

Input/Output-Controller - Funktionsüberwachung und Ertragskontrolle von thermischen Solaranlagen

Peter Pärisch

Warum Funktionskontrolle?

Warum Funktionskontrolle?



Solarthermie funktioniert zuverlässig, aber wegen der Nachheizung ...

→ bleiben Störungen evtl. für lange Zeit unentdeckt

→ entstehen Zusatzkosten durch Ertragsausfall

$$K_{Stör} = \Delta Q_{solar} \cdot 0,05 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$

Warum Funktionskontrolle?



Zeitraum von Ausfall bis zur Erkennung	Mehrkosten der Nachheizung in €		
	Kleinanlage 6 m ²	mittlere Anlage 30 m ²	Großanlage 100 m ²
Sommermonat	18	90	300
halbes Jahr	75	375	1250
ganzes Jahr	150	750	2500

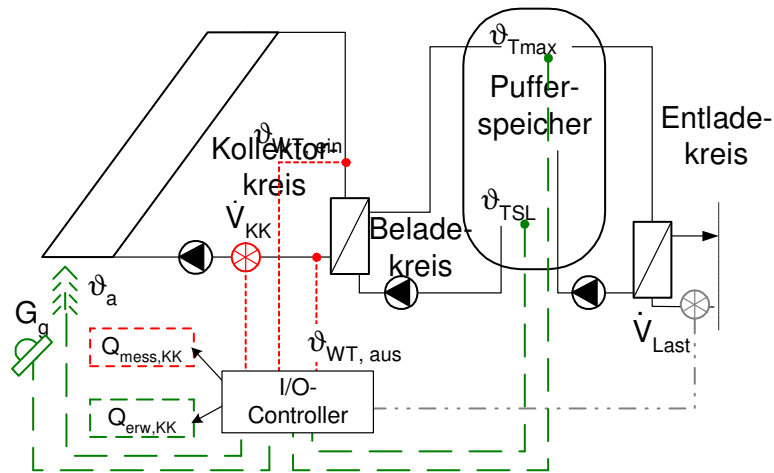
Vermiedene Mehrkosten ≥ Preis für I/O-Controller + Sensorik

Wie funktioniert das Input/Output-Verfahren?

Prinzip und Eigenschaften

- Ertragskontrolle durch täglichen Vergleich von gemessenem und erwartetem Kollektorkreisertrag
- automatisch (nach einmaliger manueller Parametrisierung)
- vor Ort möglich (Algorithmus in Standard-Regler integrierbar)
- Vereinfachtes Modell und günstige Sensorik

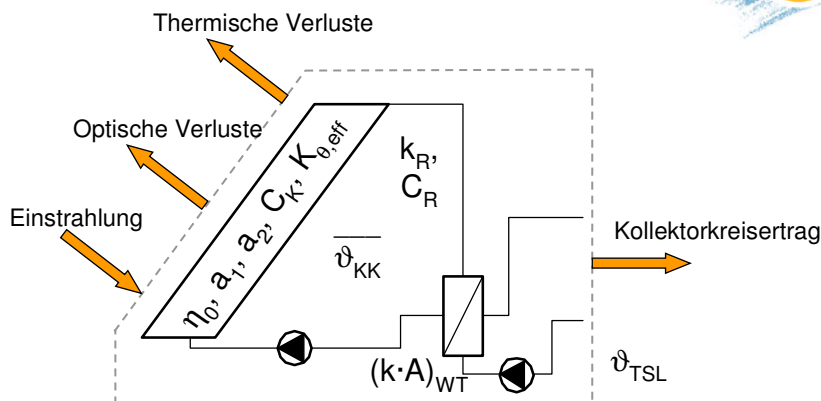
Integration in das Solarsystem



Institut für Solarenergieforschung Hameln/Emmerthal

Leibniz Universität Hannover

Leistungsbilanz



Differentialgleichung für Kollektorkreislauf in Betrieb

$$(C_K + C_R) \cdot \frac{d\vartheta_{KK}}{dt} = \eta_0 \cdot K_{\theta, eff} \cdot G_g - k_{ges} \cdot (\vartheta_{KK} - \vartheta_a) - k'_{WT} \cdot (\vartheta_{KK} - \vartheta_{TSL})$$

Institut für Solarenergieforschung Hameln/Emmerthal

Leibniz Universität Hannover

Mathematisches Modell

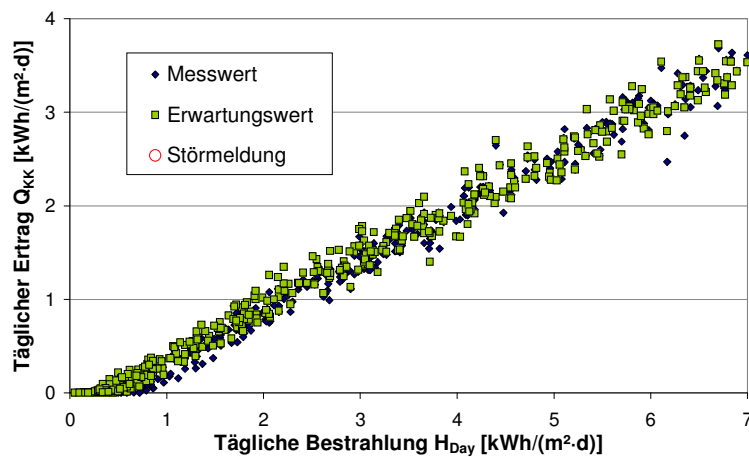


„Wärmenutzkoeffizient“

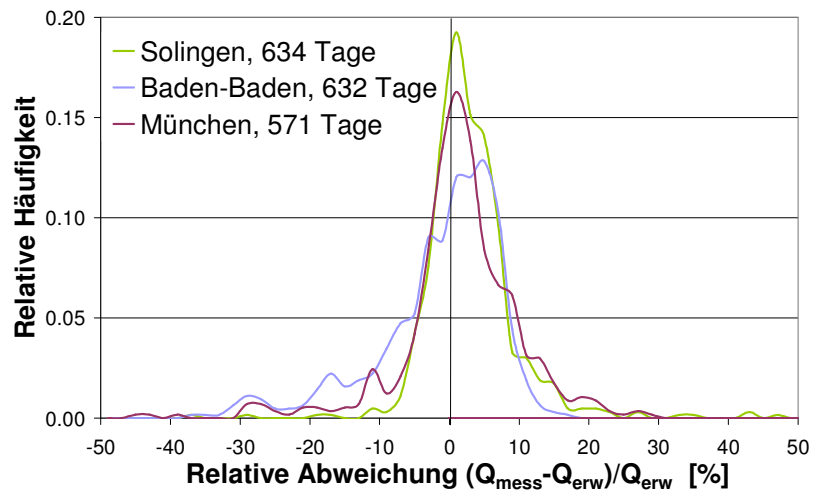
$$k'_{WT} = f((k \cdot A)_{WT}, (\dot{m} \cdot c_f)_{KK}, (\dot{m} \cdot c_f)_{BK})$$

→ Modell ist nur von vorher bekannten Parametern abhängig!

Input/Output-Diagramm



Validierung mit Messdaten



Institut für Solarenergieforschung Hameln/Emmerthal

Leibniz
Universität Hannover

Vorteile des Modells



- Simulation des erwarteten Kollektorkreisenertrags nur mit vorher bekannten Solarkreisparametern (ca. 30)
- Algorithmus integrierbar in Standard-Regel-Geräte
- Dynamische Simulation vor Ort, automatisch und genau
- Anwendbarkeit für verschiedene Systemvarianten ohne Anpassung

Institut für Solarenergieforschung Hameln/Emmerthal

Leibniz
Universität Hannover

Berücksichtigung der Last



Messung von ϑ_{Tmax} und V_{Last} zur Berücksichtigung der Last durch zusätzliche Abfragen.

- Falschmeldungen werden vermieden
- Störung im Entladekreis von solaren Pufferspeichern detektierbar

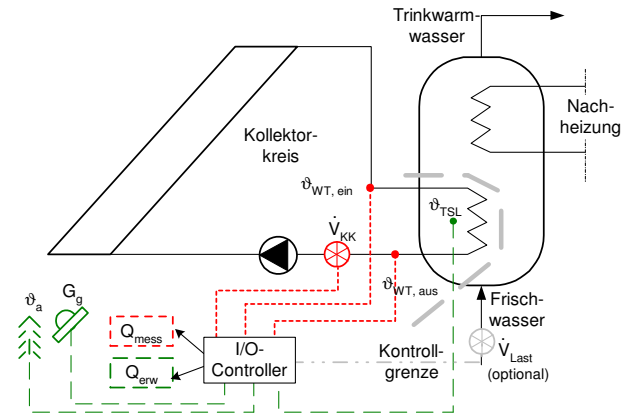
Anlagenbeispiele und Kontrollgrenzen



1) Bivalenter TWW-Speicher



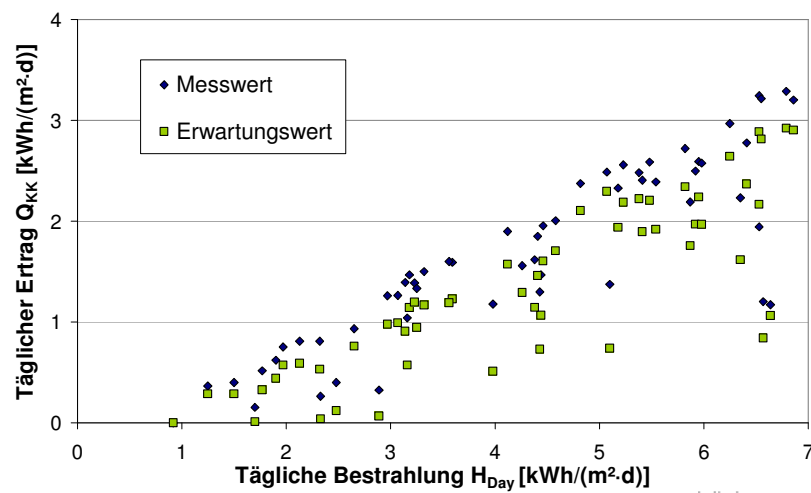
3 Anlagen



1) Bivalenter TWW-Speicher



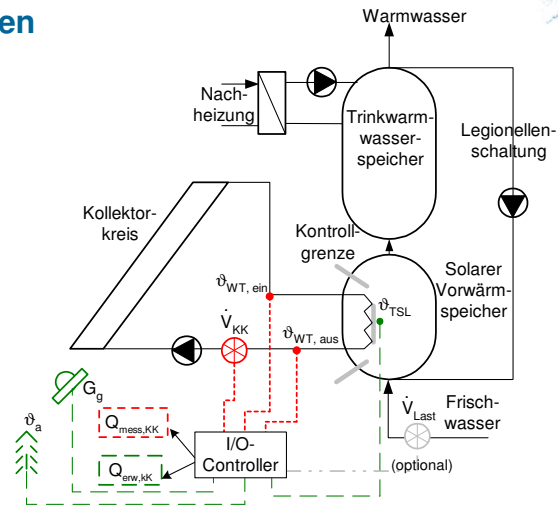
Fehlende Wärmeabnahme → keine Soll-/Ist-Abweichung



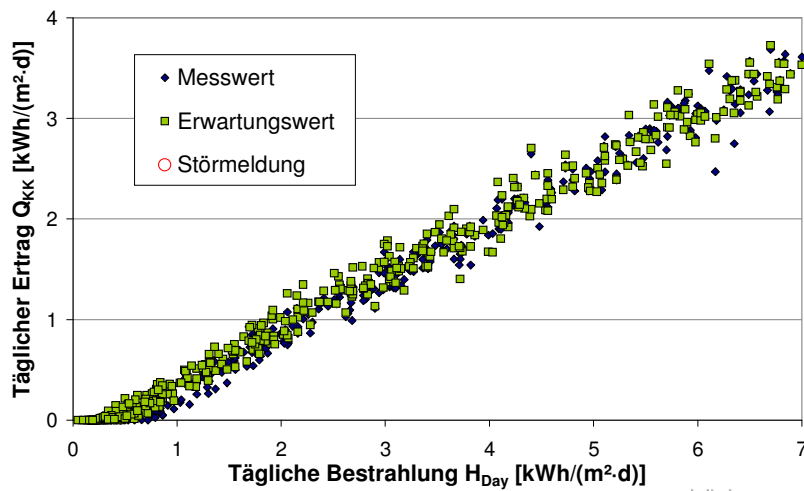
2) Solarer Vorwärmerspeicher



2 Anlagen



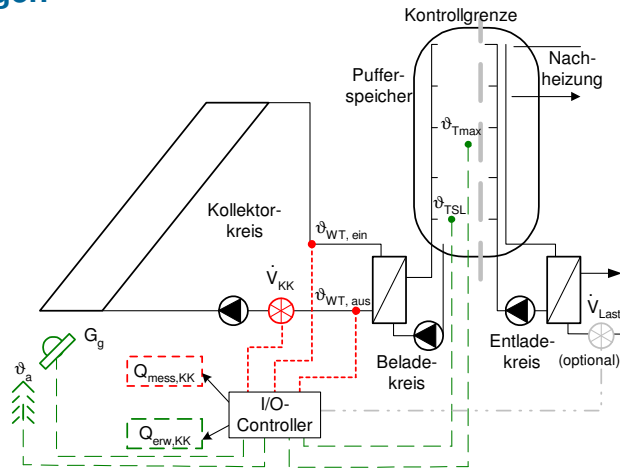
2) Solarer Vorwärmerspeicher



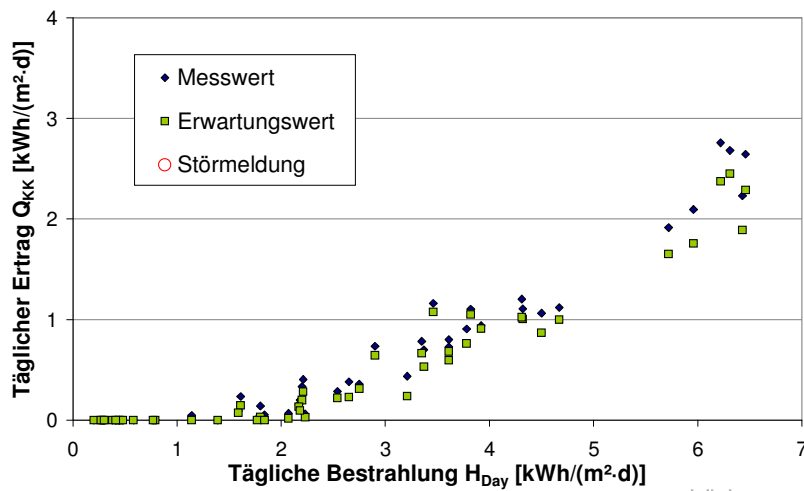
3) Bivalenter Pufferspeicher



3 Anlagen



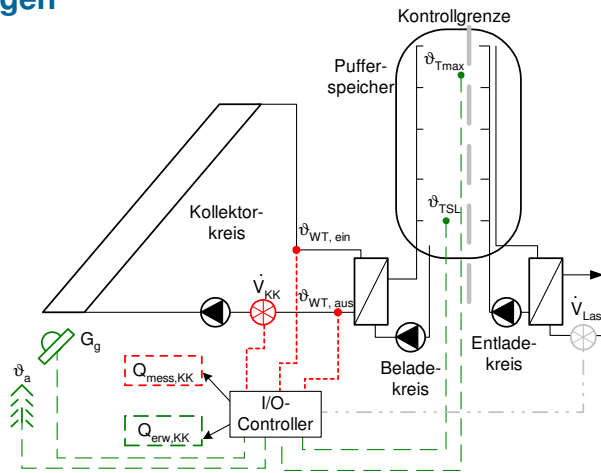
3) Bivalenter Pufferspeicher



4) Solarer Pufferspeicher (Durchlauferhitzerprinzip)



3 Anlagen



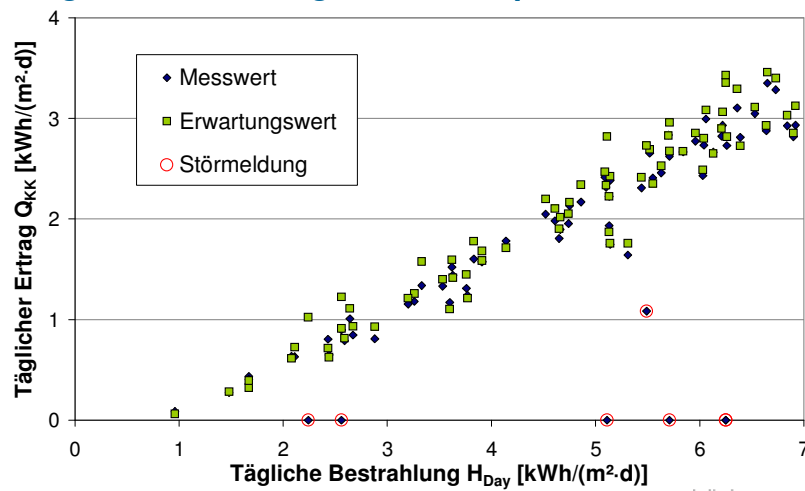
Institut für Solarenergieforschung Hameln/Emmerthal

Leibniz Universität Hannover

4) Solarer Pufferspeicher (Durchlauferhitzerprinzip)



Störung in der Beladung des Pufferspeichers



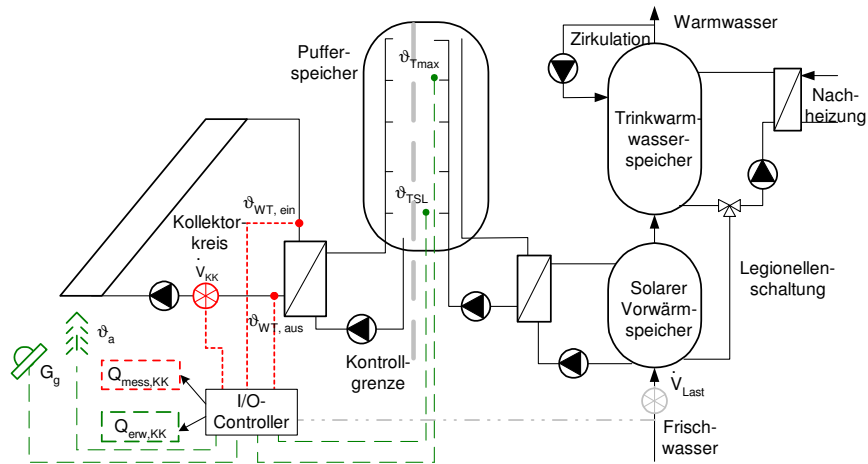
Institut für Solarenergieforschung Hameln/Emmerthal

Leibniz Universität Hannover

5) Solarer Pufferspeicher und solarer Vorwärmespeicher



4 Anlagen



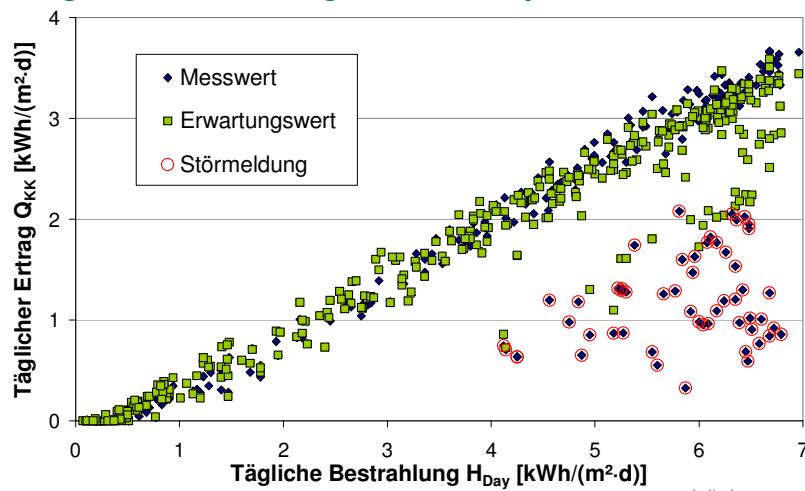
Institut für Solarenergieforschung Hameln/Emmerthal

Leibniz Universität Hannover

5) Solarer Pufferspeicher und solarer Vorwärmespeicher



Störung in mess der Entladung des Pufferspeichers



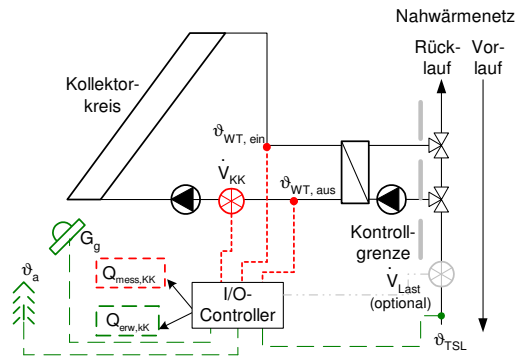
Institut für Solarenergieforschung Hameln/Emmerthal

Leibniz Universität Hannover

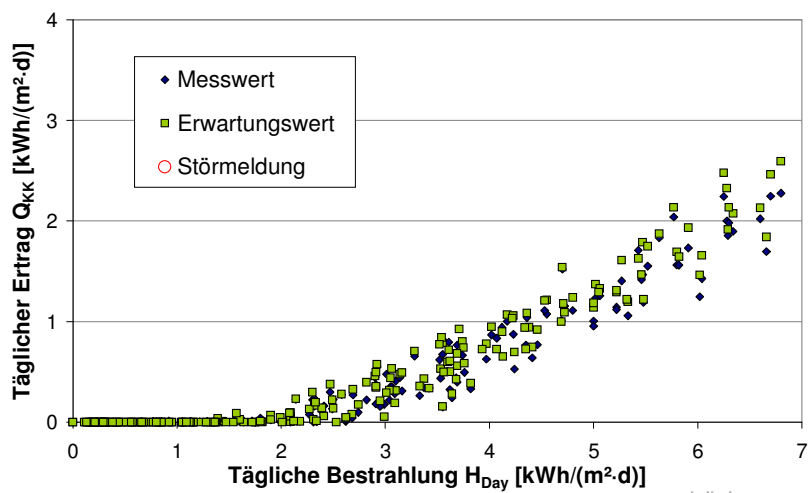
6) Solare Nahwärme



1 Anlage (3 Kollektorkreisläufe)



6) Solare Nahwärme



Zusammenfassung



- Nahezu alle Solaranlagen haben von den installierten I/O-Controllern profitiert
- Das mathematische Modell ist ausreichend genau
- Verfahrensunsicherheit beträgt rund 7%
- Günstige I/O-Controller zur automatischen Vor-Ort-Überwachung von Solaranlagen realisierbar

Institut für Solarenergieforschung Hameln/Emmerthal

Leibniz
Universität Hannover 

Danksagung



- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit sowie Projektträger Jülich
- proKlima Hannover
- Partnerfirmen:



Institut für Solarenergieforschung Hameln/Emmerthal

Leibniz
Universität Hannover 



Vielen Dank!