freiburg für Umwelt,  
Schule, Bildung und Gebäudemanagement

## Regenerative Energieerzeugung am Universitätsklinikum Freiburg

Das Universitätsklinikum ist einer der größten Energieerzeuger in Freiburg. Seit vielen Jahren verfolgt das Klinikum eine konsequente ökologische und ökonomische Energieerzeugung mit regenerativen Energien. Bereits 1995 wurde die erste kommerzielle Solaranlage auf dem Dach des Casinos in Betrieb genommen. In der Zwischenzeit konnten noch weitere Photovoltaikanlagen aufgebaut und ein zukunftsweisendes Projekt realisiert werden: die solarthermische Kälteerzeugung im Laborgebäude des Außenklinikums.

Neben der regenerativen Energieerzeugung setzt das Universitätsklinikum mit seinem Heizkraftwerk auf den hocheffizienten Prozess der Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung. In Verbindung mit einem weitverzweigten Fernwärme- und -kältenetz wird so ein bedeutender Beitrag zur umweltverträglichen Erzeugung von Energie geleistet.



## Solarthermische Kälteerzeugung - ein Forschungsvorhaben

Mit Sonnenenergie kühlen, das klingt auf den ersten Blick eigentlich sehr merkwürdig. Möglich macht es die Adsorptionskältetechnik, eine Neuentwicklung auf dem Gebiet der Kälteerzeugung. Im Gegensatz zur bewährten Absorptionstechnik, die im mittelkalorischen Bereich, das heißt zwischen 150 -200°C arbeitet, ist für die thermische Verdichtung bei der Adsorptionstechnik niederkalorische Wärme ab 55°C ausreichend. Dies hat den Vorteil, dass es für die Kälteerzeugung möglich ist, solarthermisch gewonnene Wärme einzusetzen.

Im Rahmen eines 1997 initiierten Forschungsvorhabens wurde 1999 die solarthermische Kälteerzeugung in Betrieb genommen und als registriertes Projekt bei der Weltausstellung EXPO 2000 in Hannover präsentiert. Bei dieser Anlage sind Hochleistungsvakuummöhlenkollektoren zur Warmwassererzeugung mit einer Adsorptionskältemaschine kombiniert. Die Hydraulik der verschiedenen wasserführenden Systeme wird über eine ausgefeilte Meß- und Regelungstechnik gesteuert. Da zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme noch keine Simulationsmodelle sowie Betriebserfahrungen vorlagen, wurde das Projekt durch das Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme wissenschaftlich begleitet.

## Adsorptionsprozess - was ist das?

Die Adsorptionskältemaschine besteht im Wesentlichen aus einem unter Vakuum stehenden Behälter, der in vier untereinander verbundene Kammern unterteilt ist:

- der Verdampfer
- der Austreiber
- der Sammler
- der Verflüssiger

Im Verdampfer wird Wasser im Vakuum bei niedriger Temperatur verdampft. Die dafür benötigte Verdampfungswärme wird dem Kaltwasser entzogen, so dass dieses abgekühlt wird. Der dabei entstehende Wasserdampf wird im Sammler aufgenommen. Dabei wird Adsorptionswärme frei, die über einen Kühlturm abgeführt wird. Parallel dazu wird im Austreiber Wasserdampf ausgetrieben. Dieser Wasserdampf wird dann im Kondensator mit Hilfe von Kühlturmwater kondensiert und steht wieder zur erneuten Verdampfung zur Verfügung. Bei diesem Kreislaufprozess werden der Austreiber und der Sammler im periodischen Wechsel ihrer Funktion betrieben. So kann die Anlage quasi kontinuierlich arbeiten.



## Solarenergie clever nutzen

Als Wärmequelle für die Austreibung im Adsorptionsprozess dient das solarthermisch erzeugte Warmwasser. Dies hat gegenüber der üblichen Nutzung der Solarenergie den entscheidenden Vorteil, dass gerade dann, wenn der Bedarf an Kaltwasser zu Kühlzwecken am größten ist – also im Sommer – das solarthermisch erzeugte Warmwasser immer in ausreichender Menge zur Verfügung steht – quasi just in time. Im Winter wird das solarthermisch erzeugte Warmwasser zur Außenluftvorwärmung der Klimaanlage genutzt. So kann konventionell erzeugte Wärme eingespart und der Gesamtwirkungsgrad der Anlage erhöht werden.



### Technische Daten

Solarkollektorfläche	170 m <sup>2</sup>
Adsorber-Kälteleistung (Mittelwert)	ca. 75 kW
Warmwassertemperatur	70-85°C
Kaltwassertemperatur	6 / 12°C
Kühlturmlistung	200 kW
Warmwasserspeicher	8.000 l
Kaltwasserspeicher	2.500 l



**UNIVERSITÄTS**  
FREIBURG **KLINIKUM**

G5.1 Energieversorgung  
und Umwelttechnik

Energie und Umwelt



## Solarthermische Kälteerzeugung

Ein Forschungsvorhaben  
am Universitätsklinikum Freiburg



### Am Anfang steht die Solaranlage

Um mit Sonnenenergie kühlen zu können, muss diese erst einmal nutzbar gemacht werden. Doch wie funktioniert das? Der Solarkreis besteht einfach gesagt aus dem Hochleistungsvakuumröhrenkollektorfeld, der Solarkreispumpe und dem Solarwärmetauscher. Die Solarkollektoren sind horizontal aufgestellt, die innen liegenden Absorberflächen sind im 45°-Neigungswinkel nach Süden zur Sonne ausgerichtet. Auf ihnen wird die einfallende kurzwellige Sonnenstrahlung absorbiert und in Wärme umgewandelt. Zur Speicherung überschüssiger Solarwärme, etwa zur Nachtkühlung, sind großvolumige Pufferspeicher vorhanden.



### Ansprechpartner für weitere Informationen:

Universitätsklinikum Freiburg  
Dipl.- Ing. Wolfgang Müller  
G5.1 - Energieversorgung und Umwelttechnik  
Hartmannstraße 1  
79106 Freiburg  
Tel.: 0761 / 270 - 5503  
Email: wolfgang.mueller@uniklinik-freiburg.de



Energietag Baden-Württemberg.  
Zukunft erleben.