

# Direkte Be- und Entladung von Kies-Wasser-Speichern

Thorsten Urbaneck, Bernd Platzer, Ulrich Schirmer

Technische Universität Chemnitz

Fakultät für Maschinenbau

Professur Technische Thermodynamik

09107 Chemnitz

Tel.: 0371/531-2463, -2501, -2546

Fax: 0371/531-2349

E-Mail: thorsten.urbaneck@mb3.tu-chemnitz.de,

bernd.platzer@mb.tu-chemnitz.de, ulrich.schirmer@hrz.tu-chemnitz.de

Internet: <http://www.solarthermie2000plus.de>

## Einleitung

Allgemein ist man bei solaren Systemen bestrebt, die Nutzwärmekosten für ein vorgegebenes Ziel, z.B. den solaren Deckungsanteil, zu senken bzw. gegebene Anlagenkonfigurationen hinsichtlich ihrer Funktion zu verbessern. Die Optimierung eines eingebundenen Speichers (Bindeglied zwischen Gewinnung und Nutzung von solarer Wärme) ist daher eine wichtige Teilaufgabe der Gesamtoptimierung. Dabei spielen die Minimierung der thermischen Verluste sowie die Erzeugung und der Erhalt einer thermischen Schichtung eine wichtige Rolle. Dieses kommt einer Verringerung der Exergieverluste im Speicher gleich.

Die direkte Be- und Entladung (mit Wasseraustauschrohren siehe Abb. 1a) von thermischen Speichern ist mit folgenden Vorteilen gegenüber der indirekten Methode verbunden:

- a) einfache Realisierung hoher Be- und Entladeleistungen,
- b) bessere Voraussetzungen zur Erzeugung einer Schichtung und
- c) kostengünstige Be- und Entladeeinrichtungen.

Weiterhin wird die Be- und Entladung des Speichers mittels externer Wärmeübertrager realisiert, so dass insbesondere für die Entladung eine Temperaturdifferenz zwischen dem Speicherwasser und dem Verbraucherkreislauf existieren muss, was ei-

ne thermische Schichtung im Speicher begünstigt. Gegenläufig ist die Zunahme der thermischen Verluste im oberen Speicherbereich. Aus diesem Grund ist eine möglichst optimale Temperaturverteilung im Speicher für die Systemeffizienz signifikant.

### **Ergebnisse aktueller Arbeiten**

Am 8000 m<sup>3</sup> Kies-Wasser-Speicher in Chemnitz [1] wurden deshalb detaillierte Untersuchungen zum internen Speicherverhalten (Wärmeübergang und Strömung) durchgeführt [2], [3].

Plausibel ist, dass ein schneller Temperaturabbau des einströmenden Fluids auf das lokale Speichertemperaturniveau auf Grund des hohen Wärmeübergangs im porösen Stoffsystem und des kleinen Verhältnisses von Wasseraustausch-Volumenstrom zur gesamten Speicherkapazität stattfindet.

Die Untersuchungen zeigen weiterhin das Vorhandensein von langen, flachen Wirbeln (Abb. 1b) bzw. vertikal gekoppelten Wirbeln (siehe [3]). Diese Strömung hängt vom Beladevolumenstrom, der Eintrittstemperatur, der Permeabilität und von eventuell vorhandenen Wänden mit Sperrwirkung ab. Ähnliche Phänomene können auch bei der Entladung beobachtet werden (Abb. 1d). Diese finden dann im unteren Speicherbereich statt. Das Entnahmeverhalten ist bei der Be- und Entladung einer Potentialströmung ähnlich, wobei eine leichte Asymmetrie (erhöhte Entnahme aus der Schicht auf Wasseraustauschrohr-Höhe) beobachtet wurde (Abb. 1c).

### **Optimierungsvorschläge**

Auf der Basis der allgemeinen Speichertechnik-Entwicklung und eigener Arbeiten [2], [3], [4] sollen im folgenden theoretische Speicheraufbauten abgeleitet und hinsichtlich der Machbarkeit diskutiert werden, die sich zunächst auf die Beladung beschränken. Im Mittelpunkt stehen Konstruktionen, die einfach und kostengünstig zu realisieren sind. Die vorgeschlagenen Maßnahmen können auch kombiniert angewendet werden:

- I) Erhalt hoher Temperaturen durch den Einsatz eines zusätzlichen, wassergefüllten Pufferspeichers
  - Ia) außerhalb, wie bei Erdsonden-Speichern oder bei Erdbecken-Speichern mit indirekter Be- und Entladung (Abb. 2a)

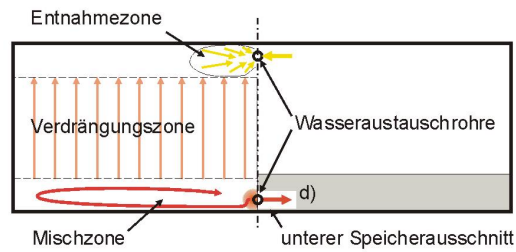
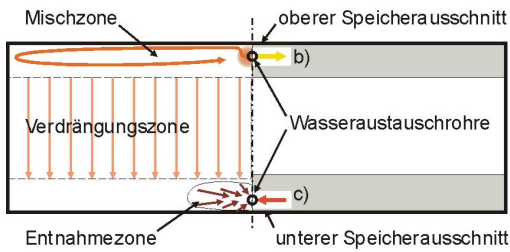
- lb) im Kies-Wasser-Speicher (Vorschlag in [5], Abb. 2b)
- II) Erhalt hoher Temperaturen über die Ausbildung einer zentralen Zone
  - IIa) Einsatz von Schüttgut mit niedriger Permeabilität zur Erzeugung einer Potentialströmung (Abb. 2c)
  - IIb) durch vertikale Wände (Abb. 2d, in Anlehnung an Kammersysteme bei Wasserspeichern [7], Wärmeübergang an den Wänden beachten)
- III) Erzeugung einer möglichst hohen Schichtung über der gesamten Grundfläche, Einsatz verschiedener Permeabilitäten zur gezielten Strömungsbeeinflussung, gute horizontale Verteilung in der obersten und untersten Speicherschicht, weitgehende Pfropfenströmung im Speichergebiet
  - IIIa) unterschiedliche Kiesfraktionen, erfolgreicher Einsatz bereits im Stuttgarter Kies-Wasser-Speicher (Abb. 2e) [6]
  - IIIb) Vliesschichten oder Matten mit niedriger Permeabilität (Abb. 2f)
- IV) Optimierung der Speicherform, aber: bei Kies-Wasser-Speichern Erreichen bautechnische Grenzen und Herstellung der Schüttung schwierig (vergleiche Abb. 2g und 2h mit 2i, einer typischen Erdbeckenform)
  - IVa) schlanke Speicher zur Minimierung der vertikalen Wärmeleitung bzw. einer Übergangszone, (Abb. 2g, z.B. bei Tankspeichern möglich)
  - IVb) gutes Oberflächen-Volumen-Verhältnis (Abb. 2h, vergleichbar mit oben angeordnetem Pufferspeicher, z.B. Heißwasser-Speicher Friedrichshafen [8])
- V) Matched-Flow-Betrieb (variable Massenströme zur Erzeugung einer optimalen Beladetemperatur) in Kombination mit Wasseraustausch-Vorrichtungen in konstanter Höhe (Abb. 2i, zur Zeit Standard) Nachweis der Wirksamkeit durch Anlagensimulation [4]
- VI) Einspeisen in variabler Höhe, noch keine konkrete Lösungen, Nachteil: bewegte Bauteile bei stark beschränkter Zugänglichkeit

## **Schlussfolgerungen**

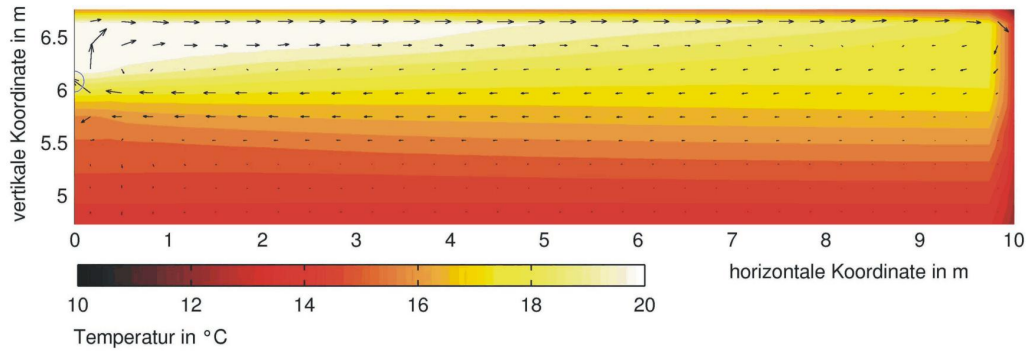
Auf Basis der bisherigen Untersuchungen kann auf verschiedene, aussichtsreiche Konstruktionen geschlossen werden. Weitere und vor allem detaillierte Untersuchungen sind notwendig. Diese Effektivitätssteigerungen sollten in Zusammenhang mit der Systemoptimierung bzw. der Kostenreduktion durchgeführt werden.

Beladefall,  
Eintrittstemperatur > Temperatur im Speicher oben

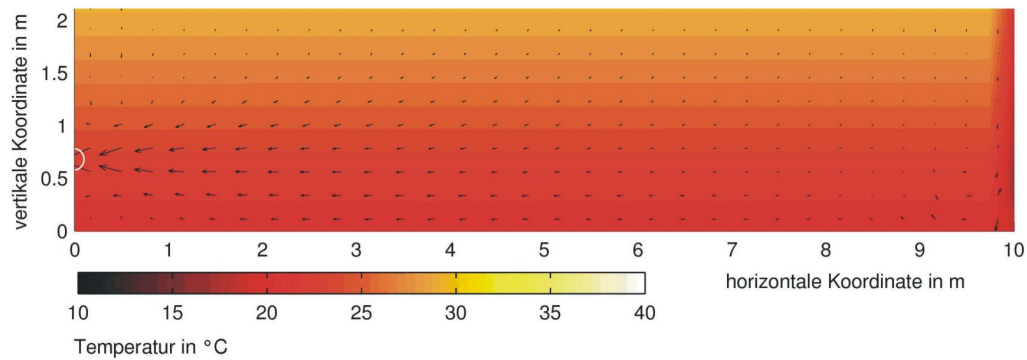
Entladefall,  
Eintrittstemperatur < Temperatur im Speicher unten



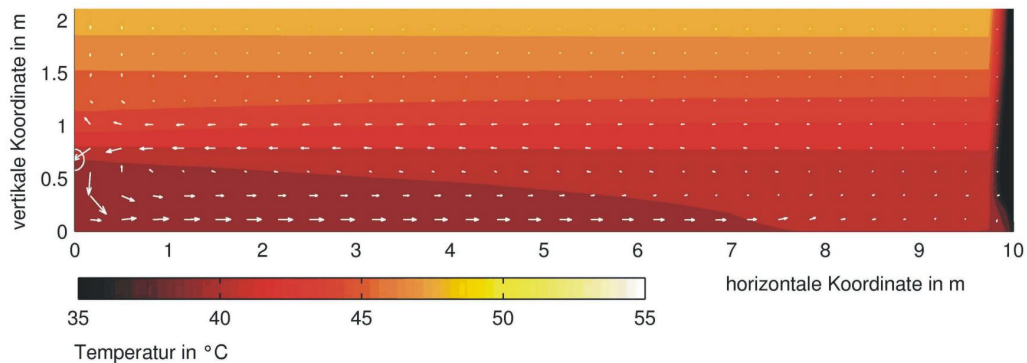
a) schematische Darstellung zur Be- und Entladung und Speicherausschnitte für b), c), d)



b) Beladewirbel, oberer Speicherausschnitt

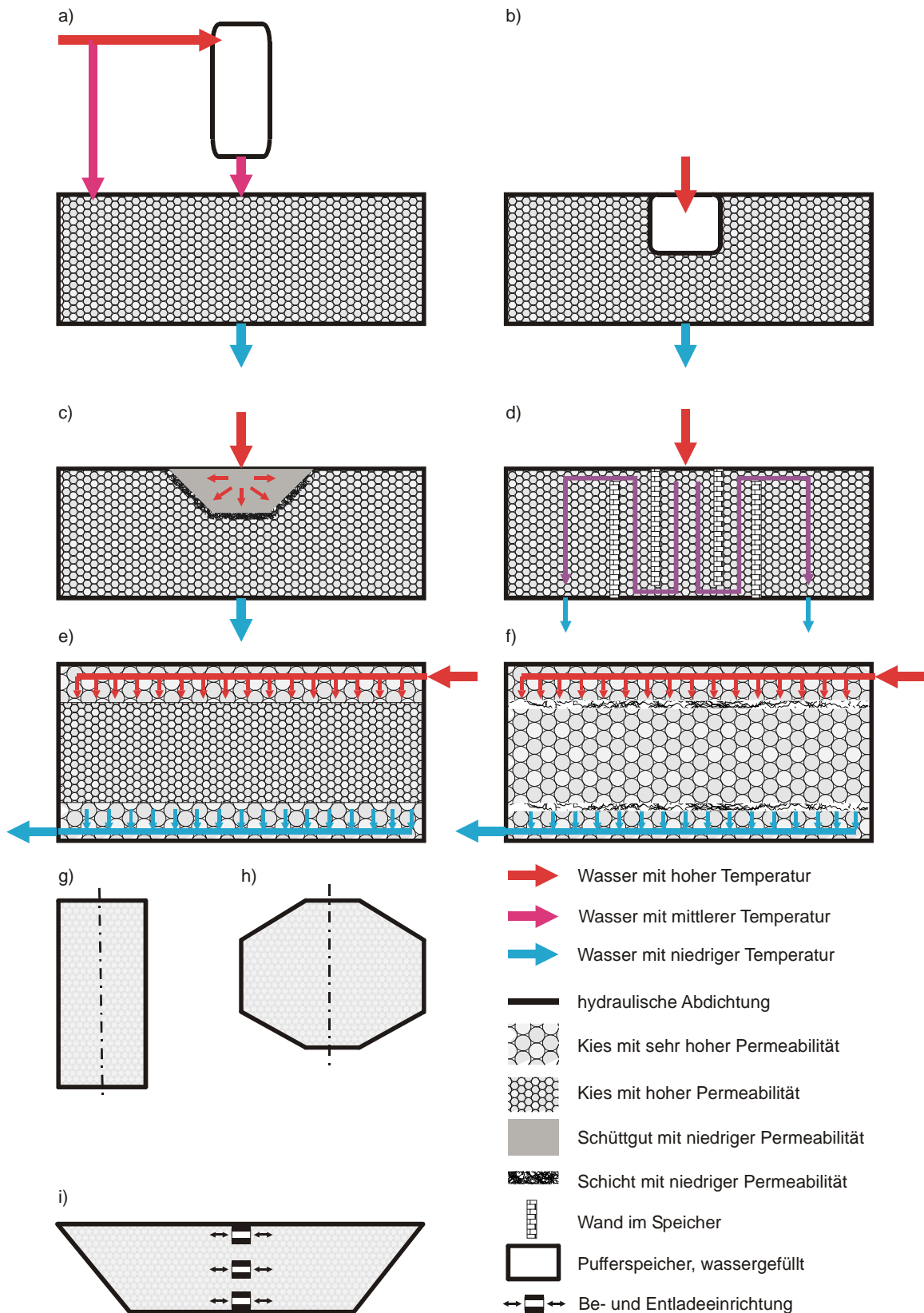


c) Ansaugströmung, unterer Speicherausschnitt



d) Entladewirbel, unterer Speicherausschnitt

**Abb. 1: einfache Schnittdarstellung des Chemnitzer Kies-Wasser-Speichers, berechnete Temperatur- und Strömungsfelder bei der direkten Be- und Entladung**



**Abb. 2: Übersicht zu Speicheraufbauten (a bis f: zur Verbesserung des thermischen Verhaltens, g bis h: ideale Speicherbauformen, i: typische Erdbeckenform)**

## Quellen

- [1] Schirmer, U.: [www.solarthermie2000.de](http://www.solarthermie2000.de). Technische Universität Chemnitz, Fakultät für Maschinenbau, Professur Technische Thermodynamik, 2003
- [2] Urbaneck, T.; Platzer, B.; Schirmer, U.: Berechnung von Kies-Wasser-Speichern. In: Ostbayerisches Technologie Transfer Institut e.V. (OTTI), Regensburg (Hrsg.): 12. Symposium „Thermische Solarenergie“, Staffelstein, 2002, Tagungsband, S. 404-414. - ISBN 3-934681-20-4
- [3] Urbaneck, T.; Platzer, B.; Schirmer, U.: Advanced monitoring of gravel water storage. In: Domański, R.; Jaworski, M.; Rebow, M.: „Futurestock 2003“ 9th International Conference on Thermal Energy Storage. Warschau (Polen), 2003, Proceedings Vol. 1, S. 451-458. - ISBN 83-7207-435-6
- [4] Urbaneck, T.; Schirmer, U.: Forschungsbericht – Solarthermie 2000 Teilprogramm 3 – Solar unterstützte Nahwärmeversorgung Pilotanlage Solaris Chemnitz. Chemnitz: Technische Universität Chemnitz, Fakultät für Maschinenbau, Professur Technische Thermodynamik, 2003 - Schlußbericht. BMBF-, BMWA-, BMU-Vorhaben, Identifikation 0329606 O. - ISBN 3-00-0111851-9
- [5] Pfeil, M.; Koch, H.: interner Bericht. 12.04.02, Stuttgart, Pfeil & Koch ingenieure innovative Energieplanung, Marienstrasse 37, 70178 Stuttgart
- [6] Daniels, H.: Numerische Berechnungen instationärer Strömungsvorgänge in Wärmespeichern. Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Diss., 1990
- [7] Paksoy, H. Ö. (Ed.): General State-of-The-Art Report Subtask 1. Annex 14, Cukurova University, Adana (Turkey), 2003
- [8] Reineck, K.-H.; Lichtenfels, A.: High performance concrete hot-water tanks for the seasonal storage of solar energy. In: Benner, M.; Hahne, E. (Editors): Terastock 2000, 8th International Conference on Thermal Energy Storage. Stuttgart, 2000, Proceedings Vol. 1, S. 263-266. - ISBN 3-9805274-1-7

## Dank

Die diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurden mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie, des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit sowie des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit unter dem Förderkennzeichen 0329606 G/F/O/P gefördert. Besonderer Dank gilt auch dem Projektträger PTJ für die Unterstützung der Vorhaben. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

## Abstract

The direct charge and discharge of gravel-water-storages possesses with several advantages. In this report current results are shown to the storage behaviour of an 8000 m<sup>3</sup> gravel-water-storage. It is possible to gain from it conclusions for improved constructions. Here theoretical variations are presented and discussed advantages and disadvantages. These constructions must be optimized however considering of the entire system and a cost reduction.