

KÜHLUNG EINES BÜROGEBÄUDES MIT EINER SOLARBETRIEBENEN ABSORPTIONSKÜHLMASCHINE – EAR-TOWER PRISTINA/KOSOVO

Dipl. Ing. Ernst Meißner

S.O.L.I.D. Solarinstallation und Design GmbH

Herrgottwiesgasse 188, A-8055 Graz

Tel.: +43-316 / 29 28 40, Fax: DW -28

E-Mail: e.meissner@solid.at

1 Kurzfassung

Die Stromerzeugung mittels fossiler Brennstoffe oder Kernenergie verursacht enorme Umweltbelastungen in Form von Kohlendioxid Emissionen. In Kosovo erzeugen alte Kohlekraftwerke den Großteil der benötigten Energie, die Emissionen sind entsprechend hoch.

Der neun Stockwerke hohe EAR-Tower mit 250 m² Geschoßfläche wurde während des Krieges in Kosovo stark beschädigt und mußte daher vollständig erneuert werden. Im Zuge dieser Renovierung sollte ein neues Heizungs- und Kühlsystem installiert werden.

Das Unternehmen UNIPROJECT in Pristina/ Kosovo beauftragte das österreichische Solartechnik Unternehmen SOLID und das Ingenieurbüro IC Consulanten eines der größten solaren Kühlsysteme für die Renovierung des EAR Tower in Pristina zu verwirklichen. Das Bauunternehmen UNIPROJECT bekam diesen Auftrag von der europäischen Agentur für Wiederaufbau (EAR – European Agency for Reconstruction). Dieses Projekt, das einen Meilenstein für die Anwendung von umweltfreundlichen Kühlungssystemen im kommerziellen Gebrauch darstellt, wurde von der Europäischen Union finanziert. Die Grobplanung und die Ausschreibung des Heizungs- und Lüftungssystems wurde von Louis Berger S.A. (Frankreich) durchgeführt.

Das neue Energieversorgungssystem von SOLID und IC arbeitet mit thermischer Solarenergie. Eine Fläche von 227m² „Gluatmugl“ - Sonnenkollektoren liefert die Antriebswärme für zwei Absorptionskühlmaschinen, die insgesamt eine Kälteleistung von 90 kW bereitstellen. Das so erzeugte kalte Wasser versorgt in dem Gebäude eine zentrale Lüftungsanlage und fan coils in den einzelnen Büroräumen.

Das Strahlungsprofil der Sonne entspricht annähernd dem Profil des Kühlbedarfs in dem Gebäude. Der Kühlbedarf ergibt sich aus den hohen Außentemperaturen und den internen Lasten, die durch die Abwärme von Computern, Beleuchtung und den arbeitenden Menschen während der Tageszeit verursacht werden. Die Übereinstimmung zwischen dem Last- und dem Verbrauchs- Profil erlaubt ein sehr effizientes Energie-Versorgungssystem ohne die Notwendigkeit allzu großer Speicher.

2 Abstract

As electric power is produced by burning fossil fuels or using nuclear power this causes enormous environmental impacts on carbon dioxide emissions. In Kosovo old coal fired plants supply most of the energy, the emissions are very high.

The 9 storey high EAR tower with 250 m² in each floor was damaged badly during the war of Kosovo and had to be renovated completely. This renovation included a new heating and cooling system.

The Austrian Solar Company SOLID and the Engineering Company IC Consulente were commissioned through the design and build contractor UNIPROJECT from Pristina/ Kosovo, who were contracted by the European Agency of Reconstruction (EAR) to realize one of the biggest solar cooling system worldwide for the renovation of the EAR Tower in Pristina. This project which is a milestone for the application of environmental friendly technology for cooling purpose in commercial use was funded by the European Commission. The overall technical assistance was provided by Louis Berger S.A. of France.

The new energy supply system by SOLID and IC is operated with solar thermal energy. 227m² of "Gluatmugl"- solar collectors deliver heat to two absorption cooling machines producing totally 90 kW of cooling power. This cold water is distributed in the house to fan coils and an air handling unit.

The radiation profile of the sun is roughly conform to the cooling demand in the building that is caused by high ambient temperature and by internal heat from computers, lighting and working people during daytime. The conformity between load profile and consumption profile allows a very efficient energy supply system without the need of large storage tanks.

3 Einleitung

Bis heute werden fast alle Kühlsysteme elektrisch betrieben. Die große Nachfrage nach elektrischen Strom im Sommer verursachte sogar in hoch entwickelten Ländern wie den USA bereits ernste Probleme, da die Spitzenlasten durch die Energieversorgungsnetze nicht ausreichend abgedeckt werden können. Diese Spitze im Stromverbrauch kann in den meisten südeuropäischen Ländern ebenfalls beobachtet werden, aber der Stromverbrauch steigt trotzdem immer weiter an.

Das Profil der Sonneneinstrahlung über den Tag entspricht in Bürogebäuden weitgehend dem Profil des Kühlbedarfes, der neben der Wärmestrahlung von Außen auch durch die internen Wärmen (die durch Computer, Licht und Menschen während des Tages erzeugt werden) verursacht wird. Diese Übereinstimmung erlaubt ein sehr effizientes Energieversorgungssystem, das ohne großen Speichertank auskommt. So liegt es nahe für die Klimatisierung Solarenergie als Antriebsenergie für spezielle Kühlmaschinen einzusetzen.

Ein wichtiger Grund für den Einsatz von Solarer Kühlung im Bürogebäude der Europäischen Agentur für Wiederaufbau war das intensive Bestreben einiger sehr engagierter Mitarbeiter der Europäischen Agentur für Wiederaufbau ein Zeichen zur nachhaltigen Emissionsreduktion im Kosovo zu setzen. Die Stromerzeugung mittels fossiler Brennstoffe oder Kernenergie verursacht bekanntlich enorme Umweltbelastungen in Form von Kohlendioxyd Emissionen. In Pristina erzeugt ein altes Kohlekraftwerk den Großteil der benötigten Energie und liefert damit sehr hohe CO₂-Emissionen.

Der neun Stockwerke hohe EAR Tower mit insgesamt 2.300 m² Geschoßfläche und 1.426 m² gekühlter/beheizter Nutzfläche wurde während des Krieges im Kosovo stark beschädigt und musste umfassend renoviert werden. Im Zuge dieser Renovierung war es ein Ziel die Wärmeverluste des Gebäudes zu reduzieren und die Kühllast zu minimieren. So wurden unter anderem Fenster mit hoher thermischer Qualität verwendet und das Gebäude mit einer verbesserten Wärmedämmung versehen. Abgesehen von diesen Maßnahmen wurde ebenso ein neues Heiz- und Kühlsystem installiert.



Abb. 1 - EAR-Tower vor Renovierung im Sommer 2002



Abb. 2 - EAR-Tower nach Renovierung im Sommer 2003

Da es bei der Renovierung des Gebäudes ein grundlegendes Ziel war erneuerbare Energien einzusetzen, war es die erste Idee eine thermische Solaranlage zur Bereitung des benötigten Warmwassers einzusetzen. Aber beruhend auf der Tatsache, dass Bürogebäude nur einen geringen Bedarf an Warmwasser aufweisen, suchte der im Namen der EAR für dieses Projekt Verantwortliche Otto-Roman Barnert nach anderen Möglichkeiten um den Stromverbrauch des Gebäudes durch den Einsatz von erneuerbaren Energien zu senken. Auf diesem Weg kam er in Kontakt mit dem Ingenieurbüro IC Consulente und SOLID in Österreich.

Nach ein paar Monaten Planung, konnten die österreichische Solartechnikfirma SOLID und das Ingenieurbüro IC Consulente eine gute Lösung für den Einsatz von erneuerbaren Energien vorlegen. So konnte die European Agency for Reconstruction (EAR) und UNIPROJECT von Pristina / Kosovo als Generalunternehmer eines der weltweit größten solaren Kühlsysteme bei der Renovierung des EAR Tower realisieren. Die Mittel für diese Investition in das Bürogebäude stammen von der europäischen Union, verwaltet von Otto-Roman Barnert, mit technischer Unterstützung durch die LOUIS BERGER S.A. Konzern.

So wurde das solare System für den EAR Tower geplant für:

- die Bereitung von Warmwasser
- Kühlung
- Raumheizung

Das heißt, im Sommer wird die Solarenergie für den Antrieb der Kühlmaschinen und für die Bereitung von Warmwasser eingesetzt. Im Frühling, Herbst und im Winter kann die Solarenergie auch für die Raumheizung verwendet werden.

4 Technisches Konzept Solare Kühlung EAR-Tower Pristina

Das Energieversorgungssystem von SOLID und IC Consulanten arbeitet mit thermischer Solarenergie. Das 227 m² große Kollektorfeld („Glutmulg“ thermische Sonnenkollektoren) liefert die Antriebswärme für zwei Absorptionskühlmaschinen. Das so erzeugte kalte Wasser versorgt eine zentrale Lüftungsanlage und die in jedem Büro installierten fan coils.

Die maximal auftretende Kühllast für das Gebäude wurde mit 110 bis 120 kW kalkuliert. Das gesamte Gebäude ist klimatisiert. Die notwendige Frischluft wird mittels einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung in das Gebäude gebracht und auf die einzelnen Büros verteilt. Im Sommer wird die Umgebungsluft in der Lüftungsanlage durch eine Abluftwärmerückgewinnung vorgekühlt und wird über ein Kühlregister von den Kühlmaschinen noch weiter bis zur vorgesehenen Zulufttemperatur abgekühlt. Mit der Zuluft ist es möglich ein Viertel bis ein Drittel des Kühlbedarfs des Gebäudes zu decken. Der verbleibende Kühlbedarf wird mit den fan coils, die in jedem Büro beziehungsweise in den Besprechungsräumen installiert sind, abgedeckt.

Das Verteilsystem für die Kühlung wurde mit einer Kaltwasservorlauftemperatur von 8°C ausgelegt. Es wird von zwei Yazaki WFC 10 - Absorptionskühlmaschinen, mit einer Kühlleistung von je ca. 45 kW und einer elektrischen Kühlmaschine mit circa 30 kW Kühlleistung als Back-up System gespeist. Die Absorptionskühlmaschinen arbeiten mit Lithiumbromid als Absorbens und Wasser als Kältemittel. Um die Kühlmaschine zu betreiben werden Heißwassertemperaturen zwischen 75°C und 95 °C benötigt. Die Auslegungskühlleistung von 45 kW (für jede Absorptionskühlmaschine) wird für eine Kaltwassertemperatur von 8°C bei einer Heißwassertemperatur von 91°C und einer Kühlwassereintrittstemperatur von 26,5°C erreicht. In dieser speziellen Situation liegt der COP (coefficient of performance) der Absorptionskühlmaschine bei 0,7. Das heißt, dass für 45 kW Kälteleistung circa 64 kW Wärmeleistung benötigt werden.

4.1 Das Solarsystem

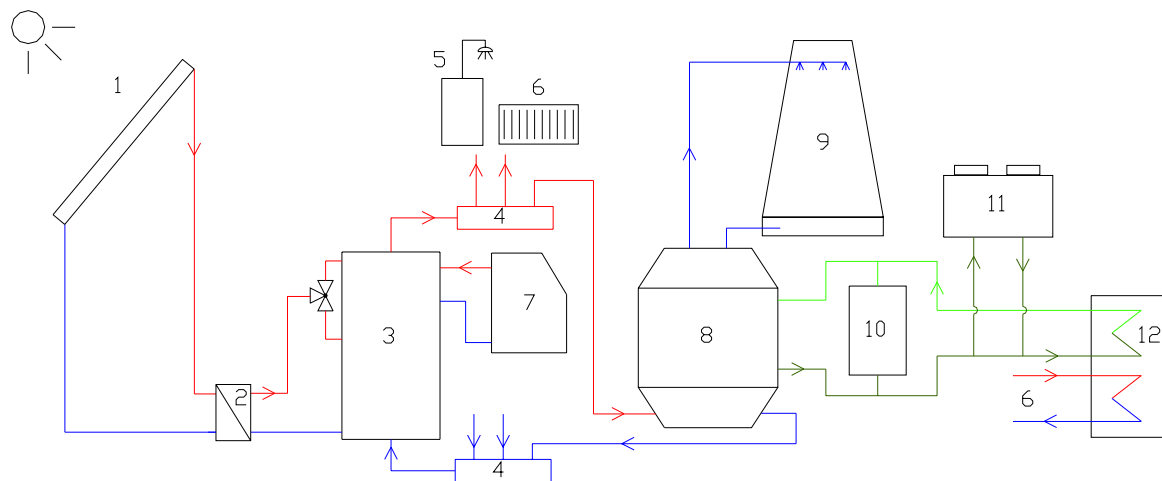
Der notwendige Temperaturbereich von 75°C bis 95°C des Heißwassers kann mit der Solaranlage von SOLID mit den 18 Großflächenkollektoren (12,6 m² je Element) leicht erreicht werden. Diese speziellen Sonnenkollektoren, die in Österreich von dem Unternehmen ÖkoTech produziert werden, haben eine hochselektive Oberflächenbeschichtung und wurden bereits mit einigen österreichischen und europäischen Umweltzeichen ausgezeichnet. Die Abb. 4 zeigt die montierten Solarkollektoren mit einem Aufständigungswinkel von 25° und im Hintergrund den Kühlturm und die elektrische Back-Up-Kühlmaschine.



Abb. 4 - EAR-Tower mit Solarkollektoren und Kühlturm

4.2 Das Kühlsystem

Die Abb. 5 zeigt das Heizungs- und Kühlsystem im EAR Tower in Pristina.



- | | |
|--|--|
| 1 solar plant (227m ²) | 7 back up heating system (200kW oil boiler) |
| 2 heat exchanger | 8 absorption cooling machine (2x45kW cooling cap.) |
| 3 storage tank (4.000l) | 9 cooling tower (220kW) |
| 4 heating manifold | 10 cold water storage tank (1.000l) |
| 5 domestic hot water circuit | 11 back up chiller (30kW electric compressor) |
| 6 space heating circuit (radiators, fan coil units, air handling unit, etc.) | 12 cooling/heating distribution system (fan coil units, air handling unit, etc.) |

Abb. 5 - Anlagenschema Heizungs- und Kühlsystem im EAR-Tower Pristina

Die bereits erwähnte grobe Übereinstimmung des Leistungsprofils der Solaranlage mit dem Verbrauchsprofil für die Kälteversorgung ermöglicht ein hocheffizientes Energieversorgungssystem ohne die Notwendigkeit eines großen Speichers auf der Heiß- oder Kaltwasserseite. Im EAR Tower wird ein Heißwasserspeicher mit 4.000 l und ein Kaltwasserspeicher mit 1.000 l eingesetzt. Wenn die Wärme der Sonne beziehungsweise der Speicher nicht ausreicht um die Kühlmaschine zu betreiben wird die elektrische Kühlmaschine

als Back-up gestartet. Dieser Fall kann während der frühen Morgenstunden oder am Abend auftreten. Die solare Deckung für die Kühlung ist mit ca. 75% kalkuliert.

Im Winter, Frühling und Herbst, wenn wenig oder kein Kühlbedarf vorhanden ist, wird die Solarenergie verwendet um das Heizungssystem zu unterstützen und deckt dabei einen beachtenswerten Teil des Heizwärmebedarfs.

In der Abb. 6 sind im Hintergrund die Kühlmaschinen mit den Pumpengruppen zu erkennen (vor der Wärmedämmung der Rohrleitungen).



Abb. 6 - Anlagentechnik im Technikraum (Kühlmaschinen mit Pumpengruppen)



Abb. 7 - Regelungsschrank mit Fernüberwachung

4.3 Das Fernüberwachungssystem

Das Regelungssystem des gesamten Solar- und Kühlsystems stammt von dem österreichischen Unternehmen Schneid Electronic. Das Regelungssystem ist mit einem Fernüberwachungssystem (Telemonitoring System) ausgerüstet, so dass das gesamte System mit allen Kontrollparametern und die Datenkurven der letzten 8 Tage auf einem PC oder Laptop überall auf der Welt dargestellt werden können. Alle wesentlichen Parameter der Anlage können über dieses Fernüberwachungssystem geändert werden und dadurch kann der Betrieb der Anlage leicht von Österreich aus optimiert werden.

Abb. 7 zeigt den Regelungsschrank mit den 3 SPS Regelungen (Solarsystem, Kühlmaschinen und Heizungskreis) und den Drehzahlregelungen der Pumpen.

In Abb. 8 ist die Visualisierung des gesamten Solar- und Kühlsystems in der Fernüberwachung dargestellt. Aufgenommen am 17.05.2003 um 12:42 Uhr mit einer Leistung der Solaranlage mit 67 kW und einer Kälteleistung der Kühlmaschine 1 von 40 kW.

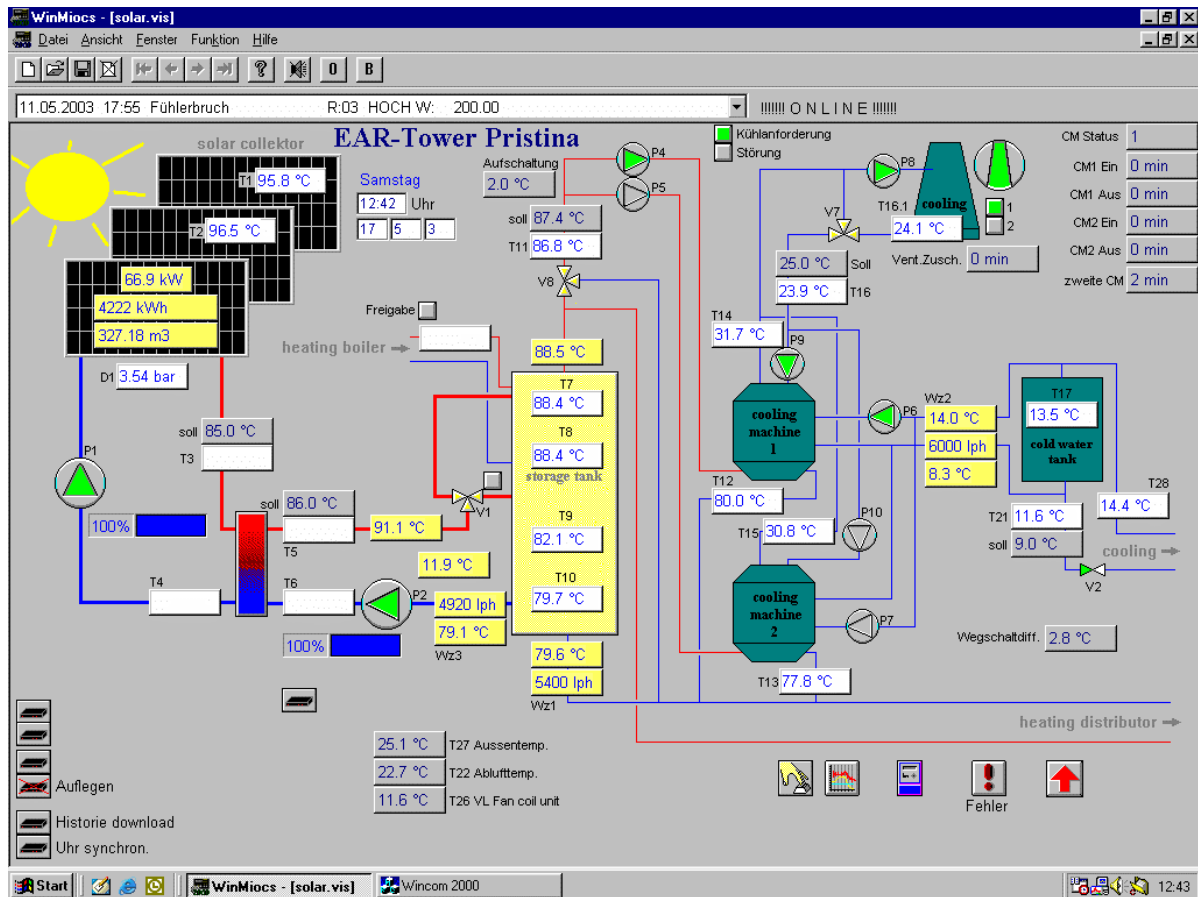


Abb. 8 - Anlagevisualisierung aus der Fernwartung (17.05.2003, 12:42 Uhr)

4.4 Zusammenfassung der technischen Daten des Projektes:

- Bürogebäude der European Agency for Reconstruction (EAR)
 - Lage: 42,7° Nord, 21,1° Ost
 - 2.300 m² Nutzfläche, 1.426 m² gekühlte bzw. beheizte Fläche
 - Wiederaufbau 2002/2003
- kalkulierte Kühllast: 110 kW
- kalkulierte Heizlast: 170 kW
- 227 m² Kollektorfeld
- 4.000 l Heißwasserspeicher
- 1 Kaltwasserspeicher
- 2 Yazaki WFC10 Absorptionskühlmaschinen mit einer gesamten Kälteleistung von 90 kW
- Kühlturm mit 220 kW
- elektrische Kühlmaschine als Back-up mit einer Leistung von 30 kW

5 Wirtschaftliche Situation und Umweltbetrachtung

Aus der Simulationsrechnung wurde der gesamte jährliche Energieertrag der Solaranlage mit ca. 120.000 kWh berechnet, wobei der Anteil für die solare Kühlung bei ca. 80.000 kWh pro Jahr liegen soll. Der Solaranteil für die Raumheizung und die Bereitung von Warmwasser sollte etwa 40.000 kWh betragen.

Basierend auf dieser Simulationsrechnung und den Stromkosten in Pristina (Mischpreis aus Netzversorgung und Stromerzeugung aus Dieselaggregat) wird eine wirtschaftliche Amortisationszeit von 10 bis 12 Jahren erwartet, während bei der Lebensdauer der meisten Anlagenteile mit mehr als 20 Jahre zu rechnen ist. Zusätzlich konnten die Energiekosten für den Betrieb, Service und Wartung deutlich reduziert werden weil die Solaranlage und die Kühlmaschine keine mechanisch stark beanspruchten Teile enthalten.

Durch den Umstand, dass in Kosovo ein altes Kohlekraftwerk den Großteil der elektrischen Energie liefert, wird diese Solaranlage die Verbrennung von mindestens 100.000 l Öl (Heizung) und 250.000 kg Kohle (Strom/Kühlen) während ihrer Lebensdauer vermeiden. Dadurch wird eine Reduktion an CO₂ Emissionen im Umfang von ca. 1.010 Tonnen erreicht.

6 Erste Erfahrungen im Jahr 2003

Von Mitte Mai 2003 bis Ende März 2004 wurden von der Solaranlage insgesamt 60.000 kWh Energie für die Kühlung, Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung bereitgestellt. Der Anteil der aus der Solaranlage bereitgestellten Energie für die Kühlung lag bei etwa 60%.

Es gibt etliche Gründe für diesen gegenüber der Simulationsrechnung geringeren Solarertrag in den ersten 10 Betriebsmonaten:

- Die Optimierungs- und Einstellungsphase erfolgte bis Juli 2003.
- Die elektrische Back-Up-Kühlmaschine wurde vom lokalen Bauunternehmen beschädigt und konnte im Sommer 2003 nicht eingesetzt werden. Aus diesem Grund musste in den Morgen und Abendstunden ebenfalls eine der Absorptionsmaschinen zur Kühlung betrieben werden und die Antriebsenergie kam in dieser Zeit von einem Ölkessel.
- Die von einem lokalen Installationsunternehmen installierte Ölkesselregelung funktionierte bis Anfang Dezember nicht zufrieden stellend (d.h. im Sommer nach der Anforderung aus der Kühlmaschinenregelung für die provisorische Back-Up-Schaltung und im Winter nach einer Heizkurve) sondern der Ölkessel stellte konstant zwischen 75°C und 80°C im Pufferspeicher zur Verfügung.
- Bedingt durch die fehlerhafte Einstellung der Ölkesselregelung konnte nicht nur im Sommer sondern auch vor allem in der Übergangszeit nicht die berechneten und theoretisch möglichen Solargewinne erreicht werden.
- Im Sommer gab es oftmals Probleme mit der Stromversorgung der Pumpen und der Regelung da Umbauten an den Notstromaggregaten und der UPS-Anlage erfolgten

Der Großteil der oben genannten, teilweise sehr landesspezifischen, Anfangsprobleme konnte behoben werden und es zeigten sich sehr bald auch die positiven Auswirkungen.

Zusammenfassend kann für die ersten Betriebsmonate der Solaranlage für den EAR-Tower in Pristina festgehalten werden:

- Die Absorptionskühlmaschinen arbeiten sehr zufriedenstellend und die Kühlleistungen der Maschinen entsprechen relativ genau den COP-Kurven des Herstellers.
- Der durchschnittliche COP der Kühlmaschinen im Sommer 2003 lag bei 75% (durchschnittliche Heiztemperatur von 80°C).
- An sonnigen Tagen können beide Kühlmaschinen mit Solarenergie allein angetrieben werden und liefern eine Gesamtkälteleistung von 60 bis 70 KW mit 8°C Kaltwassertemperatur. In Abb. 9 ist eine Anlagensvisualisierung an einem entsprechenden Sommertag zu sehen. Die aktuelle Leistung aus der Solaranlage beträgt 91 kW. Bei einer gemittelten Betrachtung über 15 Minuten wurde bei einer mittleren Heizleistung für die Kühlmaschine von 80 kW bei ca. 80°C eine Kühlleistung von 60 kW erzeugt. Das entspricht einem COP von 75%.

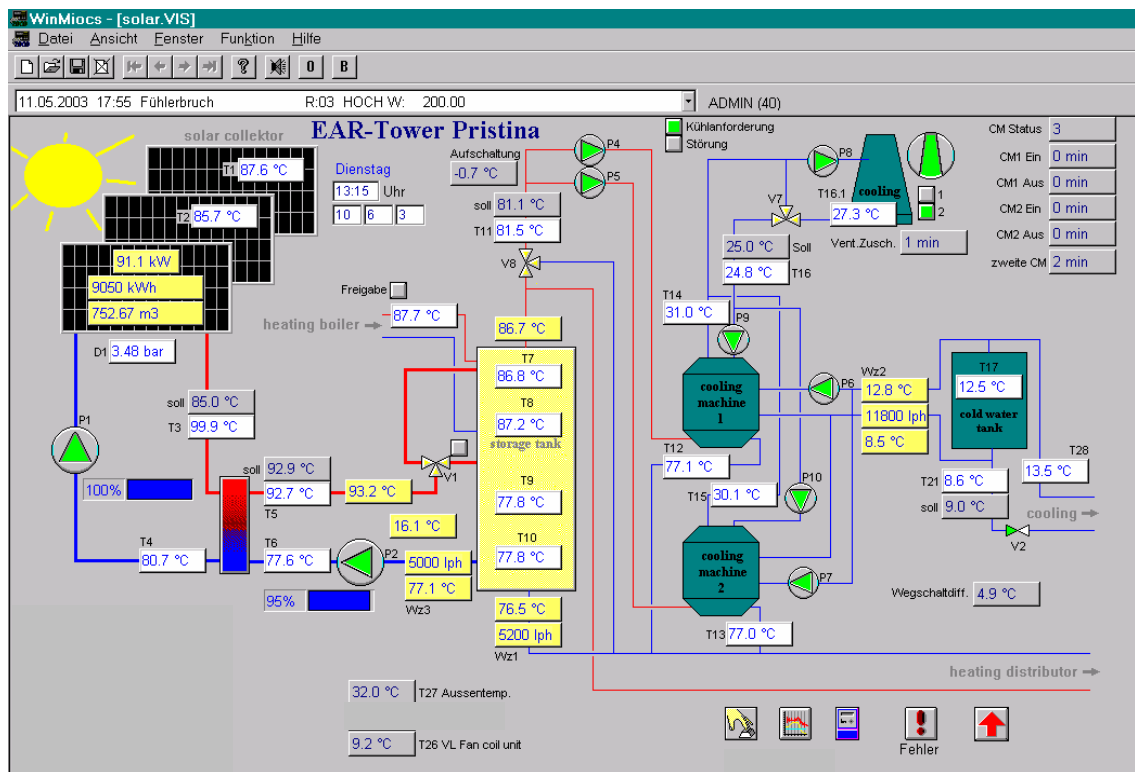


Abb. 9 - Anlagevisualisierung aus der Fernwartung (10.06.2003, 13:15 Uhr)

- Kühlbedarf am frühen Morgen und am späten Nachmittag/Abend: zu diesen Zeiten ist die Back-up Kühlmaschine in Betrieb da nicht genügend Solarenergie verfügbar ist
- Die Optimierung eines solchen Systems ist in den ersten Monaten des Betriebes sehr wichtig – die Regelung mit dem Telemonitoring System ist ein absolut notwendiges Instrument um dies auf eine sehr effiziente Art zu ermöglichen.

Dieses Projekt stellt einen Meilenstein für die Anwendung einer umweltfreundlichen Technologie zum Kühlen im kommerziellen Einsatz dar und wurde von einem österreichischen Solartechnik Unternehmen umgesetzt.

Weitere Anwendungen für diese Art von System sind öffentliche Gebäude, Spitäler, Lager, Produktionsstätten wie auch Hotels und Tourismus-Infrastrukturen.