

## **Wärmeverlustmessungen am Prototyp eines Vakuum- superisolierten (VSI-) Speichers der Fa. Hummelsberger**

20.12.2010

Dr. rer. nat. Th. Beikircher, Dr.-Ing. F. Buttinger, M. Demharter, B.Sc.

ZAE Bayern

Walther-Meißner-Str. 6

D-85748 Garching

Tel.: 089 / 32 94 42 - 62

Fax: 089 / 32 94 42 - 23

email: [beikircher@muc.zae-bayern.de](mailto:beikircher@muc.zae-bayern.de)



## 1. Beschreibung des Speichers

- Höhe 5,63 m mit Klöpperböden.
- Konzentrische Zylinderkonstruktion aus Stahl, Wandstärke 7 mm, Höhe 4,73 m, Durchmesser innen 2 m, außen 2,4 m. Oben und unten je ein Klöpperboden mit 0,45 m Höhe und Wandstärke 10,5 mm.
- Aus Konstruktionsplan abgeschätzter Rauminhalt des Innenspeichers: ca. 16,75 m<sup>3</sup>, davon ca. 1,9 m<sup>3</sup> in den Klöpperböden, Eingefülltes Wasservolumen, gemessen bei Umgebungstemperatur: 15,54 m<sup>3</sup>. Dies entspricht bei Umgebungstemperatur einer Masse von 15540 kg und bei 90°C einem Volumen von 16,10 m<sup>3</sup>, bei unveränderter Masse von 15540 kg, sofern kein Wasser ins Ausgleichsgefäß geflossen ist.
- 20 cm starke, auf 0,05 mbar evakuierte Perlitisolation zwischen Innen- und Außenzylinder, sowie zwischen inneren und äußeren Klöpperböden.

## 2. Beschreibung der Testprozedur

Der Speicher wurde mit 90 °C heißem Wasser gleichmäßig befüllt und die Abkühlrate durch 6 im Speicher montierte Temperaturfühler (IF1-IF6) über mehrere Monate bestimmt. Die hier dargestellten experimentellen Werte stammen aus einer zehntägigen Messperiode im Dezember 2010 bei einer mittleren Außentemperatur von -4,26 °C.

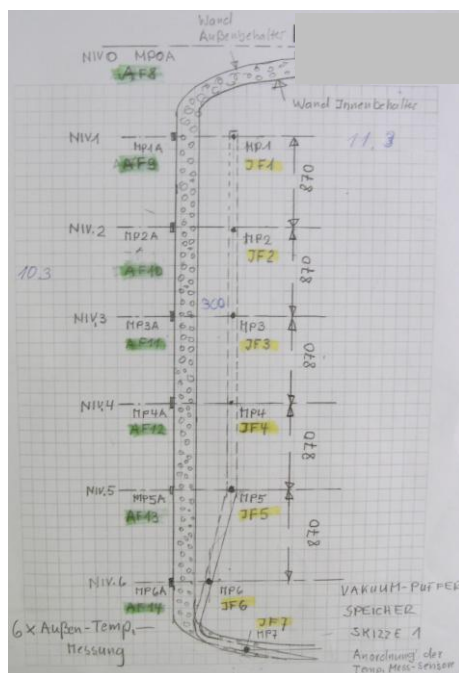


Abb. 1: Positionen der Temperaturfühler im Speicher.

### 3. Messergebnisse

- Alle Temperaturfühler zeigten nahezu die gleiche Auskühlrate. Es ergab sich eine über alle 6 Fühler gemittelte Auskühlrate von  $2,69 \cdot 10^{-6}$  K/sec, das sind etwa 0,23 K pro Tag, oder nur etwas mehr als 1,6 K pro Woche.
- Aus den Wärmekapazitäten des im Speicher befindlichen Wassers und Stahls und der experimentell bestimmten Abkühlrate errechnet sich eine Verlustleistung von 178 W über die gesamte Speicheroberfläche. Aus der verwendeten Isolationsdicke von 20 cm errechnet sich eine gesamte effektive Wärmeleitfähigkeit von lediglich  $(10,1 \pm 1) \cdot 10^{-3}$  W/mK für die Perlitisoliation bei einer mittleren Wassertemperatur im Speicher von 86,5 °C und einer mittleren Außentemperatur von -4,26 °C. Der angegebene Messfehler ergibt sich aus der Differenz zwischen Hohlraum- und Wasservolumen sowie aus der Abschätzung der Randverluste an den Klöpperböden. Das ist eine etwa fünfmal bessere Isolationswirkung als bei Mineralwolle und eine knapp dreimal bessere Isolationswirkung gegenüber PU-Schaum, der besten heute verfügbaren konventionellen Speicherisolation.

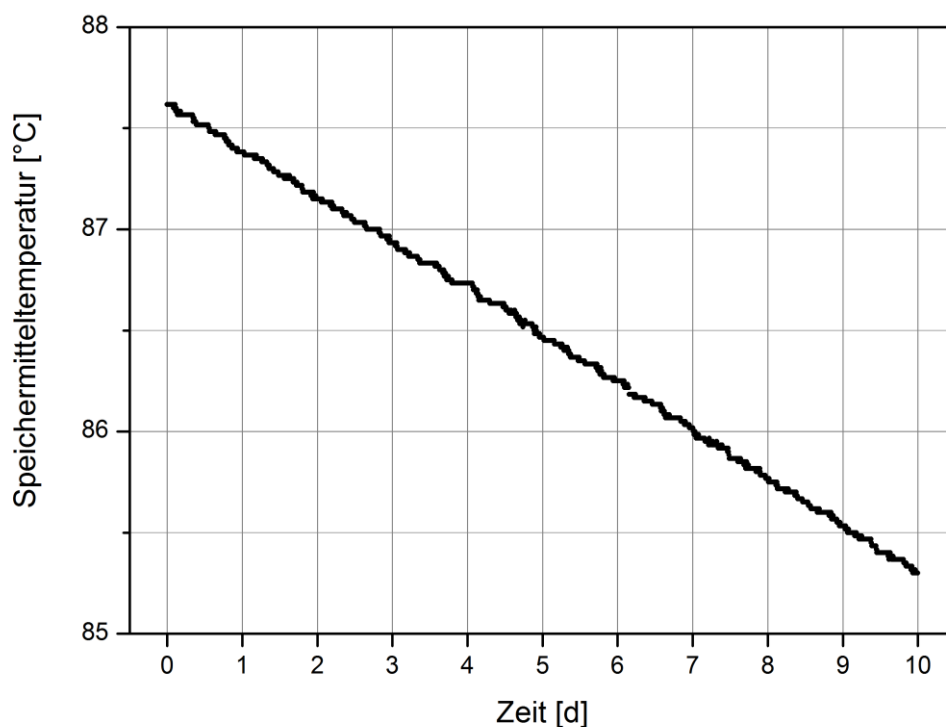


Abb. 2: Gemessene Auskühlrate des Speichers.



#### **4. Ausblick**

Am ZAE Bayern werden momentan Messungen der einzelnen Wärmeverlustmechanismen an der Perlitfüllung durchgeführt. Diese sind:

1. Infrarot-Strahlungstransport in Abhängigkeit von Temperatur und Dichte
2. Festkörperleitung in Abhängigkeit von Temperatur und Dichte
3. Gaswärmeleitung in Abhängigkeit von Vakuumdruck und Gasart

Es ist zu erwarten, dass ein nach den Resultaten der Messungen weiter optimierter VSI-Speicher Wärmeleitfähigkeiten deutlich unter  $10 \text{ mW/m}^{\circ}\text{K}$  erreichen wird.

München, den 20.12.2010

Dr. Th. Beikircher

Dr. F. Buttinger

M. Demharter, B.Sc.