

| | | | |
|-----------------------------|-------|-----------------------------------|------------------------------------|
| DIS-Projekt Nr. : | 45817 | Pilot- und Demonstrationsprogramm | im Auftrag des |
| DIS-Vertrags/Verfügung Nr.: | 85877 | Solarwärme | Bundesamtes für Energie BFE |

Schlussbericht Dezember 2004

Solarbetriebene Absorptions- Kältemaschine mit Heizungs- unterstützung

Ausgearbeitet durch
Christian Hilgenberg
Ingenieurbüro IEM AG
CFL Lohnerstrasse 24
3645 Gwatt-Thun

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| INHALTSVERZEICHNIS | 2 |
| 1. ZUSAMMENFASSUNG | 3 |
| 2. AUSGANGSLAGE | 4 |
| 3. ZIELE DER ANLAGE | 4 |
| 4. BESCHREIBUNG DER ANLAGE | 5 |
| 5. WIRTSCHAFTLICHE ASPEKTE | 8 |
| 6. ERGEBNISSE | 9 |
| 7. SCHLUSSFOLGERUNG UND AUSSICHT | 13 |
| 8. VERANTWORTLICHE PERSONEN | 14 |
| 9. FOTOS | 15 |

1. Zusammenfassung

Die Niederlassung Thun der Berner Kantonalbank (BEKB) bei welcher bis 2003 eine Vollklimaanlage (250 kW) installiert war, wurde durch eine Teilklimaanlage saniert. Die Kälteerzeugung erfolgt neu durch 2 Miniabsorber mit einer totalen Kälteleistung von 92 kW. Ein Teil der Wärme im Sommer für die Absorptions-Kältemaschine wird mittels 100 m² Sonnenkollektoren erzeugt. Die restliche Wärme wird mittels der neuen Gasheizung erzeugt, welche die alte Oelheizung ersetzt.

Mit der solarbetriebenen Absorptionskältemaschine produziert die Solaranlage dann am meisten Energie, wenn der Kältebedarf am grössten ist. Zudem wird die Solaranlage in der Übergangszeit und im Winter zur Heizungsunterstützung genutzt.

Die Anlage funktioniert seit Frühling 2003 einwandfrei. Im sehr heissen Sommer 2003 hat sie den Praxistest zur vollsten Zufriedenheit bestanden, obwohl das Leitsystem und die Storensteuerung aufgrund des laufenden Umbaus noch nicht optimal in Betrieb waren.

Der Wärmebedarf der Kältemaschine betrug für Dez 03- Dez 04 total 72220 kWh, während die Solaranlage in dieser Zeit 49760 kWh Wärme lieferte. Während der 5 wärmsten Sommermonate betrug der solare Deckungsgrad 36% für die Wärmezufuhr der Kältemaschinen.

Sehr gut bewährt hat sich auch das Konzept mit dem Zwischenspeicher. So treten die bei andern Anlagen beobachteten Probleme bezüglich Defekte der Absorptions-Kältemaschine wegen hydraulischen oder Steuerungs- und Regulierungsproblemen nicht auf.

Gemäss Herstellerangaben beträgt die Leistungsziffer der Kältemaschine bei einer Vorlauftemperatur von 85°C etwa 70%. Aufgrund der Zählerablesungen beträgt die Jahresarbeitszahl 60%. Auffallend ist, dass vor allem während der Übergangsmonate im Teillastbereich die Jahresarbeitszahl massiv abnimmt.

Die wichtigsten Erkenntnisse sind:

- Die sehr sorgfältige Anlageplanung hat sich gelohnt
- Die Inbetriebnahme einer solchen Anlage ist wegen der Komplexität sehr anspruchsvoll
- Eine Betriebsoptimierung während eines Jahres ist äusserst wichtig
- Die Absorptions-Kältemaschinen haben eine schlechte Leistungsziffer im Teillastbereich. Hier wird zukünftig versucht, die Anlage noch auf einem leicht höheren Temperaturniveau zu betreiben.

Diverse Führungen während des Jahres für Interessierte aus der ganzen Schweiz zeigen das grosse Interesse an dieser Anlage. Die Faszination, mit Sonnenenergie Kälteenergie zu erzeugen, ist sehr gross.

Die wesentlichsten Argumente für solarbetriebene Absorptions-Kältemaschinen sind:

- Im Sommer kann Elektrizität substituiert werden; die Netzbelastung ist wegen der vielen Klimaanlagen zunehmend im Sommer ein Problem; der Sommer 2003 zeigte dies deutlich.
- In einigen Kantonen ist es aufgrund der Energie-Gesetzgebung bereits sehr schwierig, eine elektrisch betriebene Klimaanlage zu realisieren.
- Die Solaranlage kann optimal genutzt werden: Im Sommer zur Klimatisierung und Brauchwarmwassererwärmung und während der Heizperiode zusätzlich zur Heizungsunterstützung. Das Überhitzungsproblem existiert bei solchen Anlagen nicht.
- Die Sensibilisierung breiter Bevölkerungsschichten nimmt für die erneuerbaren Energien laufend zu.

2. Ausgangslage

Die Niederlassung Thun der Berner Kantonalbank (BEKB) bei welcher bis 2003 eine Vollklimaanlage (250 kW) installiert war, wurde durch eine Teilklimaanlage saniert. Die Kälteerzeugung erfolgt neu durch 2 Miniabsorber mit einer totalen Kälteleistung von 92 kW. Ein Teil der Wärme im Sommer für die Absorptions-Kältemaschine wird mittels 100 m² Sonnenkollektoren erzeugt. Die restliche Wärme wird mittels der neuen Gasheizung erzeugt, welche die alte Ölheizung ersetzt.

Ein spezielles Gewicht wird der Trägheit der Absorptions-Kältemaschine im Wechselspiel mit der schwankenden Wärmeleistung der Solaranlage geschenkt, damit ein einwandfreier Betrieb der Anlage erreicht wird.

Die Absorptions-Kältemaschine ist eigentlich eine bewährte Technologie, welche in der Schweiz jedoch in Kombination mit einer Solaranlage bisher nach unserem Wissen nicht erfolgreich angewendet wurde. Wir haben die 2 realisierten Anlagen analysiert und sind zum Schluss gekommen, dass dem Charakter der Absorptionskältemaschine (relativ träger, thermodynamischer Prozess) zuwenig Rechnung getragen wurde. Wir sind überzeugt, dass in Zukunft die Substitution von Elektrischer Energie ein grosses Thema sein wird (Diskussionen im in- und Ausland über das Abstellen der Kernkraftwerke). Mit einer solarbetriebenen Absorptionskältemaschine produziert die Solaranlage dann am meisten Energie, wenn der Kältebedarf am grössten ist. Zudem wird die Solaranlage in der Übergangszeit und im Winter zur Heizungsunterstützung genutzt. Somit kann der Jahresnutzungsgrad eines Kollektorfeldes wesentlich verbessert werden und das Überhitzungsproblem, von vor allem grösseren Solaranlagen, ist auch gelöst.

Mit diesem Projekt sollen Erfahrungen in unseren Breitengraden mit der Teilklimatisierung mittels solarbetriebenen Absorptionskälteanlagen gemacht werden.

Das Projekt ist somit für alle Gebäudebesitzer interessant, welche sich mit der Klimatisierung beschäftigen müssen, d.h. ein Grossteil der Bürogebäude, Einkaufszentren, Rechenzentren, Spitäler, Hotels, etc.

3. Ziele der Anlage

Mit der realisierten solaren Absorptionskältemaschine werden im wesentlichen folgende Ziele verfolgt:

1. HEIZEN (WINTER) UND KÜHLEN (SOMMER) MIT SONNENENERGIE

Mittels der Absorptionskältemaschine kann im Sommer die gelieferte Sonnenenergie in Kälteenergie umgewandelt werden. Sobald die Kältemaschine abgestellt ist, unterstützt die Solaranlage die Heizung und während des ganzen Jahres die Warmwasseraufbereitung. Somit kann das Überhitzungsproblem im Sommer gelöst werden.

2. SUBSTITUTION VON ELEKTRIZITÄT

In den letzten Jahren traten weltweit vor allem im Sommer zunehmend Probleme mit der Elektrizitätsversorgung auf. Einige Gründe dafür sind der zunehmende Strombedarf für die Klimaanlagen im Sommer, Netzüberlastung, schlecht gewartete Netze, Privatisierungsprozesse, etc. In Deutschland beginnt der Ausstieg aus der Atomenergie und auch in andern Ländern ist dieses Thema diskussionsfähig. Die Substitution von Elektrizität wird in Zukunft eine Schwerpunktthema in der Energiepolitik sein.

3. ERMITTELN DES MÖGLICHEN SOLAREN DECKUNGSGRADES IM KÜHL- UND HEIZBETRIEB

Dank der Nutzung der Sonnenenergie während allen 4 Jahreszeiten, muss der solare Jahresertrag höher sein als bei gleichen Anlagen, welche „nur“ zur Heizungsunterstützung dienen, liegen.

Weiter soll ermittelt werden, wie hoch der solare Deckungsgrad im Sommer zur Kühlung und im Winter zur Beheizung und Brauchwarmwasserversorgung des Gebäudes ist.

4. ERMITTELN DES WIRKUNGSGRADES DER ABSORPTIONS-KÄLTEMASCHINE

Die Absorptionskältemaschine wandelt Wärmeenergie in Kälteenergie um. Der theoretische Wirkungsgrad soll messtechnisch überprüft werden.

5. PRAXISTEST DER NEUEN ABSORBERGENERATION

Die neue Solar-Absorbergeneration mit höheren Absorptionswerten und tieferen Emissionswerten wird auf dessen Praxistauglichkeit auch bei unserem Temperaturniveau (85-90°C) untersucht.

4. Beschreibung der Anlage

1. Standort der Anlage

Das Bankgebäude der Berner Kantonalbank (BEKB) liegt an zentralster Lage in Thun an der Bahnhofstrasse 1. Das Gebäude liegt 560 m ü M. Koordinaten: 614 625 / 178 350.

2. Besondere geographische Merkmale des Standorts:

Um Thun, auch Stadt der Alpen genannt, liegen nicht in unmittelbarer Nähe hohe Berge. Die hohen drei- und viertausender Gipfel liegen in einem Abstand von 15 -30 km, sodass morgens und abends der freie Horizont eingeschränkt ist. Dann ist jedoch auch die Strahlungsintensität noch gering.

Thun profitiert im Winter vielfach von der Auflösung des Nebels. Im Sommer schränken dafür Gewitterwolken in den Bergen die Sonneneinstrahlung ein. Dank der Speicherwirkung des Thunersees ist das Klima in Thun eher gemässigt.

An der Nordseite des Gebäudes führt die Aare durch, welche zur Rückkühlung des warmen Wassers genutzt wird.

3. Baurechtliche Aspekte:

Das Gebäude wurde in den Sechzigerjahren erbaut. Durch die Sanierung sind keine besonderen Reglemente zu beachten.

4. Fläche, Orientierung und Anstellwinkel der Kollektoren

Die Sonnenkollektoren wurden auf dem bestehenden Kupfer-Doppelfalzdach aufgestellt. Die Fläche beträgt 100 m², der Anstellwinkel 45° und die Orientierung +30°.

5. Informationen zum Gebäude:

Die Bruttogeschossfläche beträgt 3500 m² bei 8 Geschossen. Im 2. UG sind Technikräume, im 1.UG Technik, Archiv und Kundentresor, im EG Schalter und 3 Fremdmieten (Restaurant, Blumenladen, Telekom-Anbieter), und die 5 Obergeschosse werden als Büro genutzt, wovon im Dachgeschoss noch eine Lüftungszentrale untergebracht ist.

6. Theoretische Grundlagen:

Arbeitsweise der Absorptionskältemaschine

Ein Absorptionskühler entzieht dem zu kühlenden Medium Wärme durch ein verdampfendes Kältemittel, genau wie eine Verdichter-Kälteanlage. Die zugeführte Energie zum Betreiben des Absorptionskühlers ist jedoch Wärme, der Kühlprozess verläuft deshalb anders, da die Förderung des Kältemittels nicht durch einen Verdichter erfolgt, sondern über einen Lösungskreislauf. Hierzu sind vier Funktionseinheiten erforderlich, von denen Verdampfer und Absorber im unteren, Austrieb und Verflüssiger im oberen Behälter zusammengefasst sind.

1. Verdampfer – Der durchfliessende Kälteträger bringt das über die Verdampferrohre versprühte Kältemittel zum Verdampfen, die dazu erforderliche Verdampfungswärme wird dem Kälteträger entzogen, er wird abgekühlt. Als Kältemittel dient Wasser, im Verdampfer herrscht deshalb ein Vakuum mit einem Druck von nur 8.2 mbar, um die notwendige niedrige Verdampfungstemperatur zu erreichen.

2. Absorber – Der im Verdampfer entstehende Kältemittel- (Wasser-) Dampf strömt herunter in den Absorberteil, in dem eine Lithiumbromid-Lösung versprüht wird, die stark hygroskopisch ist und den Wasserdampf aufsaugt. Die Lösung verdünnt sich hierbei, die entstehende Lösungswärme wird abgeführt über durch die WT-Rohre strömendes Kühlwasser.

3. Austreiber – Die verdünnte Lithiumbromid-Lösung wird durch eine Pumpe hochgedrückt in den Austreiberteil mit den Heizrohren. Durch je nach Kühllast geregelte Zufuhr von Dampf oder Heisswasser wird aus der Lösung Kältemittel ausgedampft. Die dadurch wieder konzentrierte Lithiumbromid-Lösung fließt zum Absorber zurück; ein Temperaturwechsler zwischen verdünnter kalter und konzentrierter warmer Lösung spart Heizenergie und erhöht die Wirtschaftlichkeit.

4. Verflüssiger – Oberhalb des Austreibers liegen die Verflüssigerrohre, durch die das Kühlwasser fließt. Entsprechend der Kühlwassertemperatur herrscht im Austreiber-Verflüssiger-Teil ein Vakuum mit einem Druck von etwa 80 mbar, so dass sich der aus dem Austreiber kommende Kältemittel- (Wasser-) Dampf an den Kühlrohren verflüssigt. Das flüssige Kältemittel strömt wieder zum Verdampfer, womit der Kreislauf geschlossen ist.

5. Wirtschaftliche Aspekte

1. Gesamtkosten der Anlage (inkl. Zusammensetzung der Kosten)

| | Abrechnungs- kosten |
|-----------------------------------|------------------------|
| 1. Wärmeerzeugung Gas | 75'000 |
| 2. Heizungsanschluss Absorber | 16'000 |
| 3. Verrohrung Kälteerzeugung | 38'000 |
| 4. Aarewasser-Rückkühlung | 64'000 |
| 5. Anteil MSR | 40'000 |
| 6. Absorptions-Kältemaschine | 78'000 |
| 7. Solaranlage 100 m ² | 110'000 |
| 8. Dämmungen | 20'000 |
| 9. Honorare | <u>58'000</u> |
| | |
| Total Anlagekosten | 499'000 |

2. Kosten für eine gleichwertige konventionelle Anlage

Die Kosten für eine konventionelle, elektrisch betriebene Kältemaschine kombiniert mit einer Gasheizung betragen ca. Fr. 230'000.—.

3. Nicht amortisierbare Mehrkosten der Anlage

Gemäss dem P+D Gesuch betragen die nicht amortisierbaren Mehrkosten:

| | |
|--|---------|
| Nicht amortisierbare Mehrkosten Km Pilotprojekt | 385'400 |
| Nicht amortisierbare Mehrkosten Km Demo-, Förder-Projekt | 370'550 |

4. Für die Anlage erhaltene Finanzhilfen

Die Beiträge an die Investitionen betragen:

Bundesbeitrag Fr. 80'000.—

Beitrag Kanton Bern: Fr. 100'000.—

5. Spezifische Kosten (pro m² Kollektor, pro m³ Speicher)

Für die Solaranlage betragen die spezifischen Kosten inkl. Dämmungen und Honorar ca. Fr. 1'300.— /m².

6. Begründung der Kosten

Gegenüber der konventionellen Kältemaschine sind die Kosten markant höher. Dies ist vor allem zurückzuführen auf:

- Installation von 2 Stk. Absorptionskältemaschinen aus Platzgründen
- Erhöhter Aufwand von Armaturen, Steuerung/Regulierung, Leitungen, Dämmungen durch die zweite Absorptionskältemaschine

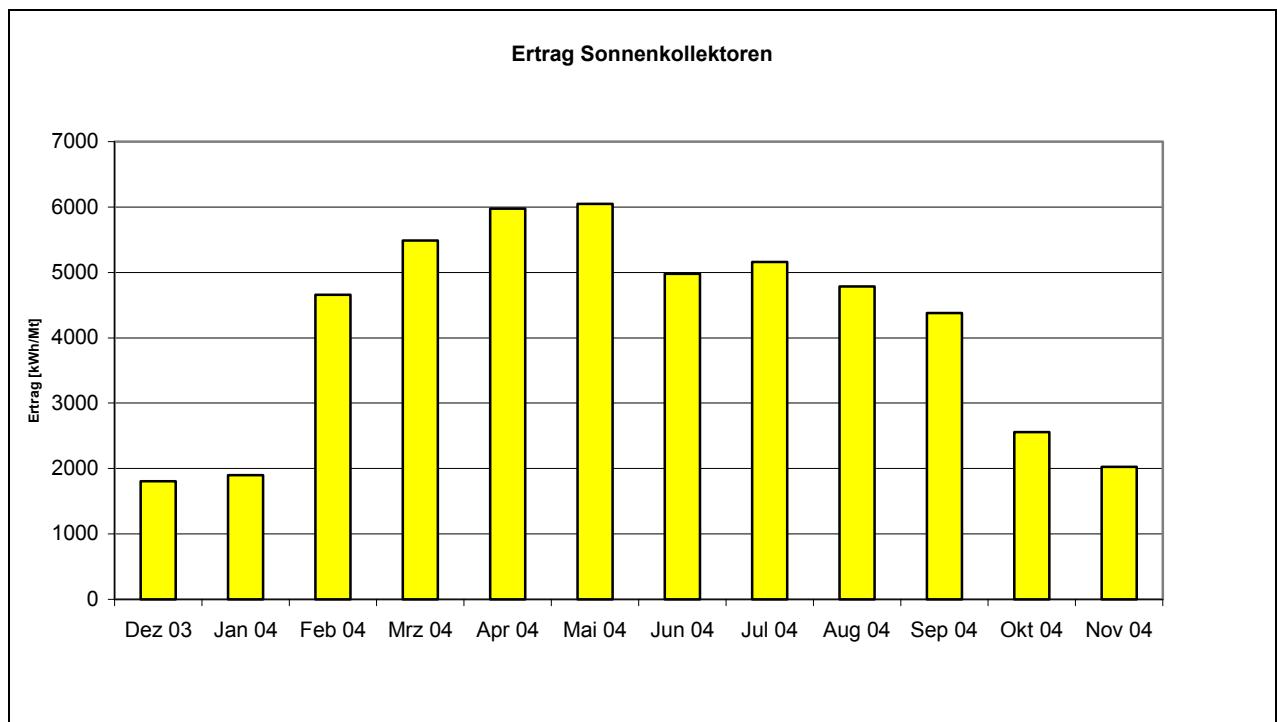
6. Ergebnisse

Es wurden folgende Messziele vereinbart:

- Erfassen des Ertrages der Sonnenkollektoren
- Erfassen der Zusatzenergie ab Heizkessel
- Erfassen der zugeführten Wärmeenergie zur Absorptionskältemaschine
- Erfassen der produzierten Kälteenergie
- Erfassen der verbrauchten Energie von Brauchwarmwasser inkl. Zirkulationsverluste
- Bestimmen des spezifischen Kollektorertrages
- Bestimmen des Wirkungsgrades der Absorptions-Kältemaschine
- Bestimmen der Speicherverluste
- Bestimmen des Verhältnisses von Warmwasserverbrauch und Zirkulationsverluste im Bürogebäude

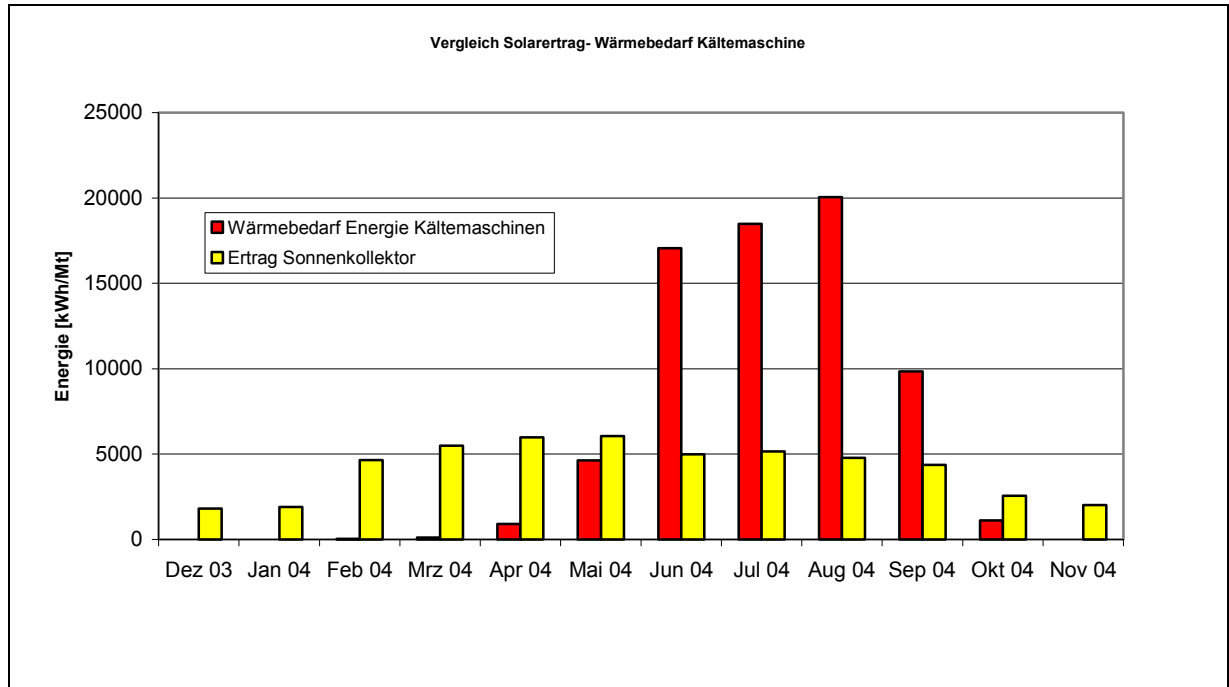
6.1 Ertrag Sonnenkollektor

Augrund der Monatsauswertungen betrug der spezifische Kollektorertrag im Jahre 2004 vom Dez 03 bis Dez 04 504 kWh / m². In der Übergangszeit wird die Anlage auf möglichst tiefem Temperaturniveau zur Heizungsunterstützung in Abhängigkeit der Aussentemperatur betrieben, während im Sommer die Anlage auf einer Temperatur von etwa 90°C betrieben wird.



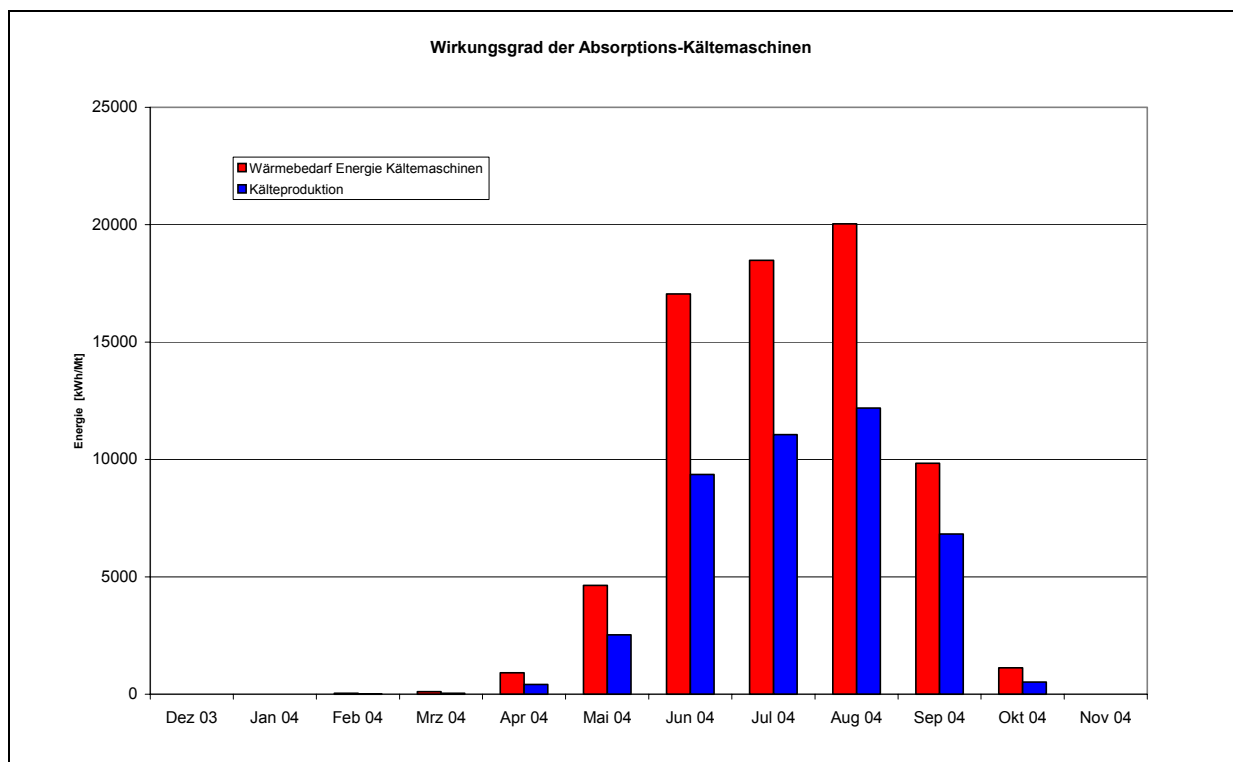
7.2 Solarer Deckungsgrad für Kühlung

Nachfolgende Grafik zeigt, dass der Wärmebedarf der Kältemaschine total 72220 kWh für Dez 03- Dez 04 betrug, während die Solaranlage in dieser Zeit 49760 kWh Wärme lieferte. Während der 5 wärmsten Sommermonate betrug der solare Deckungsgrad 36% für die Wärmezufuhr der Kältemaschinen.



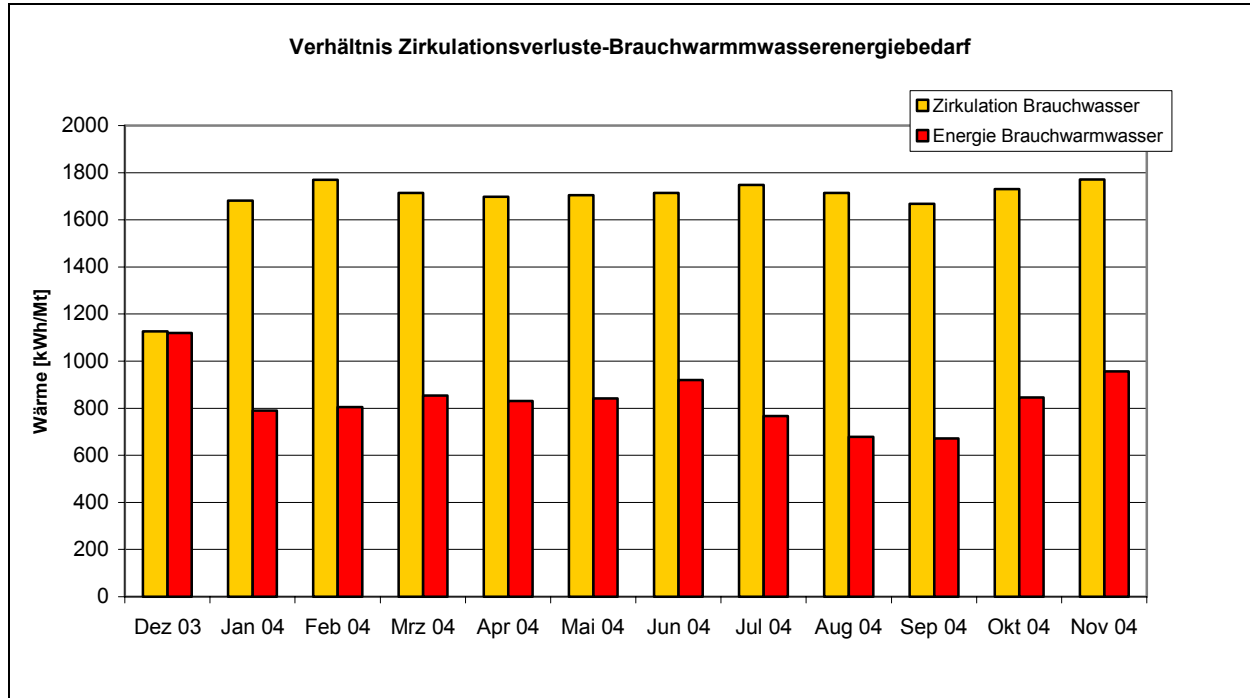
7.3 Wirkungsgrad der Absorptions-Kältemaschine

Gemäss Herstellerangaben beträgt die Leistungsziffer der Kältemaschine bei einer Vorlauftemperatur von 85°C etwa 70%. Aufgrund der Zählerablesungen beträgt die Jahresarbeitszahl 60%. Auffallend ist, dass vor allem während der Übergangsmonate im Teillastbereich die Jahresarbeitszahl massiv abnimmt.



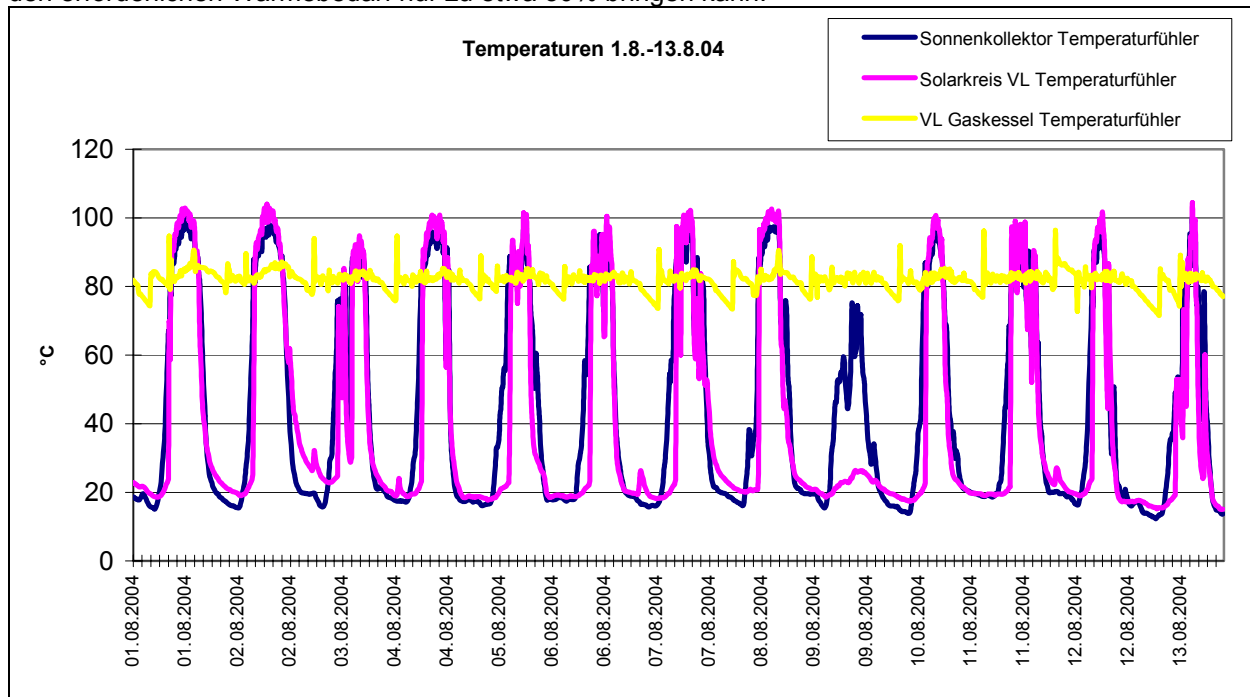
7.4 Verhältnis Warmwasserverbrauch und Zirkulationsverluste im Bürogebäude

Die Liegenschaft wird durch einen Coiffeur, eine Cafeteria, 3 Wohnungen, einen Blumenladen und ca. 3000 m² Bürofläche genutzt. Das Verhältnis von den permanenten Zirkulationsverlusten zum effektiven Warmwasserverbrauch beträgt 2 : 1, d.h. die Jährlichen Zirkulationsverluste betragen 20'000 kWh während für die Erwärmung des jährlichen Brauchwarmwasserkonsumes eine Energiemenge von 10'000 kWh erforderlich ist.

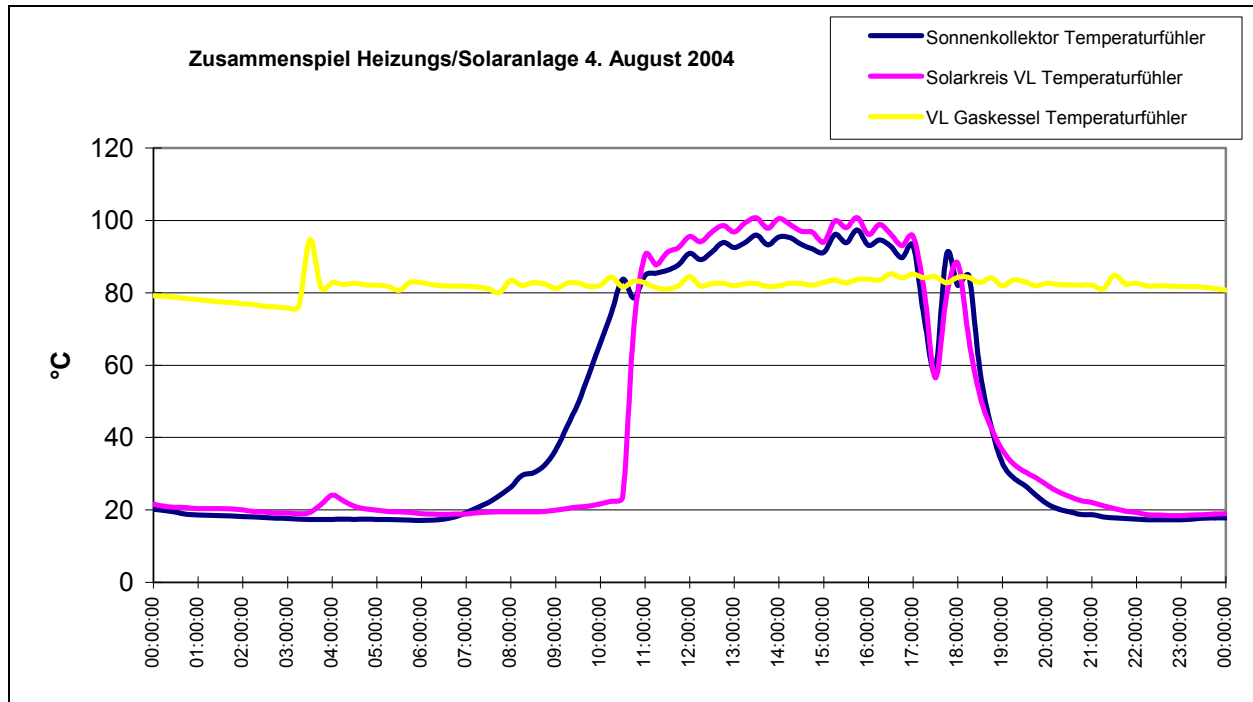


7.5 Verhalten der Anlage

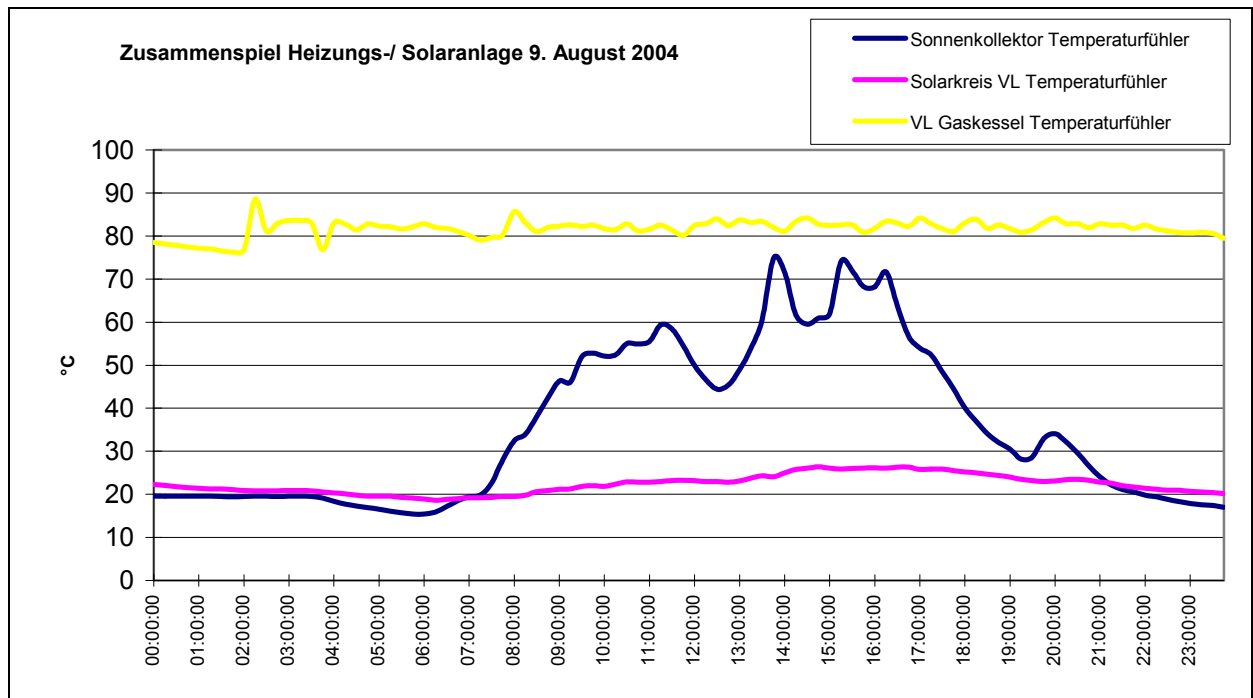
Nachfolgendes Diagramm zeigt das Verhalten von Heizung und Solaranlage. Es ist ersichtlich, dass der Heizkessel während des Betriebes der Kältemaschine zur Nachheizung in Betrieb ist, weil die Solaranlage den erforderlichen Wärmebedarf nur zu etwa 30% bringen kann.



Am 4. August, einem schönen Sommertag, wird die Solaranlage dauernd zwischen 90°C und 100°C betreiben. Bei aufziehender Bewölkung um 17.00 Uhr sinkt die Kollektortemperatur schnell ab, kann aber noch um 18.00 Uhr wieder auf 90°C ansteigen.



An einem bewölkten Tag, wie dem 9.8.2004, ist die Solaranlage im Sommer nicht in Betrieb, wenn die Kollektortemperatur nicht 90°C erreicht.



7. Schlussfolgerung und Aussicht

Die Anlage erfüllt die Anforderungen der Benutzer zur vollsten Zufriedenheit. Schon im sehr heissen Sommer 2003 konnten die geforderten Temperaturwerte erfüllt werden, obwohl das Leitsystem und die Storensteuerung aufgrund des laufenden Umbaus noch nicht optimal in Betrieb waren.

Sehr gut bewährt hat sich auch das Konzept mit dem Zwischenspeicher. So treten die bei andern Anlagen beobachteten Probleme bezüglich Defekte der Absorptions-Kältemaschine wegen hydraulischen oder Steuerungs- und Regulierungsproblemen nicht auf.

Für uns Planer sind die wichtigsten Erkenntnisse:

- Das Konzept hat sich bewährt und funktioniert einwandfrei
- Die sehr sorgfältige Anlageplanung hat sich gelohnt
- Die Inbetriebnahme einer solchen Anlage ist wegen der Komplexität sehr anspruchsvoll
- Eine Betriebsoptimierung während eines Jahres ist äusserst wichtig
- Parallel zur Optimierung der Wärmeerzeugung / Solaranlage muss auch der Kälteverbrauch optimiert werden.
- Der Einsatz des Leitsystemes auf der Basis einer SPS und die Programmierung durch nicht Haustechnik-Spezialisten war in diesem Projekt unbefriedigend; trotz detaillierter Steuerungs- und Regulierungsbeschrieben.
- Der solare Deckungsgrad könnte durch ein grösseres Kollektorfeld erhöht werden. Dies war bereits bei der Planung ersichtlich. Der begrenzende Faktor war in diesem Bereich nebst den Investitionskosten die optimale Nutzung der Dachfläche.
- Die Absorptions-Kältemaschinen haben eine schlechte Leistungsziffer im Teillastbereich. Hier wird zukünftig versucht, die Anlage noch auf einem leicht höheren Temperaturniveau zu betreiben.

Diverse Führungen während des Jahres für Interessierte aus der ganzen Schweiz zeigen das grosse Interesse an dieser Anlage. Die Faszination, mit Sonnenenergie Kälteenergie zu erzeugen, ist sehr gross. Auch wenn die relativ hohen Investitionskosten eine grosse Verbreitung momentan wohl nicht möglich machen, so könnten diese Anlagen das Potential haben, über die Funktion des Nischenplayers hinaus zu kommen.

Die wesentlichsten Argumente dazu sind:

- Im Sommer kann Elektrizität substituiert werden; die Netzbelastung ist wegen der vielen Klimaanlageanlagen zunehmend im Sommer ein Problem; der Sommer 2003 zeigte dies deutlich.
- In einigen Kantonen ist es aufgrund der Energie-Gesetzgebung bereits sehr schwierig, eine elektrisch betriebene Klimaanlage zu realisieren.
- Die Solaranlage kann optimal genutzt werden: Im Sommer zur Klimatisierung und Brauchwarmwassererwärmung und während der Heizperiode zusätzlich zur Heizungsunterstützung. Das Überhitzungsproblem existiert bei solchen Anlagen nicht.
- Die Sensibilisierung breiter Bevölkerungsschichten nimmt für die erneuerbaren Energien laufend zu.
- Für die Solarbranche erschliessen diese Anlagen neue Anwendungen. In diesem Bereich beobachten wir ein sehr grosses Interesse.

Gespannt sehen wir mit diesen Anlagen in Zukunft und freuen uns, die zukünftige Entwicklung mitgestalten zu dürfen.

8. Verantwortliche Personen

- **Ingenieur/Planer:**
IEM Ingenieurbüro Energie und Messtechnik AG
Christian Hilgenberg
CFL Lohnerstrasse 24
3645 Gwatt-Thun
Tel 033 438 09 90
Fax 033 438 09 91
christian.hilgenberg@iem.ch
www.iem.ch
- **Installateure**
Solaranlage:
Soltop
Schuppisser AG
St. Gallerstrasse 5
8353 Elgg
Hr. Urs Jäggi
Tel. 052 364 00 77
Fax 052364 00 78
email@soltop.ch

Absorptionskältemaschine:
York Schweiz AG
4, chemin de l'Esparcette
1023 Crissier
Hr. Gerhard Steiner
Tel. 021 632 80 15
Fax. 021 632 80 13
gerhard.steiner@york.com

Leitungen/Dämmungen:
5 verschiedene regionale Installateure
- **Eigentümer**
Berner Kantonalbank
Schwarzenburgerstrasse 160
3001 Bern
Herr Markus Hirschi
Tel 031 666 15 25
Fax 031 666 15 96
Markus.hirschi@bekb.ch
- **Für die Verfolgung der Anlage verantwortliche Person (Messungen)**
Christian Hilgenberg, Ingenieurbüro IEM AG, 3645 Gwatt-Thun
- **Literaturverzeichnis**
Keines, weil nicht auf externe Literatur zurückgegriffen wurde

9. Fotos



Aussenansicht des sanierten
Bürogebäudes



Schalterhalle der Bank



Technikzentrale mit den beiden
Absorptionskältemaschinen



Kollektorfeld 100 m² auf dem Dach des
Gebäudes