

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 111 (1993)  
**Heft:** 23

**Artikel:** Latentwärme-Speicher: Nutzung der Sonnenenergie für die Raumheizung mit Hilfe von Phasenwechsel-Materialien  
**Autor:** Manz, Heinrich / Egolf, Peter W.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-78193>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 25.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

öffentlichten Bauherren beträchtlich. Offensichtlich ist die Bereitschaft vorhanden, «etwas für den Umweltschutz zu tun», wenn das Kosten/Nutzen-Verhältnis stimmt. Im Falle der Energiepfeile fasziniert natürlich in erster Linie *der Ausblick, dass Pfähle, die ja sonst nur Mehrkosten verursachen, für noch etwas mehr Geld als wirtschaftlich höchst interessanter und umweltschonender Energieträger genutzt werden können*. Dass derartige alternative Energiesysteme auch weit-

gehende Unabhängigkeit gegenüber wirtschaftlichen und politischen Entwicklungen im Ausland mit sich bringen, ist ein anderer nicht zu unterschätzender Faktor. Der Ausblick auf weitere Nutzungsmöglichkeiten ist ebenfalls vielversprechend; so lassen sich z.B. glatteisgefährdete Brücken und Lehnenviadukte, wenn sie auf Pfählen fundiert sind, oft ohne Zwischenschaltung einer Wärmepumpe und damit zu minimalen Betriebskosten, soweit beheizen, dass die Frostgefahr bei durch-

schnittlichen Minustemperaturen auch ohne Tausalz weitgehend eliminiert werden kann. Andere Anwendungsmöglichkeiten werden zurzeit untersucht – innovative Phantasie ist gefragt.

Adressen der Verfasser: *Hans Kapp, Dr. geol. ASIC/SIA, Grundbauberatung AG, Helvetiastrasse 41, 9000 St. Gallen, und Christoph Kapp, dipl. geol., Dr. sc. nat. ETH-Z, NEK-Umwelttechnik AG, Clausiusstrasse 41, Postfach, 8033 Zürich.*

## Latentwärme-Speicher

Nutzung der Sonnenenergie für die Raumheizung mit Hilfe von Phasenwechsel-Materialien

**«Sonnenstrahlung hätten wir genug – leider zum falschen Zeitpunkt». Der Schlüssel zu einer effizienten Nutzung der Sonnenenergie für die Raumheizung liegt deshalb in der Speicherung von Wärmeenergie. Wechselt ein Stoff seinen Aggregatzustand – z.B. von fest auf flüssig –, nimmt er viel Wärme auf bzw. gibt sie beim Erstarren wieder ab. Durch die Wahl eines Stoffs mit grosser Schmelzwärme und günstig liegender Schmelztemperatur kann Wärmeenergie mit hoher Dichte verlustarm gespeichert werden.**

### Warum Wärmespeicherung?

Die jährliche Sonneneinstrahlung auf 1 m<sup>2</sup> horizontale Fläche der Stadt Zürich beträgt 4156 MJ. Nach SIA 380/1 (Grenzwert) beträgt der maximal zulässige Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser von neuen Mehrfamilienhäusern nur noch 400 MJ pro m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche und Jahr. Weil jedoch Angebot und Nachfrage zeitlich schlecht übereinstimmen, muss Energie gespeichert werden. Im Bereich der thermischen Sonnenenergie-Nutzung unterscheiden wir drei Fälle:

- Angebot am Tag/Bedarf auch in der Nacht
- Angebot während Schönwetterperiode/Bedarf vorwiegend während Schlechtwetterperiode
- Angebot hauptsächlich im Sommer/Bedarf im Winter (Bild 1).

### Speicherarten, insbesondere Latentwärme-Speicher

Am geeigneten erscheint uns eine Einteilung der verschiedenen Speicher nach dem physikalischen Prinzip der Speicherung (Bild 2).

### Formelzeichen

a	Temperaturleitzahl	[m <sup>2</sup> /s]
h	Spezifische Enthalpie	[J/kg]
h <sub>m</sub>	Spez. Schmelzenthalpie	[J/kg]
T	Temperatur	[° Coder K]
q	Wärmefluss durch Leitung	[W/m <sup>2</sup> ]
q'	Energiefluss in das Speichermaterial (zum Beispiel durch Absorption von Sonnenstrahlung)	[W/m <sup>2</sup> ]
t	Zeit	[s]
λ	Wärmeleitfähigkeit	[W/m K]
ρ	Dichte	[kg/m <sup>3</sup> ]
c <sub>p</sub>	spezifische Wärmekapazität	[J/kg K]

Um Wärme speichern zu können, wird ein Speichermedium als Wärmeträger benötigt. Am gebräuchlichsten sind die

VON HEINRICH MANZ UND  
PETER W. EGOLF,  
DÜBENDORF

**sensiblen Speicher:** Das Speichermedium bleibt in sämtlichen Systemzuständen im gleichen Aggregatzustand. Meistens handelt es sich um einen Festkörper oder eine Flüssigkeit, da deren spezifische Wärmekapazitäten grösser sind als die der entsprechenden Gasphase. Kleinere Ausdehnungskoeffizienten im festen und flüssigen Zustand sind ebenfalls ein Vorteil. In solchen Speichern geht mit einer Wärmeaufnahme eine monotone Temperaturerhöhung einher. Die gespeicherte Wärmeenergie beträgt:

$$Q = \int_{T_i}^{T_f} m \cdot c_p \cdot dT \quad (1)$$

Die Grösse m bezeichnet die Masse des Speichermediums, c<sub>p</sub> dessen spezifische Wärmekapazität. T<sub>i</sub> und T<sub>f</sub> sind die Temperaturen im Anfangs- (initial) und Endzustand (final).

Die *Latentwärme-Speicher* ändern bei Erreichung der Temperatur T<sub>m</sub> auch die Phase (Bild 3). Der Phasenwechsel ist mit einer zusätzlichen Energieaufnahme, resp. -abgabe verbunden, die in der folgenden Gleichung durch den zweiten Term beschrieben wird:

$$Q = \int_{T_i}^{T_m} m \cdot c_p \cdot dT + m \cdot h_m + \int_{T_m}^{T_f} m \cdot c_p \cdot dT \quad (2)$$

Die latente Wärmeaufnahme m·h<sub>m</sub> ist in den meisten Fällen viel grösser als die gespeicherten sensiblen Wärmemengen. Daher können mit diesen Speichern höhere Energiedichten erzielt werden.

**Chemische Speicher** erreichen sehr hohe Energiedichten durch das Aufspalten und Neuordnen von molekularen Bindungen in einem umkehrbaren chemischen Prozess. Zudem bieten sie den Vorteil, bei Zimmertemperatur verlustfrei Energie speichern zu können. In der Anwendung sind solche Speicher aber schwieriger zu handhaben als die ersten beiden Speicherarten.

Wärme-Speicher lassen sich aber auch nach anderen Kriterien einteilen:

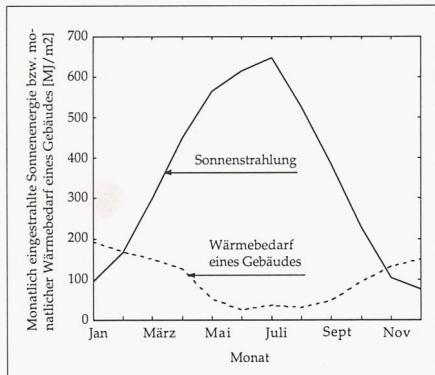


Bild 1. Zeitliche Verschiebung von Angebot und Nachfrage: Als Basis diene ein dreigeschossiges Mehrfamilienhaus in der Stadt Zürich. Das Diagramm zeigt die monatliche Sonneneinstrahlung auf 1 m<sup>2</sup> Horizontalfläche und den monatlichen Energiebedarf für Heizung und Warmwasser für 3 x 1 m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche. Der Jahresverbrauch entspricht dem Grenzwert für Neubauten nach SIA 380/1 [1]

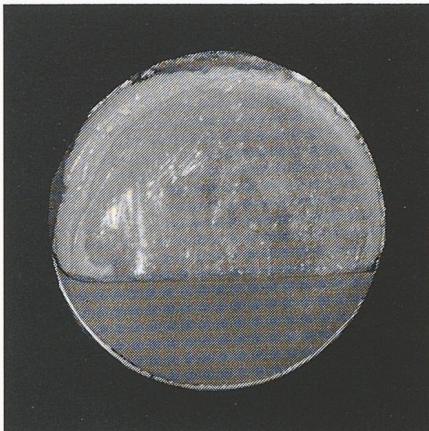


Bild 3. Salzhydrat-Kristall während des Schmelzvorgangs

nach dem Medium:

- Wasserspeicher
- Gesteinspeicher usw.

Bei einer saisonalen Speicherung von Sonnenenergie gibt es nur einige wenige Ladezyklen pro Jahr. Dies ist finanziell ungünstig. Deshalb werden für die saisonale Wärmespeicherung vor allem preisgünstige Materialien, z.B. natürliche Substanzen wie Wasser, Erdreich u.s.w. eingesetzt. Teurere Materialien haben nur dann eine Chance, wenn ihr Einsatz zum Beispiel in einem Niedrigenergiehaus auf den Verzicht eines konventionellen Heizungssystems führt. Für die Kurzzeitspeicherung – mit größerer Ladefrequenz – kommen auch etwas teurere Substanzen noch in Frage. Solche sind zum Beispiel die Latentwärme-Speichermaterialien. Diese haben einige Vorteile:

nach der Temperatur:

- Niedertemperatur-Speicher (Speichertemperatur kleiner als 90°C)
- Mitteltemperatur-Speicher (bis 250°C)
- Hochtemperatur-Speicher (über 250°C)

nach der mittleren Speicherzeit:

- Kurzzeitspeicher (mittlere Speicherzeit kleiner oder gleich ein Monat)
- Langzeitspeicher (mittlere Speicherzeit größer als ein Monat)

- Die höhere Wärmekapazität führt auf kleinere Speichervolumina (Bild 4)
- Beinahe die gesamte Wärmeenergie kann auf einem niedrigen Temperaturniveau gespeichert werden:
  - Es entstehen geringere Wärmeverluste.
  - Der Speicher ist oft direkt mit dem Kollektor verbunden. Tiefe Temperaturen im Speicher führen zu kleineren Kollektortemperaturen. Dies hat grösere Kollektowirkungsgrade zur Folge.

- Die Nutzenergie kann auf einem konstanten Temperaturniveau bereitgestellt werden.

Aber es gibt auch einige Nachteile:

- Die Wärmeleitfähigkeit in der festen und flüssigen Phase ist schlecht.
- Das Volumen in der festen Phase ist kleiner – beim Erstarren können sich Hohlräume bilden, die den Wärmetransport noch zusätzlich beeinträchtigen.
- Salzhydrate sind korrosiv gegen einige Metalle. Das Auffüllen des Materials in geeignete Kunststoffkapseln löst dieses Problem.
- Einige Materialien sind nicht stabil, sie entmischen sich.
- Das Schmelzen ist oft breitbandig (dies muss nicht immer ein Nachteil sein).
- Das Speichermedium ist teuer.

Aus folgenden Gründen erscheint uns **Kalziumchlorid-Hexahydrat** für Nie-

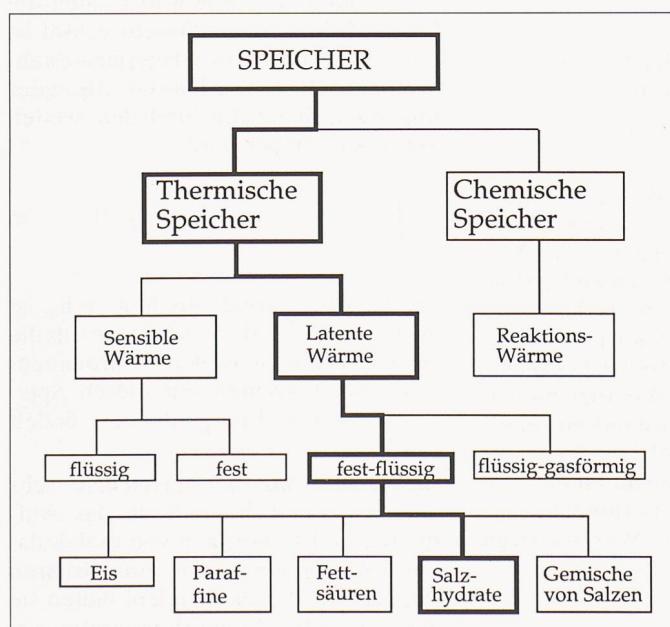


Bild 2. Einteilung der verschiedenen Speicher nach dem physikalischen Speicherprinzip (in Anlehnung an Referenz [2]). Dicke ausgezogene Linie ist ein Weg, der uns für solare Niedertemperatur-Anwendungen im Baubereich sinnvoll erscheint. Auf der untersten Stufe sind einige Latentwärmespeicher-Medien aufgelistet

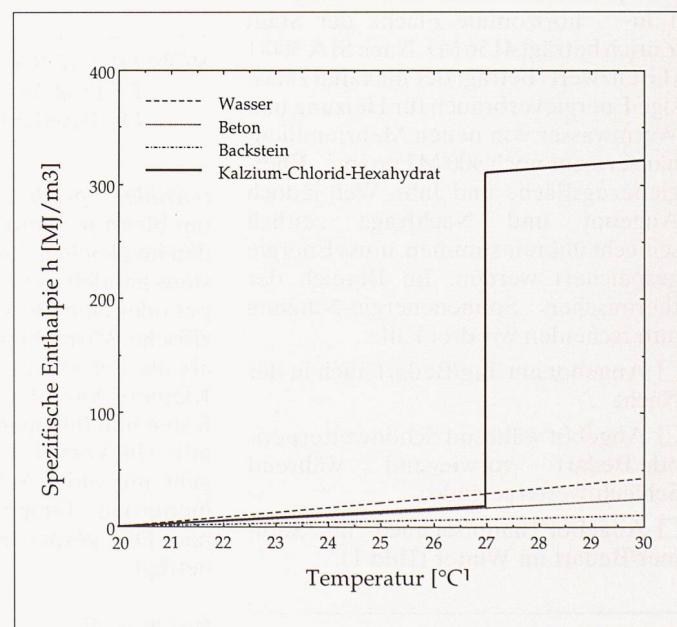


Bild 4. Speicherfähigkeit einiger typischer Materialien der Bauphysik im Vergleich mit Kalziumchlorid-Hexahydrat (idealisierte Enthalpiefunktion)

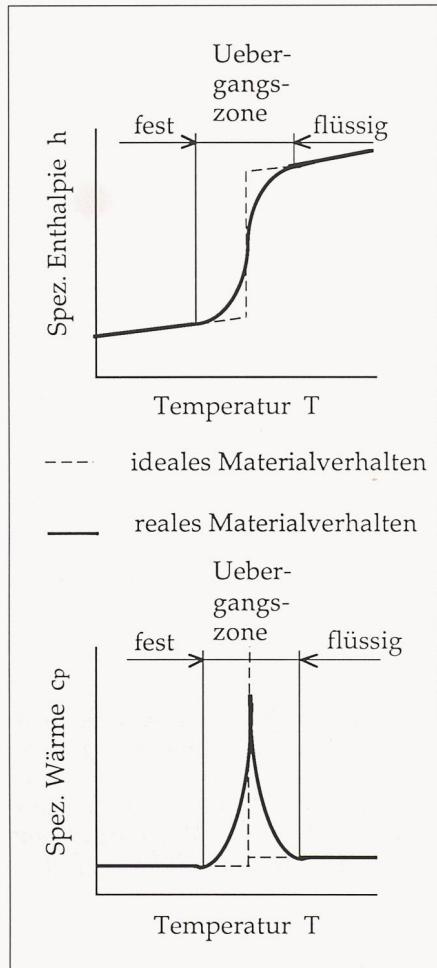


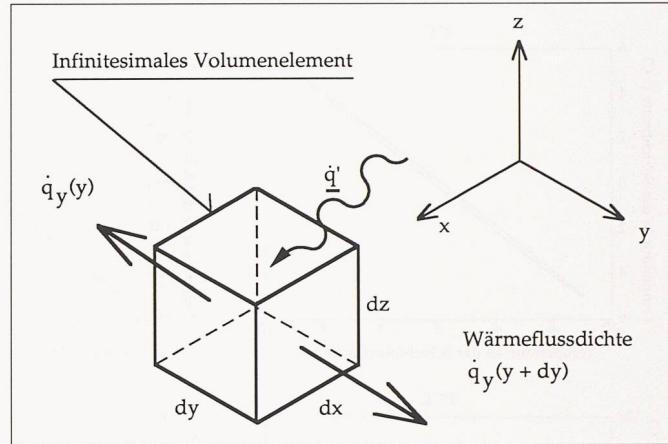
Bild 5. Ideales und reales Verhalten von Latentwärme-Speichermaterialien

dertemperatur-Anwendungen geeignet:

- Die Schmelztemperatur liegt günstig (in der technischen Anwendung: 27°C), knapp oberhalb der Raumlufttemperatur.
- Die Schmelzenthalpie ist gross ( $h_m = 192 \text{ kJ/kg}$ ).
- Das Material ist ungiftig, nicht brennbar und nicht explosiv.
- Die zyklische Belastbarkeit ist sehr gut: Während 5650 Zyklen eines Schmelzen-Erstarren-Prozesses wurden keine wesentlichen Veränderungen der Eigenschaften von  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  festgestellt [4].

Bei einer Temperatur von 30°C ist die Enthalpie von Kalziumchlorid-Hexahydrat pro Volumeneinheit achtmal grösser als diejenige von Wasser. Bei Raumheizungsproblemen muss im allgemeinen von einer Basistemperatur von 20°C ausgegangen werden. Wird der Speicher durch ein Wärmeträgerfluid beladen, so sind Zwischenräume im Speichermaterial vorzusehen. Die speicherbare Enthalpie pro Volumeneinheit kann daher bei Luftsystemen bis auf 50% herunterfallen.

Bild 6. Infinitesimales Volumenelement  $dV$  eines Latentwärme-Speichers



muliert (Bild 6), so erhält man mit dem Gesetz von Fourier für die Wärmeleitung

$$\dot{q} = -\lambda \cdot \nabla T \quad (4)$$

und ohne Berücksichtigung von Wärmetransport infolge Strömung in der flüssigen Phase:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \cdot \nabla^2 T + \left[ \frac{1}{\rho \cdot c_p} (\nabla \lambda \cdot \nabla T) - \frac{T}{\rho} \frac{\partial p}{\partial t} - \frac{T}{c_p} \frac{\partial \rho}{\partial t} \right] + \frac{1}{\rho \cdot c_p} \nabla \cdot \dot{q} \quad (5)$$

Die ersten beiden Terme entsprechen der gewöhnlichen Wärmeleitungs-Differentialgleichung, in der Klammer sind die Korrekturterme wegen ändernder Stoffgrössen. Da diese Stoffgrössen auch von der Temperatur abhängen, sind diese Terme nichtlinear. Der letzte Term beschreibt eine Quelle oder Senke (siehe Kapitel: Projekte an der EMPA). Zudem müssen die Massenerhaltung erfüllt und die Anfangs- und Randbedingungen angegeben werden.

Ein auf der Basis der beschriebenen Modelle aufgebautes Simulationsprogramm konnte nichtlineare Effekte – verursacht durch den Schmelzprozess – aufzeigen (Bild 7). Es wurde das Verhalten einer Kalziumchlorid-Hexahydrat-Schicht der Dicke 4 cm rechnerisch untersucht. Die Konvektion in der flüssigen Phase wurde vernachlässigt. Das kommerziell erhältliche Material besitzt eine mittlere Schmelztemperatur von zirka 27°C und eine Schmelzintervallbreite von ungefähr 4°C. Die Vorderseite einer Schicht von konstanter Temperatur wurde durch eine Temperatur-Schwingung der Amplitude 10 K und der Periode 24 h angeregt. Auf der Rückseite wurde die Temperatur immer konstant auf der Anfangstemperatur gehalten. Nach einer Periode von einem Tag wurde der schon gut eingeschwungene Zustand während dem rechnerischen Durchlaufen des zweiten Tages aufgezeichnet. Auf den Ordinaten der Bilder können die Temperaturen in der Mitte der Schichten abgelesen werden. Bei einer Ausgangstemperatur von 0°C entsteht in dieser Dar-

### Mathematisch-physikalische Modellbildung von Latentwärme-Speichern

Die Enthalpie ist im flüssigen Zustand wesentlich grösser als im Festkörper. Ein ideales Material würde bei einer klar definierten Temperatur schmelzen, die Enthalpiekurve somit an dieser Stelle «springen» (dünn gestrichelte Kurve in Bild 5). Reale Latentwärmespeicher-Materialien weisen oft keine klar definierte Schmelztemperatur auf. In einem Temperaturintervall gibt es eine Übergangszone zwischen den Phasen fest und flüssig (dick ausgezogene Kurve). Die spezifische Wärmekapazität ist die Ableitung (Steigung) der Enthalpie als Funktion der Temperatur:

$$c_p = \frac{dh}{dT} \quad (3)$$

In Bild 5 wird die spezifische Wärmekapazität eines idealen und realen Materials gezeigt. Im idealen Fall geht die Kurve mit der Breite Null nach Unendlich, besitzt aber trotzdem noch die endliche Fläche, welche gerade der Schmelzenthalpie  $h_m$  entspricht.

Falls das Material sich ideal verhält, treten zwei sauber getrennte Gebiete auf, eines enthält nur feste Materie, das andere nur flüssige. Für beide Gebiete gilt die Wärmeleitungs-Differentialgleichung mit den entsprechenden Stoffgrössen. Diese zwei Gleichungen und eine Bedingung für die Grenze zwischen den beiden Phasen sowie die zugehörigen Randbedingungen bilden das sogenannte Stefan-Problem [5,6].

Reales Materialverhalten erfordert nur das Aufstellen einer Differentialgleichung und auch die Grenzbedingung entfällt, da der Übergang vom festen zum flüssigen Gebiet kontinuierlich ist. Dagegen sind (siehe zum Beispiel die spezifische Wärmekapazität in Bild 5) die Stoffgrössen als Funktionen der Temperatur zu behandeln.

Wird für ein infinitesimales Volumenelement die Energieerhaltung for-

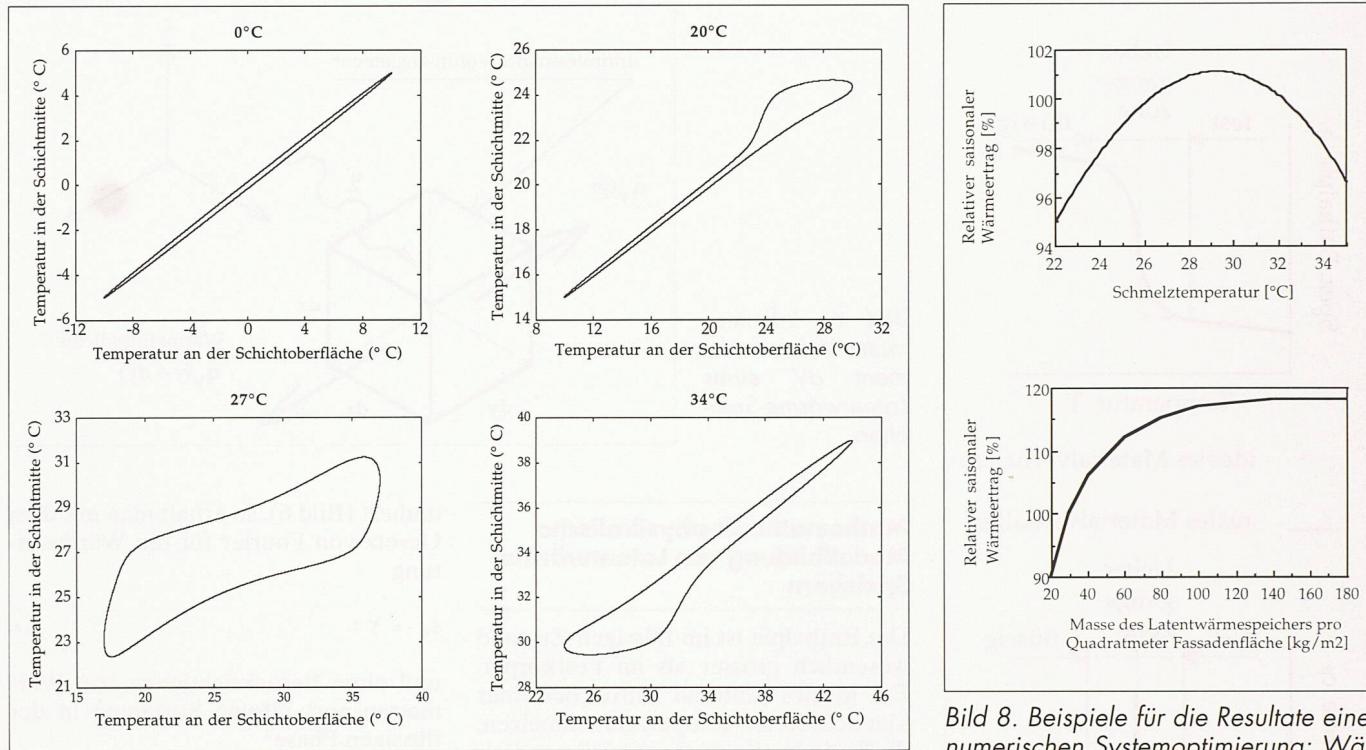


Bild 7. Rechnerisch ermittelte Temperatur in der Mitte einer Schicht Kalziumchlorid-Hexahydrat bei einer Anfangstemperatur des Materials von 0° C, 20° C, 27° C und 34° C unter periodischer Anregung auf einer Seite (Oberfläche) der Schicht

stellung eine schlanke elliptische Lissajou-Figur. Diese repräsentiert eine lineare Antwort, da um 0° C das Material sich im nichtgeschmolzenen Zustand befindet. In diesem Fall verhält sich das Material wie eine feste Wand: rein sensibel. Bei 20° C bewirken hohe Temperatursignale ein teilweises Schmelzen, und die Lissajou-Figur wird im oberen Teil deformiert. Bei 27° C befindet sich die Schicht mitten im Schmelzbereich. Die Deformation der Figuren ist eine Folge des zusätzlichen Auftretens von Frequenzen in der Wandschicht, die von der Anregungsfrequenz des Signals an der Wandoberfläche abweichen. Das Generieren neuer Frequenzen ist charakteristisch für nichtlineare Systeme. Bei noch höheren Temperaturen (34° C) ist beinahe die ganze Schicht vollständig geschmolzen, und wir erkennen das Hervortreten einer neuen Ellipse, die aber wegen anderer Stoffwerte im Flüssigbereich ein wenig breiter ist.

Es gibt Fälle, wie zum Beispiel luftdurchströmte Speicher, die kleine Kapseln enthalten, deren Modellbildung viel einfacher ist als im oben ausgeführten Beispiel [6].

## Berechnung und Dimensionierung von Solarsystemen

Detaillierte Untersuchungen komplexer Systeme mit einer Vielzahl von Pa-

rametern sind auf moderne Rechenmethoden angewiesen. Für die Solartechnik mit den stochastischen Randbedingungen – gegeben durch das Wetter und die Benutzer – gilt dies ganz besonders. Die Architektur derartiger Rechenprogramme, mit eingebauten mathematisch-physikalischen Modellen wie zum Beispiel das oben dargestellte, ist meistens modular. Dies heisst, dass das Gesamtsystem in Subsysteme aufgeteilt wird. Die Übergabevervariablen zwischen den einzelnen Modulen sind z.B. Temperaturen und Wärmeflüsse. Die entstehenden Gleichungssysteme können im allgemeinen nur iterativ gelöst werden. Üblich ist eine Veränderung der Randbedingungen mit anschliessender Berechnung des neuen Systemzustandes in Stundenintervallen. Gemessene Wetterdaten charakteristischer früherer Jahre werden dazu verwendet. So können Parameter gezielt variiert und Systeme für ausgewählte Zeitintervalle, zum Beispiel Heizperioden, optimiert werden. Zwei Beispiele von Resultaten aus Optimierungsstudien – hier für ein fassadenintegriertes Luftkollektor-Latentwärme-Speichersystem – zeigen Bild 8. Ein Prototyp mit 100% Wärmeertrag bildete die Ausgangslage für die Variation der Parameter.

## Projekte an der EMPA

Die Einsatzmöglichkeiten von Phasenwechsel-Materialien zur Speicherung

## Literatur

- [1] SIA Empfehlung 380/1, Energie im Hochbau, 1988
- [2] BINE, Wärmespeicher, Informationspaket der Gesellschaft für wissenschaftlich-technische Information mbH, Verlag TÜV Rheinland, 1991
- [3] J. A. Duffie, W. A. Beckman, Solar engineering of thermal processes, John Wiley & Sons, Inc., 1991
- [4] F. C. Porisini, Salt hydrates used for latent heat storage: corrosion of metals and reliability of thermal performance, Solar Energy (Vol 41, No. 2), 1988
- [5] G. A. Lane, Solar heat storage: Latent heat material, CRC Press, Florida, 1983
- [6] P. W. Egolf und H. Manz, «Wärmespeicherung – ein Beispiel aus der Solartechnik», Vorlesungsreihe an der ETH Zürich über «Spezialfragen der Bauphysik» von R. Sagelsdorff, 1992
- [7] H. Manz, P. W. Egolf, M. Zimmermann, «Paroi chauffante solaire»: Untersuchung eines fassaden-integrierten Luftkollektor-Latentwärmespeicher-Systems zur Nutzung der Sonnenenergie für die Raumheizung, Schlussbericht NEFF-Projekt 371, EMPA Dübendorf, 1992
- [8] T. Zuchtriegel, Externe Kosten und Einsatz erneuerbarer Energien, Zweites Nationales Symposium Thermische Solarenergie, 14.-15. Mai 1992, Kloster Banz, Staffelstein (D)

von Wärme oder Kälte sind vielfältig. Eine kleine Gruppe an der EMPA in Dübendorf beschäftigt sich mit der Nutzung von Sonnenenergie für die Raumheizung mit Hilfe von Latentwärmespeichern.

Im Rahmen eines soeben abgeschlossenen Projektes wurde ein Prototyp eines fassadenintegrierten Luftkollektor-Latentwärmespeicher-Systems in eine Testkabine eingebaut und auf diese Weise dem natürlichen Klima ausgesetzt. Das Systemverhalten wurde während mehreren Monaten einer Heizperiode messtechnisch erfasst. Die Anlage wurde durch ein neu entwickeltes Programm mit guter Übereinstimmung simuliert. Mit Hilfe dieses Rechenprogrammes konnte das System rechnerisch optimiert werden. Der Schlussbericht zuhanden des Nationalen Energie-Forschungs-Fonds dokumentiert diese Arbeiten ausführlich [7].

Ein grösseres NEFF-Projekt beinhaltet die Untersuchung von aktiv be- und entladenen Latentwärmespeichern für Niedrigenergiehäuser. Ergebnisse aus an der EMPA durchgeföhrten theoretischen Arbeiten und experimentellen am Zentralschweizerischen Technikum in Luzern und der Firma Hesco in Rüti

sollen in Planungsgrundlagen für Architekten und planende Ingenieure einfließen.

In einem vom Bundesamt für Energiewirtschaft finanzierten Projekt wird eine neuartige Fassadenkonstruktion zur verbesserten passiven Nutzung von Sonnenenergie für die Raumheizung untersucht. Sie besteht aus einer transparenten Wärmedämmung und teil-transparentem Phasenwechselmaterial, abgefüllt in Glasbausteine. Das Latentwärmespeichermaterial soll hier sowohl als Absorber (hier kommt der Quelle/Senke-Term im Kapitel über Modellbildung zur Anwendung) als auch als Speicher eingesetzt werden. Da beim Ladevorgang nur optische Verluste entstehen, wird ein hoher Systemwirkungsgrad erwartet.

### Schlussbemerkungen

In jüngster Zeit wird im Bereich «erneuerbare Energien» viel von Breitewirkung gesprochen. Die Wichtigkeit breiter Anwendungen kann kaum überschätzt werden. Dennoch darf nicht vergessen werden, dass im Bereich der Sonnenenergienutzung immer noch ein grosses innovatives Potential vorhan-

den ist – man denke zum Beispiel an die Entwicklungen der letzten Jahre in der Photovoltaik oder von transparenten Wärmedämmssystemen. Vernachlässigen wir deshalb nicht, weiter nach neuen Systemen zu suchen und alte zu verbessern. Damit bereiten wir uns auf der technischen Seite auf jene Zeiten vor, in denen eine vielleicht auch nur ansatzweise Berücksichtigung externer Kosten nicht mehr abzuwenden ist. Externe Kosten werden verursacht durch Wohlfahrtseinbussen (Bau-, Vegetations- und Gesundheitsschäden, allgemeine Veränderungen von Lebensbedingungen, Unfallpotential [8]), wie sie durch den Verbrauch von Primärenergien entstehen können. Dann erst wird die Solartechnik den ihr zustehenden Stellenwert erreichen.

Adresse der Verfasser: *Heinrich Manz, dipl. Maschineningenieur ETH, und Peter W. Egolf, Dr. sc. nat., dipl. Physiker ETH, Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, EMPA, 8600 Dübendorf*

## Dienstleistungsgebäude ABB, Baden

1989 beschlossen die ABB und die NOK, mit der Stadt Baden und den SBB eine gemeinsame Planungsorganisation zu bilden. Ziel ist die Schaffung der städtebaulichen und planungsrechtlichen Voraussetzungen für eine Umnutzung des seit 1891 entstandenen Industriegebietes «Baden Nord». Die Gesamtarealfläche beträgt rund 30 ha einschliesslich SBB-Geleisen, Brugger- und Römerstrasse.

Auslöser für diese Planung waren die notwendigen Umstrukturierungen der Industrie. Das Planungsvorhaben «Chance Baden Nord 2005» reagiert hier auf ähnliche, neue Problemstellungen wie z.B. auch in den Industriegebieten von Oerlikon, im Zürcher Industriequartier oder in Winterthur und in zahlreichen ausländischen Umstrukturierungsgebieten vom Emscherpark in Deutschland bis zu den Londoner Docklands.

In diesem Rahmen erteilte die ABB Asea Brown Boveri, Baden, Studienaufträge für ein neues Dienstleistungsgebäude an die folgenden Architekten:

- M.-C. Bétrix und E. Consolascio, Erlenbach
- Matti Bürgi Ragaz Hitz, Liebefeld-Bern
- BMS Burkard Meyer Steiger + Partner, Baden
- I + B Itten + Brechbühl AG, Bern
- Prof. P.C. von Seidlein, Prof. H. Fischer, München
- Theo Hotz, Zürich

Die geplante Bruttogeschoßfläche beträgt rd. 38 000 m<sup>2</sup>, die maximale Ausnutzungsziffer 240 %.

*Empfehlungen des Beurteilungsgremiums:* Im zentralen Projektgebiet A4 wird zur Weiterbearbeitung für das ABB-Dienstleistungsgebäude das Projekt des Architekturbüros *Theo Hotz AG*, Architekten, Zürich, empfohlen (*Theo Hotz*; Mitarbeit: *Martina Koeberle, Natalina Di Iorio, Heinz Moser, Koni Egli*).

Der weiteren Projektierung des zwischen der Halle 30 und Bruggerstrasse liegenden Areals A3 soll das Projekt von *Matti Bürgi Ragaz Hitz, Liebefeld-Bern*, zugrunde gelegt werden. Die beiden Konzepte sind im Berührungsreich einander anzupassen.

*Beurteilungsgremium:* E. Somm, Generaldirektor und Vorsitzender der Geschäftsleitung ABB Schweiz; Dr. P. Conrad, Stadtrat, Baden, Hochbauvorstand; R. Fagetti, Direktor und Geschäftsführer der ABB Immobilien AG; die Architekten Prof. G. Domenig, Graz; E. Gisel, Zürich; Frau Prof. I. Kuhler, Berlin; U. Roth, Zürich; H. Wanner, Stadtplaner, Baden; Fachexperten: A. Beck, Architekt, ABB Immobilien AG; Dr. A. Meyer, Geschäftsführer der ABB Kraftwerke AG; J. Tremp, Stadtarchitekt, Baden.

### Aus den Planungsvorgaben

Als Standort für das geplante ABB-Engineeringgebäude wurde nach Evaluation anderer Standorte das Teilgebiet A4

«Hauptstrasse» im Winkel zwischen Hauptstrasse und Kreuzweg bestimmt. Dieses Teilgebiet weist eine Bruttfläche von 16 000 m<sup>2</sup> auf. Ein Wohnanteil ist hier nicht vorgesehen. Bei einer geplanten Bruttogeschoßfläche von max. 38 000 (exkl. verbleibender Altnutzung von ca. 6500 m<sup>2</sup> BGF) resultiert eine max. Ausnutzungsziffer von rund 240 %. Die Nähe zu den benachbarten – und langfristig verbleibenden – drei ABB-Verwaltungs- und Engineeringbauten im östlich benachbarten Teilgebiet A5 wird zu einer langfristigen Konzentration dieser Art von Nutzungen im Zentrum des Teilareals Bruggerstrasse Ost führen.

Es kann davon ausgegangen werden, dass die das Teilgebiet A4 nach Westen begrenzende, grosse Halle 30 auf dem Nachbarareal A3 aus dem Jahre 1927 abgebrochen werden kann. Allerdings ist es den Projektverfassern unbenommen, Vorschläge unter Beibehaltung der Halle 30 oder von Teilen zu unterbreiten, sofern dadurch das Ziel einer wirtschaftlichen Lösung nicht vereitelt wird. Kesselhaus (Geb. 967) und Prüfstände (Geb. 808 und Halle 22 und Teile der Hallen 18, 21 und 23) bleiben langfristig bestehen.

Auf dem Nachbarareal A3, zwischen Bruggerstrasse und einschliesslich Halle 30 sowie zwischen Bogenweg und Kreuzweg sind, ausser dem bestehen bleibenden Kesselhaus, insgesamt ca. 20 000 m<sup>2</sup> BGF für Wohnzwecke und ca. 11 000 m<sup>2</sup> BGF für Dienstleistungszwecke und öffentliche Nutzungen nach dem Abbruch der Gebäude 1445, 695 und 1753 (Hallen 30, 13, 14, 16, 17) vorgese-

Fortsetzung auf Seite 416