

Exakte Bestimmung des Energieinhalts von Wärmespeichern

Innovatives Meßfühlerkonzept

Die exakte Bestimmung des Energieinhalts eines Wärmespeichers ist eine wichtige Voraussetzung für den effizienten Betrieb einer Heizanlage. Mit herkömmlichen, punktuell messenden Sensoren kann die Temperatur aber nur stellenweise erfaßt werden. Abhilfe verspricht hier ein innovativer, integral messender Temperaturfühler, der über die gesamte Höhe eines Wärmespeichers angebracht wird. Nachfolgend wird das von Sulzer Hexis entwickelte Verfahren, der daraus resultierende Nutzen und erste Resultate mit Prototypen beschrieben.

Der Effizienz wegen werden heute häufig schichtende Speicher als Wärmespeicher eingesetzt. Diese können selbst dann Wasser auf hohem Temperaturniveau zur Verfügung stellen, wenn die Durchschnittstemperatur im Speicher tief ist. Dank geeigneter Speichergeometrien sowie einer geschickten Wasserbewirtschaftung unter Beachtung von Strömungseigenschaften des Heizungsrücklaufwassers ist dies heute möglich. Auf diese Weise kann Wasser auf hohem Temperaturniveau im oberen Teil und solches mit tieferem Energieinhalt in unteren Schichten des Speichers gehalten werden. Es sind Temperaturspreizungen bis zu 40 °C bei schmalen Schichtgrenzen von ca. 20 cm realisierbar.

Eine Herausforderung stellt allerdings die exakte Bestimmung des Energieinhalts des Wärmespeichers dar. Dessen Kenntnis ist Voraussetzung für ein effizientes Betreiben eines Wärmeerzeugers. Mit herkömmlichen, punktuell messenden Sensoren kann die Temperatur lediglich an einzelnen Stellen

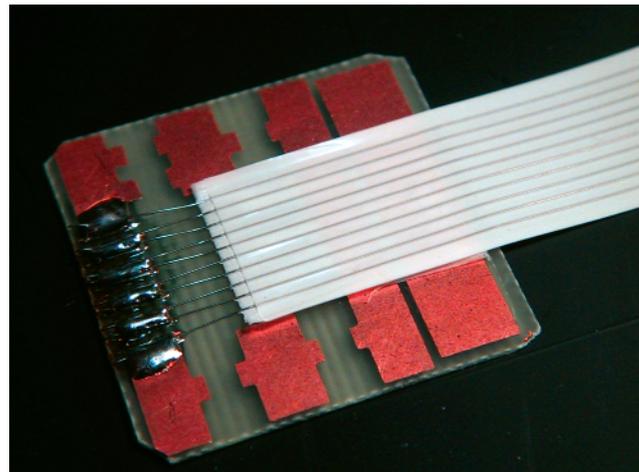


Bild 1 Sensorelement des integralen Temperaturfühlers – Prototyp von Sulzer Hexis

erfaßt werden. Die exakte Position, der sich dauernd in Bewegung befindenden Schichtgrenze, läßt sich allerdings nicht feststellen. Dazu wäre eine große Anzahl von Sensoren notwendig. De facto kann der Energieinhalt eines Speichers nicht genau bestimmt werden. Diese Herausforderung könnte mit einem über die gesamte Höhe des Wärmespeichers angebrachten Temperaturfühlers gelöst werden.

Den Temperaturfühler auf die Speicherwand kleben

Um den Marktbedürfnissen gerecht zu werden, muß der Temperaturfühler ein aussagekräftiges und leicht auswertbares Signal erzeugen. Außerdem muß der Fühler einfach zu installieren und kostengünstig zu produzieren sein. Diese Eigenschaften stellen sowohl Anforderungen an die Werkstoffwahl als auch an die Gestaltung. Damit ein aussagekräftiges Signal entsteht, muß der verwendete Werkstoff des Temperaturfühlers einen hohen Temperaturkoeffizienten und damit einen hohen spezifischen elektrischen Widerstand und Gesamtwiderstand haben. Nickel ist aufgrund des vergleichsweise hohen Temperaturkoeffizienten, der Temperatur- und Oxidationsbeständigkeit sowie des niedrigen Preises dafür am besten geeignet. Hohe Wi-

derstandswerte des Sensorelements vereinfachen die Auswertung. Diese können entweder mit kleinen Leiterquerschnitten in der Größenordnung von 0,1 mm² oder mit einem möglichst langen Sensor erzielt werden. Das Signal läßt sich verstärken, indem das Leitermaterial gleichmäßig mäander- oder schlingenartig über die Gesamthöhe des Wärmespeichers ausgelegt wird.

Idealerweise wird das Sensorelement in Form eines Klebstreifens auf der Außenhaut unter der Wärmedämmung angebracht. Damit kann der Sensor auch bei bereits installierten Speichern nachgerüstet werden. Die Wärmedifferenz zwischen dem Speicherinhalt und der Außenhaut ist vernachlässigbar. Gegebenenfalls kann diese von der Regelung als Korrekturwert berücksichtigt werden. Damit ist auch ein Vorteil für den Anlagenbauer erkennbar: Das Anbringen des Temperatursensors ist zeitsparend und einfach möglich. Er muß den Sensor lediglich auf die Außenwand des Wärmespeichers kleben, bevor die Wärmedämmung montiert wird.

Schätzungen zufolge, bewegen sich die Herstellungskosten für ein Sensorelement in der Größenordnung von ca. 3 Euro, wenn mehr als 10 000 Stück pro Jahr produziert werden. Die Auswertelektronik ist dabei nicht berücksichtigt. Es ist also davon auszugehen, daß der integrale Temperatur-

Heizung

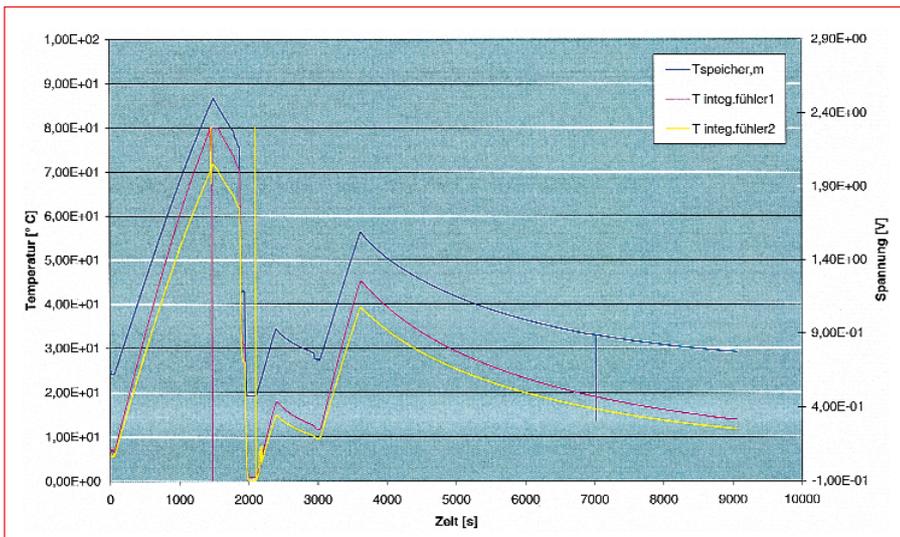


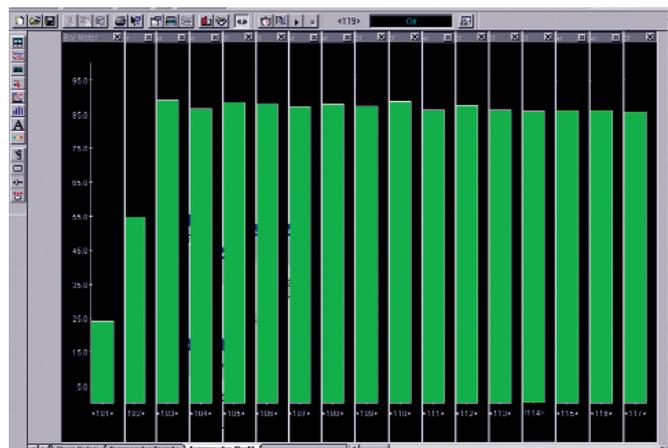
Bild 2 Temperaturen T_{i_1} und T_{i_2} der beiden getesteten Integralfühler im Vergleich zur gemessenen Durchschnittstemperatur T_{median} im Speicher (Referenz)

korrelierte während allen Versuchsphasen hundertprozentig mit der durch die punktuellen Messungen resultierenden Durchschnittstemperatur und damit mit dem Energieinhalt des Wärmespeichers. Die bereits gebauten Prototypen stellen sowohl Wirtschaftlichkeit als auch technische Machbarkeit unter Beweis. Die technische Versuchseinrichtung und der Versuchsablauf wurden so gewählt, daß sich aussagekräftige Resultate (möglichst für die Praxis) generieren lassen. Als Wärmespeicher diente ein Plexiglasrohr mit einer Höhe von 2 m und einem Durchmesser von 20 cm. Mit Hilfe eines elektrischen Heizstabs wurden verschiedene Temperaturschichtungen erzeugt. Als Referenz dienten punktuell über die gesamte Höhe gemessene Temperaturen in Abständen von 10 cm. Der Versuchsablauf läßt sich in drei Phasen einteilen:

fühler deutlich preiswerter herzustellen sein wird, als ein oder mehrere eingeschweißte Tauchhülsen mit eingesetztem Temperaturfühler.

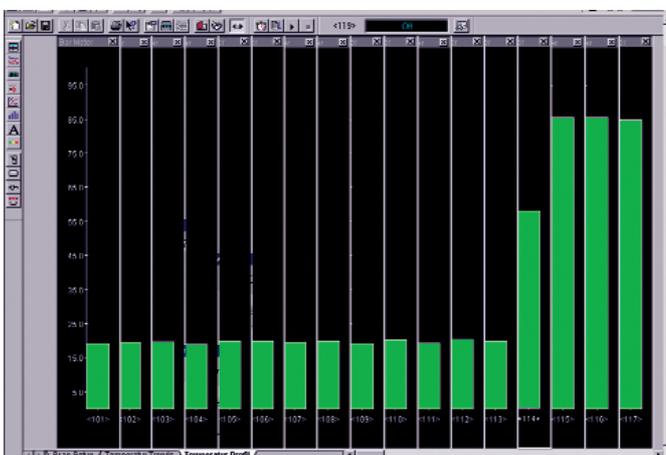
Erste Erfahrungen mit Prototypen

Die bei Sulzer Hexis durchgeführten Versuche mit handgefertigten integralen Temperaturfühlern in der Form von Mäandern zeigten die Funktionstüchtigkeit des Verfahrens. Das Signal des Temperaturfühlers

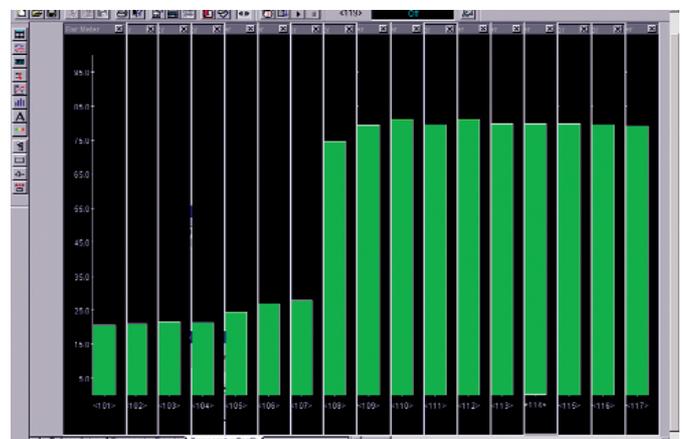


1. Versuchsphase: vollständig auf 90 °C geheizter Speicher

Bild 3 Darstellung der Messergebnisse in Abhängigkeit vom Speicherladezustand



2. Versuchsphase: die oberen 30 cm des Speichers wurden auf 90 °C geheizt (untere Schicht ca. 35 °C)



3. Versuchsphase: knapp mehr als die Hälfte des Speichers wurde auf 90 °C geheizt



Sulzer Hexis ist eine Tochter der Sulzer AG mit Sitz in Winterthur (CH). Die Kernkompetenz des Unternehmens ist die Entwicklung und Herstellung von Brennstoffzellen-Heizgeräten für den stationären Einsatz im Ein- und Zweifamilienhaus. Aus diesem Grund sucht Sulzer Hexis mögliche Interessenten (z. B. Hersteller von Speichern oder Sensorelektronik), um sie bei der Weiterentwicklung, Fertigung und Kommerzialisierung des integral messenden Temperaturfühlers zu unterstützen. Interessenten können sich dazu direkt an den Autor wenden.

- In einer ersten Versuchsphase wurde das ganze Plexiglasrohr von unten nach oben auf ca. 90 °C aufgeheizt. Anschließend kühlte das Wasser aus und wurde durch Frischwasser von 20 °C ersetzt.
- In einer weiteren Phase wurden die oberen 30cm des Wassers auf 90 °C aufgeheizt.
- In einem dritten Abschnitt wurden dann knapp mehr als die obere Hälfte des Wassers auf 90 °C aufgeheizt. Die Messungen fanden jeweils bei einer sauberen Schichtung statt. Abschließend kühlte das Wasser aus.

Die Bestimmung des Energieinhalts von Wärmespeichern mittels eines integral messenden Temperaturfühlers ist punktuell messenden Sensoren aus technischer Sicht überlegen. Der Energieinhalt eines Wärmespeichers kann genau bestimmt werden. Daraus ergeben sich auch ökonomische Vorteile: Wärmeerzeu-

ger können effizienter betrieben werden. Setzt sich der Trend zur dezentralen Energieerzeugung weiterhin fort, wird diese Eigenschaft zusätzlich an Bedeutung gewinnen. Mögliche Einsatzgebiete sind unter anderem Anlagen mit Brennstoffzellen-Heizgeräten, Mini-BHKW und Festbrennstoffkessel. Für den Handwerker sind Erleichterungen bei der Montage des Wärmespeichers zu erwarten.



**Dipl. Ing. (FH)
Philip Holoch**

arbeitet als Elektroingenieur in der Elektronikentwicklung der Sulzer Hexis AG. Seine Hauptarbeitsgebiete sind Regeltechnik,

Sensorik und Aktorik. Telefon +41 (0) 52 2 62 43 04, E-Mail: philip.holoch@sulzer.com, www.hexis.com