

Solare Kühlung und Klimatisierung – Anlagenbeispiele

Thermische Solarenergie zur Klimatisierung von Gebäuden
Hannover, 27. Januar 2009



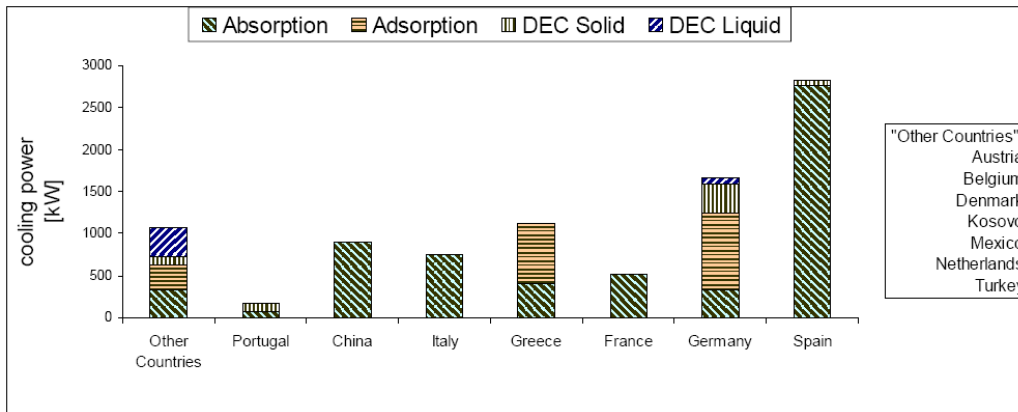
Edo Wiemken

Fraunhofer-Institut
für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg
Thermisch aktive Materialien und solare Kühlung

Stand der solaren Kühlung und Klimatisierung

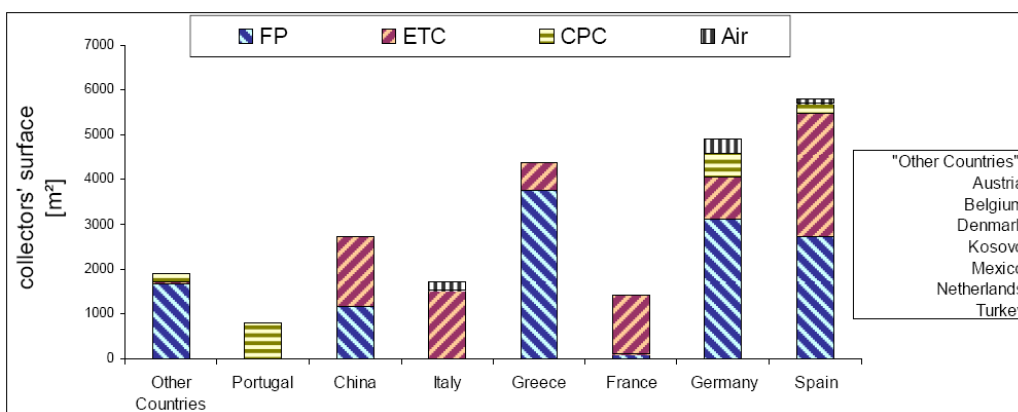
- Hohe Aufmerksamkeit gegenüber solarer Kühlung, aber noch keine Marktdurchdringung
- Weltweit vermutlich inzwischen 200 – 300 Installationen; Zuwachs insbesondere im Nennkälte-Leistungsbereich < 15 kW
- EURAC- Statistik weist ca 80 – 100 Anlagen aus; Kälteleistungen > 20 kW (Datenbasis bis 2005?)
Installierte Kälteleistung: 10 MW; 24.000 m² Kollektorfläche
- Hohe Zuwachsraten in Spanien

Stand der solaren Kühlung und Klimatisierung EURAC-Statistik: Technologie



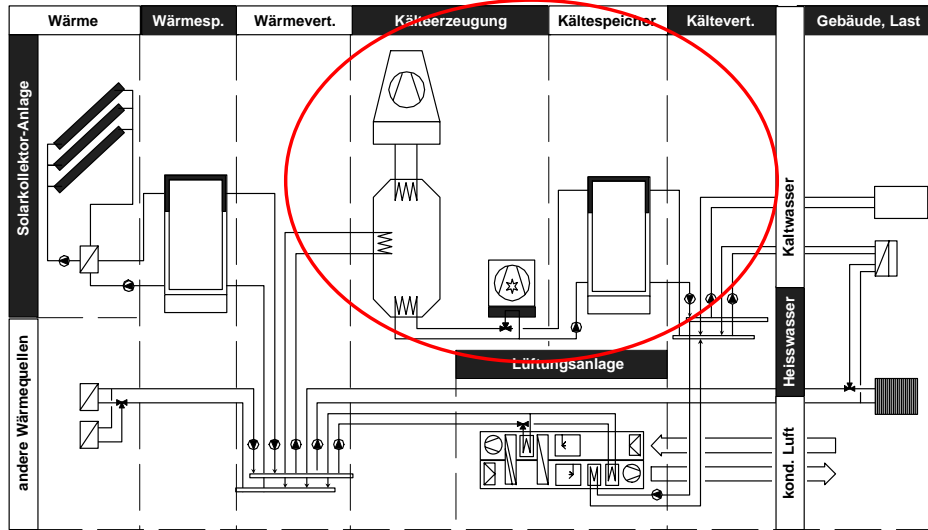
Quelle: EURAC

Stand der solaren Kühlung und Klimatisierung EURAC-Statistik: Kollektoren



Quelle: EURAC

Systemauswahl - Gesamtübersicht



Banyuls, Südfrankreich: Kühlung eines Weinlagers

- Zuluftkühlung eines Weinlagers
(15000 m³ Lagervolumen;
3 Millionen Weinflaschen)
- Absorptionskältemaschine mit
52 kW Kälteleistung (Yazaki)
- 130 m² Vakuumröhren-
Kollektoren



Quelle: Tecsol

Banyuls, Südfrankreich: Kühlung eines Weinlagers

- Einfaches Systemkonzept, nur 1 m³ Pufferspeicher
- Solar autonom: kein Zusatzsystem (Speicherung auf Lastseite)
- Seit 1991 zuverlässiger Betrieb



Quelle: Tecsol

Inofita Viotas, Griechenland: Klimatisierung einer Kosmetik-Produktionsstätte

- 2700 m² Flachkollektoren
- 2 Adsorptionskältemaschinen (Nishiyodo) mit je 350 kW P_{Kälte}
- 3 Kompressionskältemaschinen mit je 350 kW
- Zuluftkühlung, Fan-coils
- Konzept: fuel-saver; Einsparung von elektrischem Strom (Leistung und Arbeit)
- In Betrieb seit 1999



Lissabon, Portugal: Solar unterstützte Klimatisierung eines Bürogebäudes

- Bankgebäude der CGD, 100 000 m² Bürofläche
- Ca. 1600 m² HT-Flachkollektoren
- 545 kW Absorptionskälte-technik
- In Betrieb seit 2008

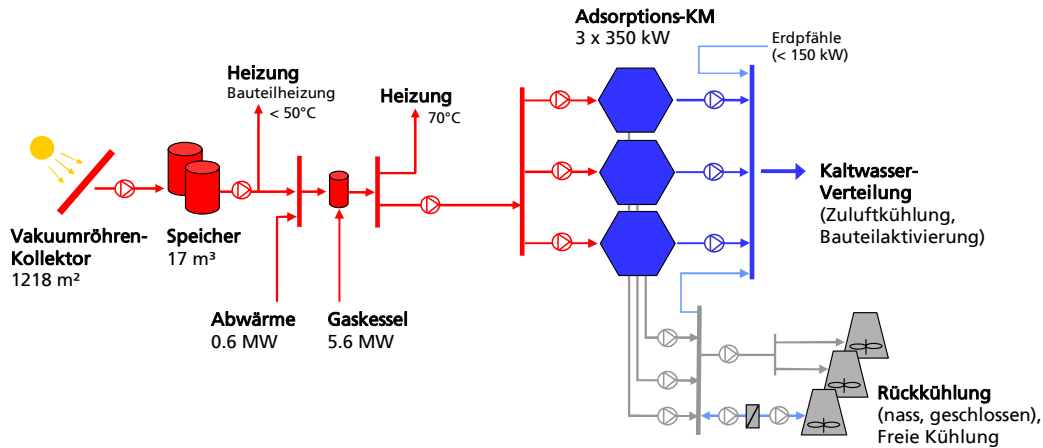


Berkheim/Esslingen: Solar unterstützte Klimatisierung in der FESTO AG & Co. KG

- Klimatisierung von 26.000 m² Büroflächen (Technologiezentrum)
- Seit 2001: 3 x 350 kW Adsorption-KM (Mycom)
- Antrieb: Abwärme, Gaskessel, und seit 12/2007: 1218 m² Vakuumröhren-Kollektor (Paradigma, CPC); Aqua-System
- Zuluftkühlung, Betonkernaktivierung
- Monitoring: FH Offenburg



Berkheim/Esslingen: Solar unterstützte Klimatisierung in der FESTO AG & Co. KG



Butzbach: Solare Klimatisierung in der Technikerschule

- Klimatisierung von 335 m² Seminarfläche im Niedrigenergie-Gebäude der Technikerschule
- 2 Absorptions-KM mit je 10 kW Nennkälteleistung (Sonnenklima, Berlin)
- 60 m² Vakuurröhren-Kollektoren (Nur-Wasser system, Paradigma)
- solar autonome Kühlung
- In Betriebnahme: Ende 2008
- Monitoring: ZfS Hilden

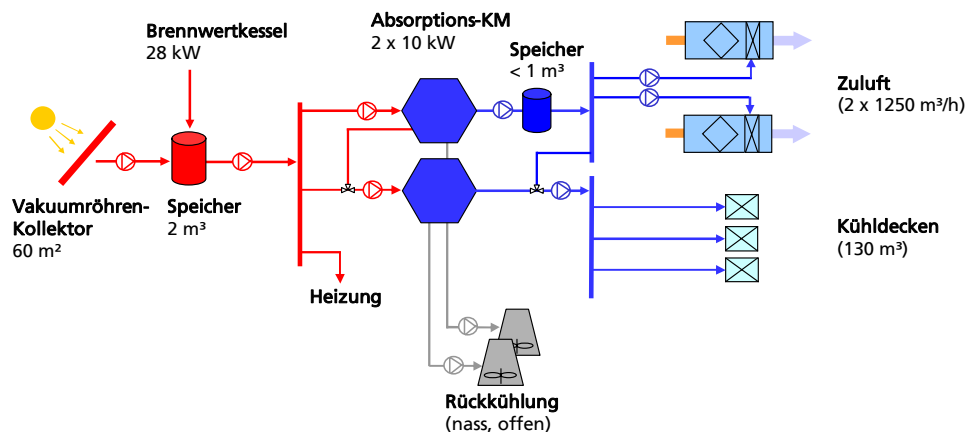


Butzbach: Solare Klimatisierung in der Technikerschule

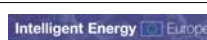
- Gasbrennwerttherme
- Zwei Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung (je 1250 m³/h)
- Moderate Zuluftkühlung bzw. -erwärmung durch Erdwärmetauscher
- hohe Nutzung (Belegung und EDV-Einrichtungen) durchgehend im Sommer: erhöhte Raumtemperaturen und Raumluftfeuchten



Butzbach: Solare Klimatisierung in der Technikerschule



- Kollektorfluid: Nur Wasser (Paradigma Aqua-System)
- Antrieb AKM: parallel und seriell möglich (seriell bei unterschiedlichen Kaltwassertemperaturen für Entfeuchtung und Kühldeckenbetrieb)
- Kaltwassernetze koppelbar für besseren Teillastbetrieb



Berlin: Solar unterstützte Prozess- und Raumkühlung einer radiologischen Praxis

- Mehrere Arztpraxen; Lebensmittelmarkt
- Zentrales Kaltwassernetz im Gebäude (el. Kompressions-KM mit 125 kW $P_{\text{kälte}}$, 8°C Kaltwasser)
- ca. 180 m² Praxisfläche der radiologischen Praxis
- Hauptwärmelasten: Kernspin- und Computertomograf
- Wärmeabfuhr über Gebläsekonvektoren und direkte Geräte Kühlung

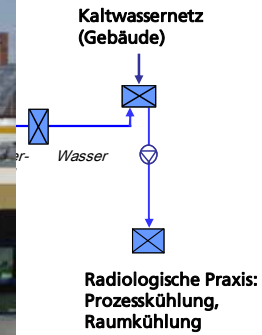


Berlin: Solar unterstützte Prozess- und Raumkühlung einer radiologischen Praxis

- Separate solar unterstützte Kühlung der Radiologischen Praxis
- 10 kW Absorptions-KM (Suninverse, Sonnenklima)
- 40 m² Vakuumröhren-Kollektoren (Phönix-CPC); Nur-Wasser System
- Überwiegend trockene Rückkühlung (Hybrid-Kühlturm)
- Freie Kühlung im Winter über Rückkühlwerk
- Demonstration von Prozesskühlung und trockener Rückkühlung; Entwicklung geeigneter Regelung; hohe solare Deckungen stehen nicht im Vordergrund
- Inbetriebnahme: Mitte 2008
- Monitoring: TU Chemnitz



Berlin: Solar unterstützte Prozess- und Raumkühlung einer radiologischen Praxis



Freiburg: Solare Kühlung im kleinen Leistungsbereich

- Zuluftkühlung für den Küchenbereich der Kantine am Fraunhofer ISE
- Adsorptionskältemaschine (5.5 kW Kälteleistung; Sortech)
- Rückkühlung über Erdsonden (3x80m)
- Wärmepumpenfunktion
- Antriebswärme: 22 m² Flachkollektoren
- Backup: thermisch über das ISE-Heiznetz (KWK)
- In Betrieb seit 2007



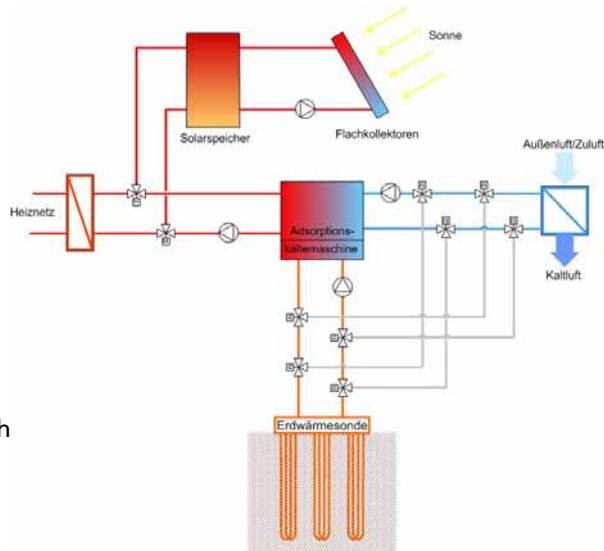
Freiburg: Solare Kühlung im kleinen Leistungsbereich

SOMMER

- Kühlen der Zuluft
- Erwärmesonden als Senke für Abwärme

Betriebskonzept:

- Zulufttemperatur > 20°C (2K Hysterese)
- Raumtemperatur > 23°C (2K Hysterese)
- Wochentags: 6.45 bis 16.00h
- Solarbetrieb bei >73°C im Speicher (5K Hysterese)



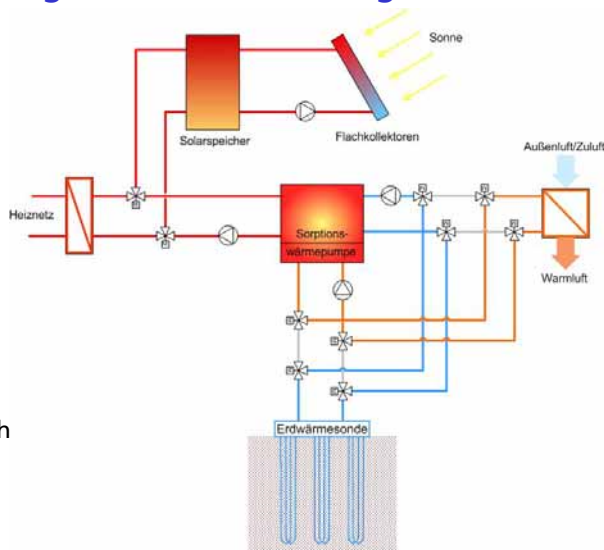
Freiburg: Solare Kühlung im kleinen Leistungsbereich

WINTER

- Vorwärmen der Zuluft
- Erwärmesonden als Nieder-temperatur Wärmequelle

Betriebskonzept:

- Zulufttemperatur < 13,5°C (3K Hysterese)
- Zulufttemperatur > 3°C (Frostschutz)
- Wochentags: 6.45 bis 19.00h
- Solarbetrieb bei >73°C im Speicher (5K Hysterese)



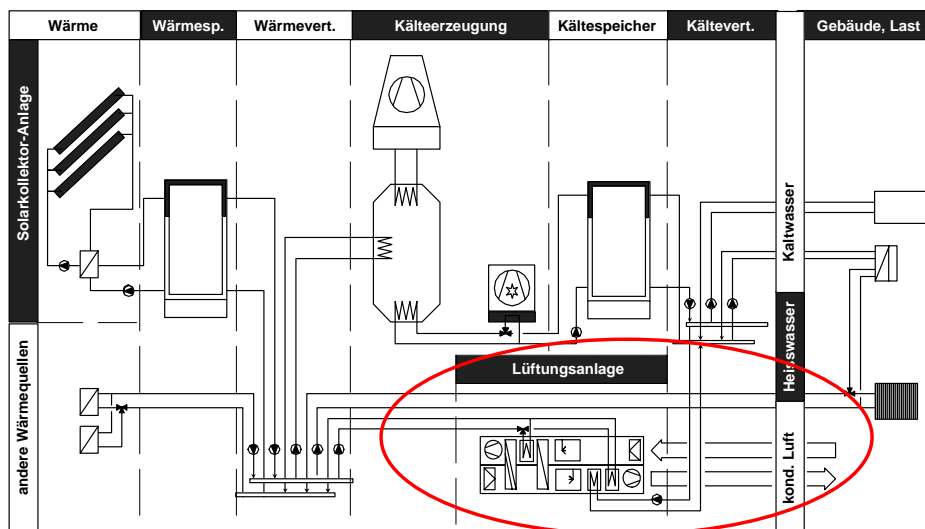
Freiburg: Solare Kühlung im kleinen Leistungsbereich

Betriebsergebnisse 2007

	Kühlbetrieb	Heizbetrieb
Betriebszeit	433h	617h
Mittlere Leistung*	4,4kW	9,3kW
Mittlerer th. COP*	0,57	1,43
Solare Deckung*	0,60	0,05
El. COP*	10	18

* Bezogen auf volle Betriebsstunden: 282h Kühlbetrieb, 398h Heizbetrieb

Systemauswahl - Gesamtübersicht



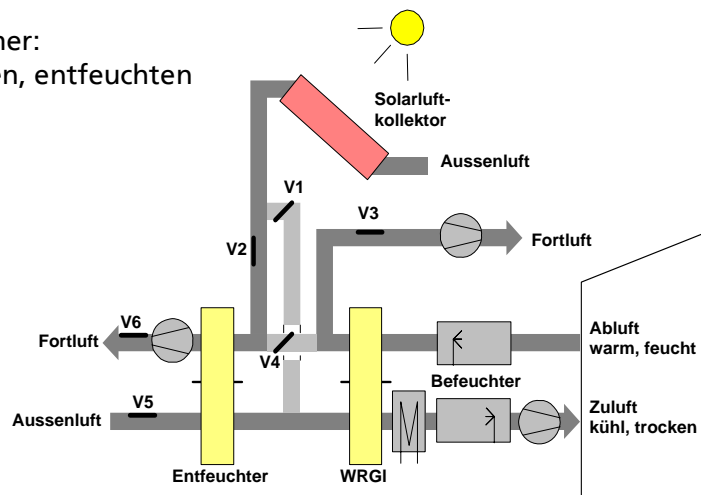
Freiburg: Klimatisierung von Veranstaltungsräumen IHK Südlicher Oberrhein

- Klimatisierung von zwei Veranstaltungsräumen (ca. 210 m²)
- Technik: SGK, Rotor mit 10200 m³/h Nennvolumen-Luftstrom
- 100 m² Luftkollektoren zum Kühlen und Heizen
- Kein Speicher
- Konzept: solar autarke Kühlung
- In Betrieb seit 2001



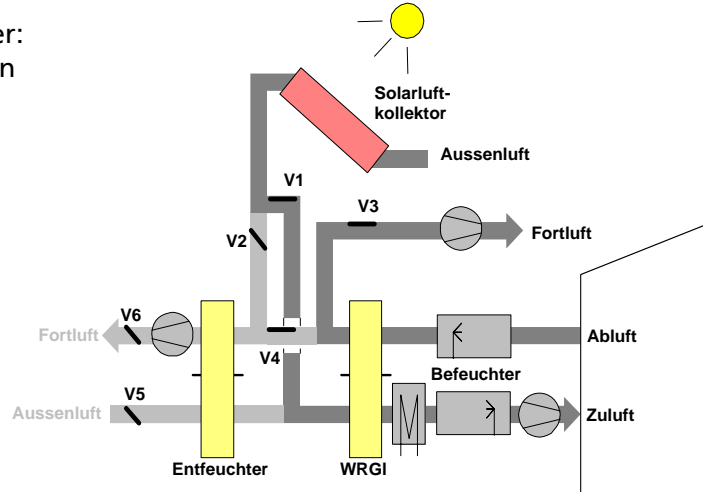
Freiburg: Klimatisierung von Veranstaltungsräumen IHK Südlicher Oberrhein

- Sommer:
Kühlen, entfeuchten

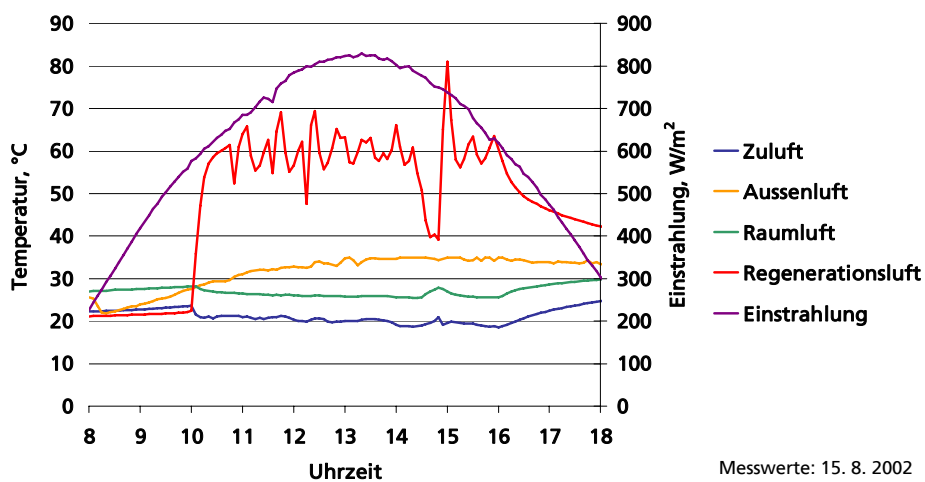


Freiburg: Klimatisierung von Veranstaltungsräumen IHK Südlicher Oberrhein

■ Winter:
 Heizen



Freiburg: Klimatisierung von Veranstaltungsräumen IHK Südlicher Oberrhein



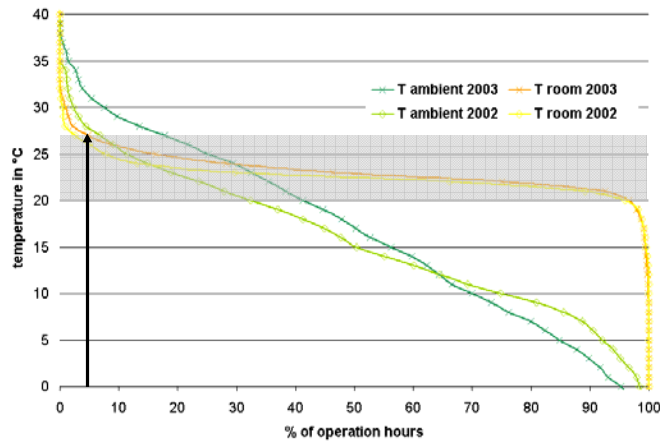
Messwerte: 15. 8. 2002

Freiburg: Klimatisierung von Veranstaltungsräumen IHK Südlicher Oberrhein

■ 2002, 2003:

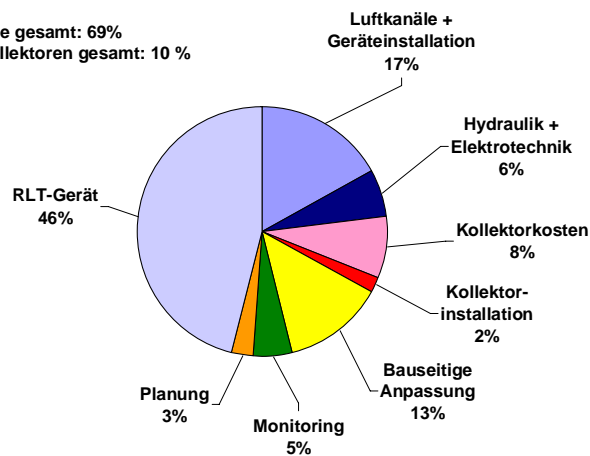
in ca. 90% der Betriebsstunden innerhalb des Komfortbereichs (20-25°C)

weniger als 5% der Betriebsstunden > 27°C



Freiburg: Klimatisierung von Veranstaltungsräumen IHK Südlicher Oberrhein

SGK-Anlage gesamt: 69%
Solarluftkollektoren gesamt: 10 %



Palermo, Italien: Universität

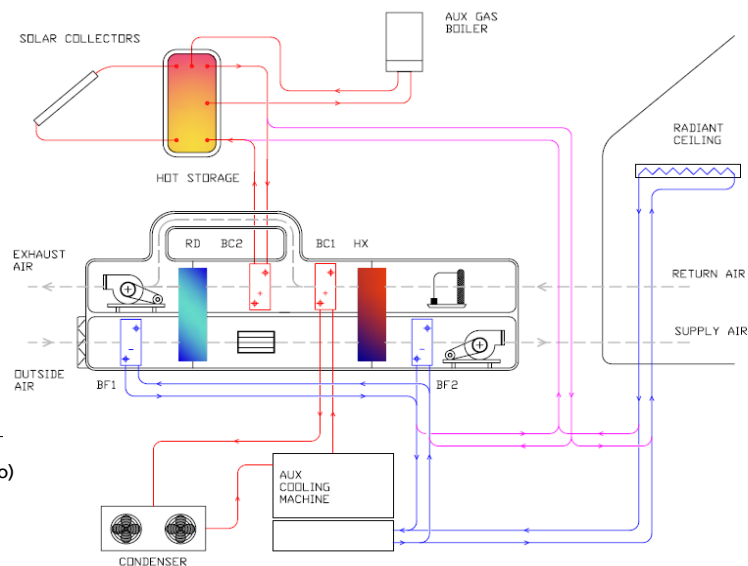
- Gebäude: DREAM, Universität Palermo (Dipartimento di ricerche energetiche ed ambientali)
- System
 - DEC-System (1500 m³/h)
 - 22.5 m² Flachkollektoren
 - Kälte Back-up 24.3 kW
 - Gas Boiler 11 kW (für Winterbetrieb)
- Betrieb: seit Juli 2008



(Bildquelle: Uni Palermo)

Palermo, Italien: Universität

- Feucht-heißes Klima, spezielle Konfiguration: Kompressions-KM zur Vorentfeuchtung und Nachkühlung; effizienter Betrieb bei hohen Kaltwassertemperaturen



(Bildquelle: Uni Palermo)

Freiburg: Solare Klimatisierung mit Flüssigsorption

- Pilotanlage im Solar Info-Center, Freiburg
 - Klimagerät: Menerga
 - Entfeuchtung mit wässriger LiCL-Lösung
- Klimatisierung von 310 m² Büroflächen
- 1500 m³ Nennluftvolumenstrom
- 17 m² Flachkollektoren
- 1.5 m³ Pufferspeicher
- In Betrieb seit 2004
- Solar autonomer Betrieb im Sommer



Grombalia, Tunesien: Prozesskühlung im mediterranen Raum

- Demonstration Solar unterstützter Prozesskühlung in einer Weinherstellung
- Jahresproduktion: ca. 600000 l Weiß- und Rotwein
- Kaltwasser: - 5°C
- Trockene Rückkühlung, hoher Temperaturhub
- Ammoniak-Wasser Absorptionskältemaschine (Robur) mit 12.8 kW Nennkälteleistung
- Linear konzentrierender Fresnel-Kollektor; 88 m² Aperturfläche; Thermo-Öl; Arbeitsbereich: 110 – 180 °C
- Backup: vorhandene Kompressionskältemaschine

Grombalia, Tunesien: Prozesskühlung im Mediterranen Raum

- Inbetriebnahme: Mitte 2008



Sevilla, Spanien: Solar unterstützte Kühlung mit 2-stufiger Absorptions-KM

- Demonstrationssystem an der Universität Sevilla zur Gebäudeklimatisierung
- 1-achsig nachgeführter Fesnel-Kollektor mit 350 m² Aperturfläche (PSE, Freiburg)
- 2-stufige Absorptions-KM (Broad) mit 175 kW P_{Kälte}
- Kollektorfluid: Wasser/Dampf (ca. 180°C)
- In Betrieb seit Sommer 2008



Bild: AICIA



Bild: PSE

IEA Task 38



Task 38
Solar Air-Conditioning
and Refrigeration

- Plattform zur Bündelung der Aktivitäten in solarer Kühlung
- Organisation der Arbeitsinhalte in vier Subtasks:

Subtask A (AEE-INTEC, Austria)

Pre-engineered systems for residential and small commercial applications

Subtask B (EURAC research, Italy)

Custom-made systems for large non-residential buildings and industrial applications

Subtask C (INES, France)

Modelling and fundamental analysis

Subtask D (POLIMI, Italy)

Market transfer activities

Subtask A: Marktübersicht Komponenten, System Schemata, Monitoring, Bewertungsstandards, Installations- und Wartungsrichtlinien

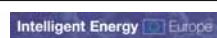


IEA Task 38



Task 38
Solar Air-Conditioning
and Refrigeration

- Subtask A: Aufbereitung von Betriebsergebnissen von 23 Anlagen im Leistungsbereich < 20 kW
- Subtask B: Monitoringergebnisse von 12 Anlagen > 20 kW
- Empfehlungen für Anlagenmonitoring
- Subtask D: Neuauflage des Handbuchs „Solar Air-Conditioning in Buildings“ (Erstauflage innerhalb des IEA-SHC Task 25)



Zusammenfassung und Ausblick I

- Solarthermisch angetriebene Kälteverfahren sind in unterschiedlichsten Klimatisierungskonzepten und in der Prozesskälteerzeugung anwendbar
- Etliche Techniken und Komponenten zur Nutzung solarthermischer Systeme für Kühlung und Gebäudeklimatisierung sind marktverfügbar, aber nur vergleichsweise wenige Anlagen wurden bis heute installiert
- Derzeit mehrere Aktivitäten in der Entwicklung von Systemen im kleinen Leistungsbereich; Ziel: Minimierung des Planungsaufwandes für Systeme < 20 kW Nennkälteleistung
- Eine Primärenergieeinsparung im Vergleich zu konventioneller Anlagentechnik muss gewährleistet sein, nach Möglichkeit hydraulisch einfache Konzepte bevorzugen

Zusammenfassung und Ausblick II

- Sorgfältige Inbetriebnahme und Überwachung des Anlagenbetriebs erforderlich: Systemverhalten wie erwartet?
- Bei Planungsbeginn immer Möglichkeiten einer Reduzierung des Kühllasten prüfen (z.B. Außenverschattung? Spitzenlastdeckung notwendig?)
- Alternativen in der Rückkühlung prüfen (z.B. Verwendung von Niedertemperaturwärme, Erdreich)
- Standardisierung in Anlagenkonzepten und Regelung sind notwendig, um zu niedrigeren Kosten zu gelangen
- Solar-Combi+ : umfassende Nutzung des solarthermischen Systems zum Heizen, Kühlen und zur Brauchwassererwärmung für Wohnbereich oder kleine Gewerbeeinheiten

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit