

**Zwischenbericht** Dezember 2003

# **Solarbetriebene AbsorptionsKältemaschine mit Heizungsunterstützung**

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



## 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 m<sup>2</sup> Sonnenkollektoren erzeugt. Die restliche Wärme wird mittels der neuen Gasheizung erzeugt, welche die alte Oelheizung 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.

## Ziele der Anlage

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

### 1. HEIZEN (WINTER) UND KÜHLEN (SOMMER) MIT SONNENERGIE

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 anderen Ländern ist dieses Thema diskussionsfähig. Die Substitution von Elektrizität wird in Zukunft ein Schwerpunktthema in der Energiepolitik sein.

### 3. ERMITTLEN 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. ERMITTLEN 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.

## 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 m<sup>2</sup>, der Anstellwinkel 45° und die Orientierung +30°.

### 5. Informationen zum Gebäude:

Die Bruttogeschoßfläche beträgt 3500 m<sup>2</sup> bei 8 Geschossen. Im 2. UG sind Technikräume, im 1.UG Technik, Archiv und Kundentresor, im EG Schalter und 3 Fremdmieteter (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.

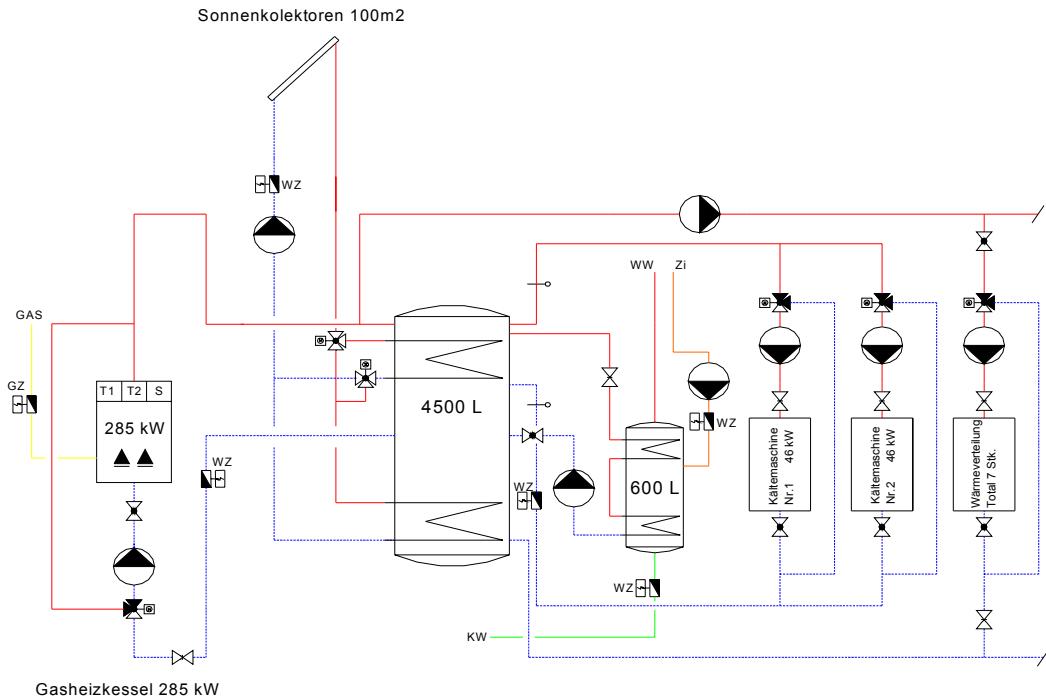
**1. Verdampfer** – Der durchfliessende Kälteträger bringt das über die Verdampferrohre versprühte Kältemittel zum Verdampfen, die dazu erforderliche Verdampfungswärme wird dem Kälteträger entzogen, er wird abgekühlt. Als Kältemittel dient Wasser, im Verdampfer herrscht deshalb ein Vakuum mit einem Druck 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 Küllast 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.

## 7. Prinzipschema



### Steuerung/Regulierung

Im Sommer geben die Sonnenkollektoren die Wärme in den Speicher ab. Der Sollwert beträgt 90°C. Sobald die Kältemaschine nicht mehr in Betrieb ist, wird die Speichertemperatur auf möglichst tiefem Niveau gehalten. Somit kann der solare Ertrag optimiert werden. Die gesamte Heizungsinstallation ist auf maximal 50°C Vorlauftemperatur ausgelegt.

Folgende Daten werden über Wärmezähler mit Impulsausgang erfasst:

1. Ertrag Sonnenenergie
2. Nachheizung via Gasheizung
3. Zugeführte Wärme zur Kältemaschine
4. total Kälteenergie
5. total Brauchwarmwasser
6. total Zirkulationsverluste

Die Wärmezähler werden monatlich abgelesen.

## Wirtschaftliche Aspekte

### 1. Gesamtkosten der Anlage

	<b>Abrechnungs-kosten</b>
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 <sup>2</sup>	110'000
8. Dämmungen	20'000
9. Honorare	58'000
<b>Total Anlagekosten</b>	<b>499'000</b>

### 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 Pilotprojekt	385'400
Nicht amortisierbare Mehrkosten 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

Für die Solaranlage betragen die spezifischen Kosten inkl. Dämmungen und Honorar ca. Fr. 1'300.-- pro m<sup>2</sup>.

## 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

## Ergebnisse

Durch die verzögerte Fertigstellung der Bauarbeiten wurde die Aufzeichnung der Wärmezähler erst im Herbst begonnen. Momentan wird die Plausibilitätskontrolle durchgeführt. Die Kältemaschine ist im Winter abgestellt. Gerne informiert der Berichterstatter im Schlussbericht im Herbst 2004 über die detaillierten Ergebnisse, wenn die entsprechenden Messdaten vorliegen.

## Schlussfolgerung und Aussicht

Auch dieses Kapitel wird ausführlich behandelt, wenn die Resultate vorliegen.

## Verantwortliche Personen

- **Ingenieur/Planer:**

Ingenieurbüro IEM AG  
Christian Hilgenberg  
CFL Lohnerstrasse 24  
3645 Gwatt-Thun  
Tel 033 438 09 90  
Fax 033 438 09 91  
[christian.hilgenberg@iem.ch](mailto:christian.hilgenberg@iem.ch)  
[www.iem.ch](http://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](mailto: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](mailto: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](mailto:Markus.hirschi@bekb.ch)

- **Für die Verfolgung der Anlage verantwortliche Person (Messungen)**

Christian Hilgenberg, Ingenieurbüro IEM AG, 3645 Gwatt-Thun

Thun, 16. Dezember 2003