

Einbindung solarthermischer Anlagen in komplexe Wärmeverteilungssysteme – ein Blick aus Sicht der modellprädiktiven Regelung

Autoren:

Klaus Lichtenegger¹,
 Viktor Unterberger^{1,2},
 Markus Göllles¹,
 Daniel Muschick¹,
 Ernst Höftberger¹,
 Bernhard Gerardts³,
 Stefan Krammer³,
 David Wöss⁴

Solarthermie in Wärmenetzen und die Rolle der Regelungstechnik

Die Regelung solarthermischer Anlagen sowie deren optimale Einbindung in Wärmenetze ist nach wie vor eine Herausforderung. Eine sorgfältige Analyse von *State-of-the-Art*-Regelungen großer solarthermischer Anlagen zeigt zahlreiche Schwächen, die entweder zu geringerem Ertrag führen oder aber eine ständige Überwachung mit wiederholten manuellen Eingriffen erforderlich machen. Das liegt vor allem an der hydraulischen Komplexität solcher Anlagen (siehe beispielhaft Abb.1), der gängige Regelungsmethoden, insbesondere voneinander unabhängig eingestellte PID-Regler, nicht gewachsen sind.

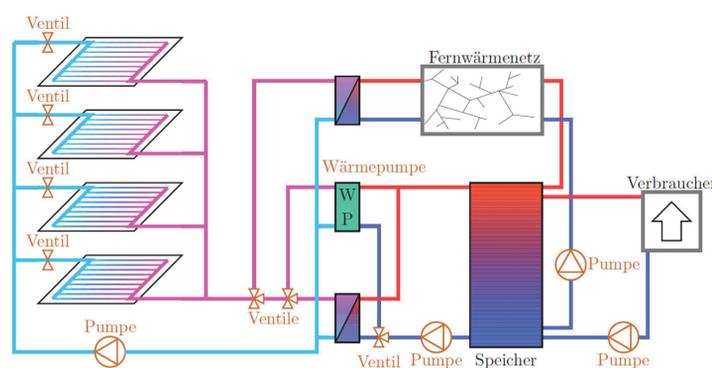


Abb.1: Regelungstechnische Elemente in einer thermischen Solaranlage: Die orange markierten Elemente (Pumpen, Ventile) sollen so angesteuert werden, dass ein möglichst effizienter Betrieb gewährleistet ist.

Es bietet sich an, die Regelungsaufgabe auf zwei Ebenen zu verteilen, einerseits die (idealerweise modellbasierte) Basisregelung, andererseits die übergeordnete Systemregelung, die auch prädiktive Elemente enthalten sollte.

Modellbasierte Basisregelung

Insbesondere in großen Solaranlagen mit vielen, teilweise unterschiedlich ausgerichteten Kollektorfeldern treten bei der üblichen Verwendung linearer Regler erhebliche Probleme auf, u.a. Schwingungen und Exergieverluste durch Mischung. Hier bieten sich Methoden aus der **nichtlinearen Regelungstechnik** an, die auf Basis mathematischer Modelle eine Entkopplung der relevanten Größen ermöglichen.

Auch Totzeiten, die in solarthermischen Anlagen beträchtlich sein können können durch Regelungskonzepte, die auf dynamischen Modellen beruhen, wesentlich besser berücksichtigt werden als mit gängigen Methoden.

Bei der dezentralen Einspeisung in Wärmenetze sind zudem beim Regelungsentwurf auch hydraulische Grundfragen zu berücksichtigen, etwa die Abstimmung der Pumpenregelungen, um ein Gegeneinanderarbeiten der Pumpen und mögliche Aufschaukelungseffekte zu vermeiden.

Modellprädiktive Regelung

Gängige Regelungen arbeiten nur auf Basis von Momentanwerten oder ggf. Expertenregeln. Gerade beim Einsatz in komplexen Wärmeverteilungssystemen mit möglicherweise mehreren Einspeisern, lokalen Verbrauchern, Speichern und der Option, Solarenergie auch indirekt über eine Wärmepumpe einzuspeisen, ist es schwierig, den optimalen Betriebsmodus zu finden.

Ein vielversprechender Ansatz, mit solchen Fragen umzugehen, ist die **modellprädiktive Regelung** (MPC): Mit Hilfe eines mathematischen Modells der gesamten Anlage und mittels Prognosen für solaren Ertrag und Wärmebedarf wird laufend die optimale Betriebsweise für die nächsten Stunden vorausberechnet, siehe Abb. 2.

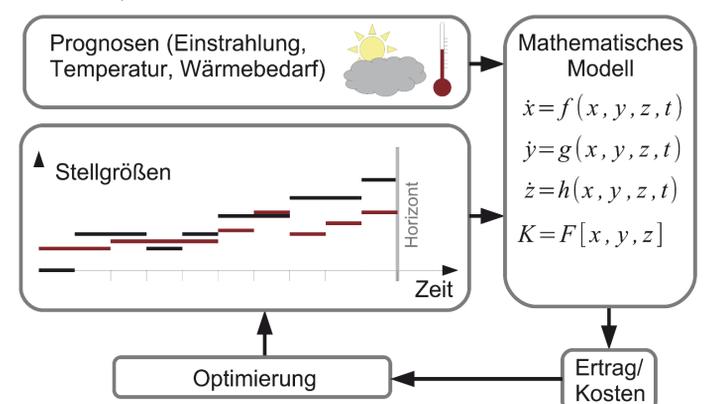


Abb.2: Schema einer modellprädiktiven Regelung: Auf Basis von Prognosen für Wärmebedarf und Solarertrag werden mit Hilfe eines mathematischen Modells des Systems die (im Sinne einer Kostenfunktion) optimalen Stellgrößenverläufe ermittelt.

Die Kostenfunktion, die als Grundlage für die Optimierung dient, enthält dabei monetäre Kosten und Erlöse, kann aber auch andere Aspekte (z.B. Emissionen, Abnutzungen) berücksichtigen.

Die MPC berücksichtigt **jetzt** schon die Bedingungen, die **später** herrschen werden. So kann etwa entschieden werden, ob es sinnvoller ist, weniger Wärme bei höherer Temperatur oder mehr Wärme bei niedrigerer Temperatur zu gewinnen (und ggf. den notwendigen Temperaturhub mittels Wärmepumpe durchzuführen); Speicher können mit diesem Ansatz optimal genutzt werden.

1 BIOENERGY 2020+ GmbH,
 Inffeldgasse 21b,
 A-8010 Graz
www.bioenergy2020.eu

2 Institut für Regelungs- und Automatisierungstechnik,
 Technische Universität Graz,
 Inffeldgasse 21b,
 A-8010 Graz,
www.tugraz.at/institute/irt

3 S.O.L.I.D. Gesellschaft für Solarinstallation und Design mbH, Puchstrasse 85,
 A-8020 Graz,
www.solid.at

4 Universität für Bodenkultur,
 Institut für Verfahrens- und Energietechnik,
 Peter-Jordan-Straße 82,
 A-1190 Wien,
www.boku.ac.at/ivet/