

N.A. Malatidis und K. Bertsch

## Latentspeicher für Solarenergie - derzeit lohnend?

### 1. Prinzip von Latentspeichern

Die Nutzung der solaren Einstrahlung macht aufgrund der täglich und jahreszeitlich unterschiedlichen Intensitäten und der zeitlichen Verschiebung zwischen Angebot und Bedarf den Einsatz von Wärmespeichern erforderlich. Im Vergleich zu sensiblen Wärmespeichern wie Wasser-, Erd- oder Steinspeichern verspricht die latente Wärmespeicherung zunächst einige Vorteile [1]:

- Speicherung der gleichen Wärmemenge auf einem niedrigeren Temperaturniveau.
- Bereitstellung der Nutzwärme auf konstantem Temperaturniveau.
- Wahl der gewünschten Betriebstemperatur durch Auswahl geeigneter Speichermedien.
- Erzielung der Speichertemperatur durch direkte solare Einstrahlung.
- Kleinere Speichervolumen durch höhere Wärmekapazitäten der Speichermedien.

Wärmespeicher sind nur dann effizient, wenn die Wärme in vernünftigen Zeiträumen zu- und abgeführt werden kann. Bei latenten Wärmespeichern hängt dies u.a. von den Wärmeleitfähigkeiten des Speichermaterials in seinen unterschiedlichen Aggregatzuständen und dem gewählten System des Wärmeaustausches ab. Bild 1 vergleicht die Energiedichte des latent wirkenden anorganischen Eu-

tektikums  $\text{Mg}(\text{NO}_3) \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{NH}_4\text{NO}_3$  zu Wasser in Abhängigkeit von der Temperatur. Nach [2] lassen sich für die latente Wärmespeicherung folgende Wärmeaustauschsysteme beschreiben:

#### Statischer Speicher

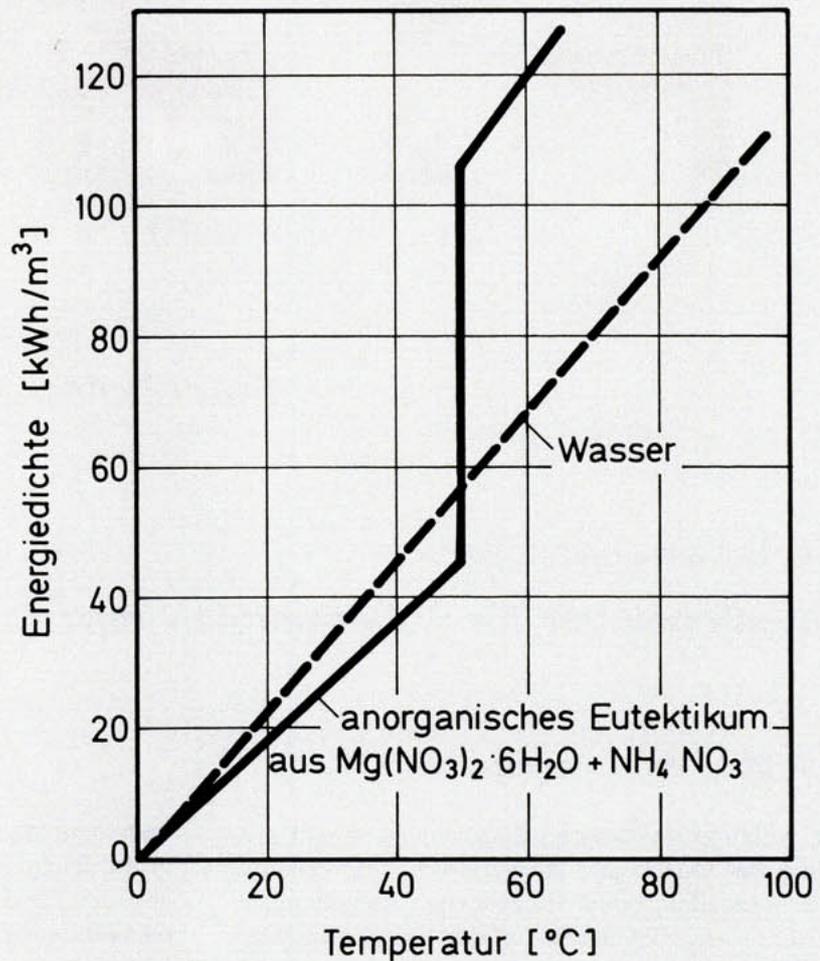
Für den Wärmeaustausch werden konventionelle Wärmeaustauscher eingesetzt, das Wärmespeichermedium wird nicht bewegt. Meist anorganische Substanzen kristallisieren im Entladeprozeß an der Wärmetauscherfläche als kälteste Stelle aus. Die sich bildende Kristallschicht erfährt mit dem Anwachsen einen zunehmenden Wärmeleitwiderstand, was Einfluß auf die Entladeleistung hat.

#### Hybrid-Speicher

Diese gehören zu den statischen Speichern, bei denen das Speichermedium nicht bewegt wird. Einem Wasserspeicher wird ein in kleine Volumeneinheiten abgekapseltes Latentspeichermedium zugegeben.

#### Dynamische Speicher

Zur Erzielung eines direkten Wärmeaustausches wird das Speichermedium von einem mit diesem nicht mischbaren Fluid durchströmt. Die Kristallisation beim Entladen des Speichers erfolgt nicht an Grenzflächen, sondern im freien Volumen.



**Bild 1:** Energiedichte eines Latentspeichermediums im Vergleich zu Wasser in Abhängigkeit von der Temperatur

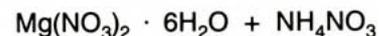
Dem Wärmetauschersystem kommt folglich bei der Latentwärmespeicherung die wichtigste Bedeutung zu. Wärmeaustauscher und Speichermedium müssen systembedingt aufeinander abgestimmt sein.

## 2. Entwickeltes Speichersystem

Im Hinblick auf eine möglichst einfache Anwendung wurde mit Förderung der Forschungsgesellschaft der Gips-Schüle-Stiftung in der Gips-Schüle-Abteilung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik ein statischer Latentspeicher entwickelt. Der Speicherbehälter für das Wärmespeichermedium übernimmt dabei die Funktion des Kollektors und des Wärmeaustauschers für die Be- und Entladung des Speichermediums in einem. Bild 2 erläutert die entwickelte Konstruktion. Das Speichersystem besteht aus einem quaderförmigen Behälter, der ein Rippenpaket umschließt. Die aquidistant angeordneten Rippen sind mit den beiden großen Flächen starr verbunden. Eine der großen Flächen ist als Flachkollektor ausgebildet; wie Bild 3 zeigt, erhält der Absorber eine Glasabdeckung bzw. eine Abdeckung aus einem lichtdurchlässigen Dämmstoff. Die andere große Fläche ist mit Kanälen für den Durchfluß eines Fluids versehen; über diese Fläche erfolgt die

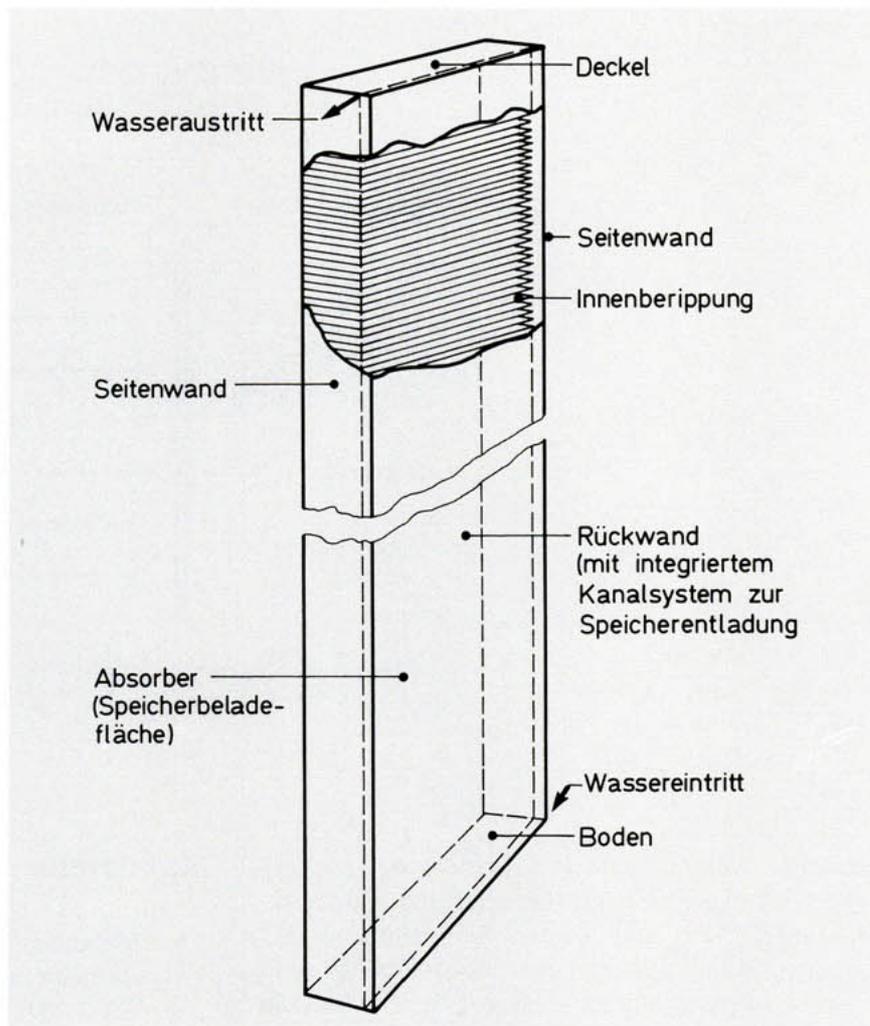
Entladung. Außer der Kollektorfläche wird der Behälter ringsum wärmegedämmt. Über das Rippenpaket erfolgt die Übertragung der absorbierten Energie in das zwischen den Rippen befindliche Speichermedium und aus dem Speichermedium in das strömende Fluid. Die Wärmeaufnahme und die Wärmeabgabe aus dem Speichermedium erfolgt bei konstanter Temperatur.

Das physikalische, chemische und elektrochemische Verhalten des Speichermaterials ist ein Kriterium für die Wärmeaustauscherkonstruktion. Bei den Untersuchungen wurde als Speichermedium ein anorganisches Eutektikum aus



getestet. Bei der Arbeitstemperatur von 50 °C konnten keine einschränkenden Nachteile festgestellt werden. Die Schmelzvorgänge erfolgten kongruent bei geringer Volumenänderung, die Substanz blieb chemisch stabil, metastabile thermische Zustände wie zu starke Unterkühlung oder Überhitzung konnten nicht festgestellt werden.

Für die Nutzbarkeit und Einsetzbarkeit ist die Wahl der Arbeitstemperatur in Verbindung mit der Wärmekapazität von Bedeutung; diese sind auf die klimatischen Bedingungen des Einsatzortes abzu-



**Bild 2:** Schematische Darstellung eines solaren Latentwärmespeichermoduls mit Wasserentladungssystem

stimmen. Die gewählte Arbeitstemperatur von 50 °C erlaubt den Einsatz des Latentwärmespeichers sowohl für die Raumheizung als auch für die Warmwasserbereitung. Das bei einer solaren Anwendung für die Beladung am Absorber erforderliche Temperaturniveau von 55 °C bis 60 °C kann mit den im Mittel vorliegenden Strahlungsintensitäten auch bei niedrigen Außenlufttemperaturen erzielt werden. Wie in [1] dargestellt, ist die Wärmekapazität einer Speichereinheit von den am Einsatzort herrschenden klimatischen Bedingungen, vor allem der Strahlungsdichte, abhängig. Letztere hängt wiederum jahreszeitlich von der Orientierung des Kollektors ab. Die klimatischen Randbedingungen bestimmen die Verlustfaktoren.

### 3. Kosten-Nutzen-Verhältnis

Unter der Voraussetzung einer einsatzort- und nutzungsbezogenen Dimensionierung läßt sich das Kosten-Nutzen-Verhältnis abschätzen. Bei einer Speichereinheit mit einer Wärmekapazität von 5 kWh und einer effektiven Kollektoroberfläche von 2 m<sup>2</sup> (2.5 kWh/m<sup>2</sup>) ergeben sich auf der Grundlage

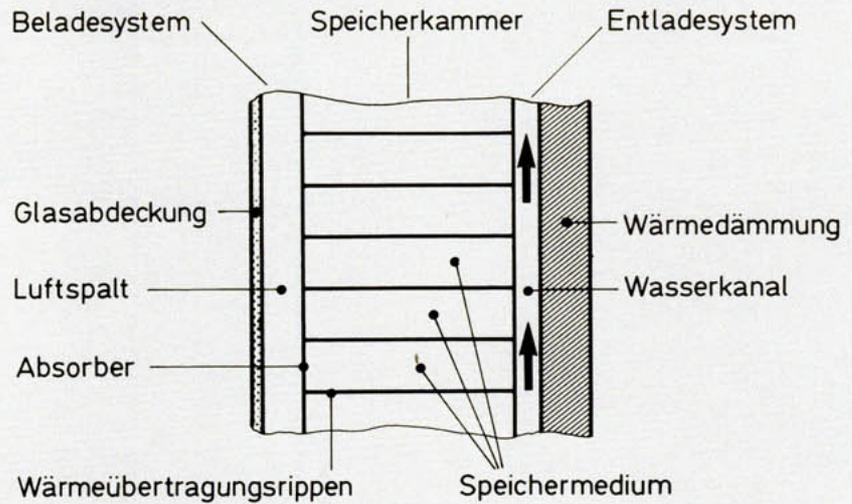
der Prototypkosten bei "handwerklicher Fertigung" folgende Kosten:

|   |                   |
|---|-------------------|
| Speicherbehälter/Wärmetauscher          | DM 1200,--        |
| Speichermedium                          | DM 200,--         |
| <b>Gesamtkosten für 2 m<sup>2</sup></b> | <b>DM 1400,--</b> |

Der Nutzfaktor ist klimaabhängig, er soll an zwei Beispielen im mitteleuropäischen und mediterranen Raum erläutert werden. Nach [3] sind bei den Standorten Würzburg und Nizza auf südorientierten Flächen im Mittel jährlich 1260 kWh/m<sup>2</sup> bzw. 1890 kWh/m<sup>2</sup> Solarenergie vorhanden. Davon werden ca. 60 % verwertbar sein. Die mittlere Jahrestemperatur beträgt in Würzburg 9,1 °C und in Nizza 14,7 °C.

Den Systemkosten stehen bei einem Energiepreis von 0,18 DM/kWh eingesparte Energiekosten von ca. 136,-- DM/m<sup>2</sup> in Würzburg und ca. 204,-- DM/m<sup>2</sup> in Nizza gegenüber. Eine Abschätzung nach der statischen Amortisationsrechnung [4] ergibt eine Amortisationszeit von 6 Jahren in Würzburg und ca. 3 Jahren in Nizza. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, daß die relativ niedrige Solarstrahlung wäh-

## Latentwärmespeichersystem



**Bild 3:** Prinzipieller Aufbau eines solaren Latentwärmespeichersystems zur Warmwasserbereitung

rend der Wintermonate in Würzburg ein zusätzliches Heizungssystem für Raumheizung und Warmwasserbereitung voraussetzt. Eine Nutzung des Latentspeichers ist dort nur in den Übergangs- und Sommermonaten möglich. Hingegen erlauben die Strahlungsdaten von Nizza den Einsatz eines Latentwärmespeichers im monovalenten Betrieb, d.h. auf ein Zusatzheizungssystem könnte verzichtet werden.

## 4. Literatur

- [1] Malatidis, N.A.: Latente Thermospeicher als Bauteile zur Solarenergienutzung. Bericht SA 01/84, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, April 1984
- [2] Lindner, F.: Latentwärmespeicher - Teil I: Physikalisch-technische Grundlagen. Brennst.-Wärme-Kraft 36 (1984), 7 - 8, S. 323 - 326
- [3] Atlas über die Sonnenstrahlung Europas, Band II: Global- und Diffusstrahlung auf vertikale und geneigte Oberflächen. Verlag TÜV Rheinland, Köln (1984)
- [4] Werner, H. und Gertis, K.: Zur Wahl von Kalkulationsmethoden bei der Ermittlung der Wirtschaftlichkeit von Energiesparmaßnahmen. Baumasch. u. Bautechn. 26 (1979), H. 2, S. 65 - 72