

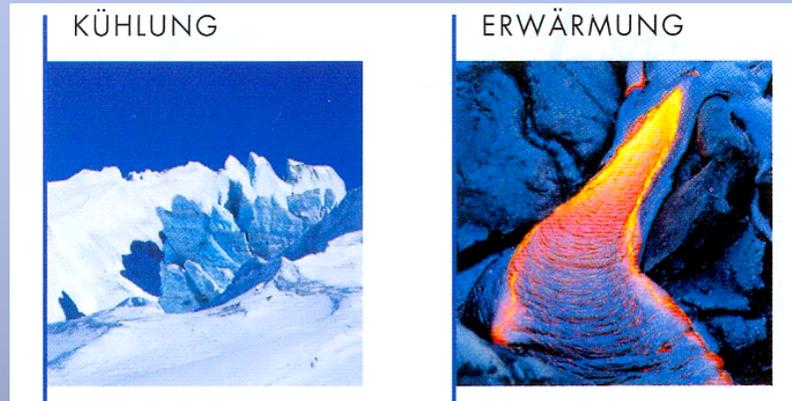
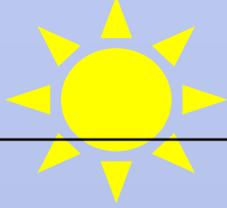
Große solarthermische Anlagen zum Heizen und Kühlen



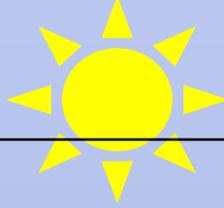
Technik, Wirtschaftlichkeit, Ökologie

Prof. Elmar Bollin

**Forschungsgruppe NET der
Hochschule Offenburg**

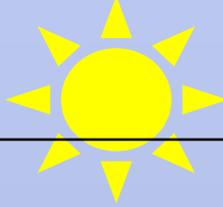


- Einführung: Nachhaltige Energienutzung
- Solare Trinkwassererwärmung
- Solare Gebäudeheizung
- Thermische Kühlung
- Solare Kühlung bei der Festo AG

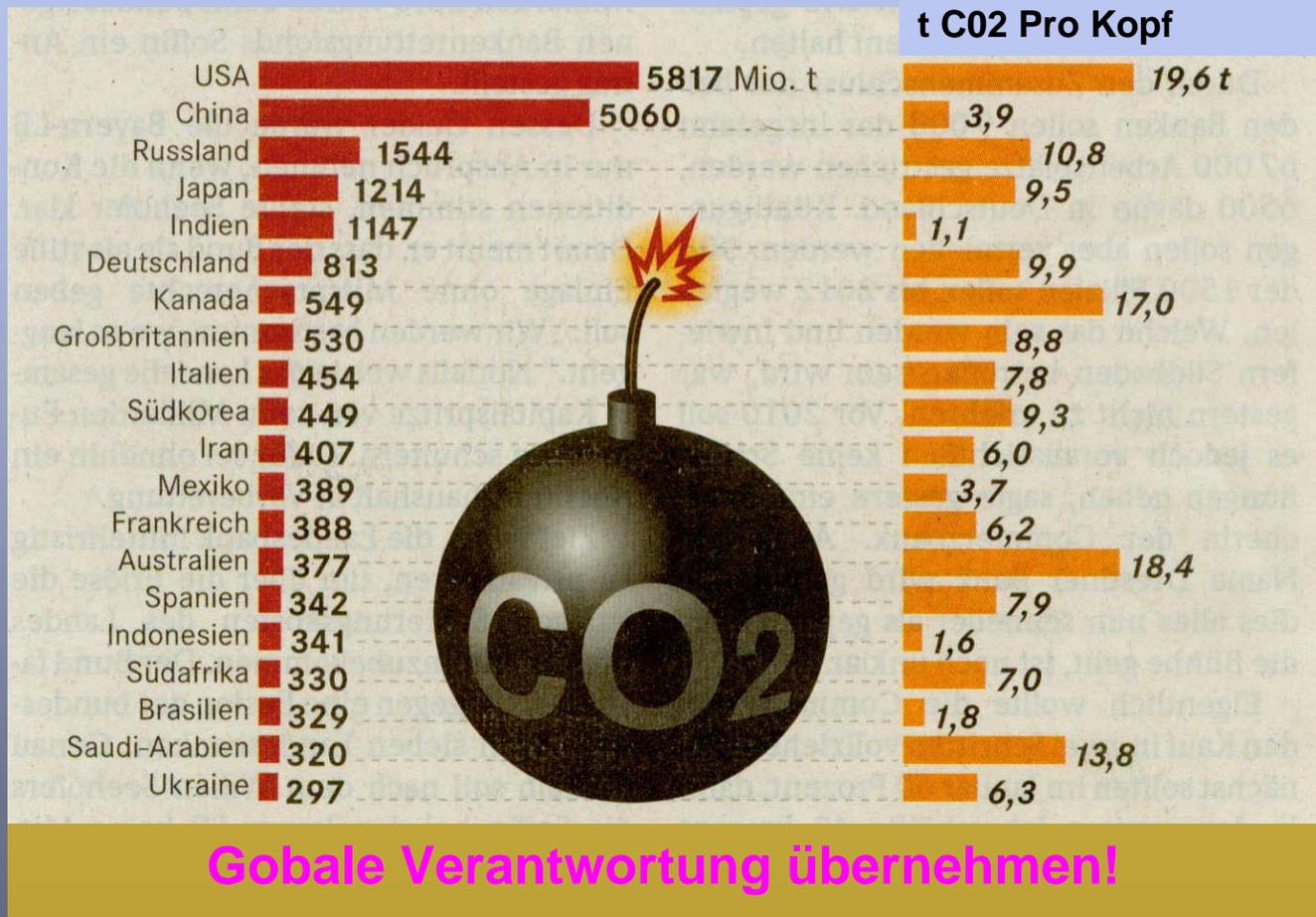


**Nachhaltige
Energie**



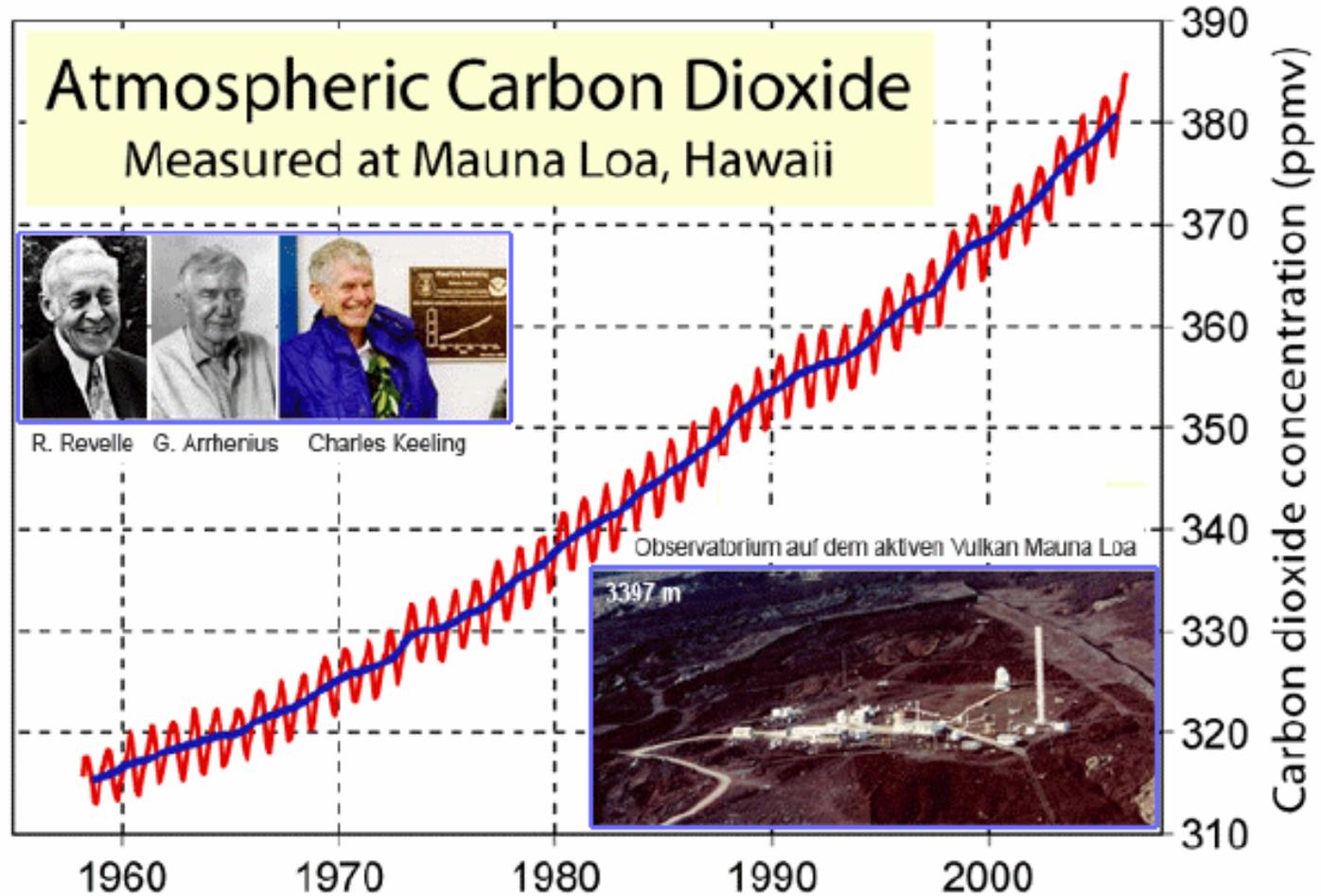


Nachhaltige
 Energie

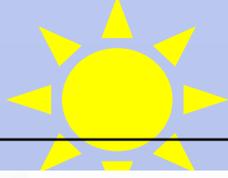




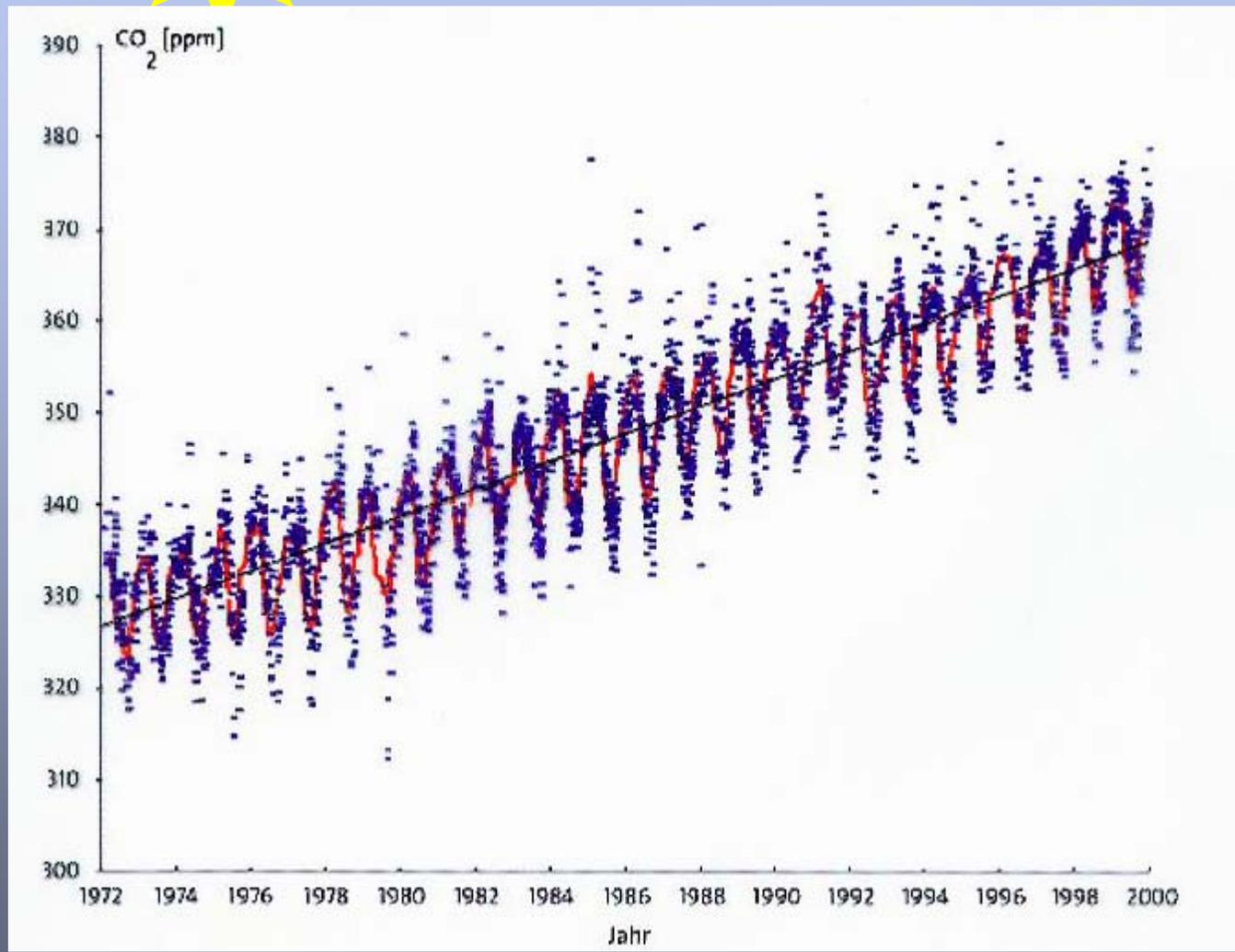
Nachhaltige
Energie



Quelle: National Academies 2008

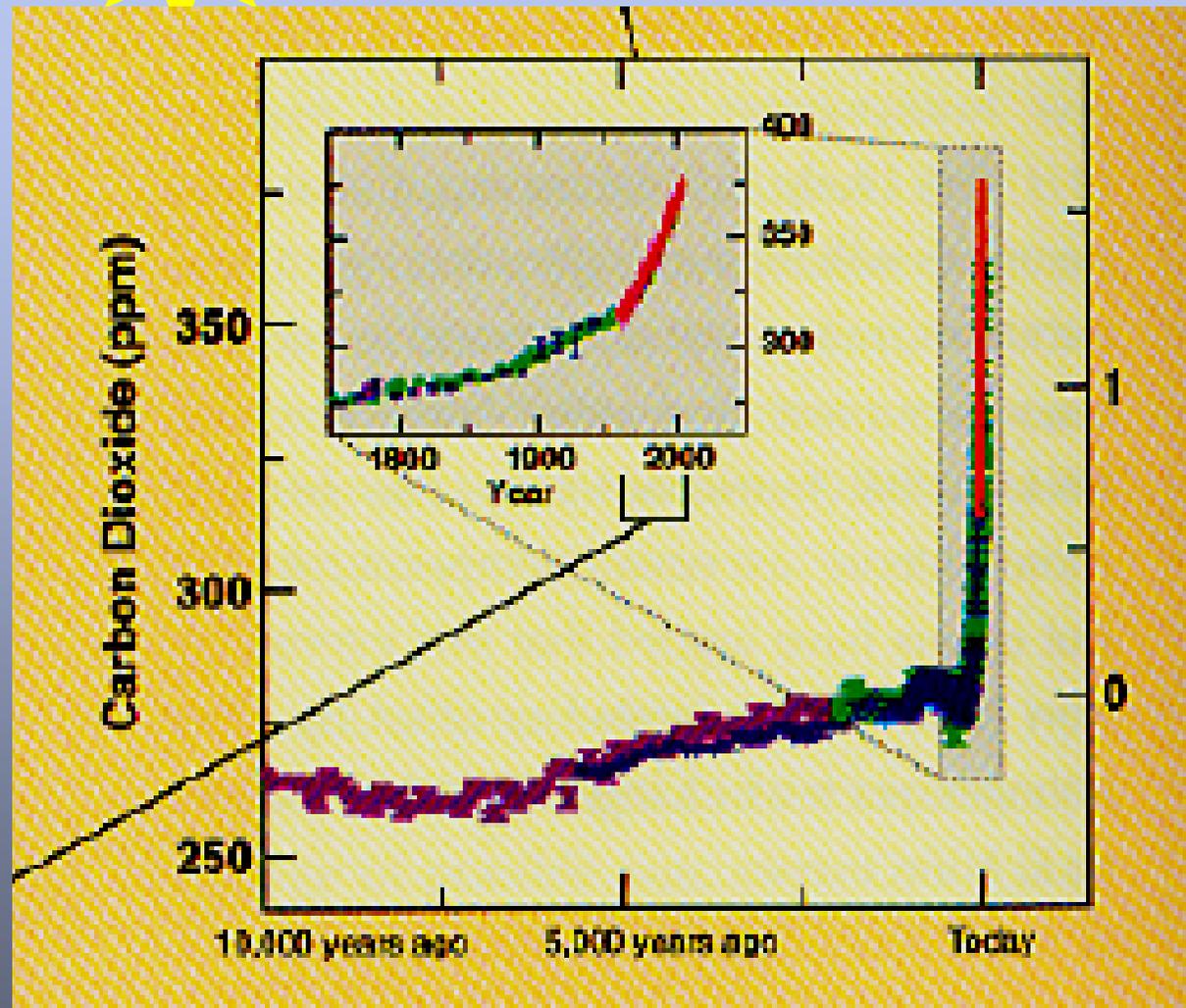


Nachhaltige
Energie



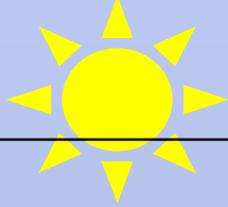


Nachhaltige
Energie

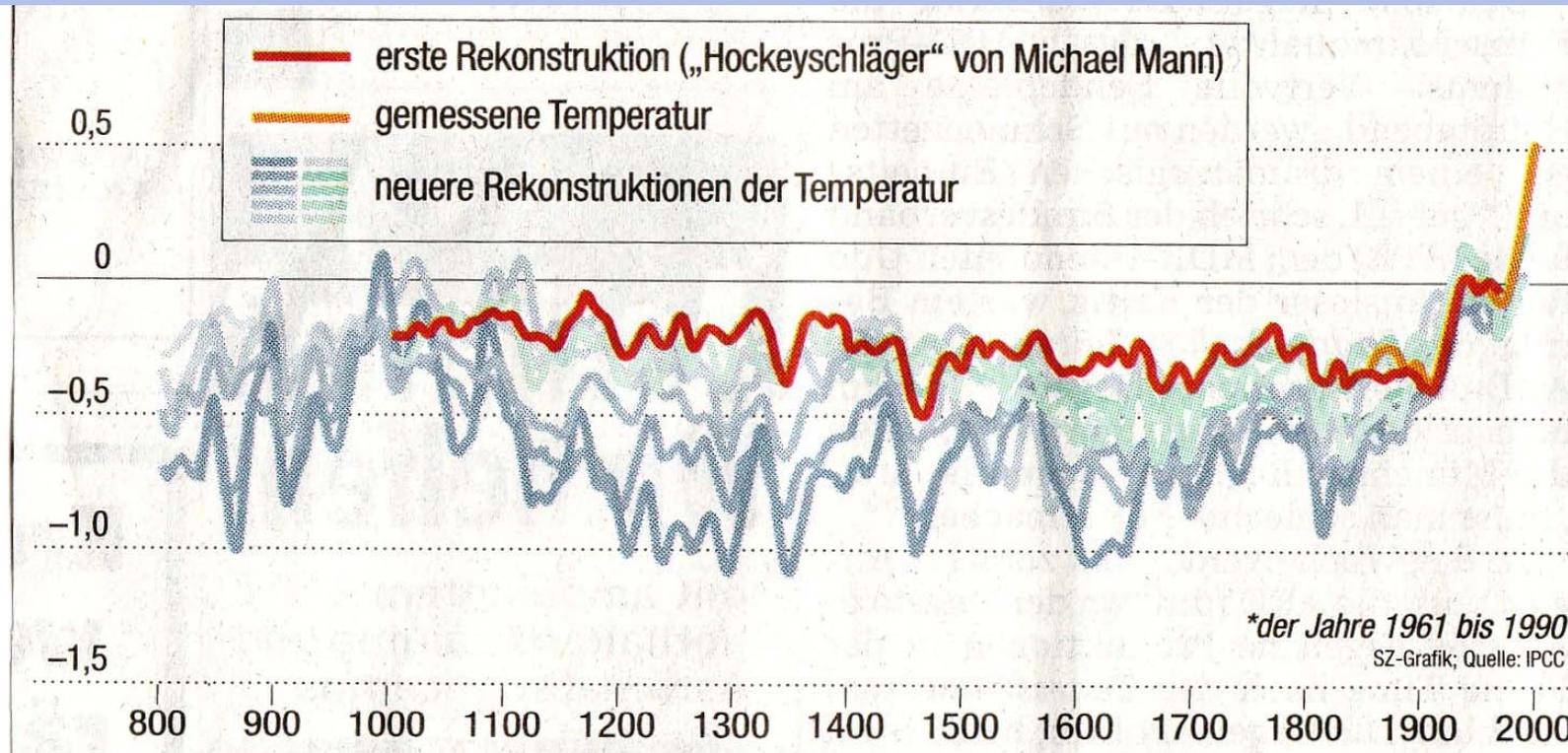


Quelle: National Academies 2008

CO2 Konzentration der letzten 10000 Jahre im Vergleich zu den Messungen in Mauna Loa (1959 bis 2009)!!



Nachhaltige
Energie

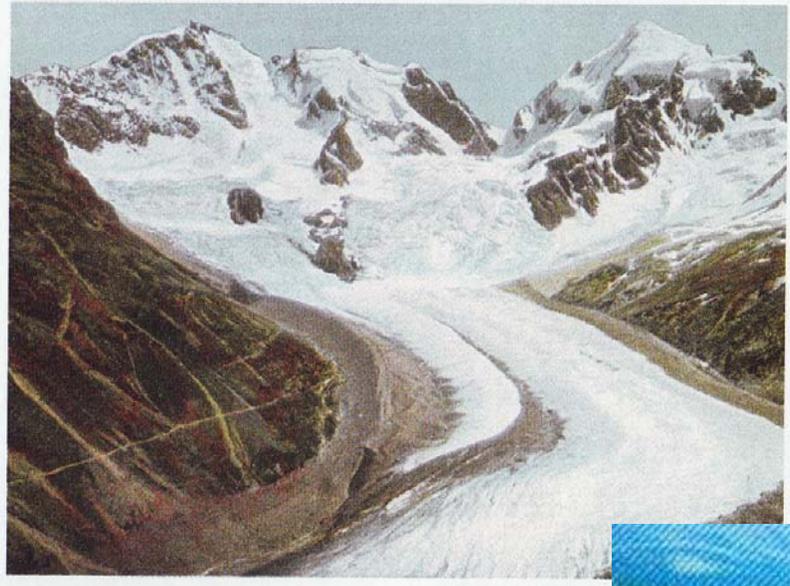




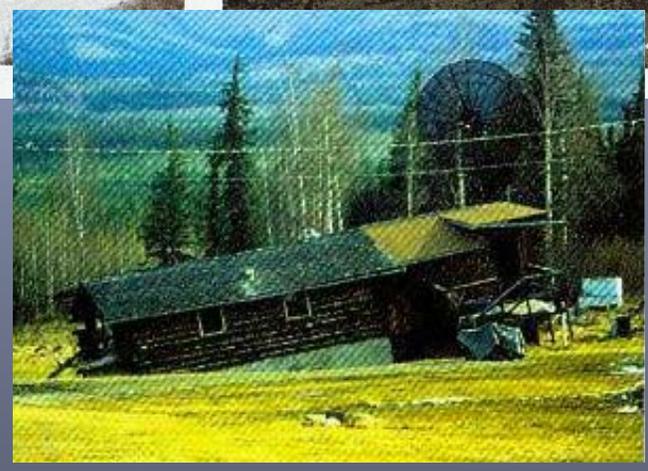
Nachhaltige
Energie



TSCHIERVA GLACIER, SWITZERLAND, 1910



TSCHIERVA GLACIER, 2001

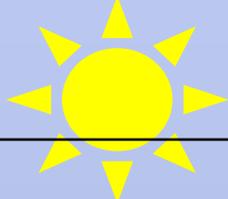


Klimaschutz & Neue
Energien

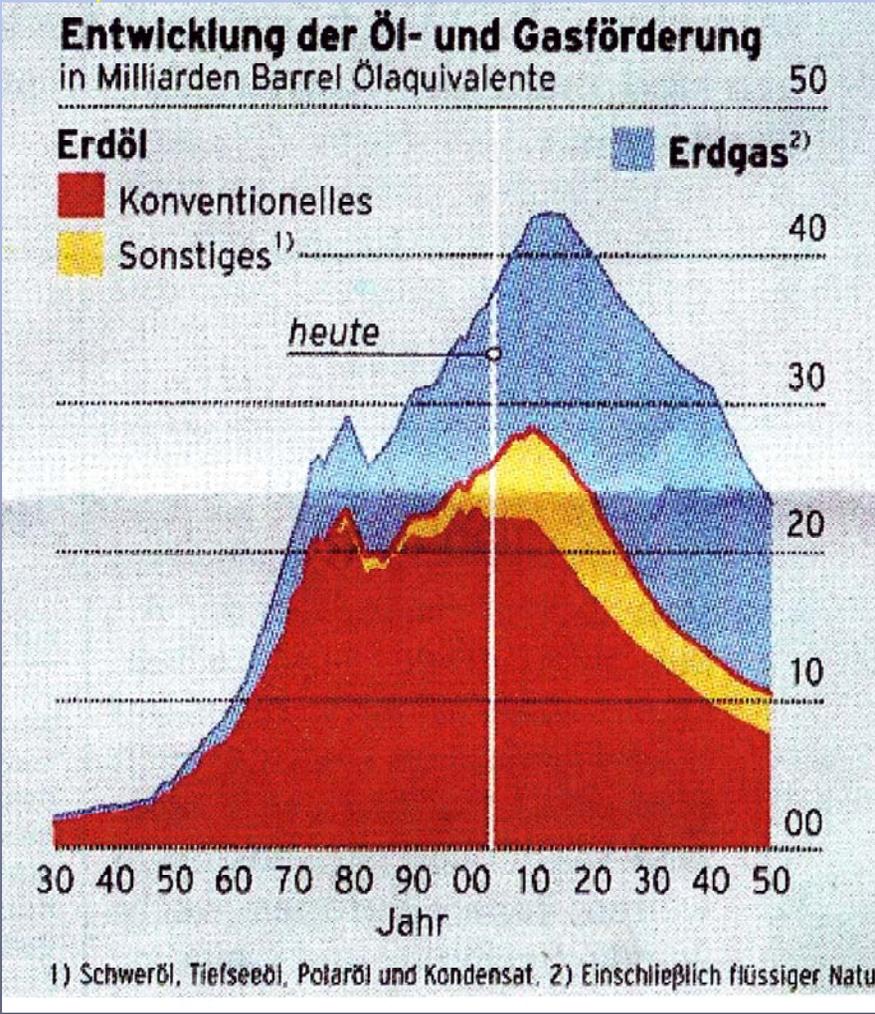
Ecotrinova

Freiburg 31.10.09

Gletscherschmelze in den Alpen in 91 Jahren:
Baustatik-Problem Permafrost

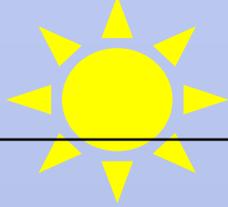


Nachhaltige
Energie



FAZ Grafik (Uni Upsala)

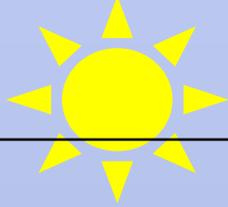
Ölförderung nähert sich dem Gipfel



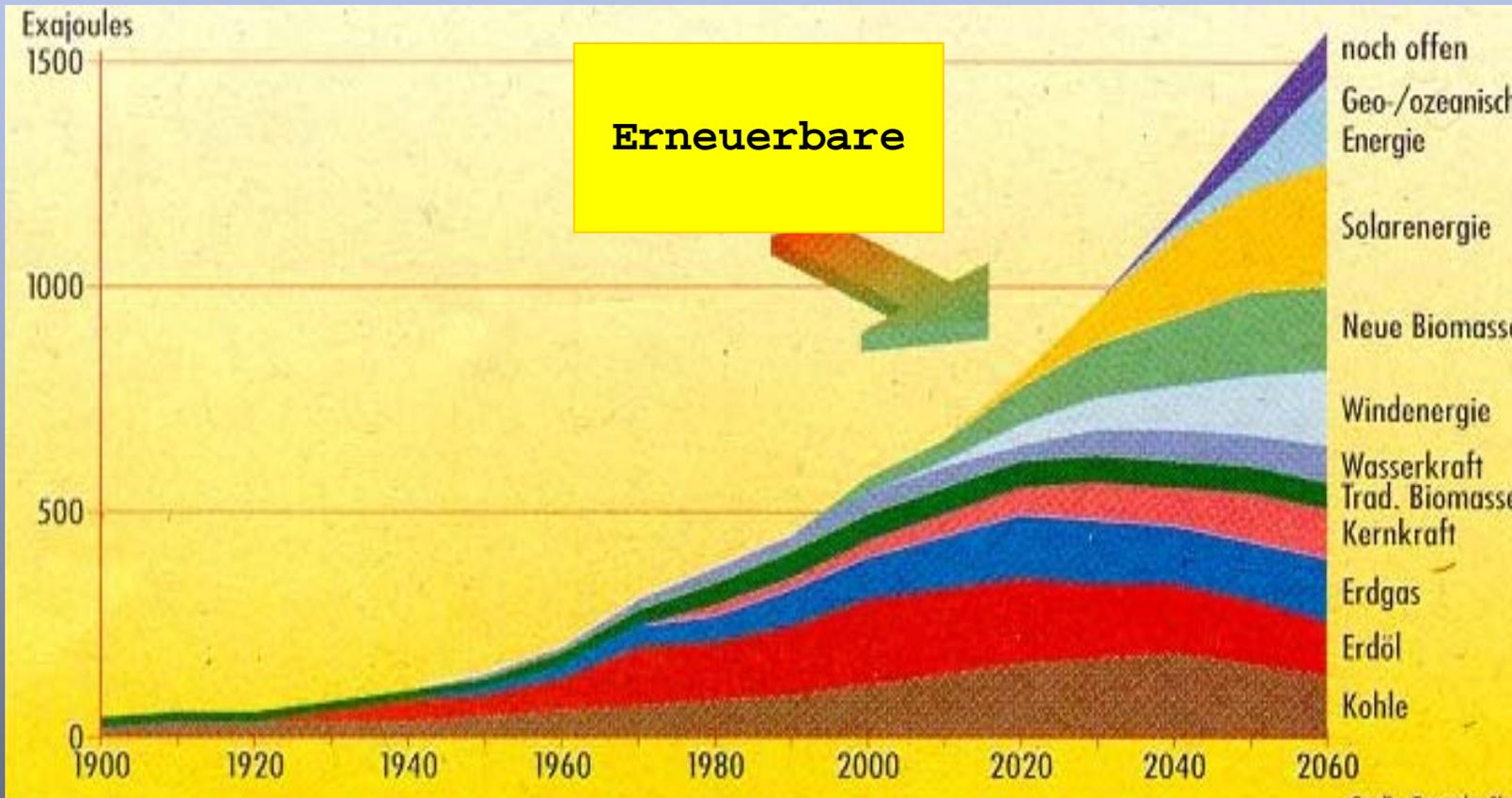
**Nachhaltige
Energie**

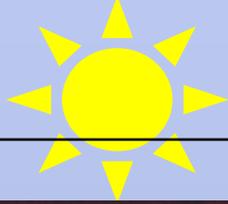


**Transport von 10 m³ Gas in China:
Eine gefährliche Sache und eine begrenzte Ressource**

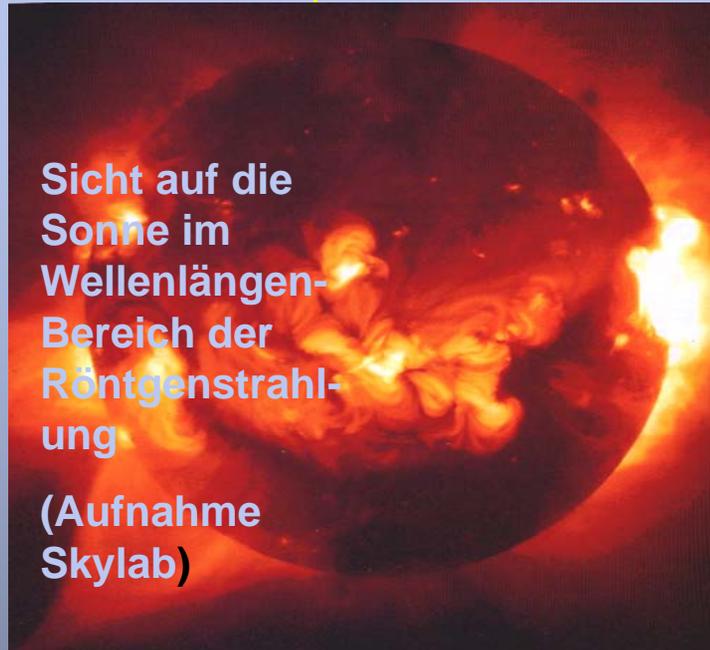


**Nachhaltige
Energie**



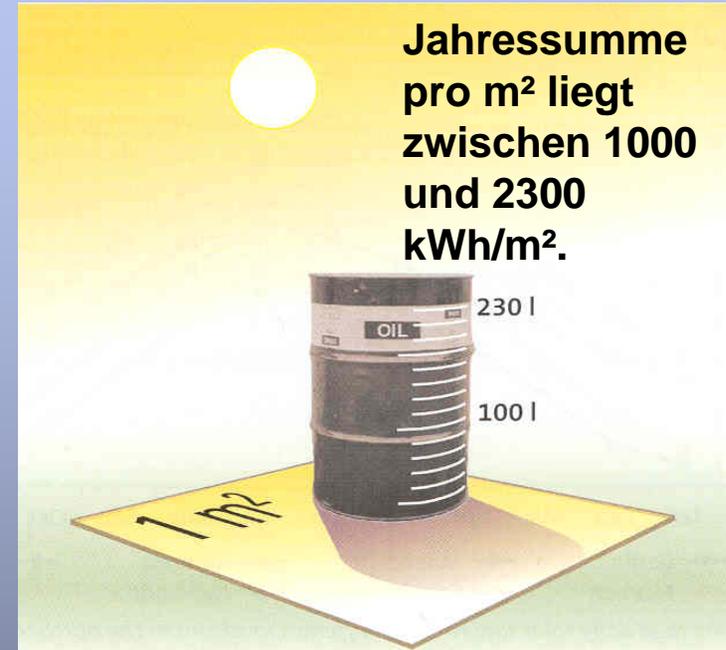


Nachhaltige
Energie



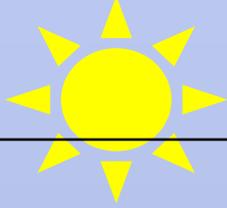
Sicht auf die
Sonne im
Wellenlängen-
Bereich der
Röntgenstrahlung

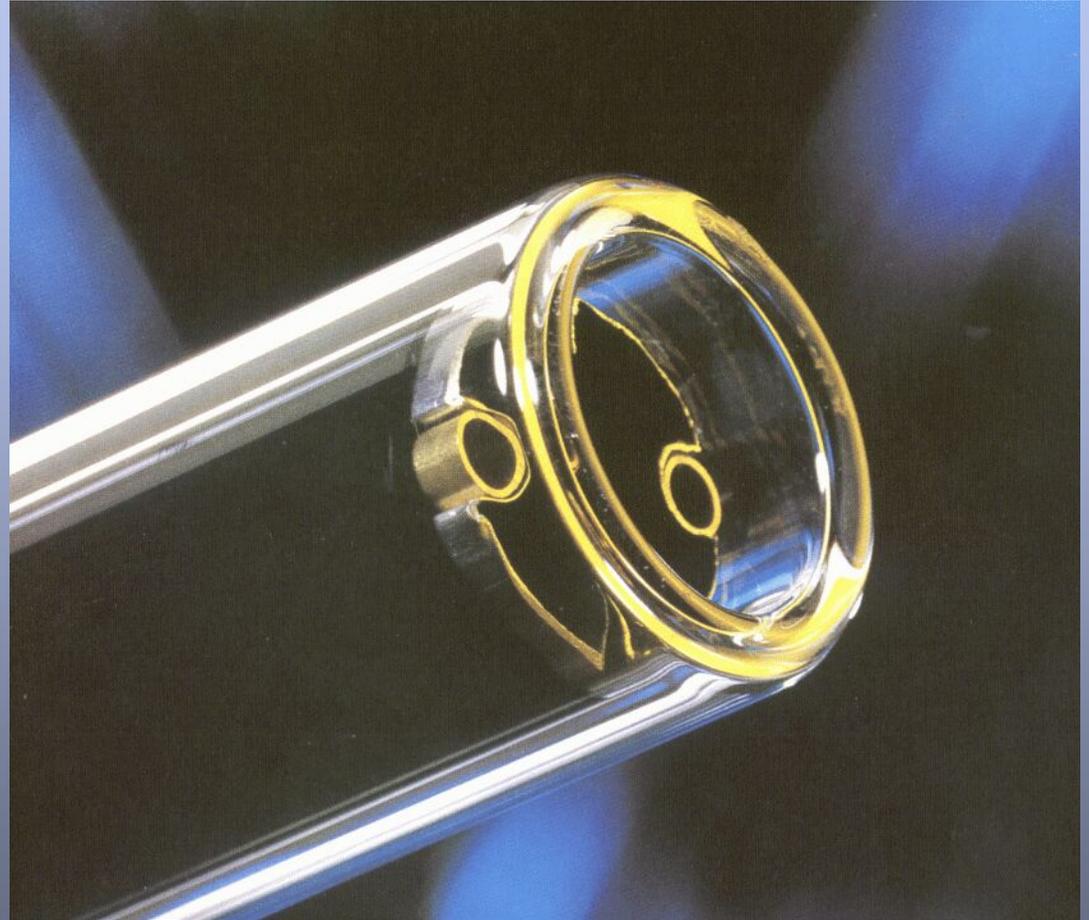
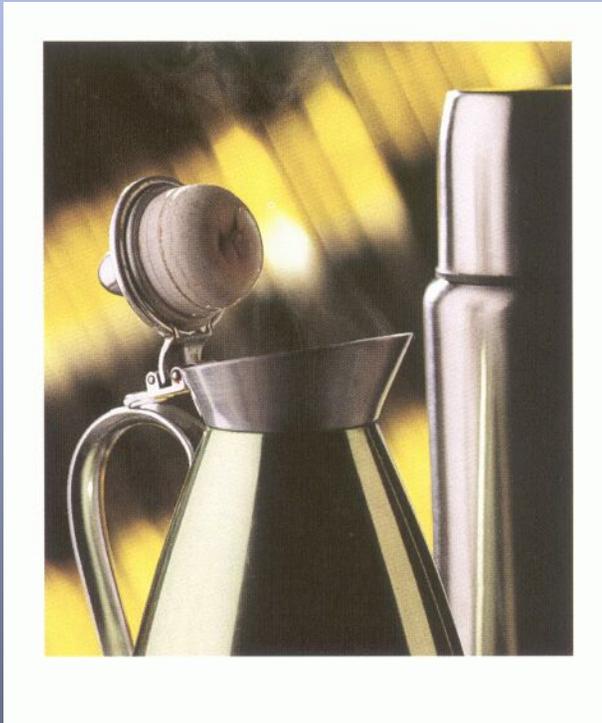
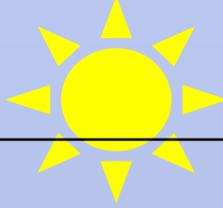
(Aufnahme
Skylab)

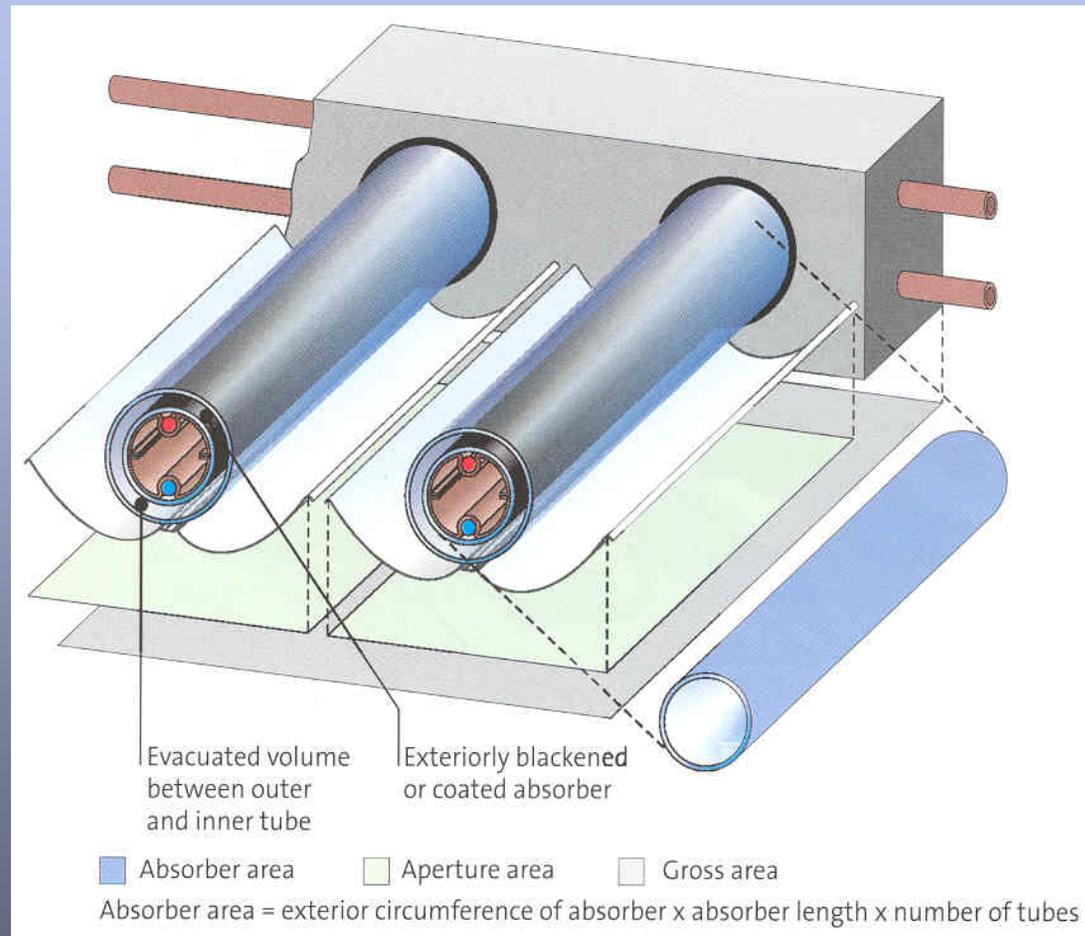
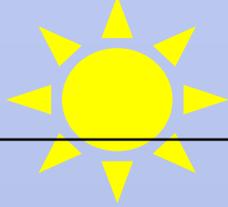


Ziele Nachhaltige Energieversorgung:

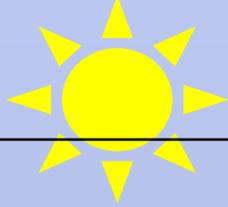
- So wenige Schadstoffemissionen wie möglich
- Maximierung des Anteils regenerativer Energiequellen
- Fossile Energieträger nur als Back-up





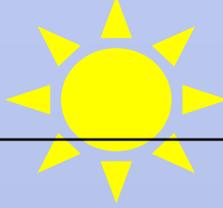


Vakuum-Röhrenkollektor mit CPC Spiegel



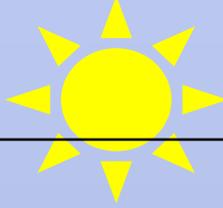
Solarthermische Großanlage zur Demonstration





- **Kombinierte** Trinkwassererwärmung und Raumheizung
- Wärmenetze mit **Langzeitwärmespeicher**
- Solar unterstützte **Nahwärmenetze**
- **Kombination** von Solarwärme mit Geothermie, Abwärme oder Biomasse
- **Solare Kühlung** mit Trinkwassererwärmung und Heizung
- **Solare Prozesswärme** im Niedertemperaturbereich

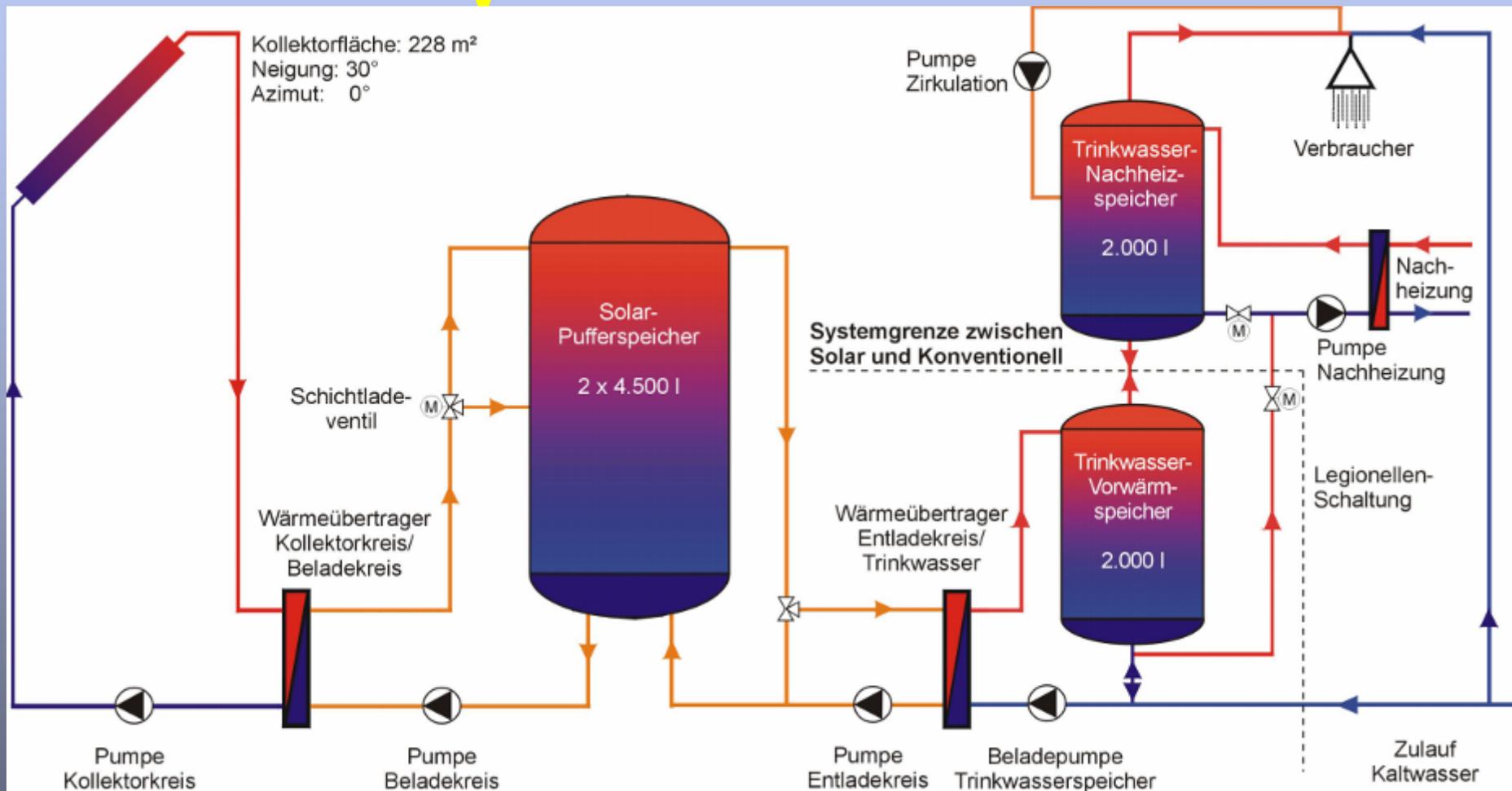
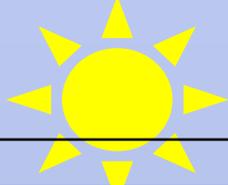
www.solarthermie2000plus.de

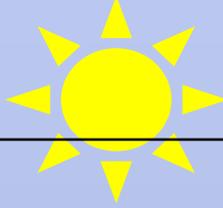


Aufgaben der Hochschule Offenburg

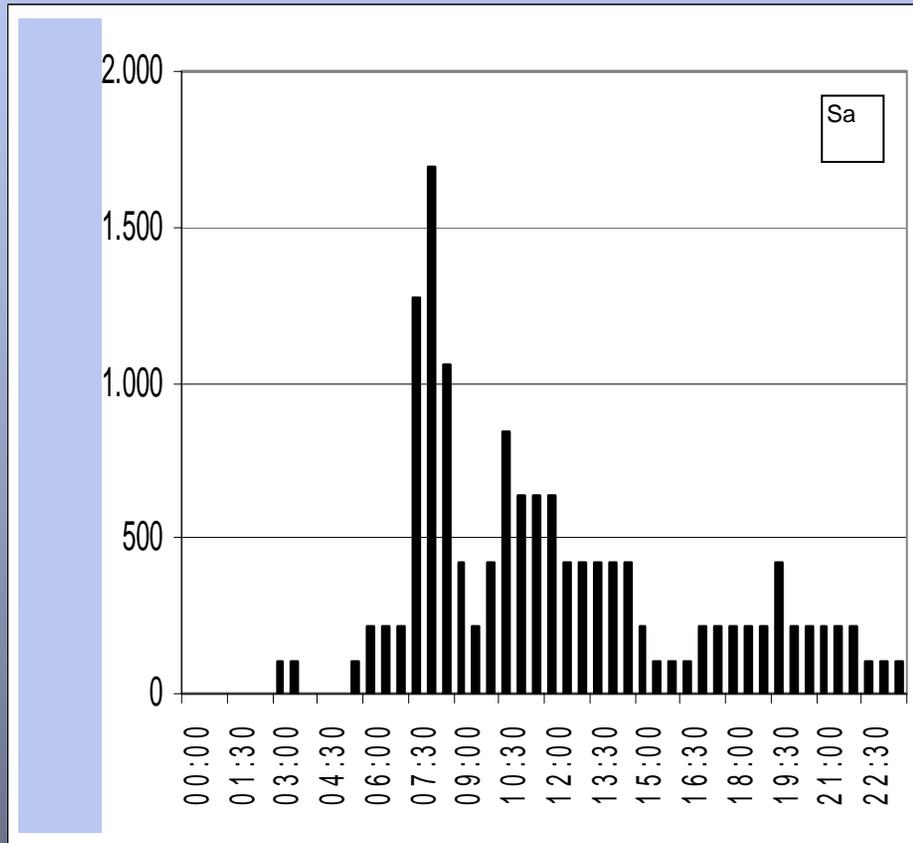
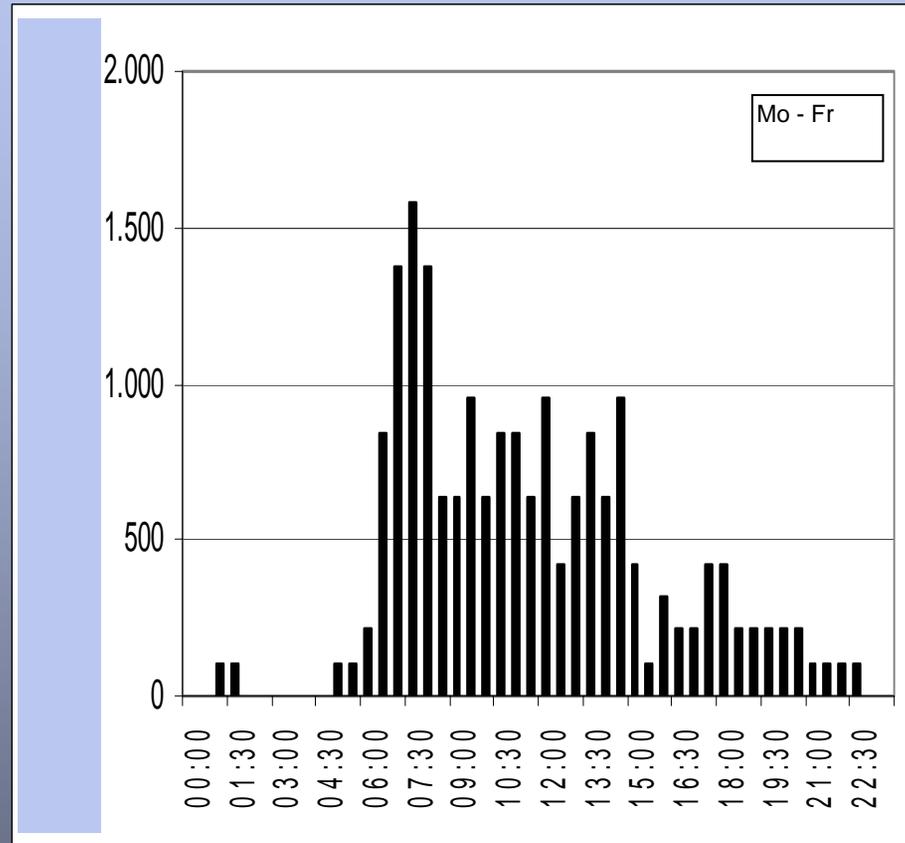
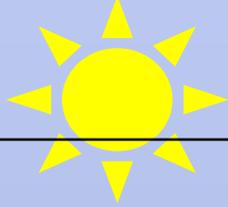
- Untersuchung der **Praxistauglichkeit** großer Solaranlagen
- **Beratung** bei Anlagenplanung, –ausschreibung und Installation
- Planung und Installation eines **Mess- und Auswertesystems**
- **Messdatenerfassung** und -auswertung
- **Überwachung** und Beurteilung des Anlagenbetriebs
- Fehleranalyse und **Optimierungsvorschläge**
- Überprüfung der **Energiegarantie**
- Detaillierte Untersuchung von Systemkomponenten
- Veröffentlichung der Ergebnisse

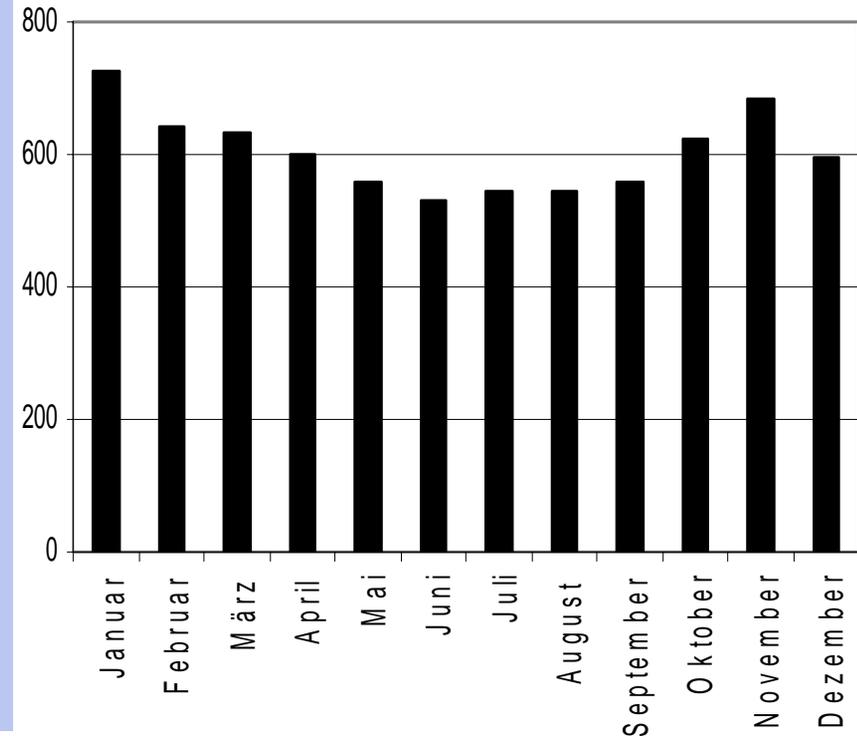
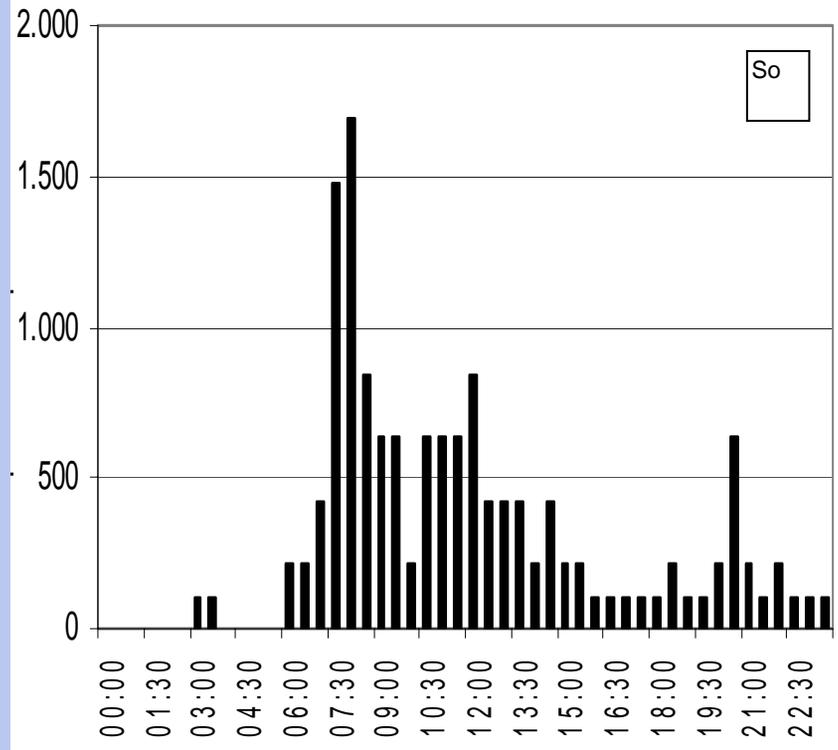
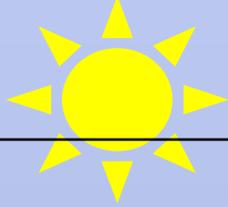




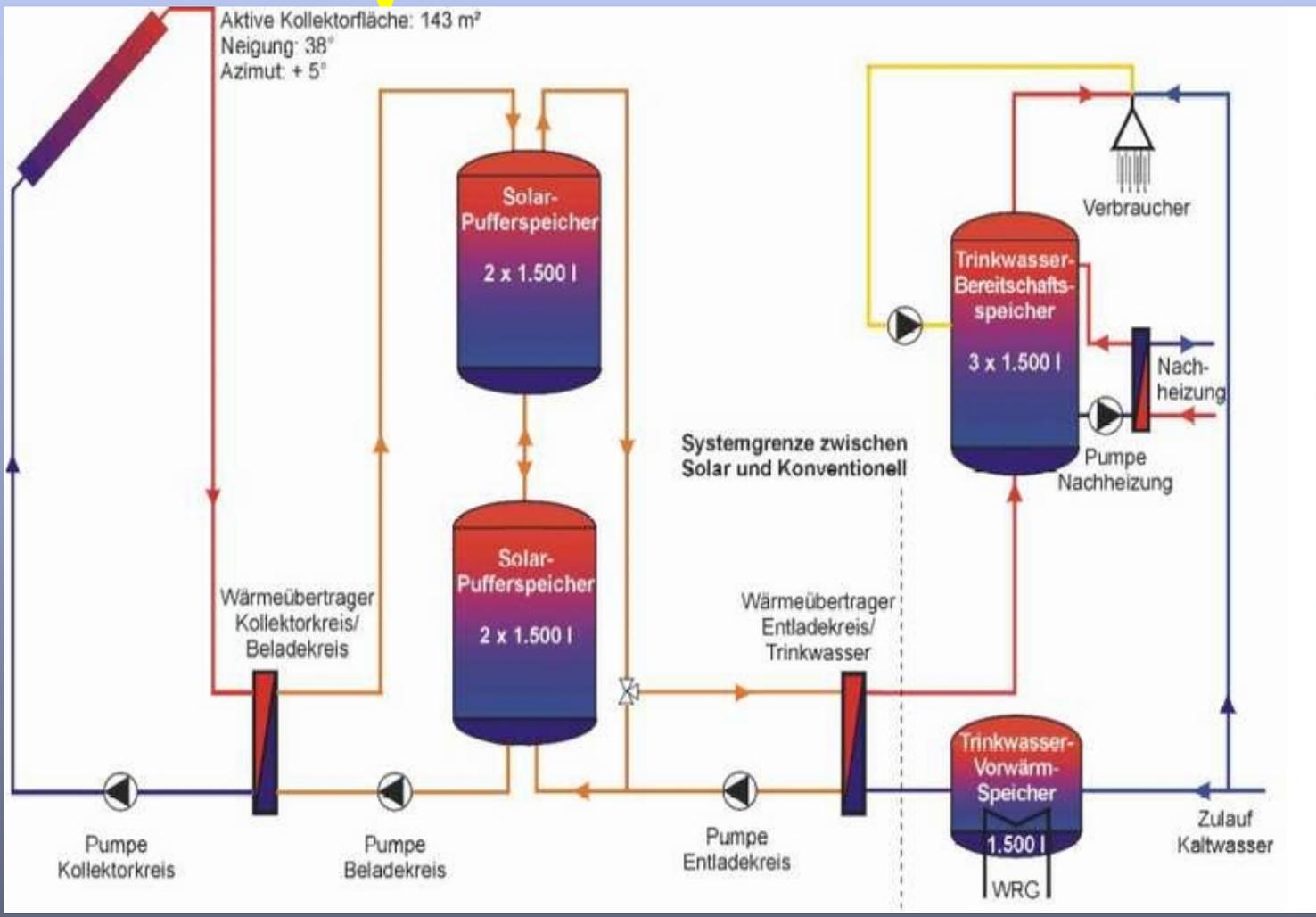
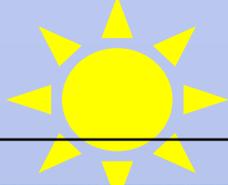


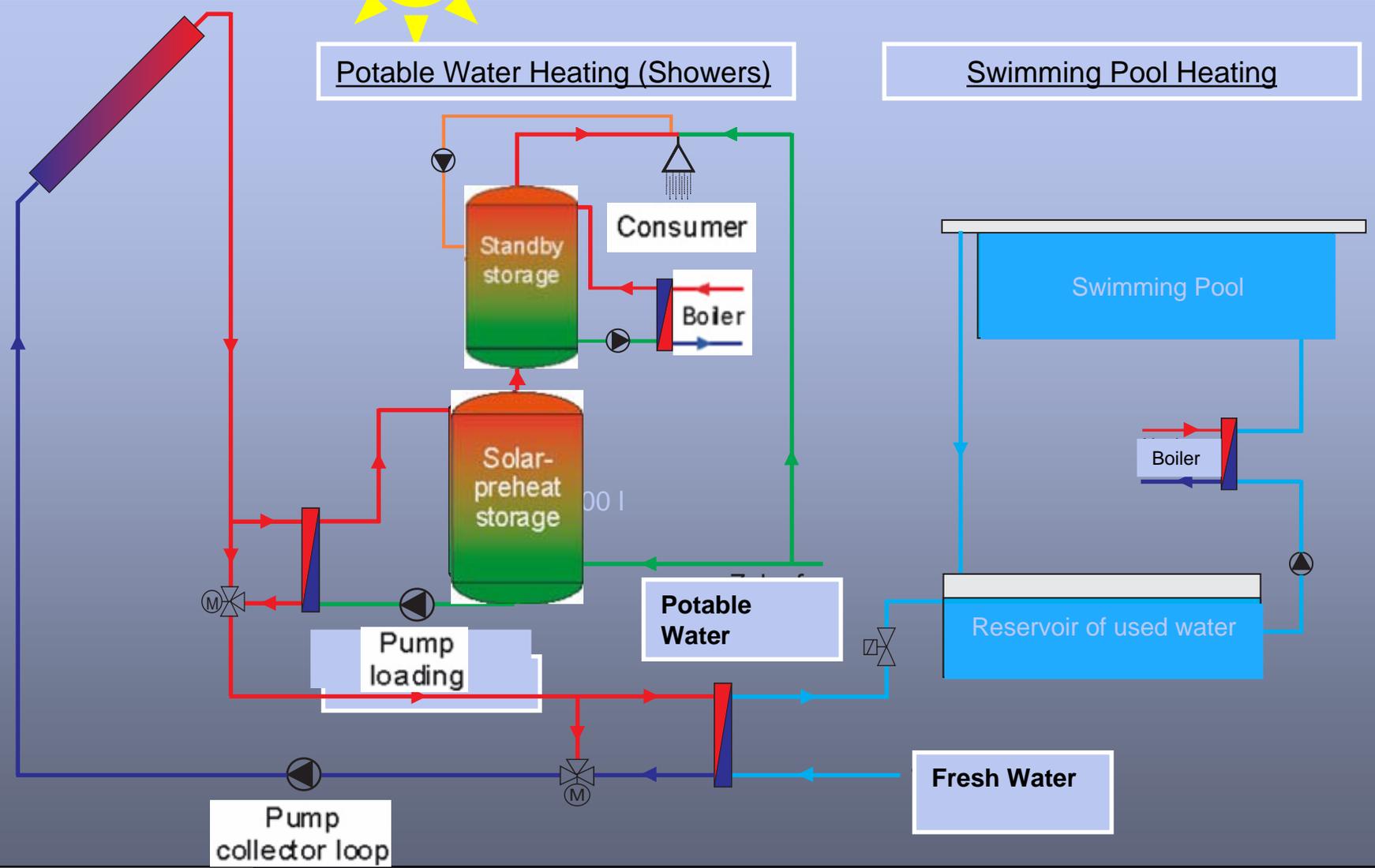
- Installateur gibt Garantie ab
- Garantie auf Basis vordefinierter Werte
 - Wetter
 - Warmwasserverbrauch (Trinkwasser)
 - *Neu*: Wärmebedarf (Raumheizung etc.)
- Berechnung mit Simulationsprogramm (z.B. T°Sol, TRNSYS, Polysun)
- Nach einem Jahr : Überprüfung der Energiegarantie
- Vergleich des Garantiertrags mit dem gemessenen Ertrag
- Basis: gemessene Wetterdaten, Wärmeverbrauch → T°Sol, (TRNSYS, Polysun)
- Bei unterschreiten des Garantiertrags um mehr als 10% muss der Installateur nachbessern

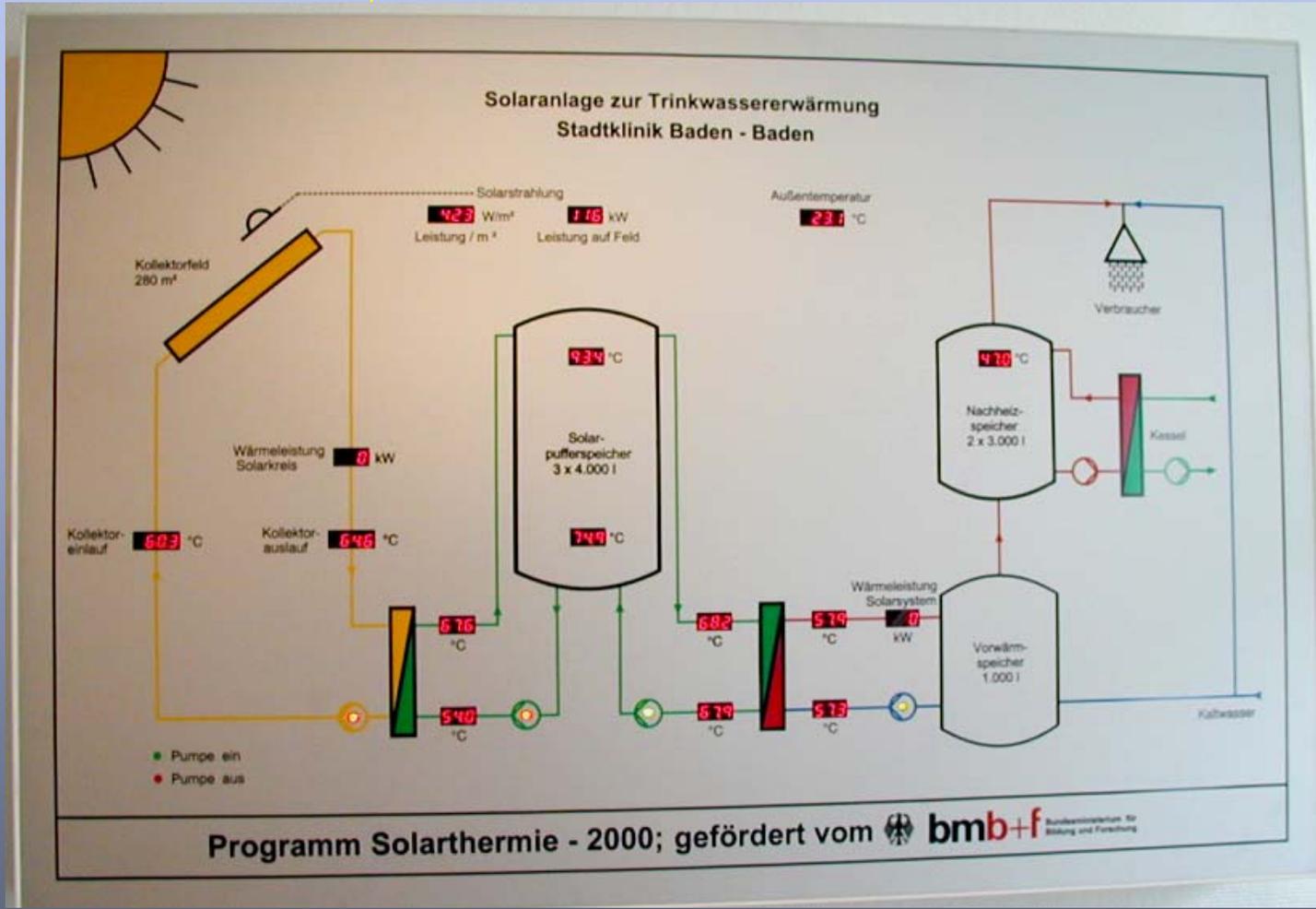
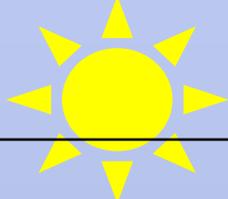


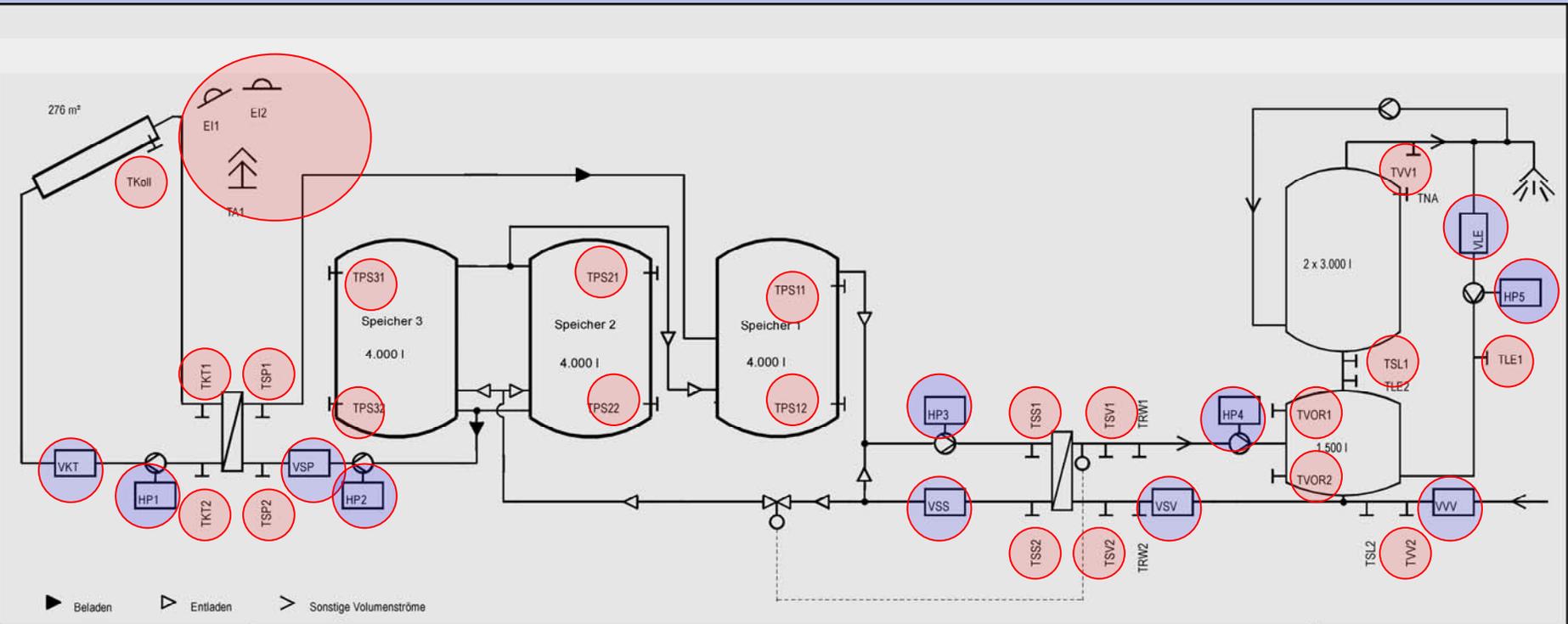
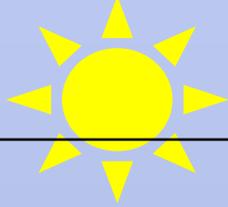


Verbrauch in Liter bei 45 °C bzw. m³





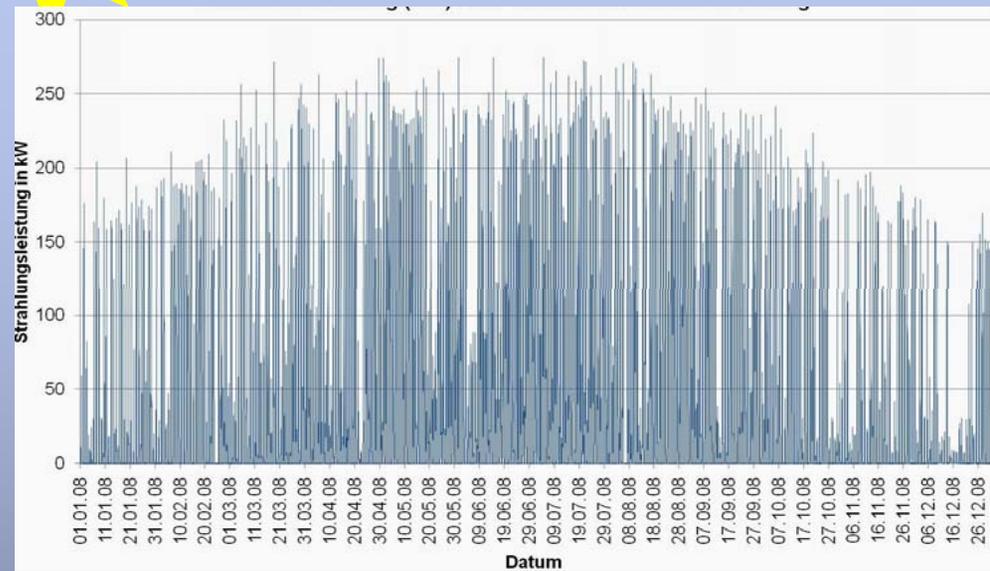




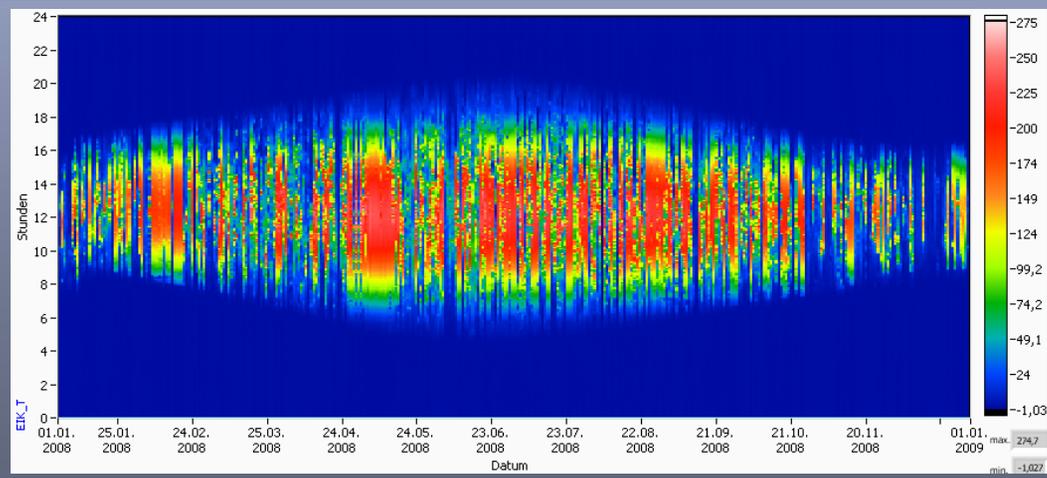
Solarthermie - 2000 (032 9652 K)	Solaranlage Stadtklinik Baden-Baden Prinzipschaltbild mit Messfühlern	FH Offenburg Juni 2000
-------------------------------------	--	---------------------------

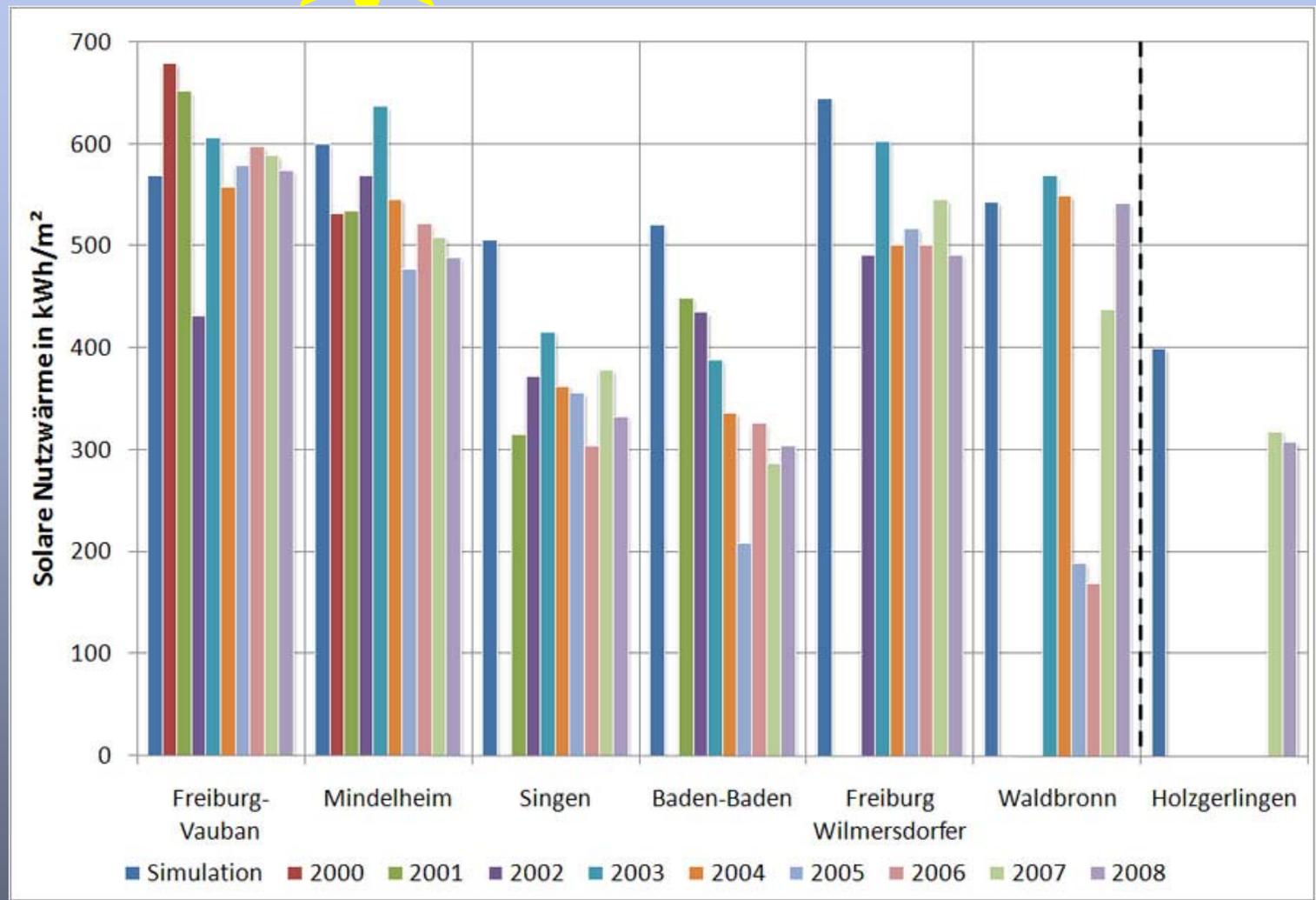
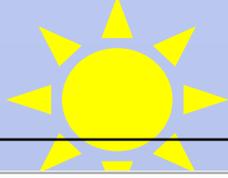


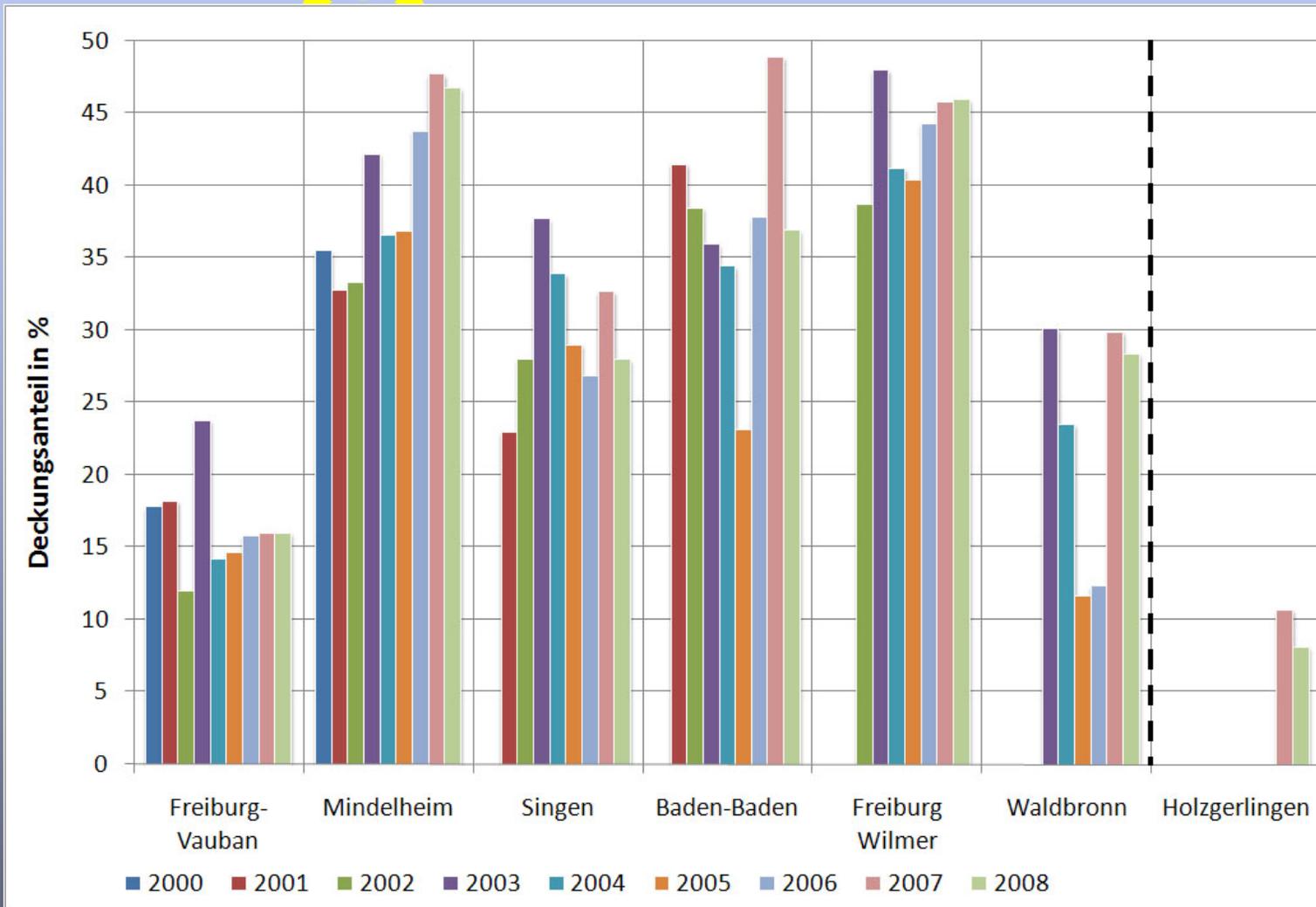
Kurvendiagramm

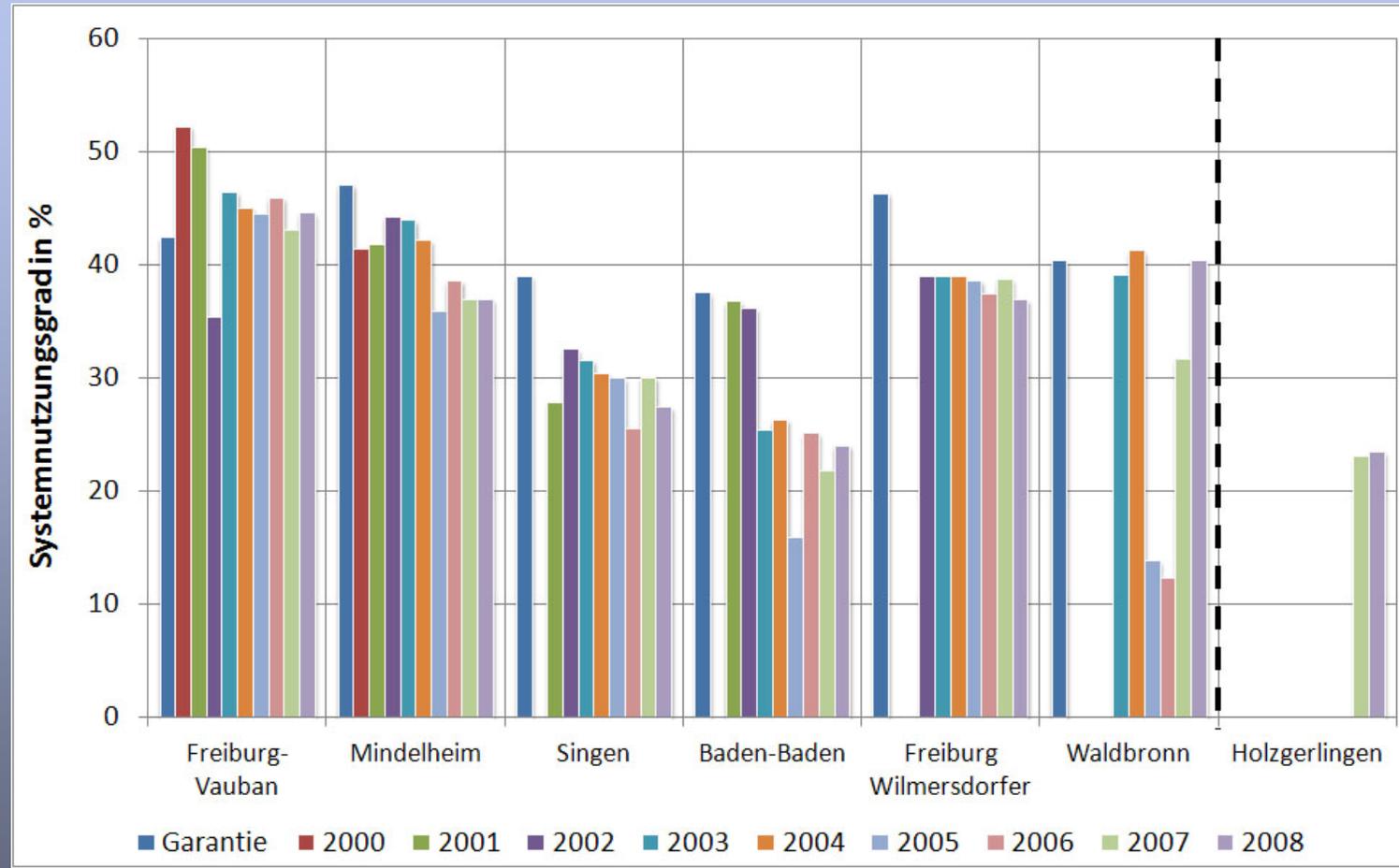
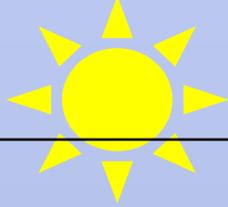


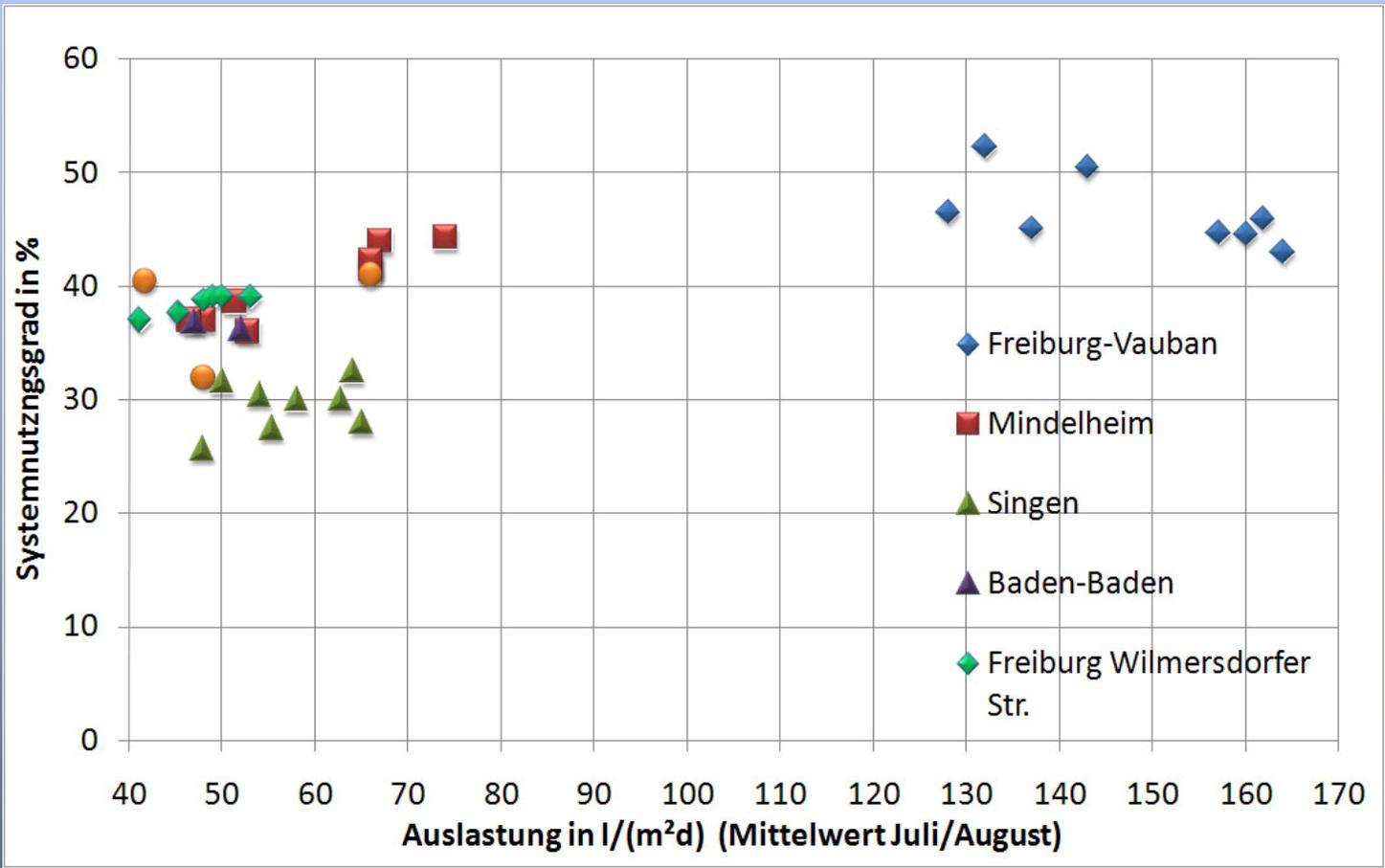
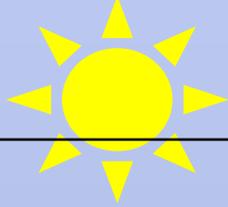
und Carpet-Plot.

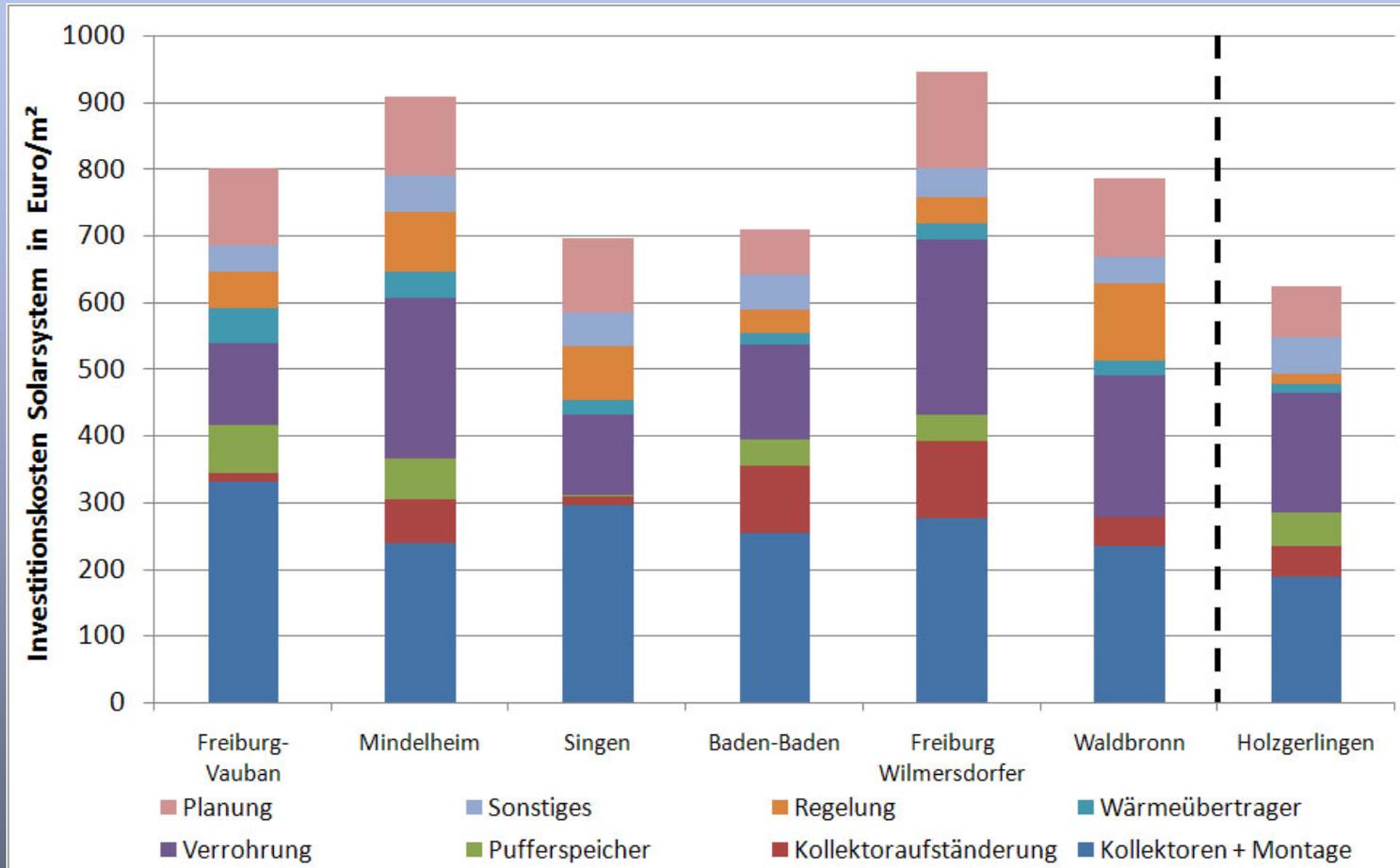
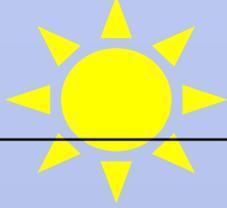


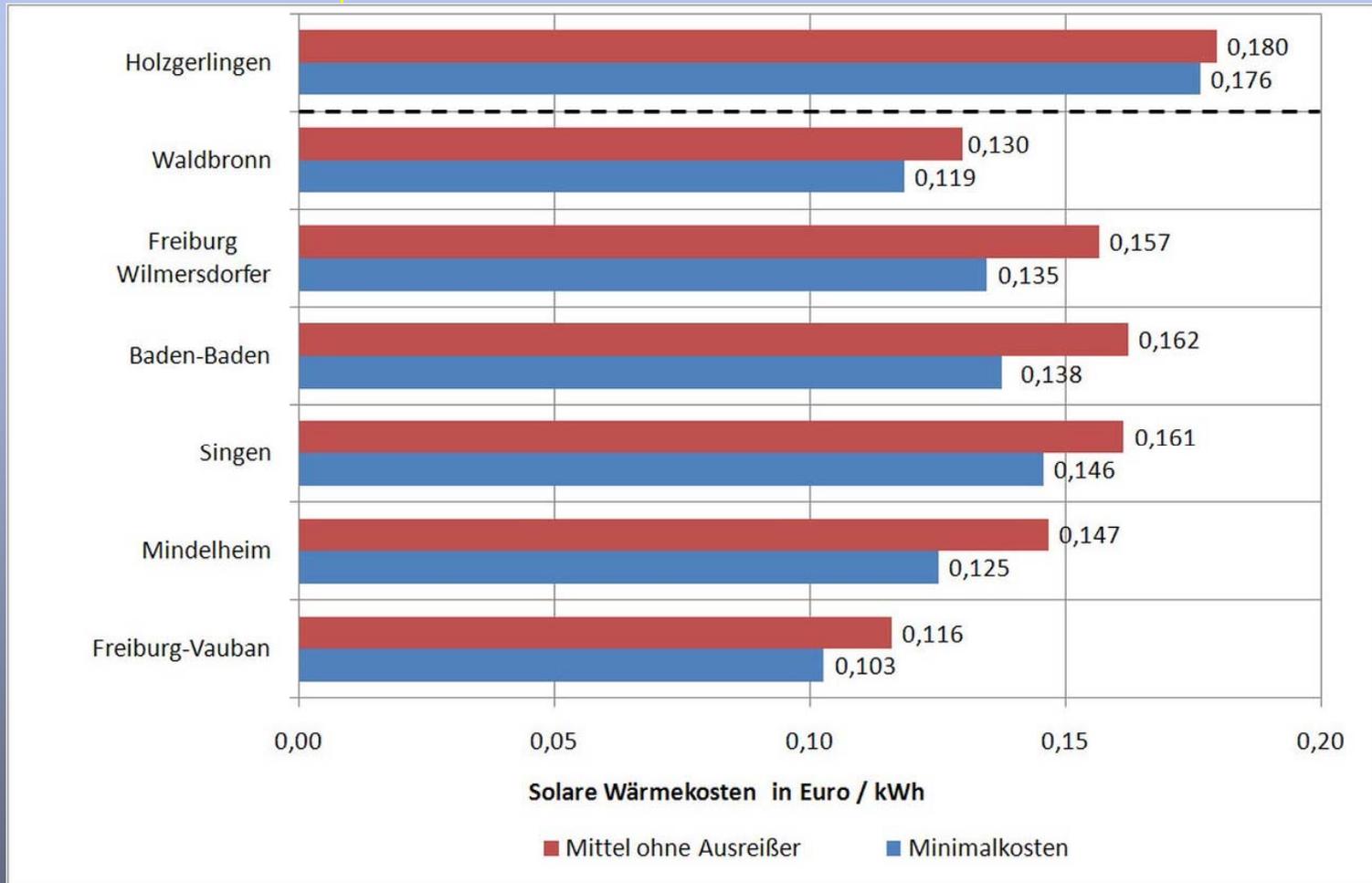
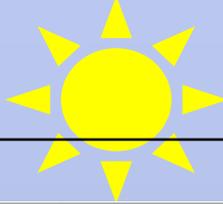


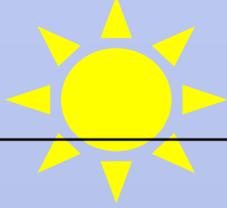












Vorteile eines dynamischen Anlagenmonitorings:

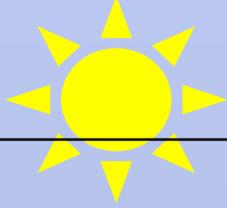
- Übersicht über Energieverbräuche
- Bewertung des Betriebs: Benchmarking
- Überprüfung der Herstellerangaben
- Ermittlung von Ausreißern und dessen Analyse
- Validierung von Planungswerten
- Sicherstellung der Ziele nachhaltiger Energieversorgung
- **Qualitätsmanagement**





Bild 1: Ansicht des Kollektorfeldes auf dem Kinderhaus

- **Neubaugewiets Hülben in Holzgerlingen**
- **44 Einfamilienhäuser, 36 Wohneinheiten in MFH, Kindergarten**
- **Gesamtwohnfläche bzw. Nutzfläche : 9.600 m²**



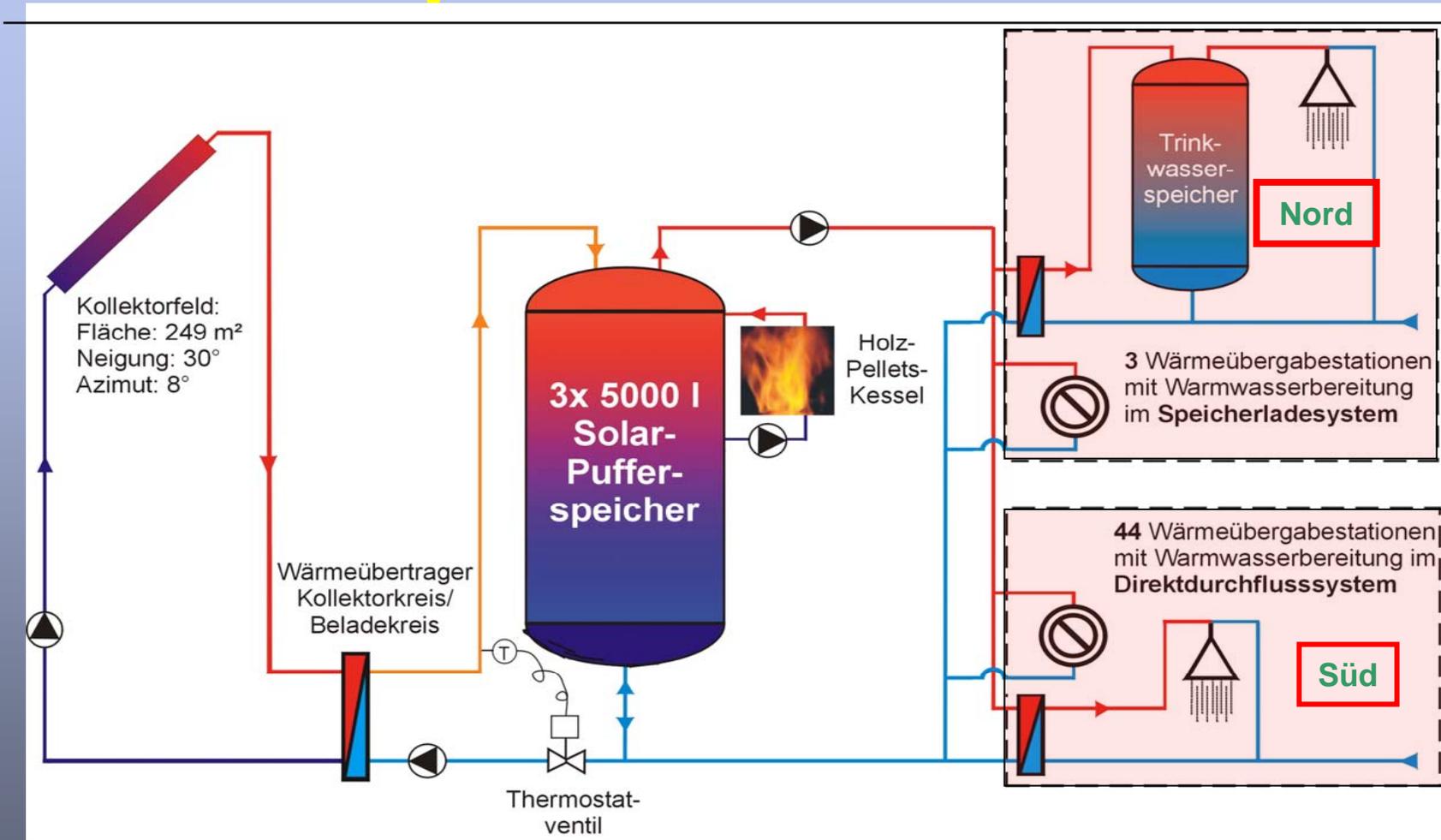
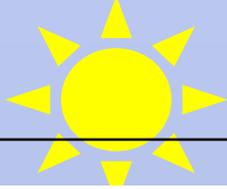
Holzpelletkessel (540 KW)

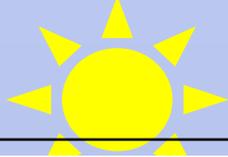
kombiniert mit einer **249 m²**

großen Solar-

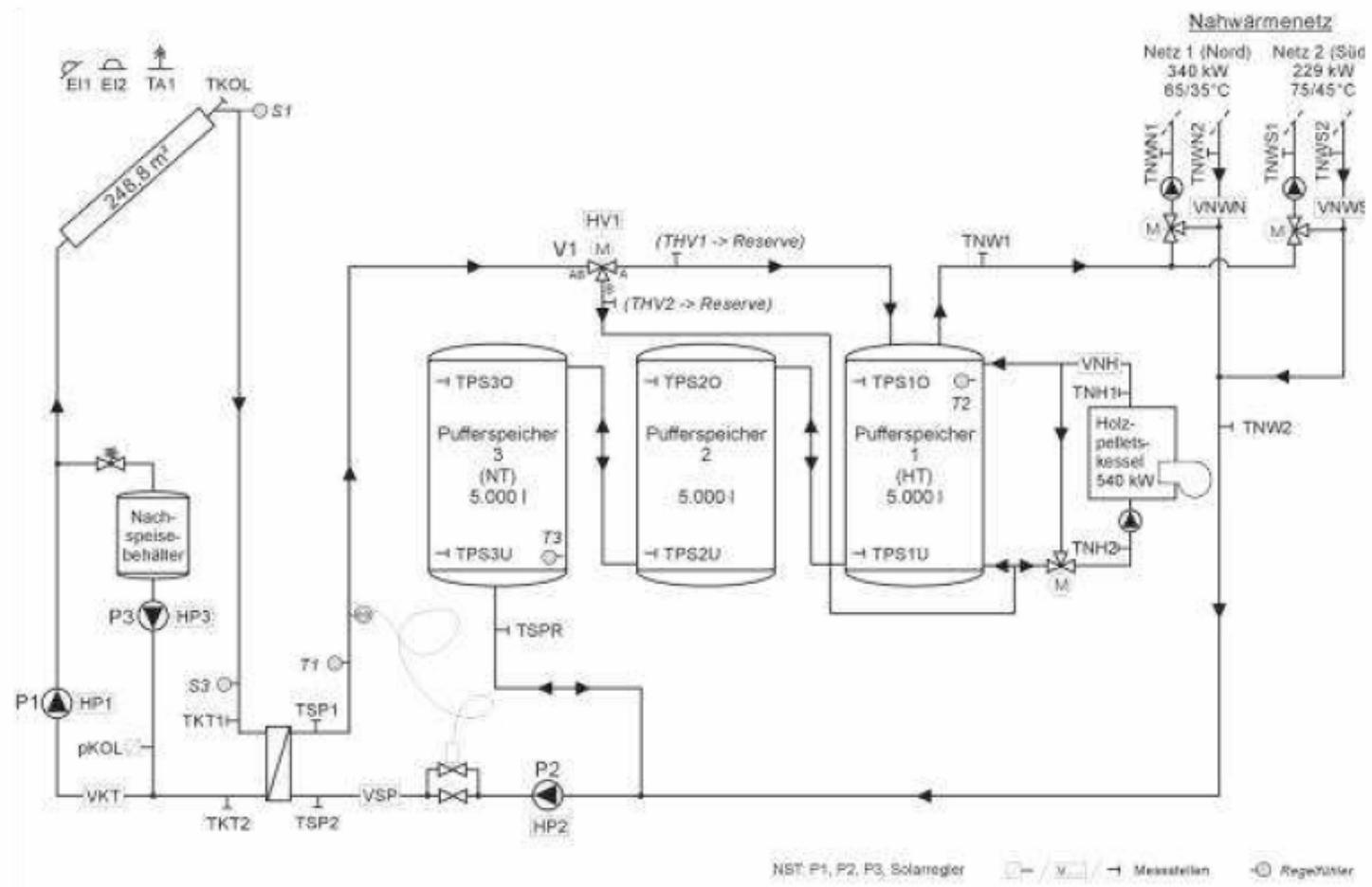
Flachkollektoranlage

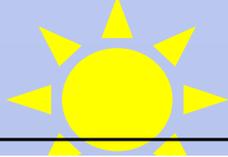




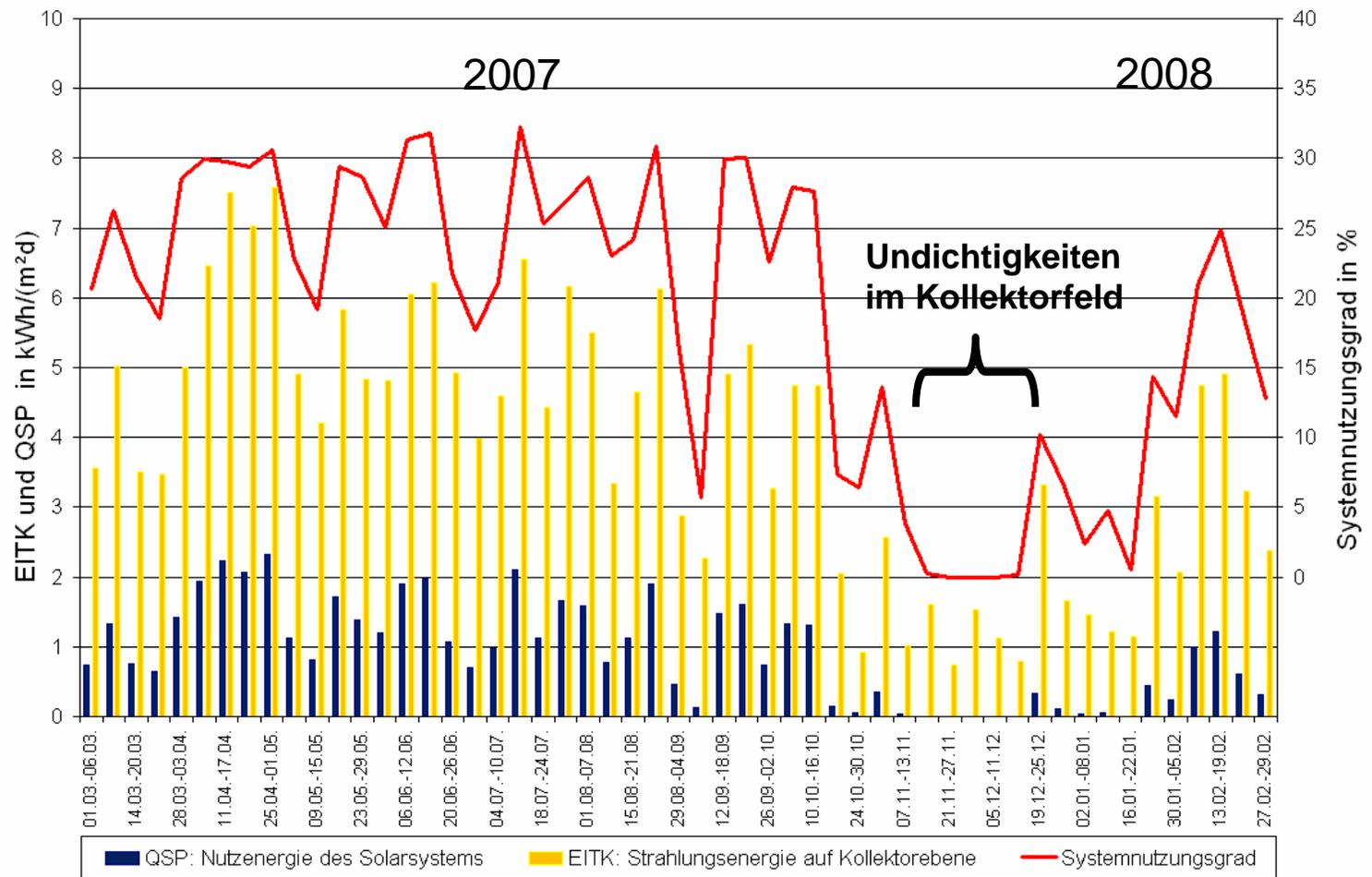


2 Anlagenbeschreibung



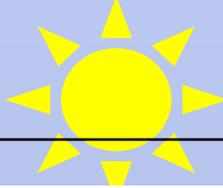


Nutzenergie, Strahlungsenergie, Systemnutzungsgrad

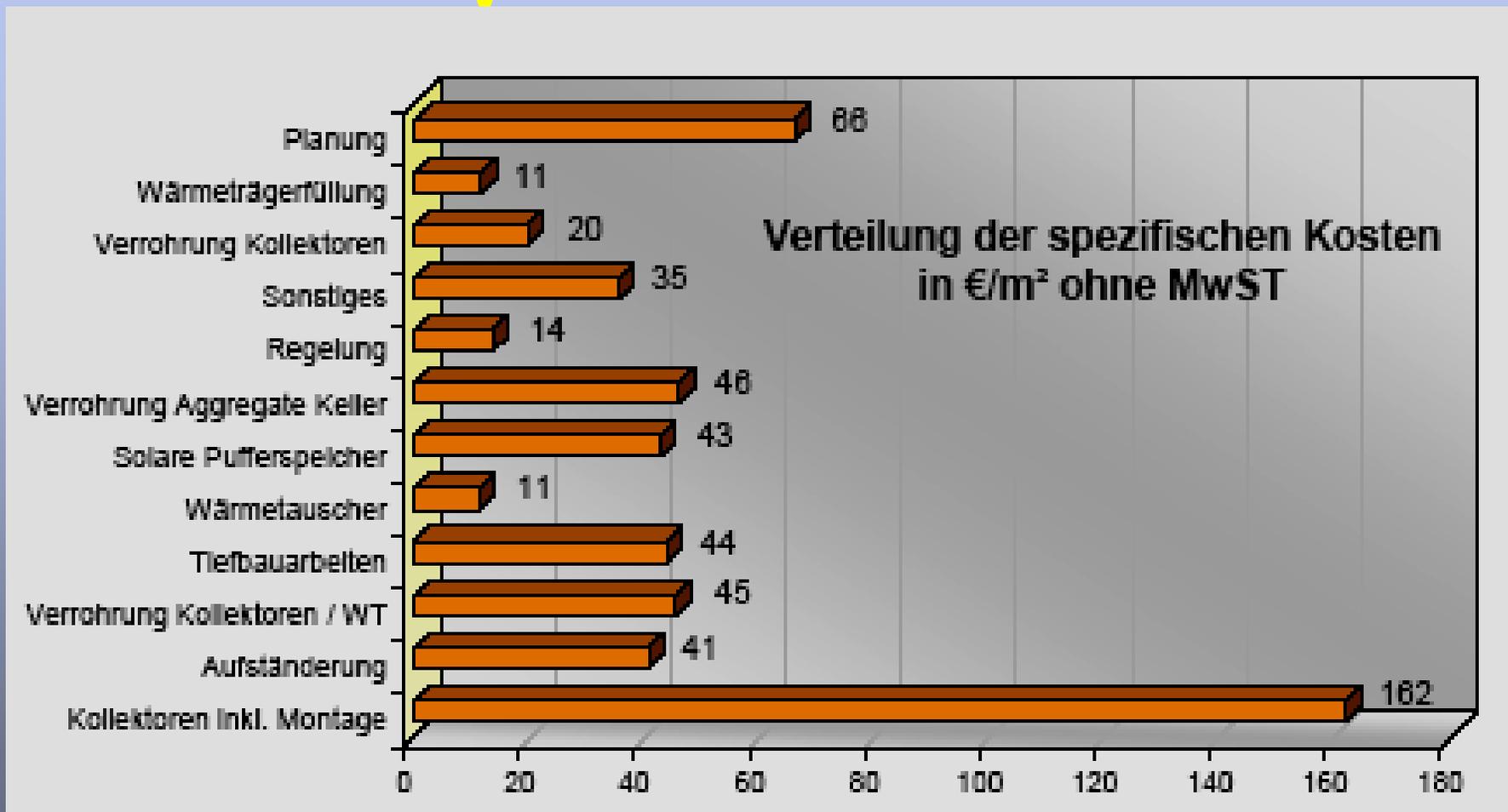
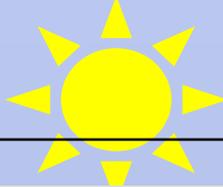




	Bezeichnung	Abkürzung	Messperiode 01.03.07 – 29.02.08	
			Absolut	Spezifisch
1	Gesamtstrahlung auf Kollektorfeld	EI1	352.997 kWh	1419 kWh/(m²a)
2	Nutzenergie des Solarsystems	QSP	84.033 kWh	338 kWh/(m²a)
3	Energie von Nachheizung (Pelletkessel)	QNH	797.652 kWh	
4	Energieabgabe an Nahwärmenetz	QNW	920.606 kWh	2515 kWh/d
5	Elektrische Energie des Solarsystems	NST	852 kWh	9,38 Wh/(m²d)
6	Kollektorkreisnutzungsgrad brutto	gKB		24,1%
7	Solarsystemnutzungsgrad brutto	gSB		23,8%
8	netto	gSN		23,6%
9	Solarer Deckungsanteil			
10	Gesamtenergie brutto	dGE_B		9,5%
	netto	dGE_N		9,4%



	Vergabe	Abgerechnet
Investitionskosten Solarsystem (ohne MwSt)	121.323,57 €	117.368,52
Planungskosten (ohne MwSt)	16.500,- €	20.771,- €
Kosten Solarsystem + Planung (inkl. 16% MwSt)	159.875,34 €	<u>160.241,84 €</u>
Spezifische Systemkosten (inkl. Planung und MwSt)	643 €/m ²	<u>644 €/m²</u>
	Garantie	1. Messjahr
Energieertrag aus Solarsystem	98.088 kWh/a 394 kWh/(m ² a)	<u>86.497 kWh/a 338 kWh/(m²a)</u>
Solare Nutzwärmekosten *	0,142 €/kWh	<u>0,162 €/kWh</u>
* Solare Nutzwärmekosten = (Systemkosten x rel. Annuität) / Solarertrag rel. Annuität = 8,72 %, basierend auf 20 Jahren Anlagenlebensdauer und 6% Kapitalzins.		





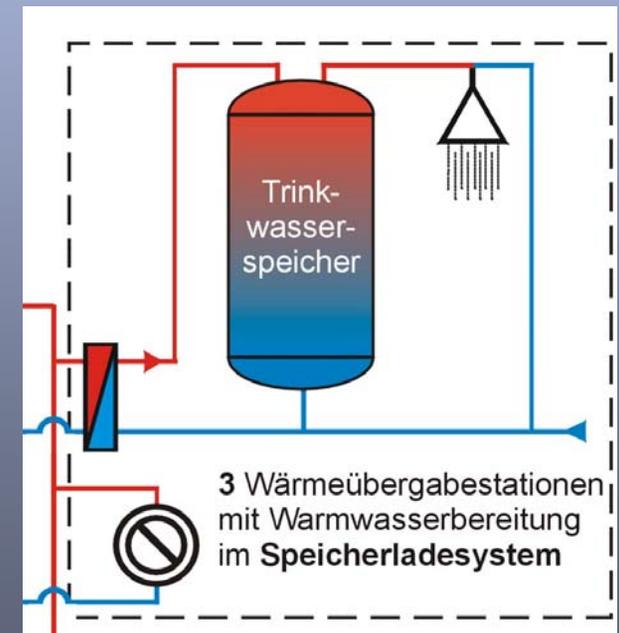
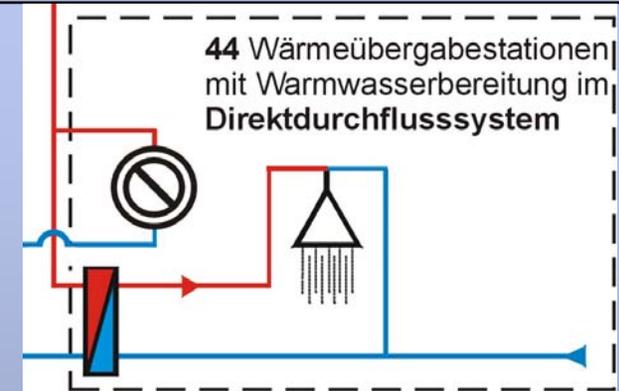
Das Nahwärmenetz besteht aus zwei Teilnetzen (Nord und Süd).

- Das **südliche Teilnetz** ist für eine Leistung von 229 kW bei 70 °C Vorlauf und 40 °C Rücklauftemperatur ausgelegt.
- Gebäude werden direkt mit Wärme für Gebäudeheizung und Trinkwassererwärmung versorgt (**kein Trinkwarmwasserspeicher**)
- Das **nördliche Teilnetz** ist für eine Leistung von 340kW bei 65 °C Vorlauf und 35 °C Rücklauf ausgelegt.
- Gebäude mit **eigenem Trinkwarmwasserspeicher**

Problem: → **Hohe Rücklauftemperaturen**

Ursache:

- Zu hohe **Volumenströme** an Wärmeübergabestation
- Zu hohe **Speichersolltemperaturen**



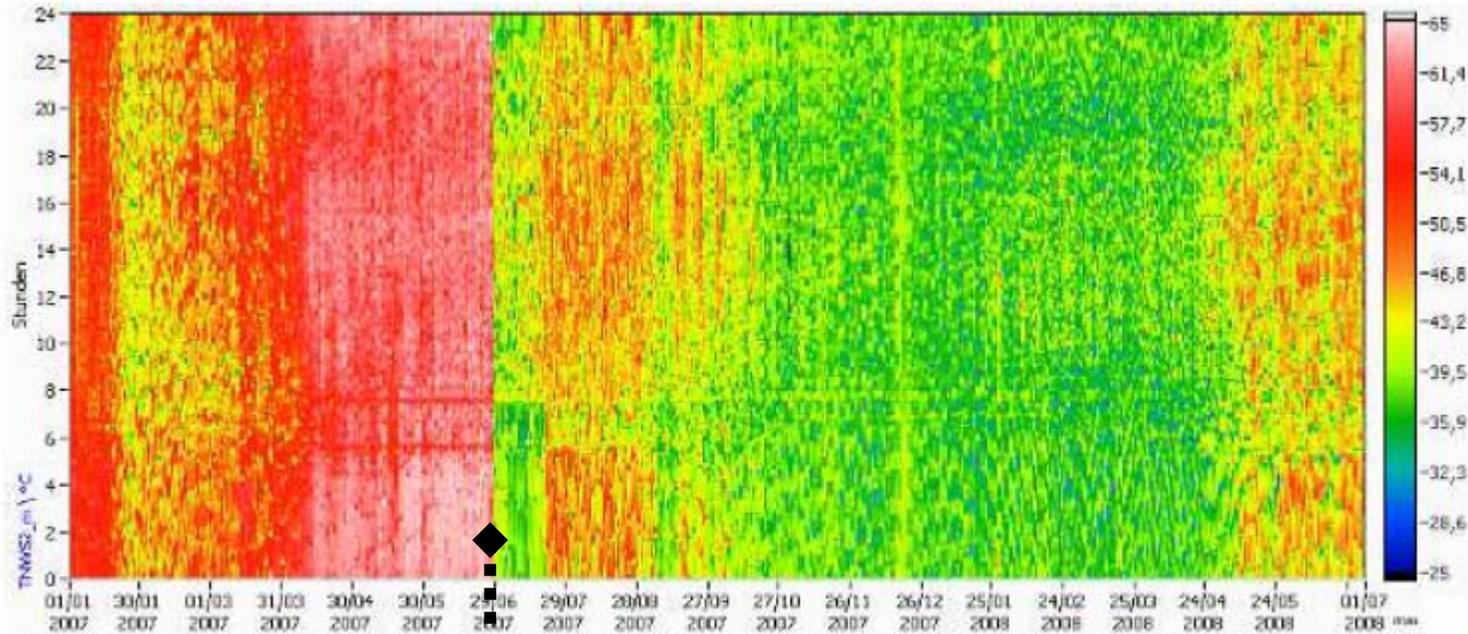
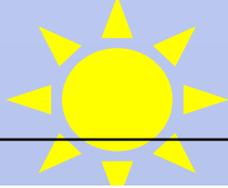
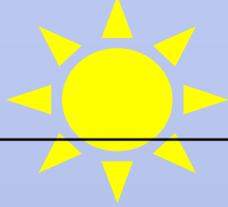


Bild 4: Carpet-Plot der Rücklauftemperatur im Nahwärmenetz Süd.

■ Rücklauftemperatur fällt nach Optimierung von 65 °C auf 42 °C ab



- Beginn der Messungen:
1.1.2008
- Start des Garantiejahres:
1.8.2008
- Erste Ergebnisse:
Heiz- und Kühlbetrieb 08/09



FESTO

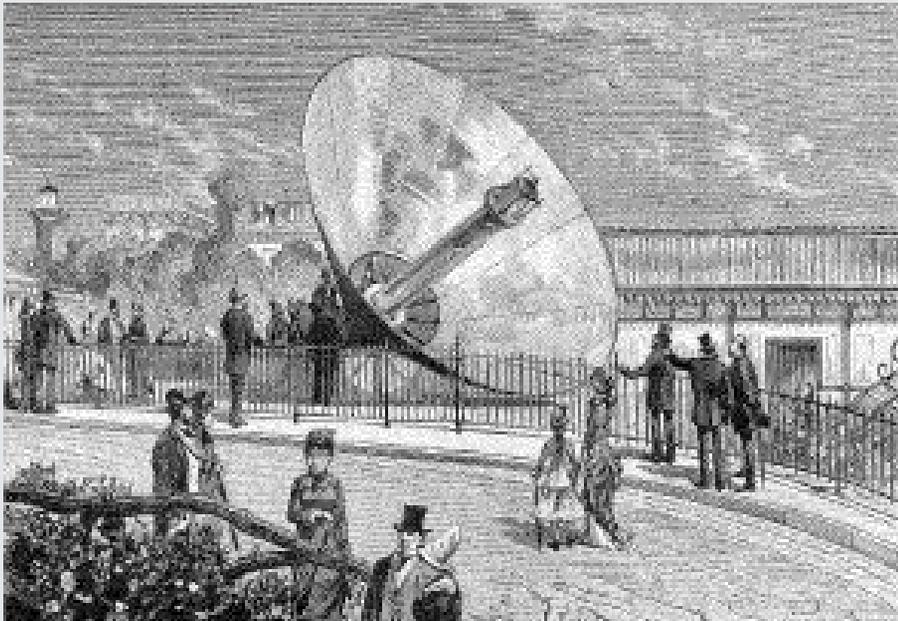






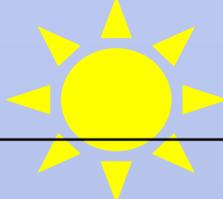


Kurzbeschreibung Sorptionskühlung

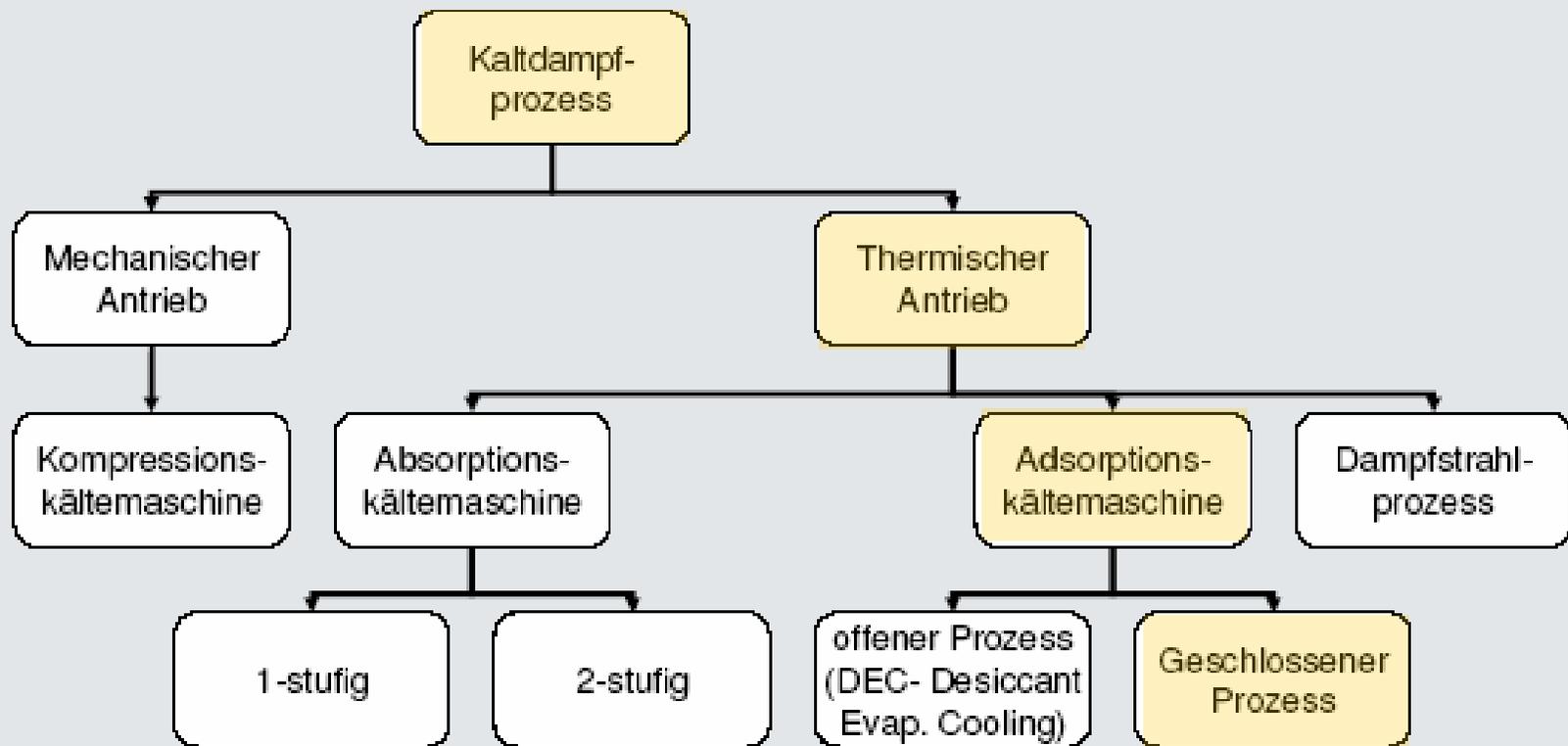


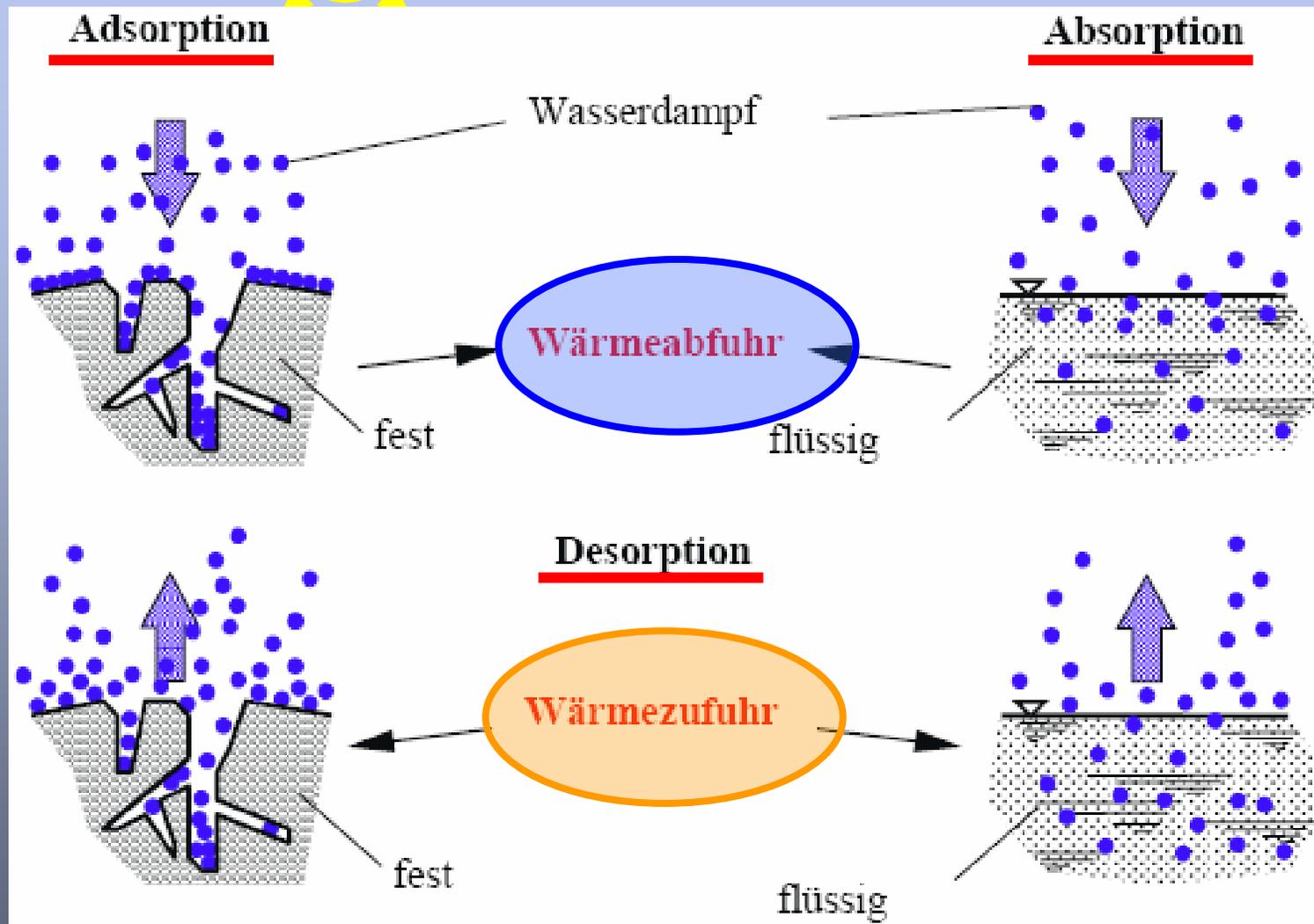
Weltausstellung 1878 in Paris

Mouchot produzierte am 29. Sept. den ersten
Eisblock aus Sonnenenergie
(Leihgabe: Olynthus-Verlag)

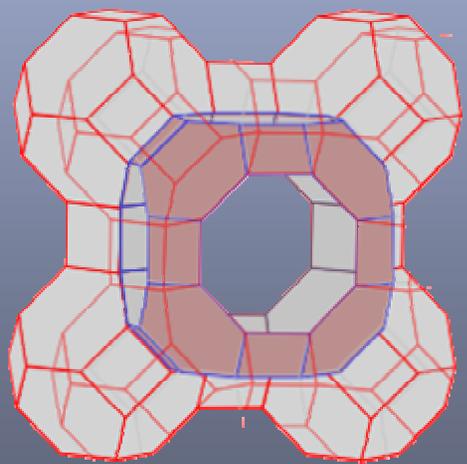
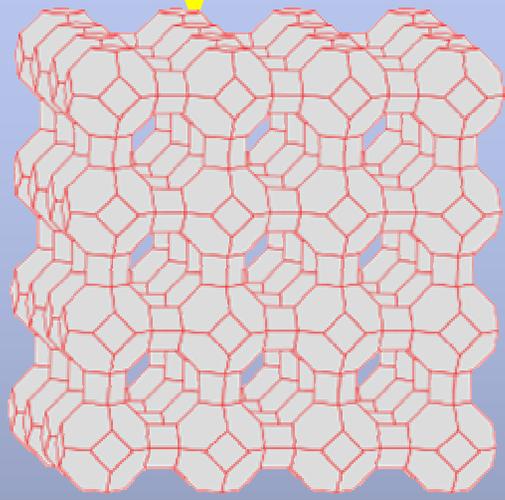
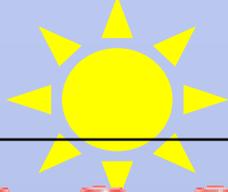


Einteilung der Kältemaschinen

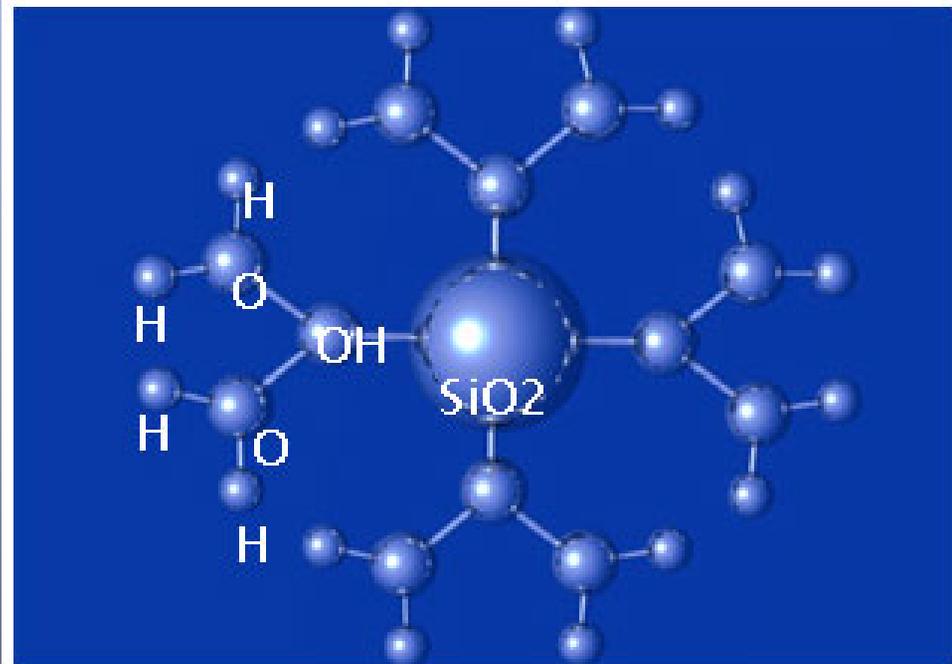




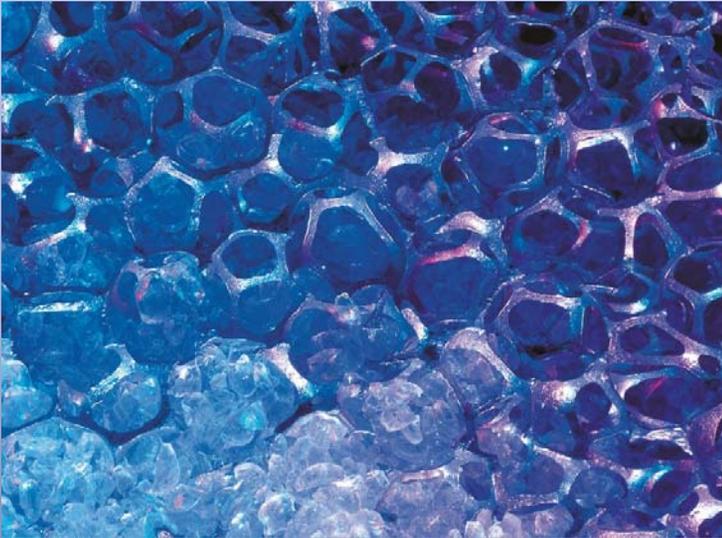
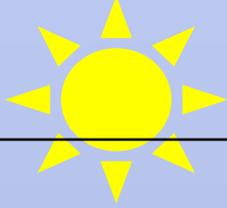
Dr.-Ing. Jürgen Röben



Hygroskopische Feststoffe



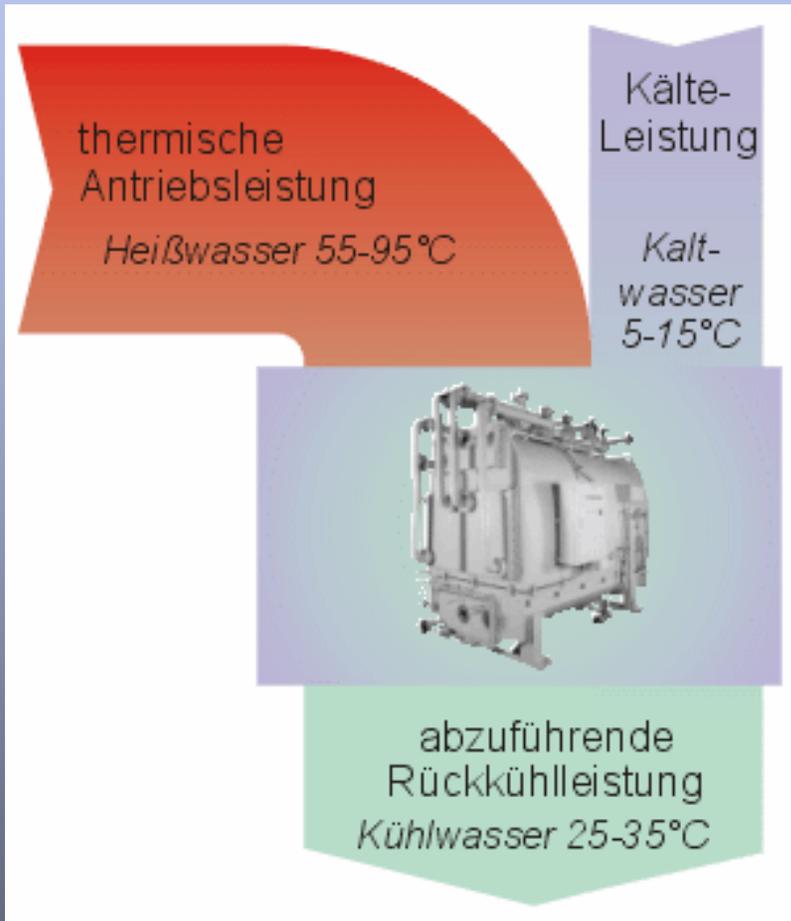
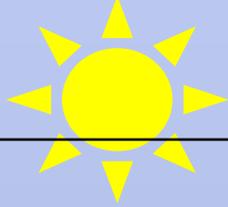
Silica(SiO_2) has the hands(OH) to catch water(H_2O)

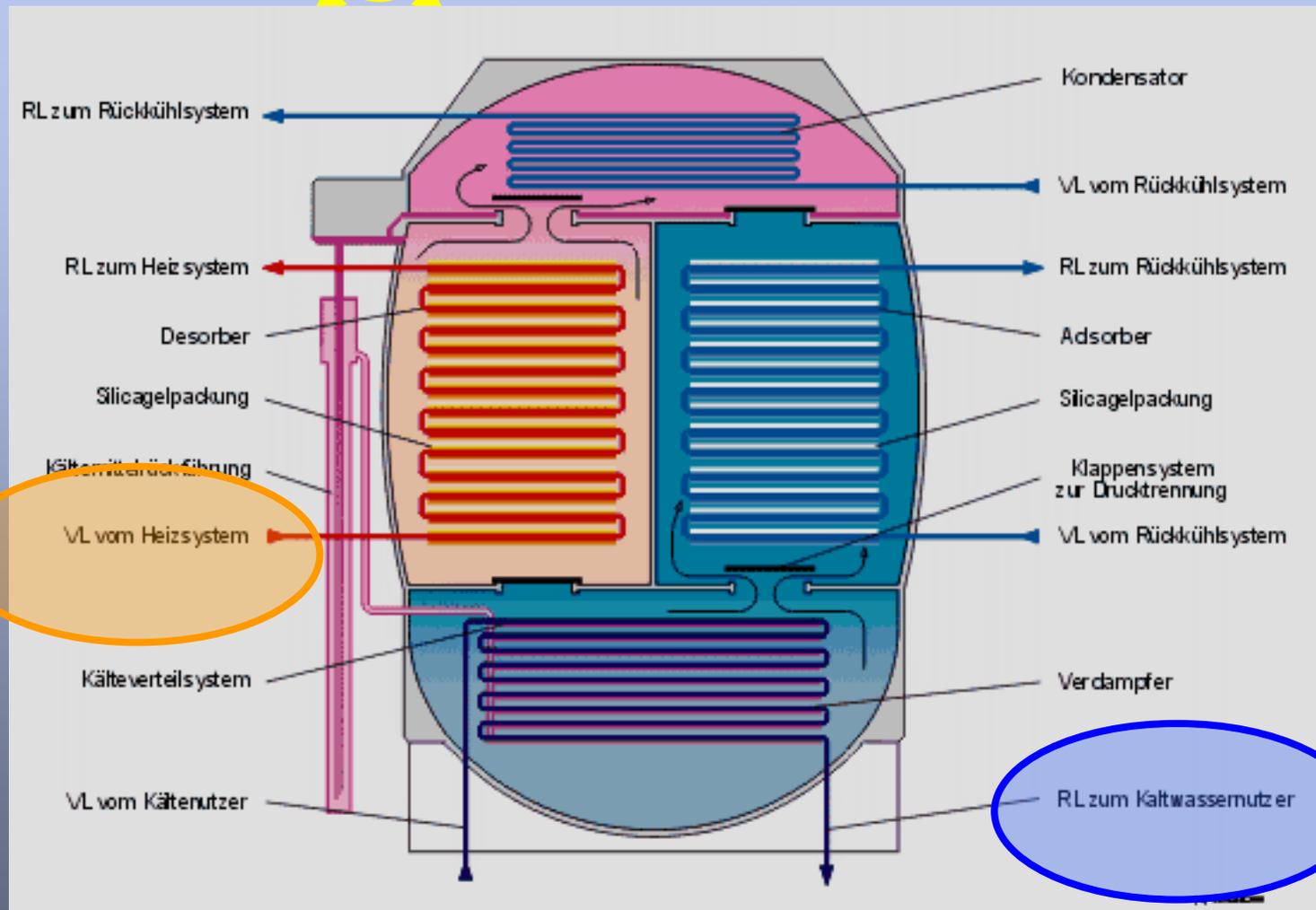
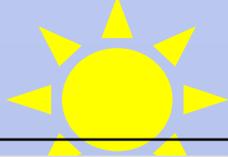


Offene Metallschwammstruktur mit
Kieselgelfüllung für Sorptive Speicher
Quelle: Fraunhofer ISE

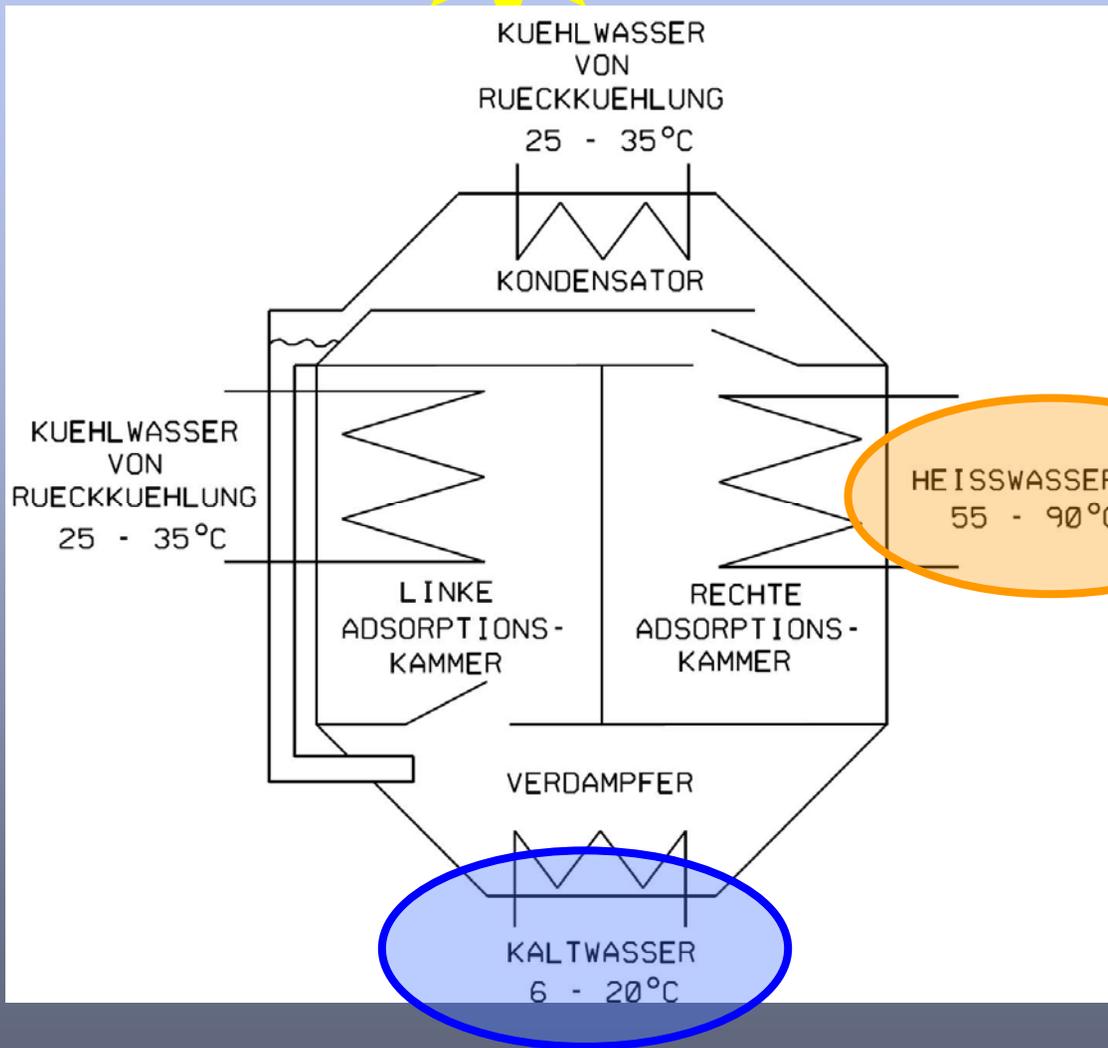


Silicagel besteht hauptsächlich aus
Quarz (SiO_2) und hat eine innere
Oberfläche von 300 – 800 m^2/g
(Quelle BINE)

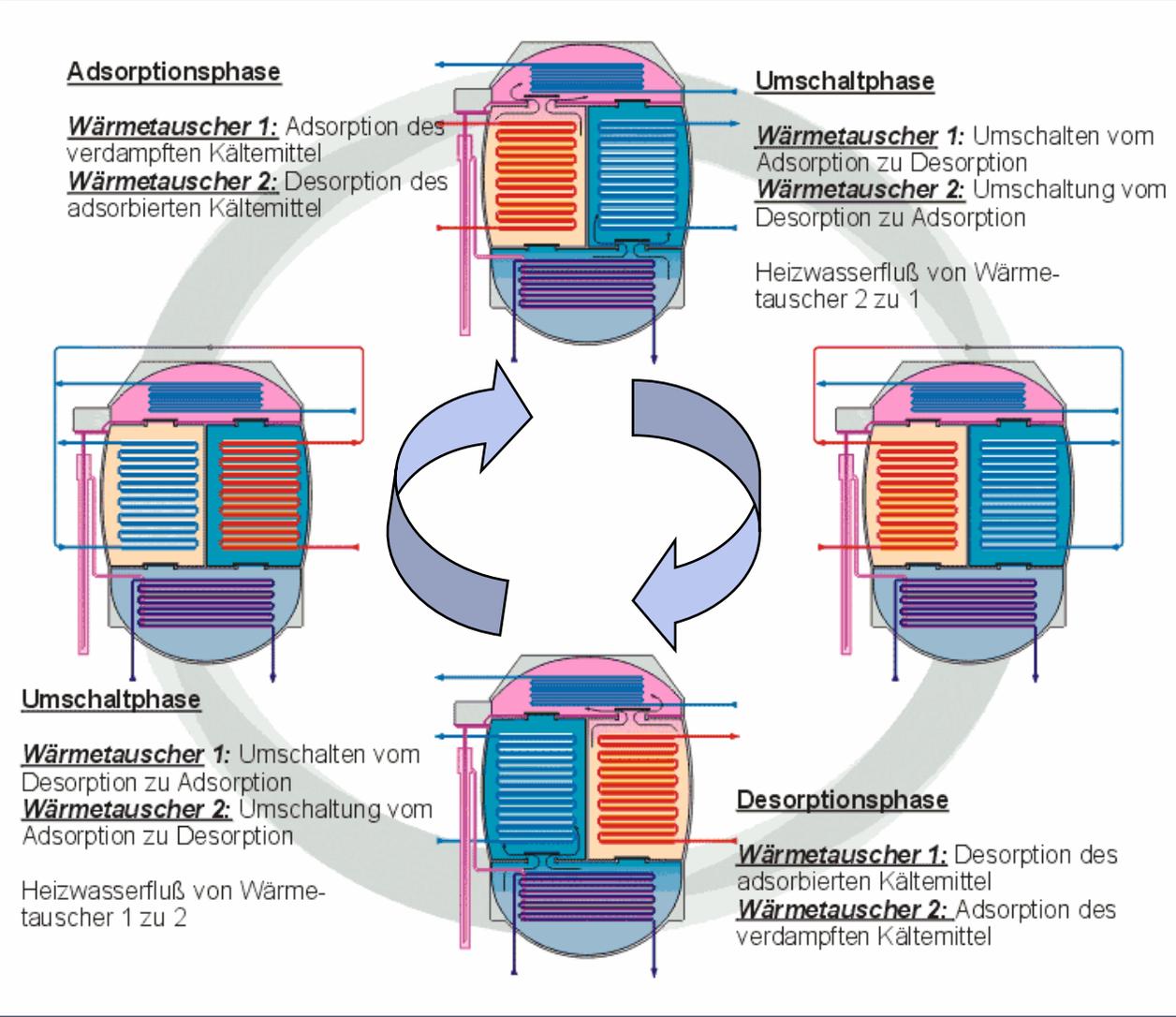


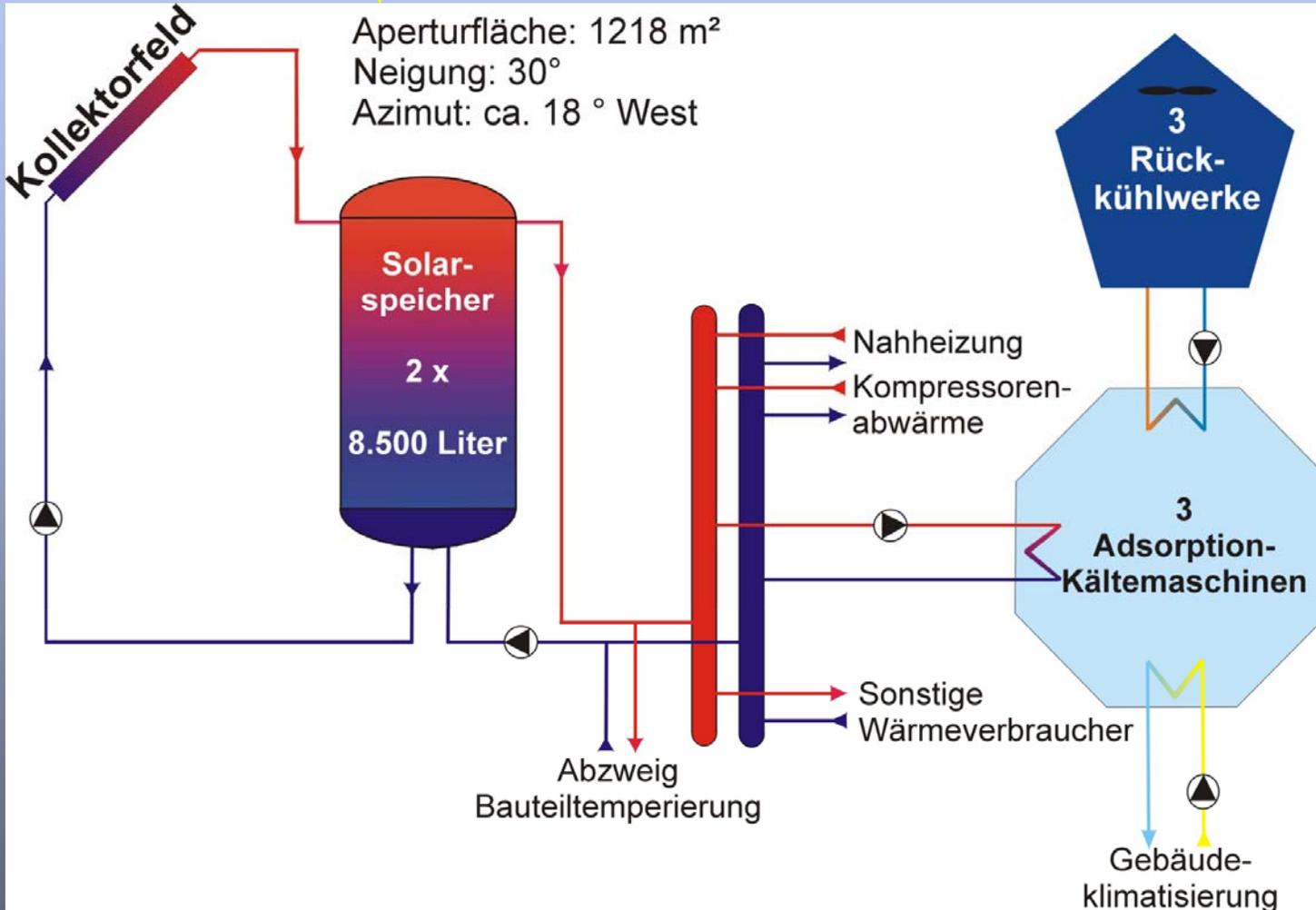
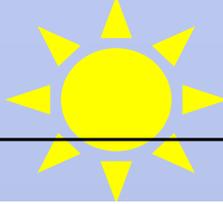


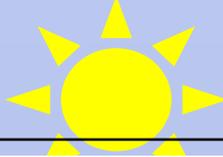
www.gbunet.de



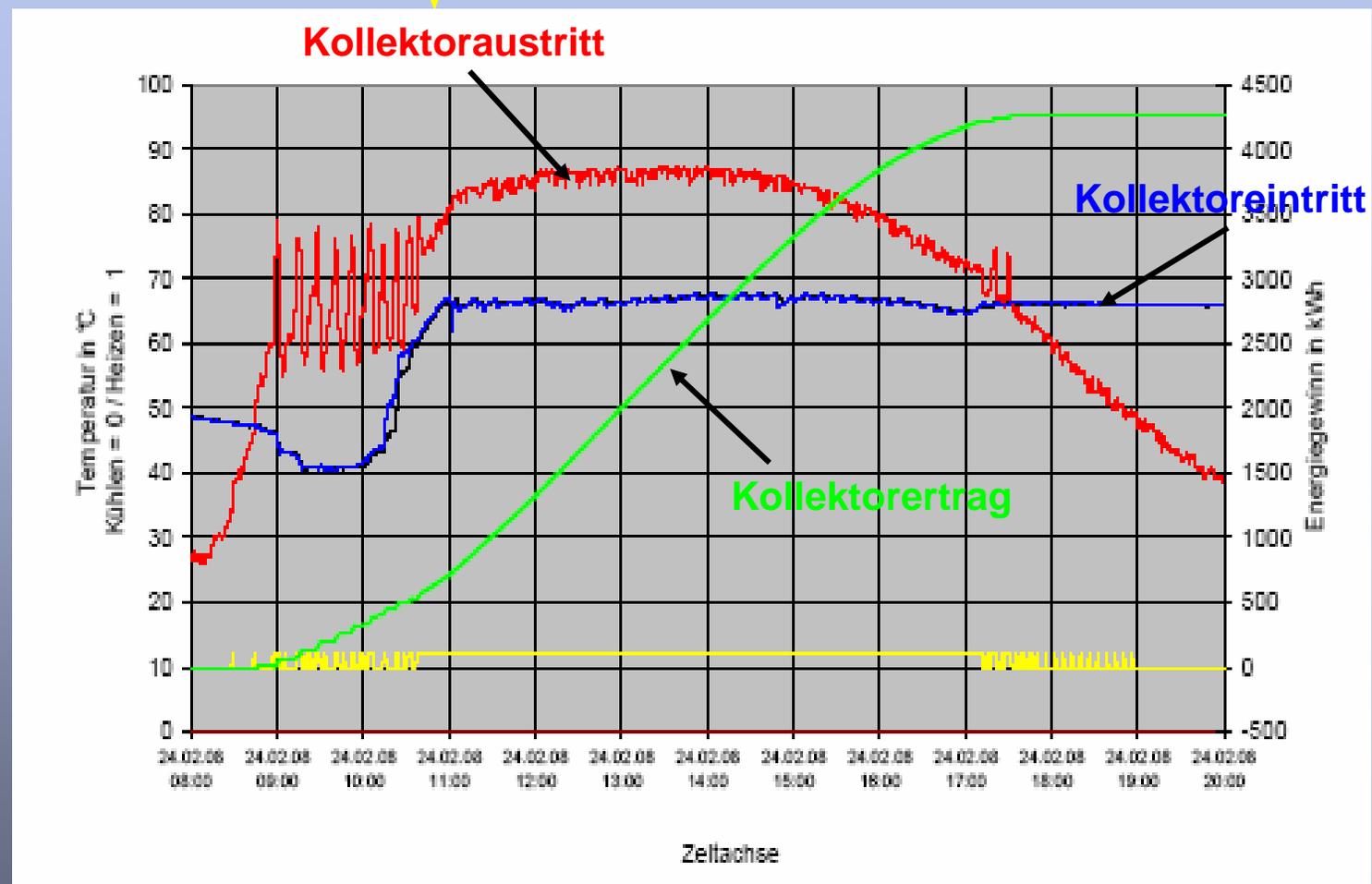
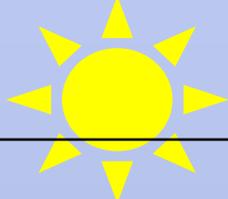
Beachte:
Prozess läuft im
Vakuum ab!



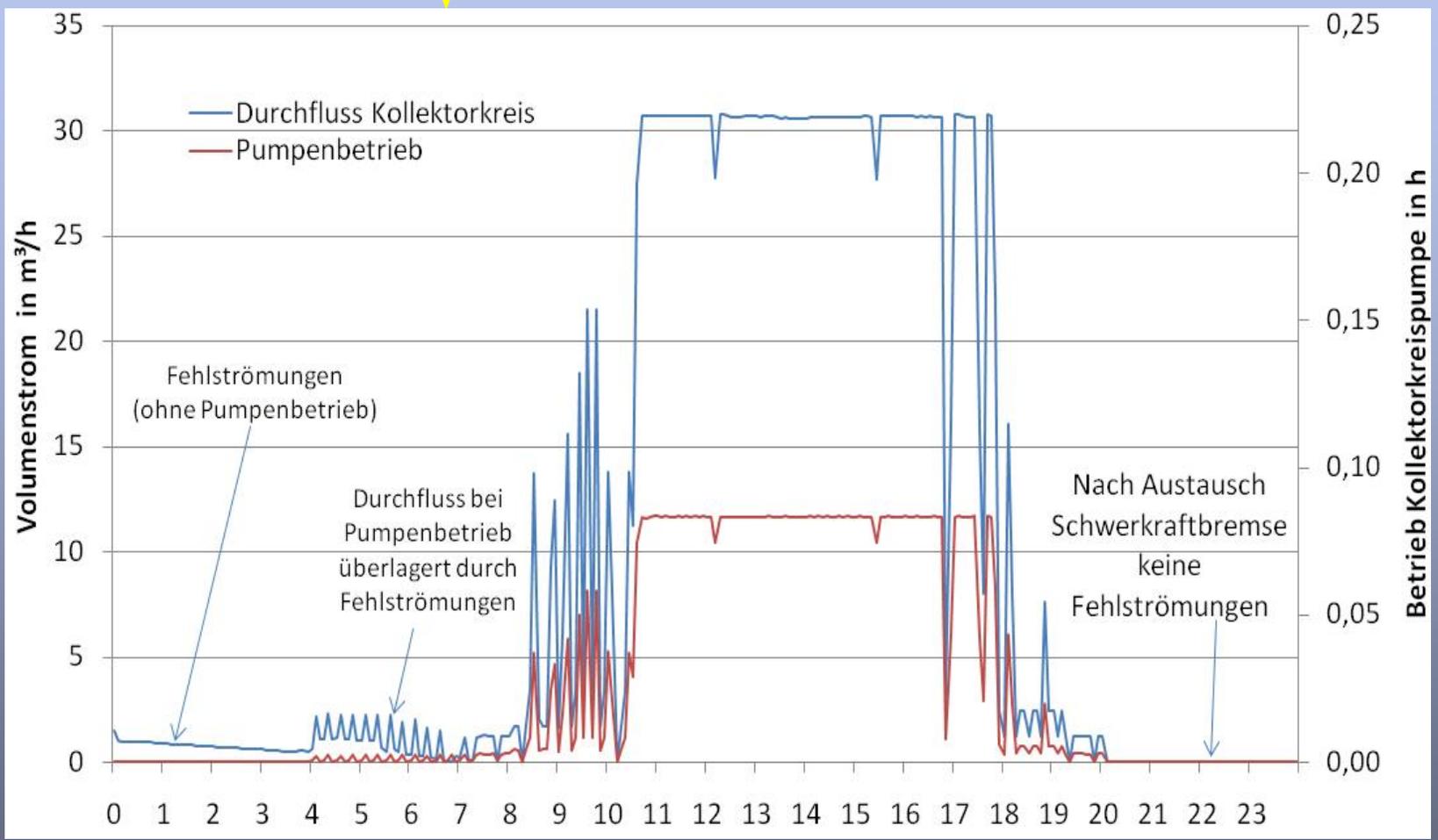
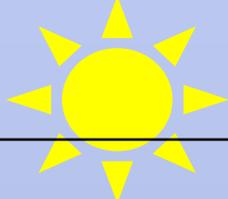


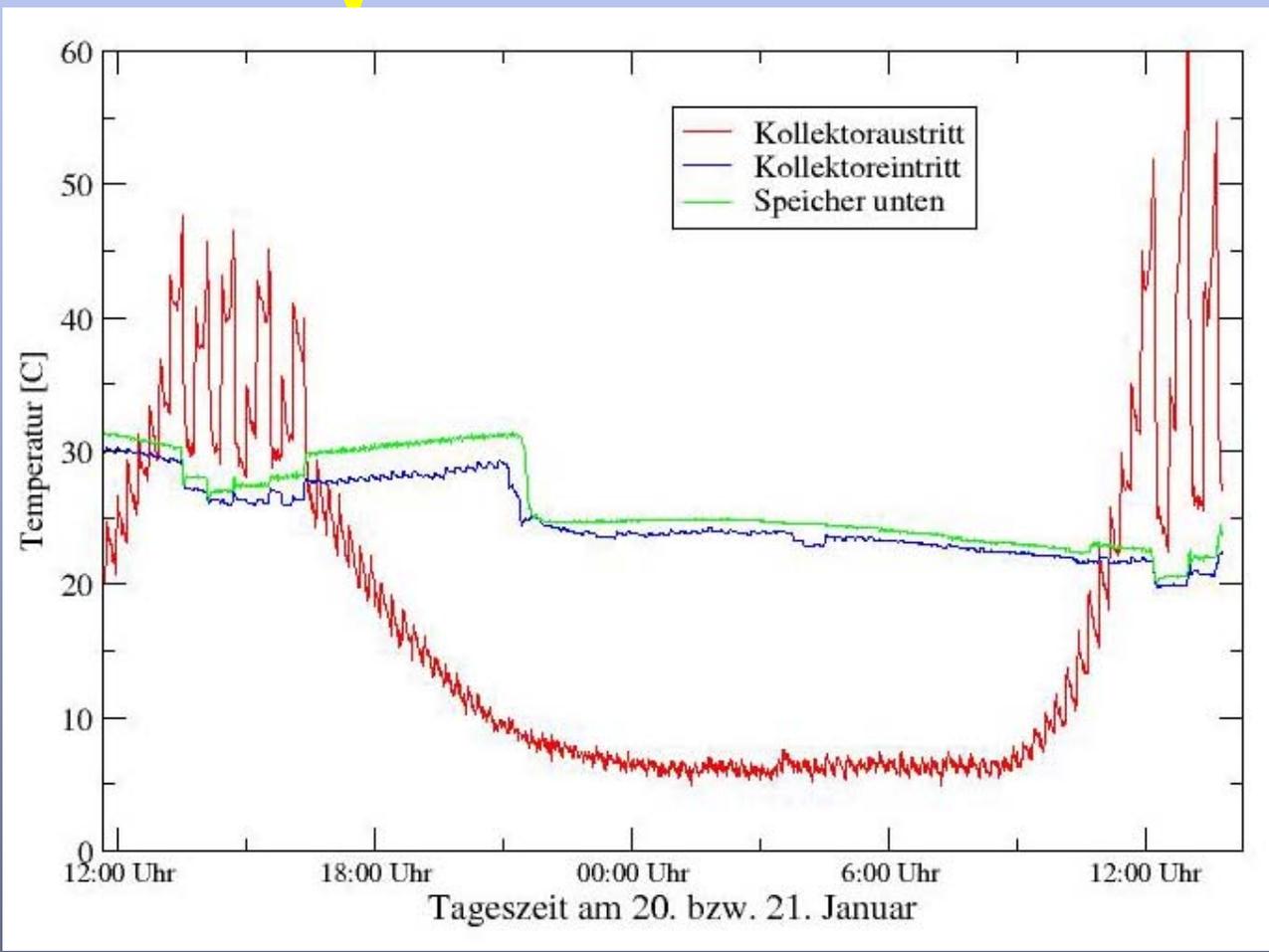
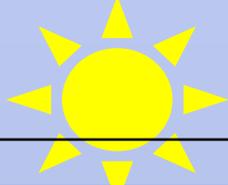


Bruttokollektorfläche	1330 m ²
Aperturfläche	1218 m ²
Ausrichtung / Neigung	Süd +18°/ 30°
Solarspeichervolumen	2 x 8.500 l
Garantierter Solarertrag	500 MWh
Kompressorenabwärme	ca. 800 kW
Gebäudekühlung	3 Adsorptionskältemaschinen; Erdpfähle; Nachtauskühlung
Kältemaschinen	3 x 353 kW Nennkälteleistung
COP	0,6
Antriebstemperatur	70°C
Beheizte/gekühlte Gebäudefläche	27.000 m ²

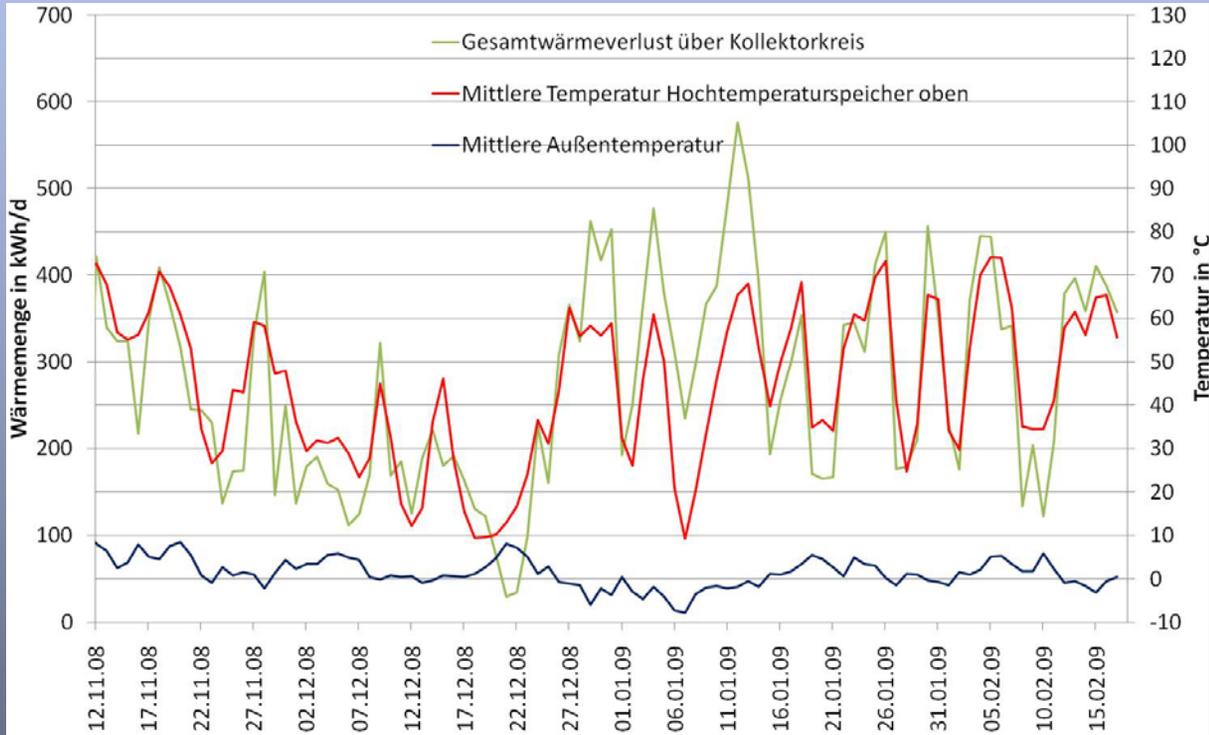
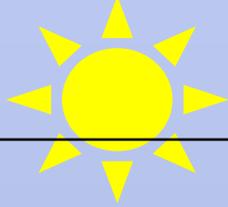


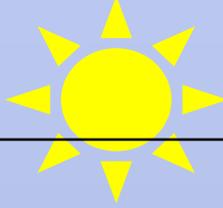
Quelle: Paradigma Deutschland GmbH





Quelle: Paradigma Deutschland GmbH



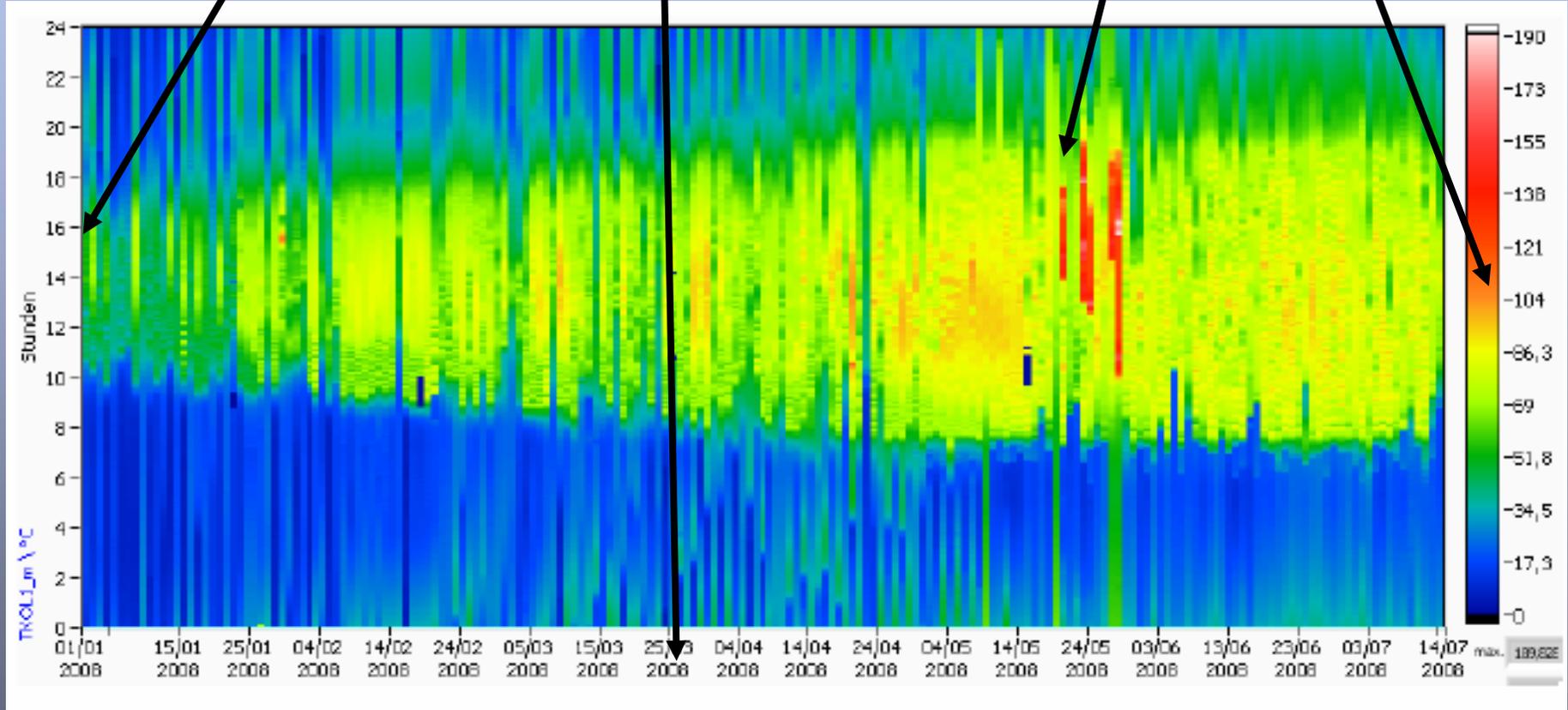


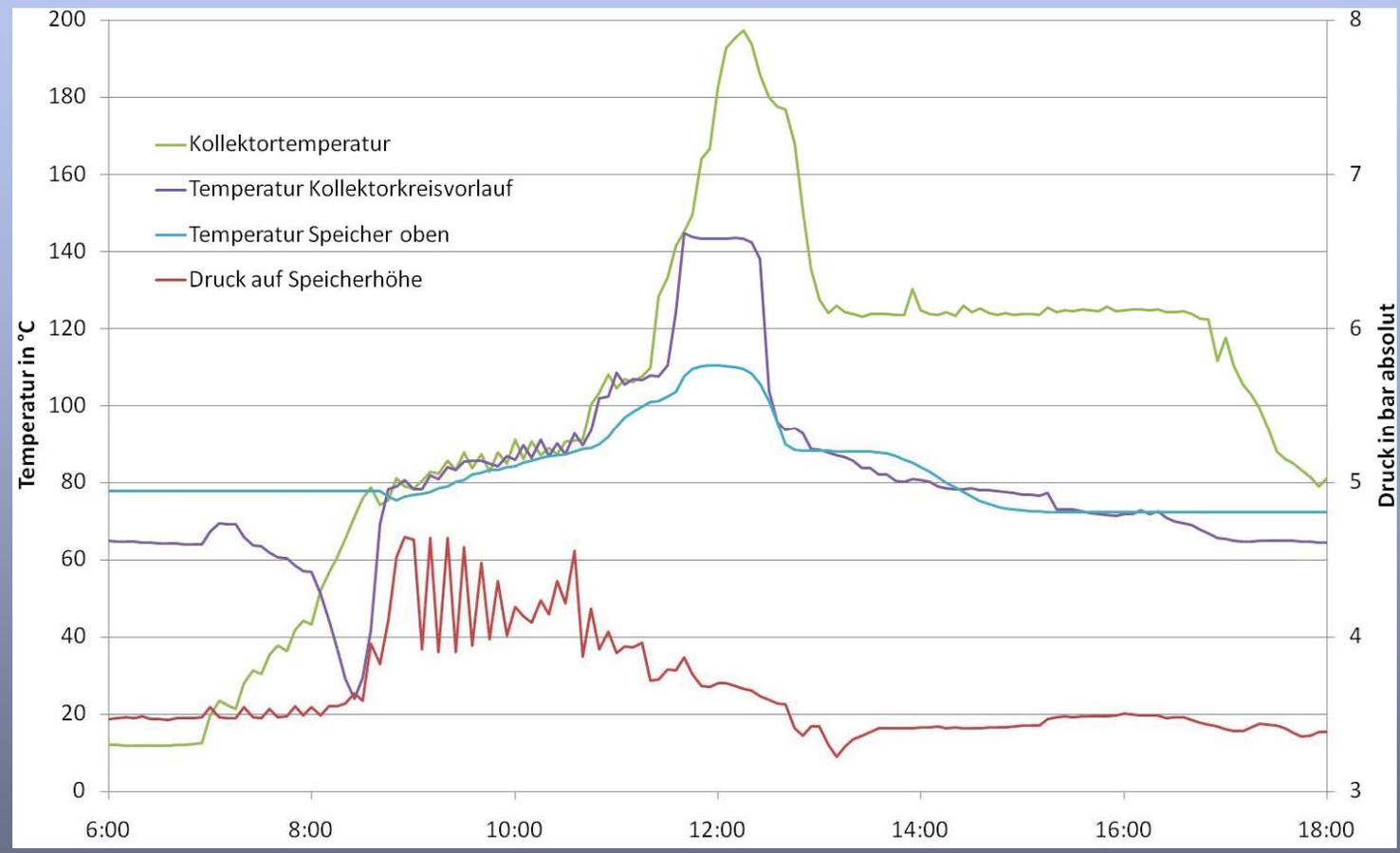
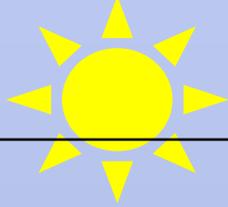
Tageszeit

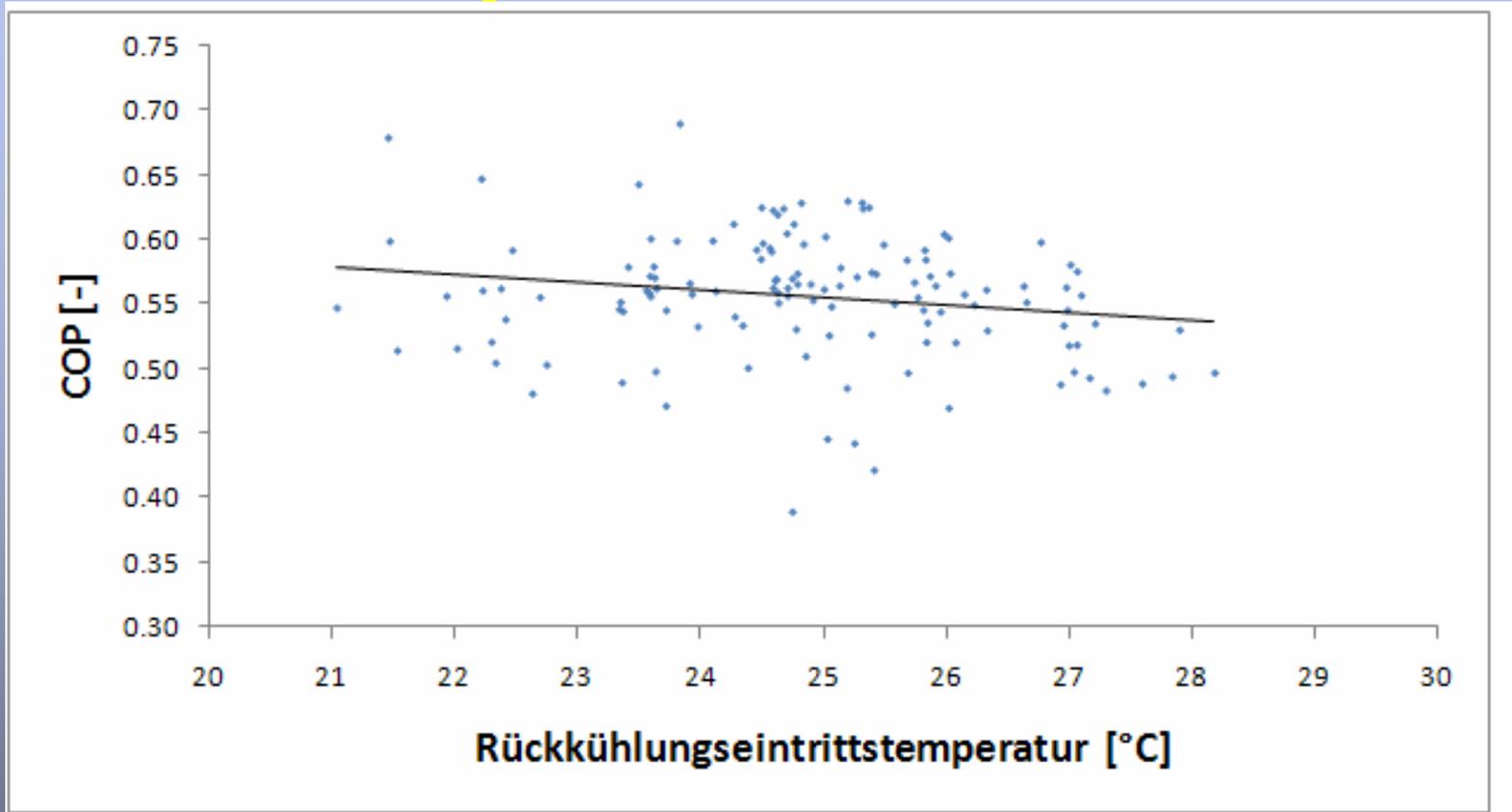
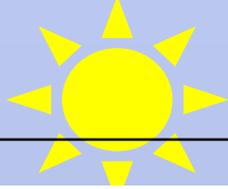
Datum

Überhitzung

Temperatur in °C







Quelle: zafh.net Hochschule für Technik Stuttgart

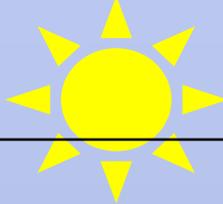
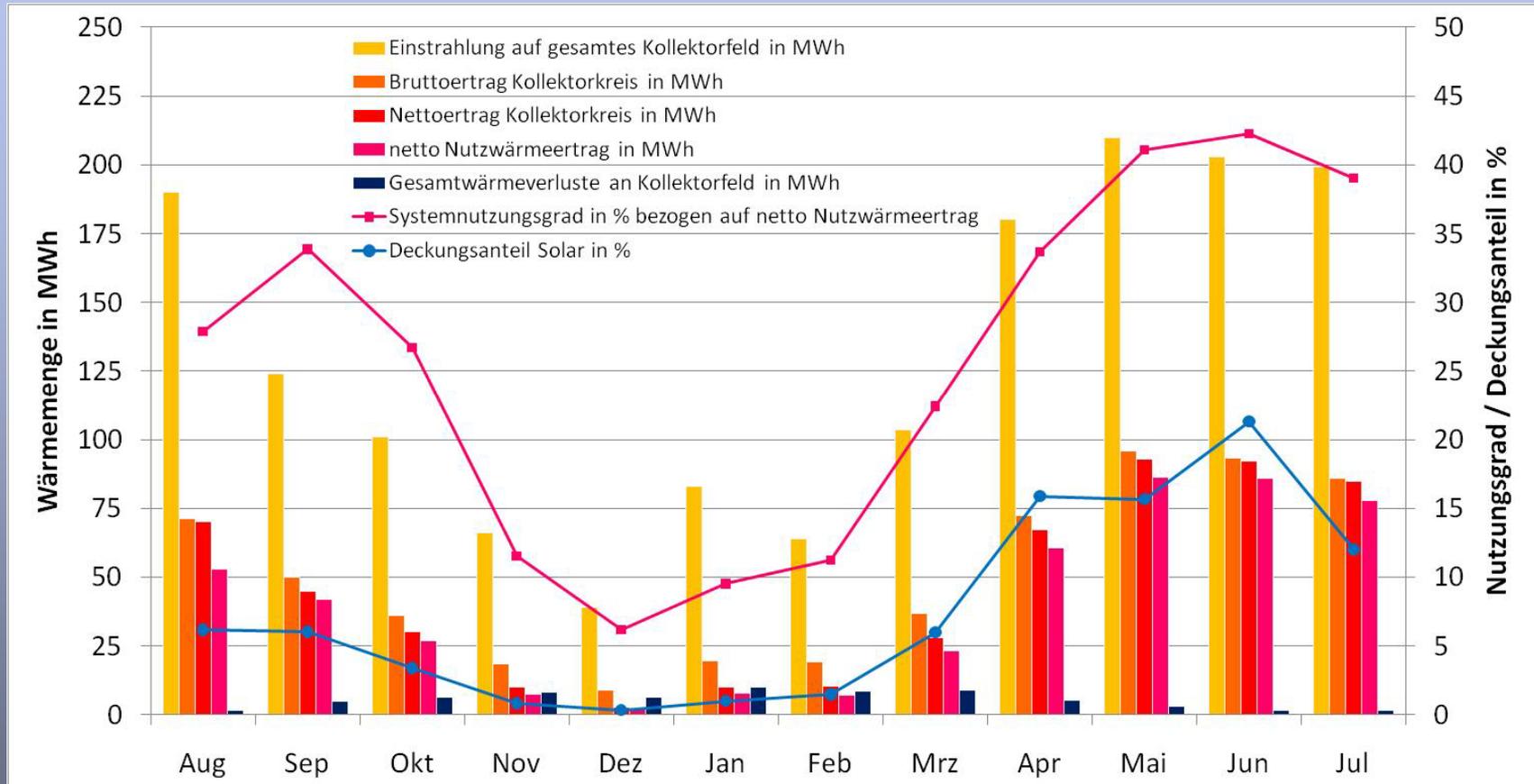
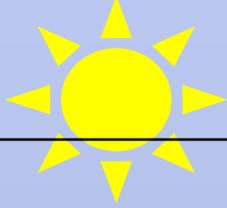


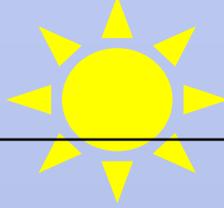
Tabelle 1: Ergebnisse des ersten Intensivmessjahres der solaren Klimatisierung der Festo AG & Co. KG in Esslingen von August 2008 bis Juli 2009

	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	März	Apr	Mai	Jun	Jul	gesamt
Einstrahlung auf gesamtes Kollektorfeld in MWh	190	124	101	66	39	83	64	104	180	210	203	199	1563
Nettoertrag Kollektorkreis in MWh	70	45	30	10	2,8	10	11	28	67	93	92	85	543
netto Nutzwärmeertrag in MWh	53*	42**	27**	7,6	2,4	7,9	7,2	23	61	86	86	78	481
Systemnutzungsgrad in % bezogen auf netto Nutzwärmeertrag	28*	34**	27**	12	6,2	9,5	11	22	34	41	42	39	31
Gesamtwärmeverluste an Kollektorfeld in MWh	1,6	4,9	6,2	8,2	6,2	10	8,5	8,9	5,2	3,0	1,5	1,4	66
Wärme aus Gaskesseln in MWh	565	445	563	685	474	548	208	85	78	179	73	324	4227
Deckungsanteil Solar in %	6,2	6,0	3,4	0,8	0,3	1,0	1,5	6,0	16	16	21	12	6,3
Deckungsanteil Nachhaltige Wärme in %	34	36	29	25	33	30	58	78	80	68	82	50	45
Wärmeverbrauch AdKMs in MWh	725	521	522	420	47	0,6	0,1	0,2	155	382	274	530	3577
Kälte von AdKMs in MWh	383	267	251	184	22	0	0	0	67	184	102	206	1665
COP	0,53	0,51	0,48	0,44	0,46	0	0	0	0,44	0,48	0,37	0,39	0,47

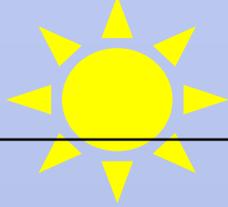
* Wegen Ventilstörung vom 06. – 15.08. nur geringe Entladeleistung

** Wegen Sensorausfall zwischen 15.09. und 06.10. angenommener Speicherverlust von 9 % (Mittelwert aus je einer Woche vor und nach dem Zeitraum)





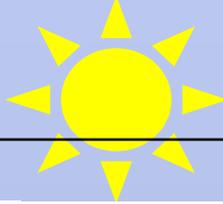
- Seit 1.1.2008 läuft die **weltgrößte solarthermische Adsorptions Kühlanlage** bei Festo AG & Co. KG nahezu problemlos.
- Der von Kollektorhersteller **garantierte Jahresertrag von 500 MWh** wurde bereits Ende September 2008 **erreicht!**
- Der **solare Deckungsanteil** beträgt im Sommer 6,3 %.
- Wegen begrenzter Dachfläche ist auch die **Kollektorfläche begrenzt.**
- **Deckungsanteil regenerativ gesamt** (mit Kompressorabwärme) **beträgt 45 %.**
- **Solarsystem** mit Vakuumröhrenkollektoren mit Wasserfüllung hat sich **bewährt.**



Solarthermisches Heizen und Kühlen

eine große technische Herausforderung und wichtiger Bestandteil einer Nachhaltigen Wärme- und Kälteversorgung





- Zum Themenkomplex **Automation regenerativer Wärme- und Kälteversorgungs-systeme** von Gebäuden erscheint im Mai 2009 ein Fach- und Lehrbuch
- Das Buch ist Ergebnis eines Arbeitsprozesses des AK der Professoren für Regelungstechnik in der Versorgungstechnik mit den Autoren Becker, Karbach, Ritzenhoff, Striebel, Boggasch, Fraaß, Bollin unter der Herausgeberschaft von Prof. E. Bollin

Hinweis **Buchneuerscheinung im Vieweg + Teubner Verlag Wiesbaden im Mai 2009:**
„Automation regenerativer Wärme- und Kälteversorgungs-systeme von Gebäuden“
Hrsg. **E. Bollin** mit Autoren des **AK Regelungstechnik in der Versorgungstechnik**