
Stagnation in thermischen Solaranlagen: Wieviel Dampf produziert ein Kollektor?

Matthias Rommel

Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE

Heidenhofstr. 2

79110 Freiburg

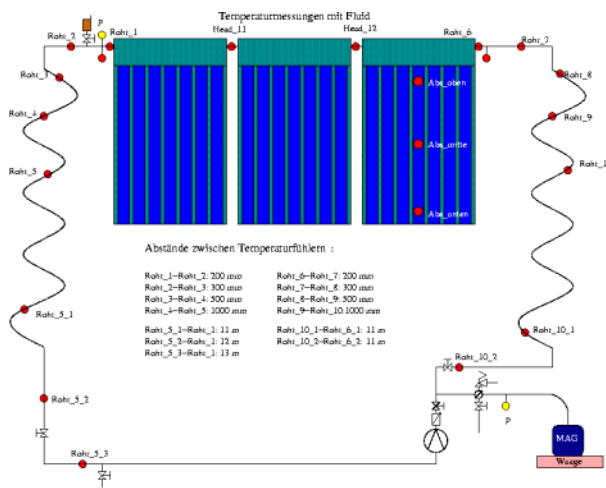
www.ise.fraunhofer.de

Stagnationsverhalten thermischer Solaranlagen, Solarzentrum Hamburg, 9.3.2005

Bisherige Untersuchungen zum Stagnationsverhalten

- StagTech-Projekt
Projektpartner: AEE, SOLVIS, Sonnenkraft, Tyforop, Technische Alternative, Fraunhofer ISE
- DBU gefördertes Projekt, koordiniert vom Deutschen Kupfer Institut DKI zur Temperatur- und Druckbelastung von Rohrverbindungstechniken im Solarkreis
- Messungen über ein vollständiges Jahr der Stillstandstemperaturen einer durchgehend im Stillstand betriebenen Vakuumröhrenanlage
- Experimentelle Einzeluntersuchungen zum Stillstandsverhalten von kompletten Solaranlagen

Welche Phasen laufen bei Anlagenstillstand mit Verdampfung ab?



- Phase I: **Flüssigkeitsausdehnung**
- Phase II: **Verdrängen** des Fluids aus dem Kollektor **durch erste Dampfbildung**
- Phase III: **Leersieden** des Kollektors - Phase mit Sattdampf
- Phase IV: **Überhitzung** des Dampfes im Kollektor - Phase mit überhitztem Dampf
- Phase V: **Wiederbefüllen** des Kollektors aus dem Membranausgleichsgefäß (MAG) heraus.

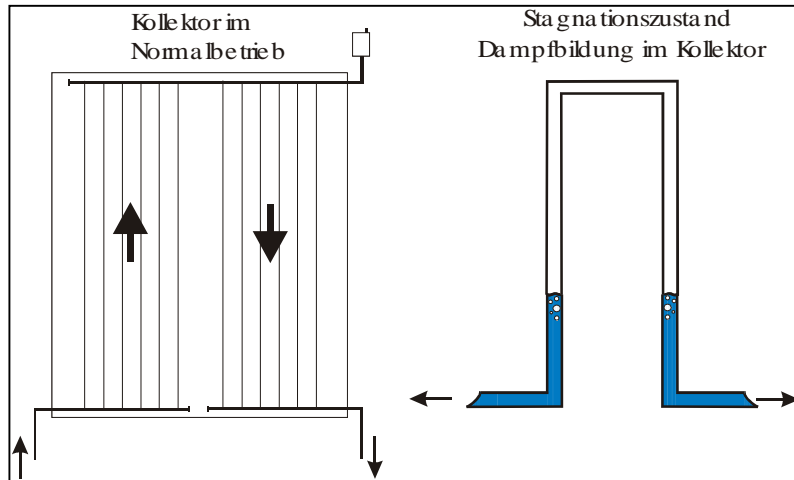
Energiebilanz während Stillstand mit Verdampfung

- Gesättigter Dampf tritt in die Anschlussrohre des Solarkreises ein.
- Die Energiezufuhr des Kollektors muss durch die Wärmeverluste der Rohre kompensiert werden.
- D. h. nach dem Wärmerohrprinzip (heat-pipe) wird bis zur Phase 4 die vom Kollektor aufgenommene Solarenergie über Dampf in die Rohrleitungen transportiert und von dort an die Umgebung abgegeben.

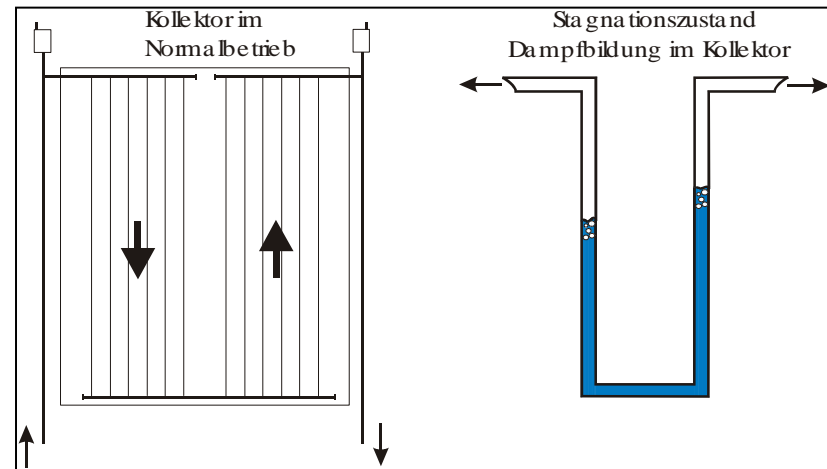
Wie wird günstiges Stillstandsverhalten erreicht?

- Das Entleerungsverhalten des Kollektors und des gesamten Kollektorfeldes (mit seriell und parallel verschalteten Einzelkollektoren) hängt entscheidend von der Rohrführung in den Einzelkollektoren und der Feldverrohrung ab. Rohrführungen, in denen die Flüssigkeit möglichst einfach der Schwerkraft folgend und möglichst komplett aus dem Kollektorfeld ausgedrückt werden kann, sind vorteilhaft für ein günstiges Entleerungsverhalten.

Entleerungsverhalten von Kollektoren

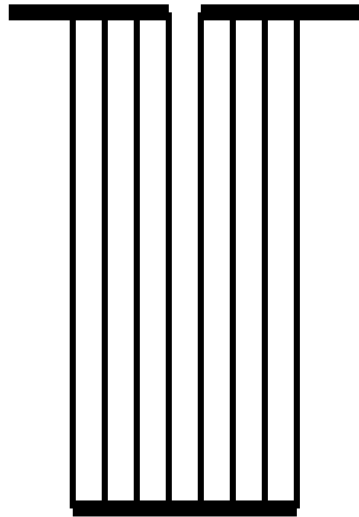


günstig: Die Restflüssigkeit nach dem ersten Verdampfen kann leicht aus dem Absorber verdrängt werden.



ungünstig: Die Restflüssigkeit muss nach dem ersten Verdampfen aus dem Absorber weiter verdampfen und kann nicht verdrängt werden.

Direkter Nachweis für fraktionierte Destillation des Wasser/Glykol Gemischs



Verwendung eines Wasser/Glykolgemischs mit **40 Vol% Glykolanteil** als Fluid.

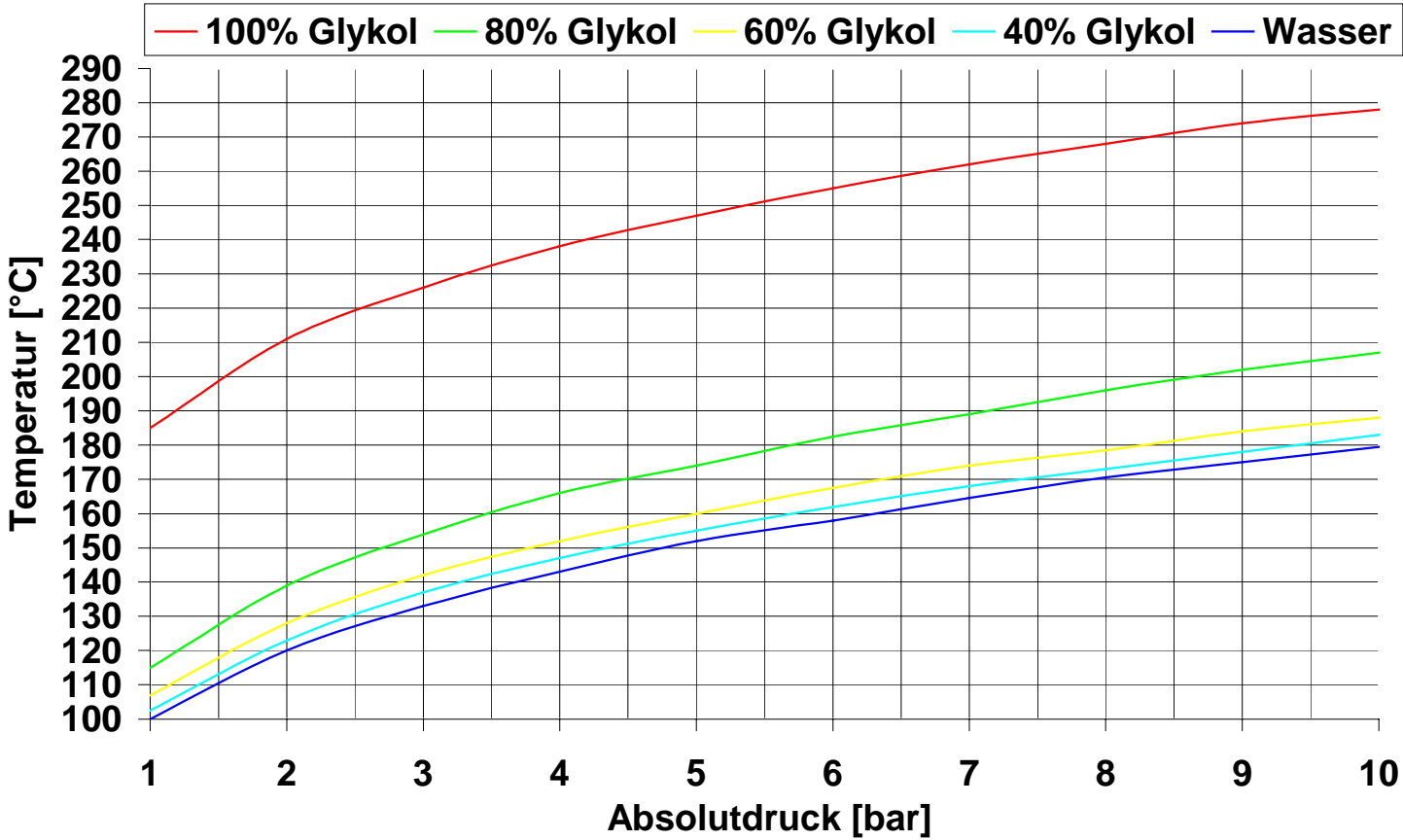
Stillstandsmessung an einem Flachkollektor mit Anschlüssen nach oben.

Absperren der Anschlüsse noch während der Bestrahlung.

Entnahme der Restflüssigkeit aus dem Absorber nach dem Kondensieren und Abkühlen.

Ergebnis der Analyse: **Die Restflüssigkeit hatte einen Glykolanteil von 79%!!!**

Dampfdruckkurven von Wasser-Glykol Gemischen



Stagnationsverhalten thermischer Solaranlagen, Solarzentrum Hamburg, 9.3.2005

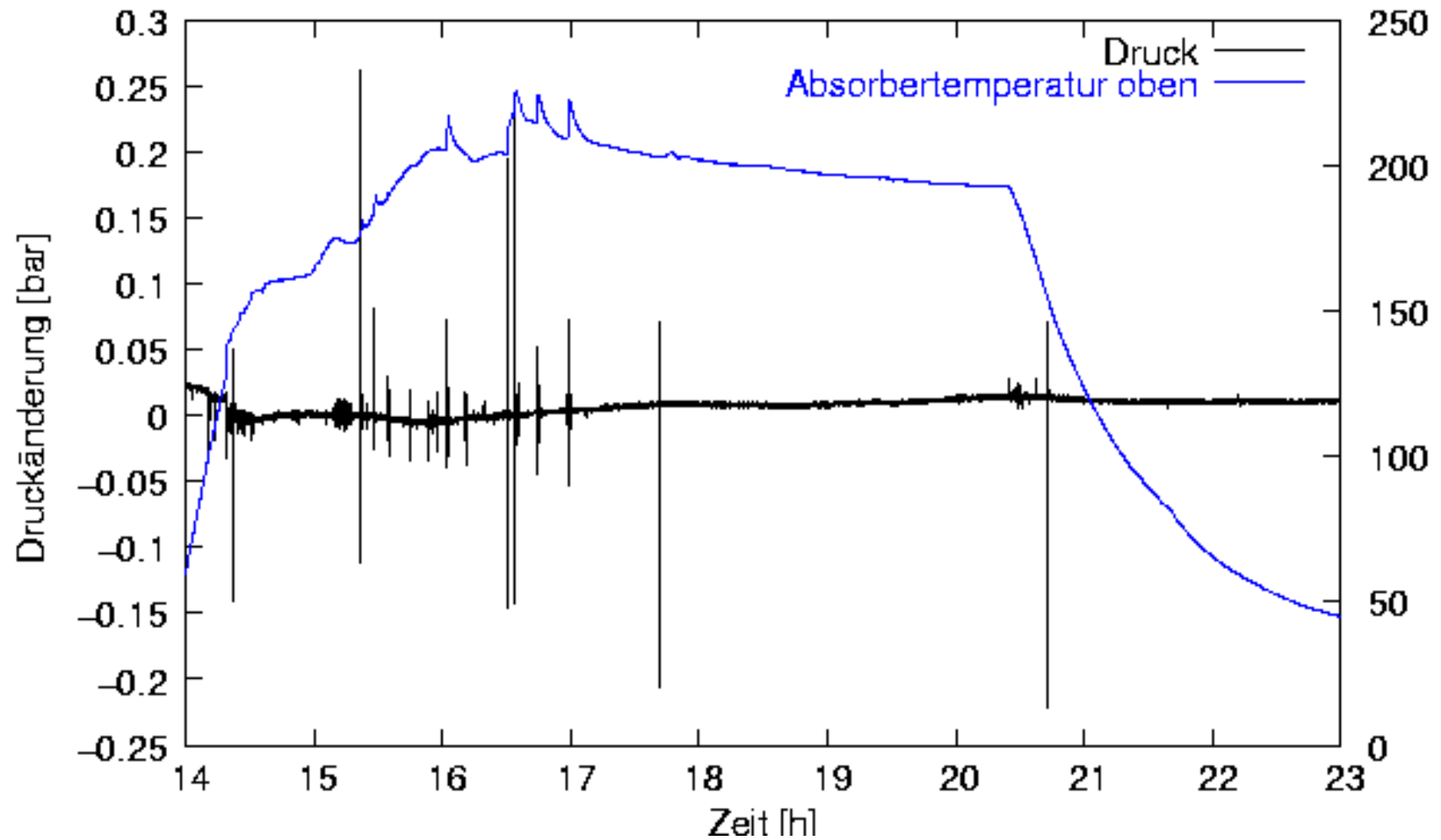
hochfrequente Druckmessungen

Welche maximalen Druckstöße treten auf ?

Können diese Druckstöße ein Ansprechen des Sicherheitsventils bewirken?

Ergebnisse der Messungen mit 1 kHz, d.h. 1000 Messungen pro Sekunde:

Datum: 020626



Stagnationsverhalten thermischer Solaranlagen, Solarzentrum Hamburg, 9.3.2005

Zusammenfassung der Ergebnisse zu Druckstößen im DKI-Projekt

- Die hochfrequent gemessenen Druckstöße liegen im Bereich von ca 0.5 bar (am Kollektoranschluss gemessen).
- Alle schnellen Druckstöße konnten messtechnisch erfasst werden.
- Es konnten keine akustischen Schläge während der Messungen festgestellt werden.

Dampfeindringtiefen in Systemen

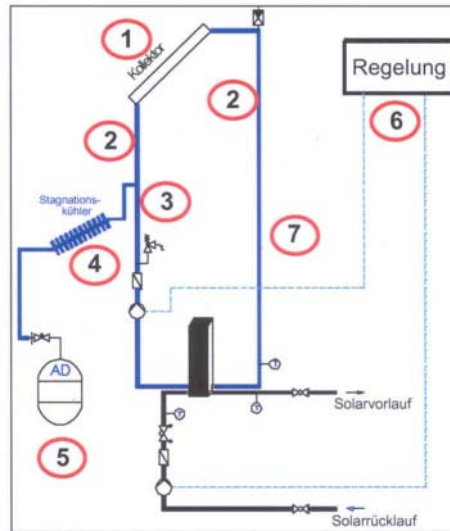
Annahmen:

Die im Standardverfahren gemessene Dampfproduktionsleistung pro m² Aperturfläche ist konstant:

Die Rohrleitungen sind halb so gut wie mit 100% Wärmedämmung nach DIN gedämmt (Dämmstärke gleich Rohrdurchmesser), d.h. 41 W pro laufendem Meter bei $T_{\text{Dampf}}=140^{\circ}\text{C}$.

	VRK 1	VRK 2	FK
3 m ²	19.9	7.4	9.4
5 m ²	33.2	12.3	15.6
10 m ²	66.5	24.6	31.2

Schlussfolgerungen



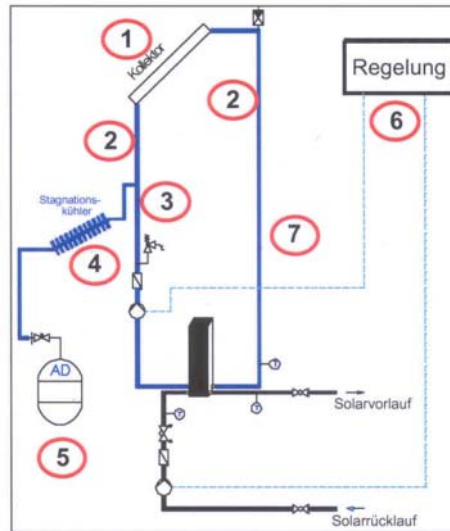
1. Verwendung von gut entleerenden Kollektoren, Verschaltungen und Systemen

2. Ab Kollektor fallende Verlegung der Rohrleitungen und Vermeidung von Flüssigkeitssäcken

3. Anordnung der Rückschlagklappe so, dass über beide Kollektoranschlüsse entleert werden kann.

4. Einsatz eines Stagnationskühlers (falls notwendig) an geodätisch hoher Position

Schlussfolgerungen



5. Dimensionierung des MAG und des Sicherheitsventils

- Dampfvolumen in den Rohrleitungen und im Kollektor berücksichtigen
- maximaler Anlagendruck von 6 bar

6. Reglerfunktionen

- keine Wiederinbetriebnahme während eines Stagnationszustandes
- evtl. Nachtkühlung (Flachkollektoren)

7. Wärmeträger

- flüssige Inhibitorpakete (z.B. Tyfocor LS) für Vakuumröhrenkollektoren