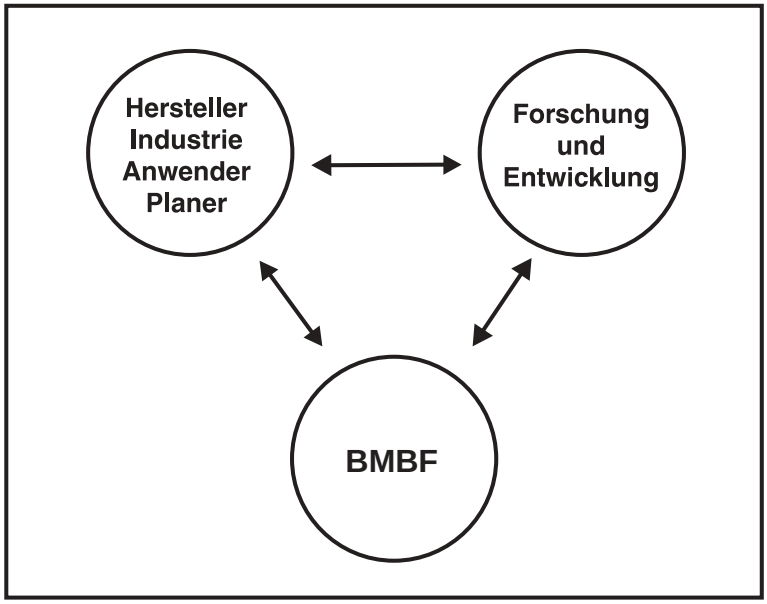
FIA

Forschungs-Informations-Austausch

M.Kaelke, C. Keil, C. Kren, C. Schweigler

Querschnittsauswertung "Solarunterstützte Klimatisierungsanlagen in Deutschland (QASUK)



Forschungsberichte

ISBN 938210-01-X

Nr. 88 12/03

Querschnittsauswertung "Solarunterstützte Klimatisierungsanlagen in Deutschland (QASUK)

Herausgeber: FIA-Projekt – Forschungs-Informations-Austausch
unterstützt durch das
Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA)
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

im Fachinstitut Gebäude-Klima e.V.
Danziger Straße 20
74321 Bietigheim-Bissingen
Tel.: 0 71 42/5 44 98
www.fgk.de

Bayrisches Zentrum für
Angewandte Energieforschung e.V.
ZAE Bayern
Abteilung - Energieumwandlung und -speicherung
Walter-Meißner-Str. 6
85748 Garching

Autoren: Dipl.-Ing. (FH) Michael Kaelke
Dipl.-Ing. (FH) Christian Keil
Dipl.-Phys. Christoph Kren
Dr. Dipl.-Phys. Christian Schweigler

Veröffentlicht im Dezember 2003 Best. Nr.: 88
Die Verantwortung für den Inhalt liegt beim Autor

INHALTSVERZEICHNIS

1 EINLEITUNG 9

1.1 AUFGABENSTELLUNG DES VORHABENS 9
1.2 VORAUSSETZUNGEN 11
1.3 PLANUNG UND ABLAUF 13
1.4 ZUSAMMENARBEIT MIT ANDEREN STELLEN 14
1.5 FORTSCHRITT BEI ANDEREN STELLEN 14
1.6 ERFOLGTE BZW. GEPLANTE VERÖFFENTLICHUNGEN 14
1.7 VERWERTBARKEIT DER ERGEBNISSE IM SINNE DES VERWERTUNGSPLANS 15

2 TECHNIKEN DER SOLAREN KLIMATISIERUNG & MARKTÜBERSICHT 17

2.1 AKTUELLE SYSTEMTECHNIK 17
2.2 THERMODYNAMIK GESCHLOSSENER SORPTIONSKREISLÄUFE 20
2.2.1 Kälteanlagen mit flüssigem Sorptionsmittel 20
2.2.1.1 Einstufige Absorptionskälteanlagen 20
2.2.1.2 Wärmeverhältnis von Absorptionskältemaschinen (Wirkungsgrad) 23
2.2.1.3 Mehrstufige Anlagen 25
2.2.2 Kälteanlagen mit festem Sorptionsmittel 28
2.2.2.1 Einstufige Adsorptionskälteanlagen 28
2.2.2.2 Wärmeverhältnis von Adsorptionskältemaschinen 30
2.3 MARKTÜBERSICHT GESCHLOSSENE SORPTIONSKÄLTEANLAGEN 30
2.3.1 Adressen von Herstellern und Lieferanten 35
2.3.1.1 Absorptionskälteanlagen Wasser/Lithiumbromid 35
2.3.1.2 Absorptionskälteanlagen Ammoniak/Wasser 36
2.3.1.3 Adsorptionskälteanlagen Wasser/Silicagel 36
2.4 FUNKTIONSWEISE UND BAUARTEN VON RÜCKKÜHLWERKEN 37
2.4.1 Nasskühltürme 37
2.4.1.1 Offene Systeme 37
2.4.1.2 Geschlossene Systeme 38
2.4.2 Hybridkühltürme 39
2.5 MARKTÜBERSICHT RÜCKKÜHLWERKE 41
2.5.1 Adressen von Lieferanten und Herstellern von Rückkühlwerken 42

3 NUMERISCHE SIMULATIONSMODULE 43

3.1 KONZEPTION UND AUSLEGUNG OPTIMIERTER SYSTEME 43
3.2 SIMULATIONSWERKZEUGE FÜR SORPTIONSKÄLTEMASCHINEN 45
3.2.1 Modell der charakteristischen Gleichung 46
3.2.2 Modellierung von Ab- und Adsorptionskälteanlagen 49
3.2.2.1 Betriebsverhalten von Absorptionskälteanlagen 52
3.2.2.2 Betriebsverhalten von Adsorptionskälteanlagen 54
3.3 SIMULATIONSWERKZEUGE FÜR KÜHLTÜRME 59
3.3.1 Grundlagen 59
3.3.2 Vereinfachte Berechnungsmethoden – Merkelverfahren 61
3.3.3 Typische Kenngrößen und Betriebsparameter 63
3.3.4 Programmtechnische Implementierung 63
3.3.5 Validierung des Rechenmodells 64
3.4 BEISPIELRECHNUNGEN 66

4 EVALUIERUNG BESTEHENDER ANLAGEN 69

4.1 LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ 69
4.1.1 Einleitung 69
4.1.2 Projektbeschreibung 69
4.1.2.1 Gebäude 69
4.1.2.2 Energieversorgung 70
4.1.2.3 Kälteversorgung 70
4.1.3 Anlagenkomponenten 72
4.1.3.1 Solaranlage 72
4.1.3.2 Wärmetauscher 72
4.1.3.3 Langzeitwärmespeicher 73
4.1.3.4 Hydraulische Verschaltung zur Solarwärmenutzung 73
4.1.3.5 Regelung 74
4.1.3.6 Adsorptionskältemaschine 75
4.1.3.7 Kühlturm 77
4.1.3.8 MSR-Technik 78
4.1.4 Betriebsergebnisse im Jahr 2001 80
4.1.4.1 Wärmebilanz Gesamtsystem 80
4.1.4.2 Wärmebilanz Kälteversorgung 81
4.1.4.3 Funktion der Anlage und Regelungsstrategie 83
4.1.5 Verbesserungsmaßnahmen 85

4.1.5.1 Solarkreislauf ... 85
4.1.5.2 Wärmeübertrager ... 86
4.1.5.3 Kies-Wasser-Wärmespeicher ... 86
4.1.5.4 Kälteversorgung ... 86
4.1.6 Betriebsergebnisse im Jahr 2002 ... 88
4.1.6.1 Wärmebilanz Gesamtsystem ... 88
4.1.6.2 Auswertung der Wärmemengenzähler der Kältemaschine ... 88
4.1.6.3 Messungen an der Kältemaschine durch das ZAE Bayern ... 90
4.1.7 Zusammenfassung und Ausblick ... 95
4.2 STAHL- UND METALLBAU BENDER GMBH ... 97
4.2.1 Einleitung ... 97
4.2.2 Projektbeschreibung ... 97
4.2.3 Anlagenkomponenten ... 97
4.2.3.1 Adsorptionskältemaschine ... 97
4.2.3.2 Regelung ... 98
4.2.3.3 Solaranlage ... 98
4.2.4 Betriebsergebnisse ... 98
4.2.5 Zusammenfassung und Ausblick ... 98
4.3 STADTWERKE BÜCKEBURG ... 99
4.3.1 Einleitung ... 99
4.3.2 Projektbeschreibung ... 99
4.3.2.1 Gebäude ... 99
4.3.2.2 Klimatisierungsanlage ... 99
4.3.2.3 Betriebsarten der Klimatisierungsanlage ... 102
4.3.3 Anlagenkomponenten ... 102
4.3.3.1 Solarluftkollektor ... 102
4.3.3.2 Sorptionsgestützte Klimaanlage ... 103
4.3.3.3 Nachheizung bzw. Backup-System ... 103
4.3.3.4 Regelung der SGK-Anlage ... 104
4.3.3.5 Messdatenerfassung ... 104
4.3.4 Betriebsergebnisse ... 104
4.3.4.1 Allgemein ... 104
4.3.4.2 Auswertung der Universität Hannover ... 104
4.3.4.3 Betriebserfahrungen der Stadtwerke Bückeburg ... 106
4.3.5 Auswertung ... 107
4.3.5.1 Messungen Vor-Ort ... 107
4.3.5.2 Bewertung der Messungen ... 108
4.3.5.3 Empfehlungen ... 108

4.3.5.4 Wärmebilanz für Heizung und Kühlung ... 109
4.3.6 Zusammenfassung und Ausblick ... 111
4.4 BÜROGEBÄUDE INGENIEURBÜRO OTT & SPIESS ... 112
4.4.1 Einleitung ... 112
4.4.2 Projektbeschreibung ... 112
4.4.2.1 Gebäude ... 112
4.4.2.2 Energieversorgung ... 112
4.4.2.3 Kälteversorgung ... 113
4.4.3 Anlagenkomponenten ... 113
4.4.3.1 Solaranlage ... 113
4.4.3.2 Speicher ... 114
4.4.3.3 Heizungsanlage ... 114
4.4.3.4 Kälteversorgung ... 114
4.4.3.5 Regelungsablauf der Kälteversorgung ... 114
4.4.3.6 Absorptionskältemaschine ... 116
4.4.3.7 MSR-Technik ... 117
4.4.4 Auswertung ... 117
4.4.5 Betriebsergebnisse ... 117
4.4.5.1 Graphische Auswertung ausgewählter Betriebstage ... 117
4.4.5.2 Betriebsparameter ausgewählter Tage ... 125
4.4.5.3 Energiebilanzen ... 126
4.4.5.4 Verbrauchsdaten ... 128
4.4.6 Zusammenfassung und Ausblick ... 128
4.5 BÜRO- UND LABORGEBÄUDE ZAE BAYERN ... 129
4.5.1 Einleitung ... 129
4.5.2 Projektbeschreibung ... 129
4.5.2.1 Gebäude ... 129
4.5.2.2 Energieversorgung ... 129
4.5.2.3 Kälteversorgung ... 130
4.5.3 Anlagenkomponenten ... 130
4.5.3.1 Solarkollektor ... 130
4.5.3.2 Kältemaschine ... 131
4.5.3.3 Regelung ... 133
4.5.3.4 Messtechnik ... 138
4.5.4 Betriebsergebnisse ... 139
4.5.4.1 Typischer Betriebsverlauf ... 139
4.5.4.2 Energetische Analyse ... 142
4.5.4.3 Energiebilanz ... 147

4.5.5 Zusammenfassung und Ausblick 147
4.6 BÜROGEBÄUDE "EMAIL-FABRIK" 149
4.6.1 Einleitung 149
4.6.2 Projektbeschreibung 149
4.6.3 Anlagenleistung, Auslegung von Kollektor- und Speichergröße 152
4.6.4 Geplante Energiebilanz und Kosten des Sorptionssystems 153
4.6.5 Zusammenfassung und Ausblick 153

5 ZUSAMMENFASSUNG UND EMPFEHLUNGEN 157

5.1 SOLARUNTERSTÜTZTE KÄLTEERZEUGUNG UND MARKTANALYSE 157
5.2 ENTWICKLUNG VON SIMULATIONSMODULEN 157
5.3 BEWERTUNG DER UNTERSUCHTEN ANLAGENTYPEN 158
5.4 HINWEISE FÜR PLANUNG UND AUFBAU 160
5.4.1 Systemtopologie 160
5.4.2 Dimensionierung von Pufferspeichern 161
5.4.3 Regelung 161
5.4.4 Messtechnik 161
5.5 FAZIT 162

LITERATUR 163

1 EINLEITUNG

Sonnenenergie wird heute in zunehmendem Maße zur Stromerzeugung, solaren Brauchwassererwärmung und Heizungsunterstützung eingesetzt. Sonnenenergie kann aber auch sehr effektiv zur Erzeugung von Klimakälte genutzt werden, ein Anwendungsfall der insofern besonders attraktiv erscheint, da in Zeiten eines hohen Kältebedarfs auch gleichzeitig ein hoher solarer Ertrag erwartet werden kann.

In dem am ZAE Bayern mit Unterstützung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit durchgeführten Projekt zur "Querschnittsauswertung solarunterstützter Klimatisierungsanlagen in Deutschland" (QASUK) sollten mehrere derartige solare Kühlsysteme hinsichtlich Technik und Anlagenleistung evaluiert werden. Neben der Analyse der Auslegung und des Betriebs wurden dabei in Zusammenarbeit mit den Betreibern auch Verbesserungen erarbeitet und deren Wirksamkeit beobachtet. Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass Verbesserungen bei der Abstimmung zwischen den einzelnen Komponenten eines solaren Kühlsystems nötig und möglich sind. Nur bei hohen solaren Deckungsraten ist ein ökologischer Vorteil gegenüber klassischen Systemen mit Kompressionstechnik zu erreichen. Vorrangiges Ziel einer solarunterstützten Klimatisierungsanlage ist daher die Minimierung des nicht regenerativen Energiebeitrags zum Antrieb der Kältemaschine bzw. zur Deckung des Kältebedarfs insgesamt.

Der vorliegende Bericht diskutiert den grundsätzlichen Aufbau und die Funktionsweise solarunterstützter Klimatisierungssysteme und berichtet über Erfahrungen mit ersten ausgeführten Anlagen. Im Hinblick auf die Verbesserung bestehender Systeme sowie zur Planung zukünftiger Systeme werden vereinfachte Simulationswerkzeuge vorgestellt und ein Überblick über den aktuellen Stand der Technik gegeben.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen am ZAE Bayern flossen auch in parallel stattfindende Arbeiten zur solar unterstützten Klimatisierung im Rahmen des Task 25 der Internationalen Energie Agentur (IEA) ein. Dabei wurden unter anderem Auslegungshilfen für kommerziell erhältliche und innovative Anlagen bereitgestellt.

1.1 Aufgabenstellung des Vorhabens

Das Vorhaben hatte langfristig zum Ziel, solare Kühltechniken in Deutschland und in Südeuropa zu verbreiten. Wie auch die Geschichte der Wärmepumpe zeigt, ist es hierzu besonders wichtig, den Stand der Technik und den Verlauf von Pilotprojekten stets aktuell aufzubereiten und gute Beispiele von schlechten zu trennen, um Vorbildfunktionen zu aktivieren. Zusätzlich müssen Auslegungshilfen für innovative Techniken bereitgestellt werden. Im Einzelnen sollten die folgenden Ziele erreicht werden:

- *Übersicht über Anlagen zur solar unterstützten Klimatisierung in Deutschland*
- *Abschätzung der erzielten Energieeinsparung*
- *Feststellen von Schwachpunkten, Fehlern in der Auslegung und im Betrieb, Lücken im bisherigen Angebot*
- *Hinweise zur "best practice"*
- *Übersicht über erhältliche Anlagen und deren technische Eigenschaften*
- *Numerische Auslegungshilfen für kommerziell erhältliche und innovative Anlagen*
- *Abschließende Beurteilung der bisherigen Projekte und Hinweise auf eventuellen weiteren Entwicklungsbedarf*

Dazu dienten drei Arbeitspunkte:

- **Arbeitspunkt A**
  Evaluierung bestehender Anlagen, um den Stand der Technik festzustellen und Schwachpunkte aufzuzeigen.
- **Arbeitspunkt B:**
  Erstellen von numerischen Simulationsmodulen für unterschiedliche Anlagentypen als Hilfe für Planer.
- **Arbeitspunkt C:**
  Erstellen einer Beschreibung und Marktübersicht für Sorptionskaltwassersätze und Kühltürme als Grundlage für weitere Projekte

1.2 Voraussetzungen

Das Bayerische Zentrum für angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern) ist ein gemeinnütziges Forschungsinstitut. Mit derzeit ca. 125 Mitarbeitern werden in den Abteilungen "Energieumwandlung und -speicherung", "Wärmedämmung und -transport", "Thermosensorik und Photovoltaik" sowie "Solarthermie und Biomasse", Materialforschung, Komponentenentwicklung und systemtechnische Untersuchungen im Bereich Energietechnik durchgeführt.

In der Abteilung "Energieumwandlung und -speicherung" (Prof. Dr. U. Stimming) beschäftigt sich das ZAE Bayern seit vielen Jahren mit der Technologie der wärmegetriebenen Kälteerzeugung und gilt auf diesem Gebiet als eines der weltweit führenden Forschungsinstitute. Es wurden und werden hochmoderne Anlagen zur Kälteerzeugung, z.B. hocheffiziente Sorptionskälteanlagen (Triple-Effect) mit flüssigem und festem Sorptionsmittel, Absorptionskältemaschinen für den Einsatz in Fernwärmenetzen als Pilotanlagen, neuartige Niedertemperatur-Absorptionskaltwassersysteme entwickelt bzw. im Pilotversuch vermessen und Verbesserungsmöglichkeiten geprüft. Hierzu gehören auch kombinierte Systeme mit Wasser/Lithiumbromid-Absorptionskälteanlagen in der Grundlast und Turbokompressionskältemaschinen in der oberen Mittel- und Spitzenlast. Auch mehrstufige Anlagenkonzepte für die besonders effiziente Nutzung von Hochtemperaturwärme – beispielsweise in Verbindung mit Motor-BHKW´s, Gasturbinen oder Hochtemperatur-Brennstoffzellen – sollen für geeignete Anwendungsfälle entwickelt werden.

Innovative Sorptionskältemaschinen zur solaren Klimatisierung wurden am ZAE Bayern ebenfalls bereits als Prototypen aufgebaut und getestet. Beispielsweise wurde ein offenes Sorptionssystem entwickelt und untersucht, in dem Luft durch einen sehr kleinen Salzlösungsstrom in einem gekühlten Absorptionsprozess entfeuchtet wird. Dadurch kann Antriebswärme schon bei sehr geringer Übertemperatur im Vergleich zur Umgebung genutzt werden. Außerdem ermöglicht der spezielle Absorber eine hocheffektive Energiespeicherung in der verwendeten Salzlösung selbst – auch dies ist für die solar unterstützte Klimatisierung relevant.

Schließlich wurde die Koppelung von offenen und geschlossenen Sorptionsprozessen sowohl theoretisch als auch experimentell untersucht.

Aktuell erfolgt die Entwicklung einer kompakten einstufigen Absorptionskälteanlage mit dem Stoffpaar Wasser/ Lithiumbromid und einer Kälteleistung von 10 kW.

Besonders vielversprechend erscheint auch das Konzept einer gasgefeuerten zweistufigen Anlage mit zusätzlicher Einkopplung von solarer Niedertemperaturwärme. Hierzu wurden bereits Vorarbeiten im Rahmen eines EU-Projektes durchgeführt

Evaluierungen und Konzepterstellungen gehören ebenfalls zum Spektrum der am ZAE Bayern erfolgreich durchgeführten Arbeiten.

Im Einzelnen sie auf die jeweiligen Projektberichte und Studien:

- *Forschungsverbund Systemtechnik: Verknüpfung von thermodynamischer und wirtschaftlicher Optimierung*
- *KAFKA - Verbundprojekt: Entwicklung von Absorptionskältemaschinen für den Einsatz in Fernwärmenetzen - Teilvorhaben: Kernprojekt im Verbundprojekt*
  Förderkennzeichen BMBF 0326978
- *POSAC - Potential of solar assisted cooling in Southern Europe*
  EU Projekt RENA-CT94-0017
- *NESSY - New Sorption Systems for Air-Conditioning in Buildings*
  EU Projekt JOE3-CT98-0055
- *SACMO - Solar assisted absorption cooling machine with optimized utilization of solar energy*
  EU Projekt JOR3-CT95-0020
- *SOLEG - Solar gestützte Energieversorgung von Gebäuden*
  Gefördert durch die Bayerische Forschungsstiftung
- *SOLHEATCOOL - Study and development of heating/cooling systems using renewable energy*
  EU Projekt JOR3-CT97-0181

Energiekonzepte wurden erstellt u.a. für:

- *Flughafen München*
- *2nd Bangkok Int. Airport*
- *Texas Instruments in Freising*
- *zwei Klärschlammvergasungsanlagen*
- *Biomasse-Heizkraftwerk in Landsberg*
- *verschiedene öffentliche Gebäude, etc.*

1.3 Planung und Ablauf

Wie oben bereits beschrieben, konzentrierte sich das Vorhaben auf die Aufbereitung der aktuellen Anlagentechnik, die Analyse ausgeführter Systeme und die Erstellung von Planungshilfen für die Konzeption zukünftiger Anlagen.

Arbeitspunkt A: Evaluierung bestehender Anlagen

Dieser Teil ist sehr grundlegend: um schließlich Innovationen anstoßen zu können, ist eine Erfassung und kritische Evaluierung bestehender Anlagen dringend notwendig. Dies betrifft sowohl kommerzielle Systeme als auch Installationen mit Pilotcharakter. Die Evaluierung umfasst die folgenden Anlagen:

- *Adsorptionskälteanlage am Landesamt für Umweltschutz, Augsburg*
- *Adsorptionskälteanlage der Fa. Stahl- und Metallbau Bender GmbH, Würzburg*
- *Desiccative and Evaporative Cooling (DEC)-Anlage der Stadtwerke Bückeburg, Bad Oynhausen*
- *Absorptionskälteanlage der Fa. Ott & Spiess, Langenau*
- *Absorptionskälteanlage im Institutsgebäude des ZAE Bayern, Garching*
- *Offene Sorptionsanlage der Email Fabrik, Amberg*

Diese sechs Anlagen wurden anhand von Planungsunterlagen, Vor-Ort Terminen, Auswertung vorhandener Messungen sowie Durchführung von eigenen Messungen untersucht und bewertet. Bei Bedarf wurden Verbesserungen erarbeitet und den Betreibern zur Umsetzung vorgeschlagen. Darüber hinaus wurde, so weit möglich, eine Bewertung im Hinblick auf die ökonomischen und ökologischen Eigenschaften der Anlagen erarbeitet.

Arbeitspunkt B: Simulationsmodule für verschiedene Sorptionsanlagen

Das Verhalten von Sorptionssystemen im Einsatz erscheint komplex und wird nur von wenigen Experten so verstanden, dass eine zuverlässige Systemoptimierung möglich ist. Bisher werden Sorptionssysteme entweder ungenügend abgebildet (z.B. durch ein festes Wärmeverhältnis und eine temperaturunabhängige Leistung) oder es muss eine vollständige Simulation der Anlage vorgenommen werden. Diese Situation wird international als ein wichtiges Hemmnis für die Marktdurchdringung gesehen. Um dem zu entgegnen, sollten die Betriebscharakteristika der relevanten Anlagen in leicht zu verwendenden Simulationsmodulen erfasst werden. Insbesondere wurden Module für geschlossene Sorptionskälteanlagen mit flüssigen oder festen Sorbentien erstellt. Die Module können in Systemrechnungen eingebunden werden, ohne dass Details der Betriebscharakteristika neu programmiert werden müssen. Damit wird eine sinnvolle überschlägige Auslegung, wie sie bei derartigen Systembetrachtungen verlangt ist, deutlich erleich-

tert bzw. erst möglich. Ein wichtiges systemtechnisches Element des solaren Kühlens mit geschlossenen Sorptionssystemen sind Kühltürme, die die Abwärme der Kälteanlage an die Umgebung abführen. Ein Simulationsmodul zur Berechnung von Kühltürmen wurde für die Auslegung und Optimierung entwickelt.

Arbeitspunkt C: Stand der Technik und Marktübersicht

Um potentiellen Anwendern den Zugang zu erleichtern, aber auch um Lücken im internationalen Angebot einschlägiger Anlagen aufzudecken, wurde eine Übersicht über in Deutschland erhältliche Ab- und Adsorptionskältemaschinen, die für solares Kühlen geeignet sind, erstellt. Die Übersicht enthält neben den Herstelleradressen auch eine Beschreibung der Funktionsweise der Anlagen mit den wichtigsten technischen Eckdaten. Daten verfügbarer Kühltürme wurden ebenfalls in die Übersicht aufgenommen.

1.4 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Das ZAE Bayern hat im Rahmen des beschriebenen Vorhabens mit weiteren Partnern auf dem betreffenden Gebiet zusammengearbeitet. Hier sind im Besonderen das Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (FhG-ISE), das Institut für Luft- und Kältetechnik (ILK Dresden) sowie das Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken (IEMB) zu nennen.

Im Weiteren fand ein Austausch von Informationen innerhalb des Task 25 der Internationalen Energieagentur (IEA) statt.

1.5 Fortschritt bei anderen Stellen

Im oben erwähnten Task 25 erfolgte zeitgleich die Evaluierung von Anlagen an verschiedenen europäischen Standorten. Die Arbeiten für die Erstellung eines Simualtionsprogramms dauern noch an. Ein Handbuch für die Planung von solarunterstützten Klimatisierungssystemen kommt im Jahr 2003 auf den Markt (Solar Assisted Air-Conditioning in Buildings. A Handbook for Planners. Erscheint im Springer-Verlag) [1].

1.6 Erfolgte bzw. geplante Veröffentlichungen

1. Deutsche Kälte-Klima-Tagung 2002 des DKV (Deutscher Kälte- und Klimatechnischer Verein) in Magdeburg [2, 3]

2. International Sorption Heat Pump Conference (ISHPC) 2002 in Shanghai [4]

3. Zweites Symposium Solares Kühlen in der Praxis 2002 in Stuttgart [5]

4. KI Luft- und Kältetechnik - Zeitschrift für Forschung, Entwicklung, Herstellung und Anwendung in der Kälte-, Kyro-, Klima-, Luftreinhaltungstechnik und Kältekonservierung [6, 7, 8]

1.7 Verwertbarkeit der Ergebnisse im Sinne des Verwertungsplans

Die Evaluierung der Anlagen zeigte bereits nach kurzer Zeit Auswirkungen. So wurden die Nutzer animiert, sich mit den Problemen zu beschäftigen und Lösungen für Verbesserungen zu erarbeiten. Begleitende Messungen und Gespräche gaben hierbei Hilfestellungen.

So wurden z.B. in einem Fall umfangreiche Änderungen an der Regelung der Solaranlage sowie des Kühlturms umgesetzt.

Mittelfristig sind "gut funktionierende“ Anlagen Werbeträger für neue Projekte zur Anwendung und Verbreitung der solaren Kühlung.

Erkenntnisse aus dieser Untersuchung helfen bei der Auslegung und Ausführung von zukünftigen solarunterstützten Klimatisierungssystemen.

Das im Arbeitspunkt B entwickelte Simulationstool zur Auslegung von Kühltürmen wird vom ILK Dresden in ein Simulationsprogramm zur Auslegung von solarunterstützten Klimatisierungssystemen eingebunden. Mit dem Simulationsprogramm steht den Planern ein Hilfsmittel zur Verfügung, um Anlagen sicher auszulegen.

Mittel- bis langfristig ist zu erwarten, dass mit zunehmendem Einsatz solarer Klimatisierungstechniken eine stärkere Verbreitung der Sorptionskältetechnik und damit eine deutliche Belebung dieser Sparte der Energietechnik in Europa unterstützt wird. Damit gehen positive Effekte in verschiedenen Funktionsbereichen einher; von der Planung, Anlagenentwicklung und -herstellung bis zur Systeminstallation und Instandhaltung der Anlagen.