

Projektuntersuchung in Zusammenarbeit mit der Gesamthochschule Kassel und der Sektion 35 Kassel der DGS

Bivalent beheiztes Hallenbad in Kassel

Von Ing. (grad.) Hans-Joachim Lohr, Kassel

Zur Beheizung eines Freischwimmbades und eines Hallenbades in Kassel von je 50 m³ Beckeninhalte wurde eine Sonnenenergieanlage von 56 m² Kollektorfläche in Verbindung mit einer Wärmepumpenanlage, die sowohl zum Heizen als auch zum Kühlen eingesetzt wird, herangezogen. Obwohl auf die Solaranlage nur etwa 10 % der Gesamtkosten für die Energieversorgungseinrichtungen von rd. 250 000 DM entfallen, können durch sie bis zu 50 % des Gesamtenergiebedarfs für die Wassererwärmung erbracht werden. Die ausführenden Firmen werden in Zusammenarbeit mit der Gesamthochschule Kassel und der Sektion 35 Kassel der DGS durch umfassende Messungen und Untersuchungen über einen Jahresverlauf prüfen, inwieweit diese Berechnungsgrundlage für die im Mai 1977 gebaute Anlage auch in der Praxis nachweisbar ist. Der umbaute Raum des Gebäudes beträgt 1 430 m³.

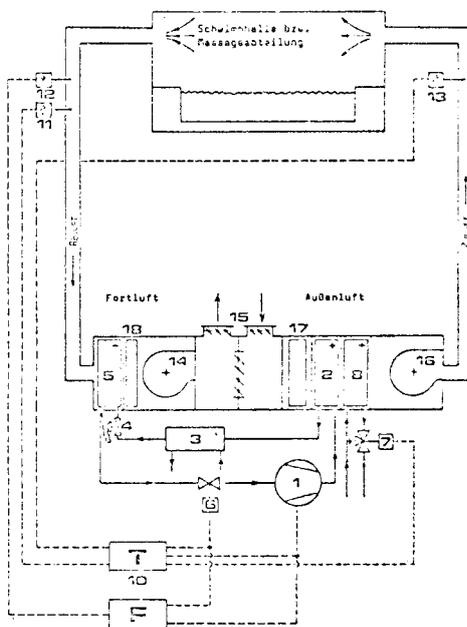
Die Bauform sowie die Ost-West-Ausrichtung der bereits im Rohbau vorhandenen Schwimmhalle boten sich regelrecht für den Aufbau einer Solaranlage an. Das über 100 m² große Flachdach der Schwimmhalle wurde für die Montage einer Kollektorfläche von insgesamt 56 m² mit einer Stahl-Tragkonstruktion versehen. In der ersten Ausbaustufe wurde zunächst eine Kollektorfläche von 40 m² installiert.

Zur Luftentfeuchtung und Beheizung der Schwimmhalle sowie der Massageabteilung wurde jeweils ein Lüftungsgerät mit eingebauter Wärmepumpe, die eine Wärmerückgewinnung ermöglicht, eingesetzt. Das System der Wärmepumpenanlage ist in Bild 1 dargestellt.

Eine sehr große stündlich anfallende Abwassermenge (ca. 1 bis 2 m³) mit einem Temperaturniveau von ca. 30 °C veranlaßte es, den Einsatz einer Wärmepumpe mit einem im Abwassersammelschacht angeordneten Platten-

	kcal/h (ca.)
Brauchwasser-Massageabteilung ca. 1 m ³ /h von +12 auf +45 °C =	33 000
Brauchwasser Schwimmhalle ca. 0,2 m ³ /h von +12 auf +45 °C =	6 600
Beckenwasser Freibad bei 2 °C Abkühlung von 50 m ³ =	4 200
Beckenwasser Hallenbad bei 1 °C Abkühlung von 50 m ³ =	2 100
Solaranlage max. 550 kcal/m ² h und 40 m ² = ca.	22000

Tabelle 1: Gesamtenergiebedarf für Brauch- und Badwassererwärmung sowie max. Deckungsanteil durch Sonnenenergie



- | | | |
|----------------------|------------------|------------------------|
| 1 Kältemaschine | 7 PVV Ventil | 13 Mischluftventilator |
| 2 Kondensator Luft | 8 Heizregler | 14 Abluftventilator |
| 3 Kondensator Wasser | 9 Feuchtebegler | 15 Mischluftregler |
| 4 Expansionsventil | 10 Temp. Regler | 16 Zuluftventilator |
| 5 Verdampfer | 11 Temp. Fühler | 17 Luftfilter |
| 6 Saugventil | 12 Feuchtefühler | 18 Tropfenabscheider |

Bild 1: Wärmepumpenanlage zur Luftentfeuchtung

verdampfer vorzusehen. Die Abwärme mehrerer kleiner wassergekühlter Kälteanlagen, die ebenfalls in dem Gesamtkomplex vorhanden sind, wird zur Wassererwärmung genutzt.

Vom Gesamtenergiebedarf für die Brauch- und Badwassererwärmung von 45 900 kcal/h können bereits durch 40 m² Kollektorfläche bis zu 50 % zeitgleich gedeckt werden (vgl. Tabelle 1). Der Restbedarf sowie

der Bedarf von 32 500 kcal/h als Lüftungswärme für Schwimmhalle und Massageabteilung und die Kälteleistung für die Klimaanlage wird durch Wärmepumpen mit einer Gesamtheizleistung von 67 800 kcal/h und einer Kälteleistung von 52 000 kcal/h gesichert.

Durch die Verknüpfung von Solaranlage, Wärmepumpen und Gasheizkessel wurde eine äußerst wirtschaftliche Beheizung des Gebäudes erreicht. Alle Bauteile wurden zu einem System zusammengefügt, das nach einer konsequenten Reihenfolge kostenlos zur Verfügung stehender und teurer Energie ausgerichtet wurde. Primär wird der Einsatz von Solarenergie angesehen. An zweiter Stelle stehen die Wärmepumpenanlagen, wobei die besondere Bedeutung der Luftentfeuchtung zur Bauerhaltung berücksichtigt wurde. Die Reserveleistung bei Spitzenbedarf wird durch einen Gasheizkessel erbracht.

Bei der Auswahl der Anlagenbauteile wurde auf bereits am Markt erhältliche und gut eingeführte Serienteile zurückgegriffen.

Kollektoranlage

Die Kollektoren sind unter einem Neigungswinkel von 45° und einem Abstand von 2,15 m hintereinander aufgebaut. Insgesamt besteht die Anlage aus 20 Kollektoren mit einer effektiven Gesamtfläche von je 2 m². Die Aufstellung erfolgte in vier Reihen zu jeweils fünf Kollektoren. Die Azimutausrichtung beträgt ca. 170°. Die Kollektoren wurden von der Linde AG, Kassel, entwickelt und von der Firma Burmester, Geesthacht, gebaut. Die Einteilung der Kollektoren, bezogen auf ihre unterschiedliche Ausföhrung, ist auf dem Bild 2 zu erken-

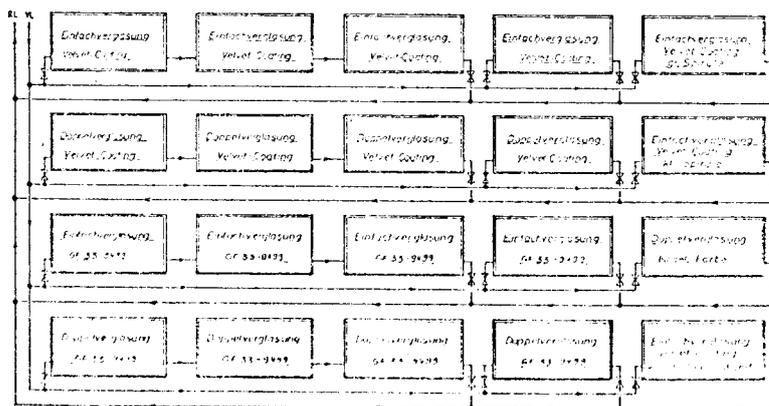


Bild 2: Kollektoreinteilung zur Vergleichsmessung der unterschiedlichen Kollektorausföhrungen

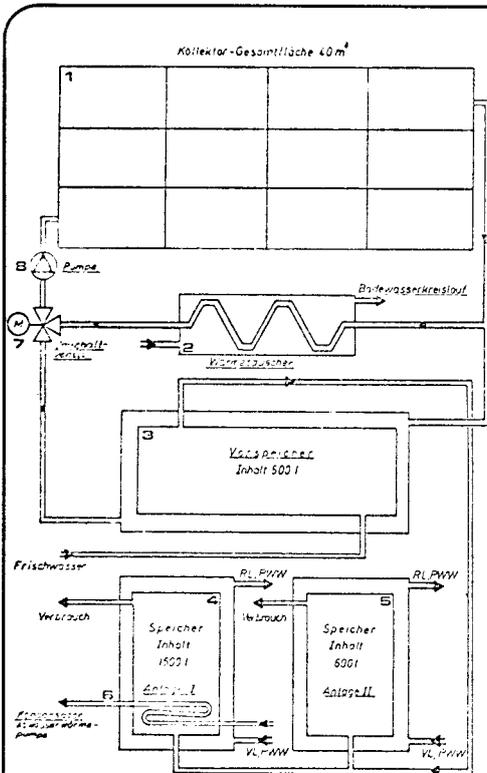


Bild 3: Die Wasserkreisläufe

nen. Wie aus der Systemschaltung hervorgeht, ist ein Vergleich der Einzelkollektoren untereinander zur Leistungsermittlung möglich. Velvet-Coating von der 3-M-Deutschland

GmbH sowie GF 33-9499 von der BASF sind zur Beschichtung der Absorber verwendet worden (vgl. Tabelle 2).

Ein Gehäuse aus Alu-Strangpressprofilen dient zur Aufnahme der Scheiben sowie des im Rollschweißverfahren hergestellten Stahlabsorbers und der Isolierung. Die Halterung der Kollektoren erlaubt eine Änderung des Neigungswinkels in den Bereichen zwischen 30° und 60°.

Zur Vermeidung von Kontaktkorrosion und der Ionenwanderung bei unterschiedlichen Werkstoffen in einem geschlossenen System wurde als einheitlicher Werkstoff Stahl gewählt.

Die Verbindungsleitungen sind ausreichend mit Armaflex isoliert. Als Wärmeträgerflüssigkeit wurde PKL 300 der Firma Erich Schmarbeck, Leutkirch, gewählt, welches giftfrei ist und einen ausreichenden Frost- und Korrosionsschutz gewährleistet. Die mittlere spezifische Wärmekapazität ist geringer als die des Wassers und beträgt im Bereich zwischen 20 und 100 °C etwa 3,8 kJ/Kg.K.

Speicher

Eine Doppelmantelspeicherzelle der Firma Viessmann, Allendorf, mit einem Gesamt-Nutzwasservolumen von 500 l ist über das Rohrsystem mit den Kollektoren verbunden. Der sekundärseitige Teil des Speichers hat einen Heizmittelinhalt von 93 l. Als Speicher material wurde Edelstahl auf der Primär- und Stahl auf der Sekundärseite verwendet. Die serienmäßige Isolierung wurde durch eine weitere 50 mm starke Glaswollisolierung verstärkt.

Dieser Speicher wird im Brauchwasserkreislauf als Vorspeicher bezeichnet. Eine Verteilung des durch Solarenergie aufgeheizten Wassers erfolgt auf zwei weitere 1 500-l- bzw. 600-l-Speicher, wo bei Bedarf eine Nacherwärmung möglich ist.

Bild 3 zeigt diesen Kreislauf.

Regelung

Entsprechend Bild 4 kann man erkennen, daß der mit "Δt" gekennzeichnete Regler das "Herz" der Temperaturregelung darstellt. Bei steigender Kollektortemperatur im Verhältnis zur

Beschichtung	Absorption α	Emission ε	Wellenlänge λ
Velvet-Coating	0,98	0,89	3,0 μm bzw. 3,0 μm
GF 33-9499	0,94	0,52	keine Angaben
Normale Farben (schwarz)	0,95	0,90	

Tabelle 2: Die verwendeten Beschichtungen (nach Herstellerangaben)

3M Velvet Coating

die hochwertige Mattlack-Beschichtung für Sonnenkollektoren

5 überzeugende Argumente für den Einsatz von VELVET COATING

- VELVET COATING** besteht aus feinsten sphärisch geschliffenen Glaspigmenten
- VELVET COATING** ergibt vollkommen matte und unempfindliche Oberflächen, die sich nicht blankreiben
- VELVET COATING** erzielt ein Höchstmaß an Absorption, unabhängig vom Einfallswinkel
- VELVET COATING** ist beständig gegen Witterungseinflüsse und Temperaturen bis 150°C
- VELVET COATING** wird im normalen Spritzverfahren aufgetragen

Ausführliche Informationen über VELVET COATING – die außergewöhnliche Mattlackfarbe – erhalten Sie von

3M DEUTSCHLAND GMBH
Abt. Dekorative Produkte
404 Neuss 1, Carl-Schurz-Str. 1, Postf. 643, Ruf 02101/141, FS 08-517511



Beispiele

Speicher- bzw. Badewassertemperatur wird die Pumpe 1 in Bewegung gesetzt. Der Wärmestrom fließt nun vom Kollektor zum Speicher bzw. Wärmetauscher.

Um eine Überhitzung der Anlage zu vermeiden – bei eventuell geringer Abnahme von Brauchwasser – und um die Möglichkeit der Badewassererwärmung zu erhalten, wird über das Umschaltventil M 3 P 32 F, in Abhängigkeit des im Speicher angeordneten Maximalfühlers, der Wärmetauscher beaufschlagt und die Pumpe 2 in Betrieb genommen.

Der Normalbetrieb, d. h. die Wärmeabgabe der Kollektoren zur Brauchwassererwärmung im Speicher, hat grundsätzlich Vorrang, da durch die gewerbliche Nutzung des Gebäudes ein sehr hoher Warmwasserbedarf besteht. Jedoch ist eine manuelle Umschaltmöglichkeit der Solaranlage zur Beheizung des Badewassers vorgesehen.

Der Funktionsablauf entspricht dem Betrieb bei Überhitzungsgefahr, wobei in diesem Fall nicht der Maximalbegrenzer sondern ein Handschalter den Vorgang auslöst. Der mit "B" gekennzeichnete Fühler ist in dem Badewasserkreislauf angeordnet und übernimmt nun die Funktion des mit "A" bezeichneten Fühlers im Speicher.

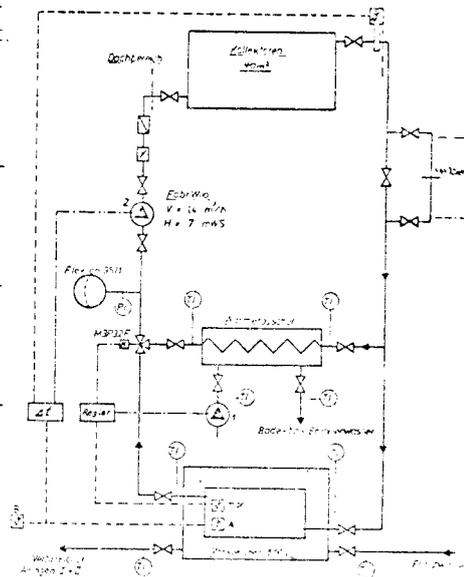


Bild 4: Rohrleitungs- und Regelschema

(d. h. bei 12 bis 14 °C Eintrittstemperatur ergibt sich nach einer Stunde eine Speichertemperatur von 44 bis 46 °C, wenn keine Entnahme erfolgt.)

An sonnenklaren Tagen kann eine Wärmeabgabe der Kollektoren von 6 kWh je m² erreicht werden. Dieses entspricht einer Gesamt-Tageswärmeabgabe von 40 x 6 x 860 = 206 400 kcal.

Bei einer angenommenen Temperaturdifferenz von ca. 35 K (Aufheizung von 12 bis 14 °C auf 47 bis 49 °C) ergibt sich eine tägliche Brauchwassermenge, die zur Verfügung steht, von

$$G = \frac{206\,000}{1\,000 \cdot 35} = 5,9 \text{ m}^3.$$

Bezogen auf eine mittlere Wärmeabgabe von 3 kWh je m² ergibt sich bei gleichen Voraussetzungen der Wert 40 x 3 x 860 = 103 200 kcal.

Die Wassermenge beträgt

$$G = \frac{103\,000}{1\,000 \cdot 35} = 2,95 \text{ m}^3$$

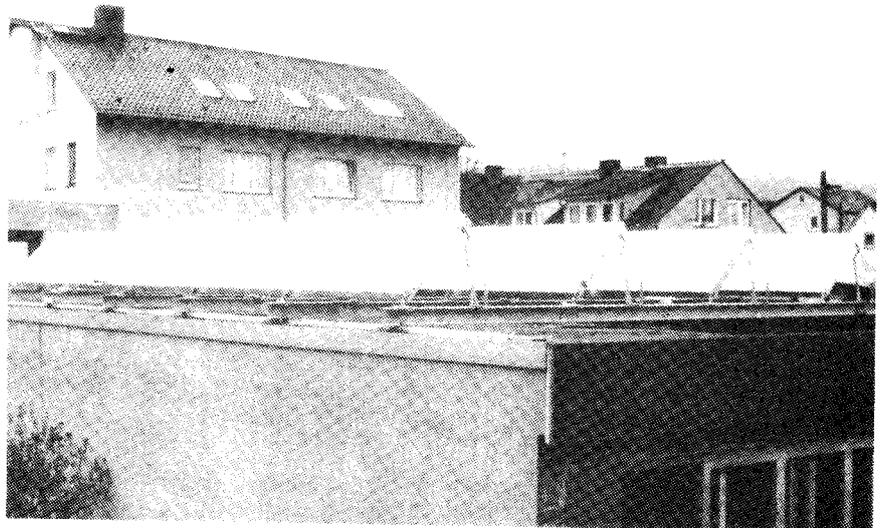


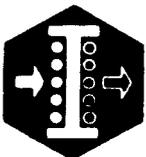
Bild 5: Die Kollektoren auf dem Flachdach

Berechnungsdaten

Effektive Gesamtfläche: 40 m²
 Vorseicher-Volumen: 500 l
 mittl. Heizleistung je m²: 400 kcal/h (Mai - Sept.)
 Gesamtheizleistung: 40 m² x 400 kcal/m²h = 16 000 kcal/h
 Wassereintrittstemperatur in den Speicher: 12 - 14 °C

Stündliche Temperaturzunahme:

$$\Delta t = \frac{16\,000}{0,5 \cdot 1\,000} = 32 \text{ K}$$



Spezialprodukt PKL 300



Hydrophile, umweltfreundliche Wärmetausch- und Schutzflüssigkeit zum Befüllen der Kreisläufe von Solar-Anlagen mit Kollektoren aus Aluminium, Kupfer, Stahl oder Kunststoffen als Wandlerelement. Schutzflüssigkeit zum Befüllen der Primärkreisläufe von Solar- und Wärmepumpenheizungen.

Hohe spez. Wärmekapazität · Antikorrosiv · Frostsicher · Biologisch gut abbaubar · Nicht toxisch · Nicht brennbar · Indifferent gegenüber Dichtungs- und Verbindungsmaterialien

Anwendungstechnische Beratung:

Erich Schmarbeck PKL Produkte · Anwendungstechnik · Eilmeney 1
 7970 Leutkirch im Allgäu 3, Telefon (07567) 481
 Mitglied der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie e. V. (DGS)