

Regenerative Energieanlagen "Solarthermie"

N. Thill

Institut für Automatisierungs- und Systemtechnik
Fachgebiet Dynamik und Simulation ökologischer Systeme
Technische Universität Ilmenau

Sommeruniversität für Schülerinnen
15.-19. August 2005

The logo consists of the lowercase letters 'th' in a stylized, handwritten font.



Archimedes
287 v. Chr. - 212 v. Chr.

214 v. Chr. erstes
Solarthermie-Experiment

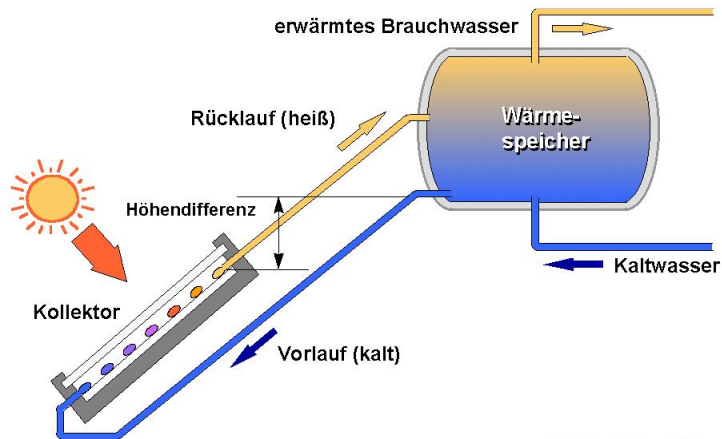
Gliederung

Aufbau und Funktion solarthermischer Anlagen

Simulation

Beispiel

Ziel

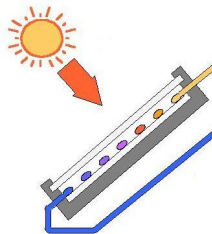


Kollektor

- ▶ Arten:
 - ▶ Speicherkollektoren
 - ▶ Vakuum-Flachkollektoren
 - ▶ Vakuum-Röhrenkollektoren
 - ▶ **Flachkollektoren**

Kollektor

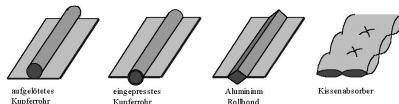
- ▶ Aufbau eines Flachkollektors:



Gehäuse + Wärmedämmung
transparente Abdeckung (Glas)
Absorber

Quelle: Völkler Gutsschning - Regenerative Energiesysteme

- ▶ Absorber:

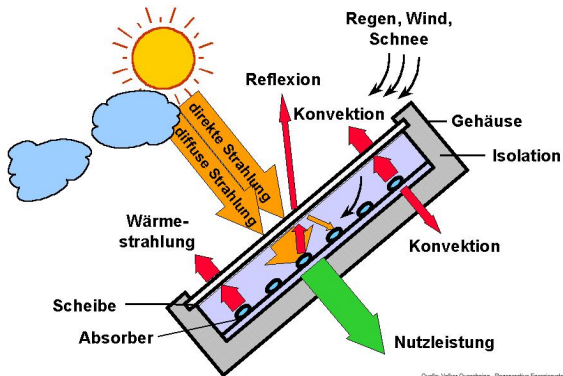


Quelle: Völkler Gutsschning - Regenerative Energiesysteme



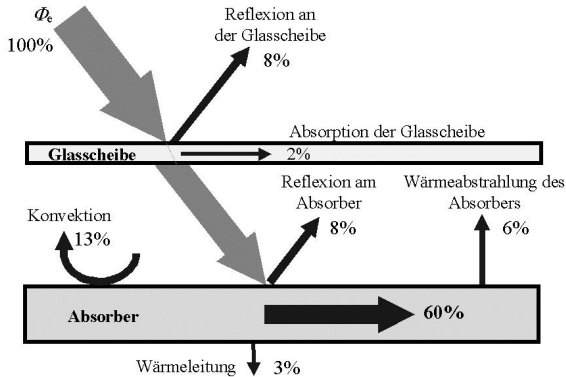
Kollektor

► Verluste am Kollektor



Kollektor

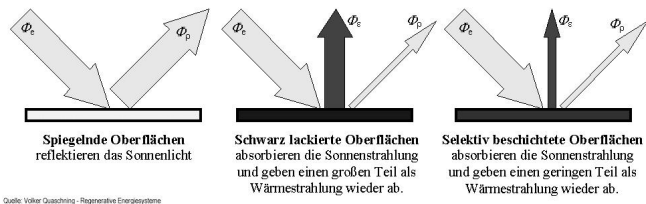
► Verluste am Kollektor



Quelle: Volker Quaschnig - Regenerative Energiesysteme

Kollektor

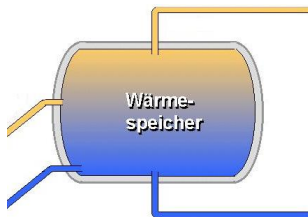
- ▶ Reduzierung der Reflexionsverluste und der Verluste durch Wärmeabstrahlung



- ▶ Reduzierung der Konvektionsverluste durch Vakuum zwischen Absorber und Frontscheibe

Speicher

- ▶ Aufbau eines Brauchwasserspeichers:



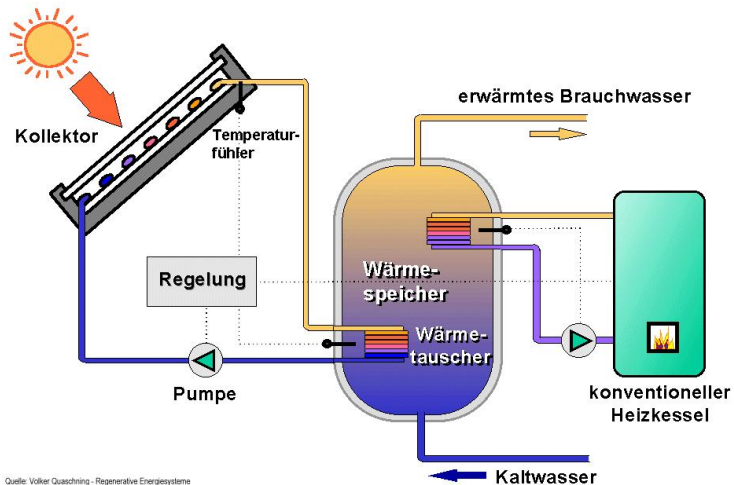
Quelle: Völkler Quaschnig - Regenerative Energiesysteme

Brauchwasserentnahme
Speicher + Isolierung
Wasser
Anschluss Kollektor
Kaltwasserzufluss

- ▶ Reduzierung der Wärmeverluste durch „Schichtung“

Speicher

- ▶ Arten von Speichern
 - ▶ Größe:
 - ▶ **Kurzzeitspeicher** (h → d)
 - ▶ Langzeitspeicher (Winter)
 - ▶ Temperaturbereiche:
 - ▶ **Niedertemperaturspeicher** ($T < 100 \text{ °C}$)
 - ▶ Mitteltemperatursp. ($100 \text{ °C} \leq T \leq 500 \text{ °C}$)
 - ▶ Hochtemperatursp. ($T > 500 \text{ °C}$)
 - ▶ Art der Wärmespeicherung:
 - ▶ **Sp. sensibler (fühlbarer) Wärme**
 - ▶ Latentwärmespeicherung
 - ▶ thermochemische Energiespeicherung



Quelle: Völker Quaschnig - Regenerative Energiesysteme

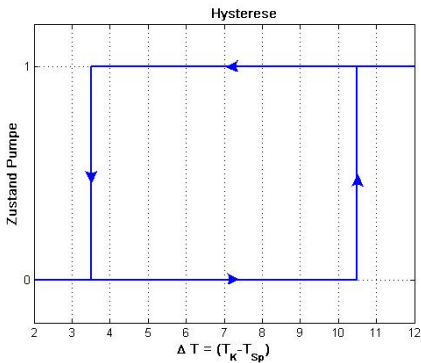
Regelung

- ▶ Temperatursensor Kollektor: T_K [°C]
- ▶ Temperatursensor Speicher: T_S [°C]

- ▶ Zwei-Punkt-Regler (Hysterese)
 - ▶ Pumpe hat 2 Zustände (an/aus)
 - ▶ **Wenn** Pumpe aus **und** $(T_K - T_S) \geq 10.5$ °C **dann** Pumpe an
 - ▶ **Wenn** Pumpe an **und** $(T_K - T_S) \leq 3.5$ °C **dann** Pumpe aus

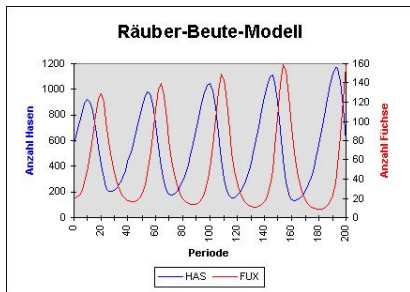
Regelung

► Hysterese



- ▶ Was ist Simulation und wozu wird das gebraucht?
 - ▶ Vorhersage der Auswirkungen von Änderungen an der Anlage
 - ▶ Erforschen neuer Konstruktionen (Kollektor, Speicher)
 - ▶ Aussagen über die Zukunft (zu erwartender Solarertrag, voraussichtliche Wirtschaftlichkeit)
 - ▶ Spielen
 - ▶ für die Lehre: einfaches Kennenlernen des Verhaltens einer technischen Anlage
- ▶ Was wird für eine Simulation benötigt?
 - ▶ Software (Programm)
 - ▶ Modell

- ▶ Was ist ein Modell?
 - ▶ reduzierte Darstellung der Wirklichkeit
 - ▶ Bakterienwachstum: Exponentialfunktion = Modell
 - ▶ Räuber-Beute-Systeme von Volterra = Modell

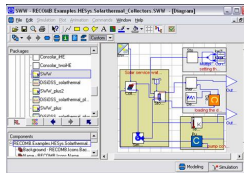


- ▶ Gleichungen können das Verhalten beschreiben = Modell

- ▶ Modell der solarthermischen Anlage
 - ▶ Beschreibung der zeitlichen Änderung der Temperatur
 - ▶ Aufwärmung, Abkühlung, Verluste
 - ▶ Stoffkonstanten, Durchfluss

- ▶ Software
 - ▶ Dymola
 - ▶ Bibliotheken (Einzelmodelle)
 - ▶ Verschaltung der Einzelmodelle zu Gesamtanlagen

- ▶ Konfiguration
 - ▶ Kollektorfläche $A = 7 \text{ m}^2$
 - ▶ Speichervolumen $V = 0.2 \text{ m}^3$ (= 200 Liter)
 - ▶ Standort: Berlin
- ▶ Voraussetzungen
 - ▶ Wetterdaten des Standorts (Außentemperatur, Strahlungsintensität, Windgeschwindigkeit, ...)
 - ▶ Verbraucherprofil für täglichen Warmwasserverbrauch (Lastgang)
- ▶ Simulationsprogramm Dymola



▶ Wirtschaftlichkeit

▶ Einnahmen

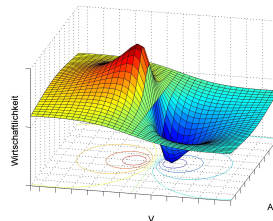
- ▶ Einsparungen durch solare Erwärmung des Wassers
- ▶ abhängig von der Größe von Kollektor und Speicher

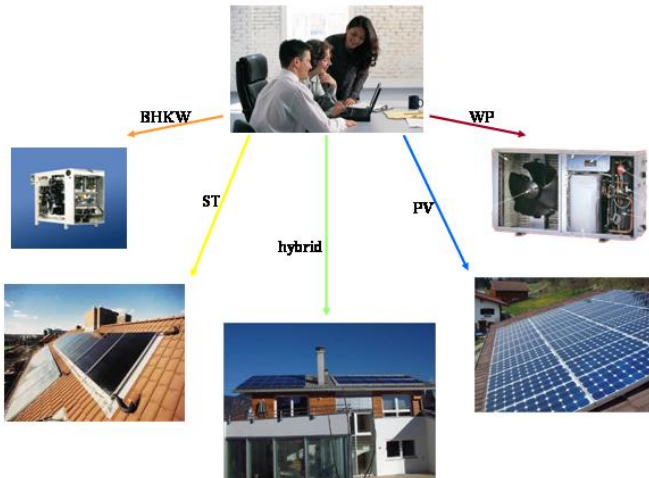
▶ Ausgaben

- ▶ Kaufpreis, Wartung, Energiekosten für die Erwärmung des restlichen Wassers
- ▶ abhängig von der Größe von Kollektor und Speicher

▶ optimale Auslegung

- ▶ Suchen der Konfiguration, die die maximale Wirtschaftlichkeit bietet







Quaschnig, V.: Regenerative Energiesysteme.
München/Wien : Hanser, 2003.



Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!