

Solarthermische Großanlage mit Langzeit-Wärmespeicher im Chemnitzer Gewerbepark SOLARIS

Saisonaler Kies-Wasser-Speicher

Der Sommer ist in unseren Breitengraden durch eine hohe solare Einstrahlung gekennzeichnet. Die Wärmeversorgung mittels Solartechnik ist allerdings im Sommer nur auf die Bereitung von Brauchwarmwasser beschränkt. Dem hohen Heizenergiebedarf während der Wintermonate steht nur ein geringes Solarenergie-Angebot gegenüber. Demnach fallen Energieangebot und Energiebedarf jahreszeitlich auseinander. Die Lösung dieses Problems stellt die saisonale Wärmespeicherung mit einem entsprechend großen Wärmespeicher dar.

Der Wärmespeicher oder auch thermische Speicher ist ein technischer Apparat, ein Bauteil oder eine geologische Struktur, dem gezielt Wärme zugeführt wird, um dieser Speichermasse zeitversetzt wieder Wärme entziehen zu können. Für die Speicherung von Solarwärme über eine Zeit von mehreren Monaten benötigt man in der Regel große Speichermassen. Es gibt aus diesem Grund verschiedene Bauweisen von Langzeit-Wärmespeichern wie z. B. große oberirdische Wassertanks, unterirdische Erdbeckenspeicher, Felskavernen oder Erdreich mit eingebrachten Rohren.

Solaranlage und Umfeld

Im Chemnitzer Technologie- und Gewerbepark SOLARIS wird derzeit eine Solaranlage mit saisonalem Wärmespeicher errichtet. Das gesamte System besteht aus der eigentlichen Solaranlage mit Kollektorfeldern, Übergabestationen und dem saisonalen Wärmespeicher sowie einem Nahwärmenetz, welches durch erdgasbetriebene Heizkessel versorgt wird. Kann die Solaranlage den Wärmebedarf der angeschlossenen Verbraucher nicht decken, übernimmt das Nahwärmesystem die Wärmelieferung. Diese Konfiguration von Solaranlage und Nahwärmenetz bezeichnet man als solarunterstütztes Nahwärmesystem.

Angaben zum solarunterstützten Nahwärmesystem:

- 4 Kollektorfelder mit einer Gesamtkollektorfläche von 2.000 m² (in der Endausbaustufe)
- saisonaler Wärmespeicher, 8.000 m³ Kies-Wasser-Speicher (58 m x 20 m x 7 m),
- 3,5 m unter der Erdoberfläche
- Nahwärmenetz mit erdgasbetriebem Heizkessel, separate Heizzentrale
- drei als Verbraucher angeschlossene Gebäudeheizungen (in der Endausbaustufe)
- eine als Verbraucher angeschlossene Warmwasserbereitung
- Übergabestationen, Wärmespeicher und Verbraucher verbunden mit erdverlegten Rohrleitungen

Konzipiert wurde die Anlage vom Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), während die Ausführungsplanung bei der IN-Plan GmbH lag. Die IN-Bau Gesellschaft und andere übernahmen die Ausführung des Baues und die Technische Universität Chemnitz ist mit der wissenschaftlichen Betreuung des gesamten Vorhabens beauftragt.

Vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) wurde 1993 das Forschungs-

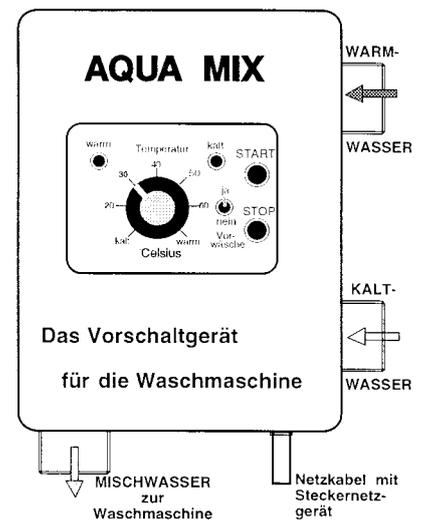
und Demonstrationsvorhaben „Solarthermie 2000“ ausgeschrieben. Das Ziel des Forschungsprogrammes ist die Weiterentwicklung der thermischen Solartechnik verbunden mit einer gleichzeitigen Akzeptanzverbesserung in der Öffentlichkeit. Im Freistaat Sachsen obliegt der TU Chemnitz die wissenschaftlich-technische Programmbegleitung von „Solarthermie 2000“. Die Anlage im Chemnitzer SOLARIS-Park ist ein Förderprojekt des Forschungsprogrammes und zugleich die größte Solaranlage in Sachsen.

Kies-Wasser-Speicher

Im Mittelpunkt der folgenden Erläuterungen steht der Wärmespeicher. Er ist mit seinem Volumen von 8.000 m³ nicht nur das größte Bauteil der Anlage, sondern

AQUA MIX

Das Vorschaltgerät für die Waschmaschine



AQUA MIX ermöglicht die Einspeisung von Warmwasser aus Solaranlagen und anderen umweltfreundlichen Heizsystemen in die Waschmaschine. In einem 4-Personen Haushalt werden so mehr als 300 kWh Strom im Jahr eingespart.

Umweltschonende Technik

OLFS & RINGEN

Hauptstr. 28 27412 Breddorf

Telefon 04285 /1578 Fax 1860

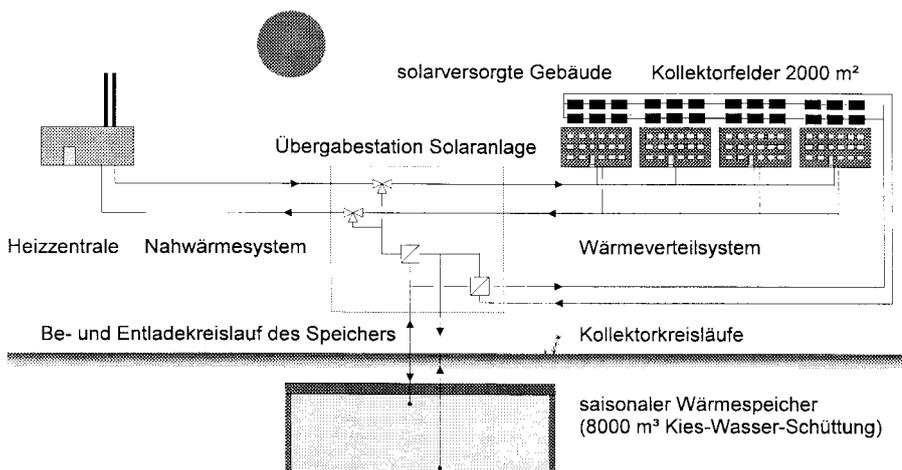


Abb. 1: Schema des solarunterstützten Nahwärmesystems im Chemnitzer SOLARIS-Park

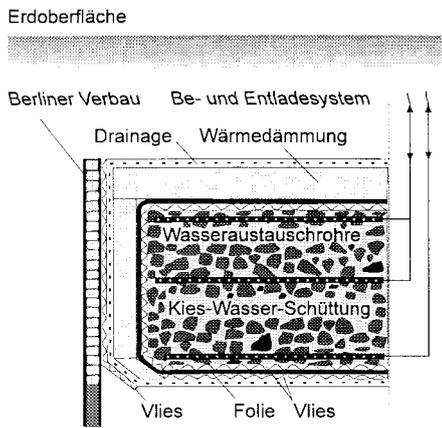


Abb. 2: Aufbau des Chemnitzer Kies-Wasser-Speichers

auch ein außergewöhnliches und vor allem ein neuartiges Bauteil.

Auf dem heutigen Gebiet des SOLARIS-Parks war bis 1990 der chemische Großbetrieb *Fettchemie* angesiedelt. Eine Kontaminierung des Bodens durch den Produktionsbetrieb über viele Jahre hinweg bedingte einen Austausch des Erdbodens. Eine der ausgehobenen Gruben, die teilweise bis zu 14 m tief war, wurde in diesem Fall für den Einbau eines Wärmespeichers genutzt.

Der saisonale Wärmespeicher wurde in der Form eines unterirdischen Kies-Wasser-Speichers (künstlicher Aquiferspeicher) gebaut. Der mechanisch stabilen Kies-Wasser-Schüttung im Inneren des Speichers kommen die Funktionen der Speichermasse und des Tragwerkes zu. Die mechanisch belastbare Schüttung ersetzt alle Behälterkonstruktionen, wie z. B. Stahlbetonwände und -decken. Der Chemnitzer Kies-Wasser-Speicher stellt ein außerordentliches Beispiel hinsichtlich seiner mechanischen Belastbarkeit und seiner Integration in der Umwelt dar, denn der unterirdische Speicher wird mit einer Straße überbaut.

Das Wasser in den Hohlräumen der Kiesschüttung besitzt neben der Funktion der Speichermasse auch die Funktion des Wärmeträgers. Der Kies-Wasser-Speicher und der Kreislauf der Solaranlage sind miteinander hydraulisch verbunden. Bei der Beladung des Speichers mit heißem Wasser aus den Kollektorkreisläufen wird dieses über das obere Wasseraustauschrohr in den Speicher eingeschichtet. Über das untere Wasser-Austauschrohr gelangt kaltes Wasser wieder in die Kollektorkreisläufe.

Dieser Beladungsprozeß findet vorwiegend im Sommer statt, weil in dieser Jahreszeit ein ausreichendes Energieangebot zur Verfügung steht. Im Zeitraum von Ende August bis Mitte September ist der Speicher voll beladen und hat dann eine Temperatur von 85 °C.

Mit dem Beginn der Heizperiode beginnt die Entladung des Aquiferspeichers. Dazu wird dem Speicher im oberen Bereich warmes Wasser entnommen und über das Wärmeverteilsystem dem Verbraucher (Heizung und Warmwasserbereitung) zugeführt. Das kalte Wasser im Rücklauf des Wärmeverteilsystems schichtet sich im Anschluß wieder am Speicherboden ein. Diese Vorgänge bezeichnet man als saisonale Be- und Entladung.

Ziel ist es, eine Temperaturschichtung im Speicher durch einen direkten, aber trägen Wasseraustausch zu erzeugen. Eine vertikale Temperaturverteilung im Speicher (oben „heiß“ und unten „kalt“) ist in bezug auf die Entladeleistung effektiver als ein vollständig durchmischter Speicher.

In Abhängigkeit vom Steuer- und Regelregime kann der Speicher auch über das mittlere Wasseraustauschrohr beladen werden. Das ist beispielsweise dann notwendig, wenn der Speicher im oberen Gebiet bei einer Temperatur von 85 °C maximal beladen ist. Der Wasseraustausch mit dem mittlerem und dem unteren Rohr ermöglicht in diesem Fall die Beladung des unteren Speichergebietes und damit die vollständige Ausnutzung der Speicherkapazität.

Eine 2,5 mm starke HDPE-Folie dichtet den Speicher ab. Diese Folie wird durch eine Vliesschicht vor mechanischen Beanspruchungen geschützt. An der Decke und an den Seitenwänden ist der Speicher wärmedämmend. Diese Isolierung ist unbedingt notwendig, um die hohen Temperaturen über längere Zeit im Speicher aufrechtzuerhalten.

Das Drainagegitter ist Bestandteil der Entwässerungsanlage, mit der speziellen Aufgabe, das anfallende Wasser von den Speicherbegrenzungsflächen abzuleiten. Eine weitere Vliesschicht schützt das Drainagegitter vor der Verfüllung mit Erdreich.

Der Berliner Verbau (senkrechte Stahlprofile mit eingelegten Holzbalken) diente während der Errichtung des Aquiferspeichers zur Herstellung einer Baugrube mit senkrechten Wänden (Abb. 4) und den damit verbundenen Sicherheitsanforderungen. Prinzipiell kann ein derartiger Speicher auch mit schrägen Wänden gebaut werden, z. B. als umgekehrter Kegel- oder Pyramidenstumpf. Dann kann auch eine Hilfskonstruktion, wie z. B. der Berliner Verbau, entfallen. Die einzige Einschränkung für diese Speicherbauweise sind ungünstige geologische Gegebenheiten. Kiesschüttung und Wandaufbau benötigen keine tragenden Konstruktionen!

Der Vorteil des Speichers – die unterirdische Integration in unserem Lebens-

raum – bringt den Nachteil aufwendiger Erdarbeiten mit sich. Durch die Ausnutzung von baulichen oder geologischen Umständen, wie z. B. offene Baugruben, Geländevertiefungen, nicht genutzte unterirdische Bauwerke oder sogar Bergwerksstollen können erhebliche Kosten beim Bau des künstlichen Speichers eingespart werden.

Die spezifischen Kosten für die Errichtung eines Kies-Wasser-Speichers in der Größenordnung von 8.000 m³ inklusive Planungsleistung, ohne Mehrwertsteuer und ohne Förderung, betragen 166 bis 186 DM je m³ Kies-Wasser-Schüttung (Kostenschätzung).

Das Wasseräquivalent ist ein Maß für die Wärmekapazität eines gleich großen, aber mit Wasser gefüllten Speichers. Speicher mit verschiedenen Speicher-materialien können so auf der Basis von äquivalenten Wasserspeichern verglichen werden. 8.000 m³ Kies-Wasser-Schüttung und 5.360 m³ Wasser besitzen die gleiche Speicherkapazität. Demzufolge liegt der spezifische Errichtungspreis eines 8000 m³ großen Kies-Wasser-Speichers zwischen 249 und 279 DM/m³ Wasseräquivalent. Größere Speicher können aufgrund ihres besseren Volumen-Oberflächen-Verhältnisses wesentlich kostengünstiger gebaut werden. Ab einer Größenordnung von ungefähr 11.000 m³ Wasseräquivalent ist aus gegenwärtiger Sicht der Kies-Wasser-Speicher die kostengünstigste Lösung für den Bau eines künstlichen Wärmespeichers.

Den Betreiber der Solaranlage kostet eine Kilowattstunde solarer Nutzwärme ungefähr 25 Pf (Nettopreis mit Berücksichtigung der 50 %igen Förderung der

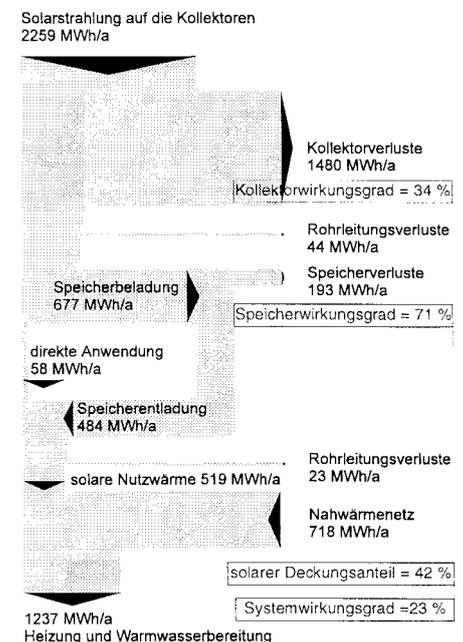
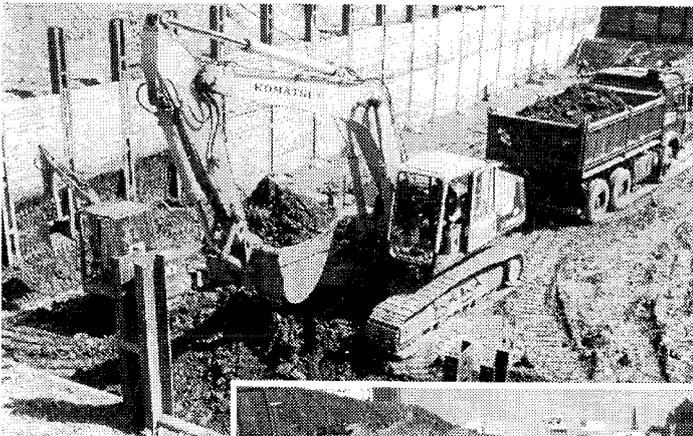


Abb. 3: Jahres-Energiebilanz der Solaranlage, Simulationsergebnisse

Anlage, Kostenschätzung). Im Vergleich mit einem Wärmepreis von ca. 10 Pf/kWh einer konventionellen Wärmeversorgung, z. B. einer erdgasbetriebenen Heizkesselanlage, ist die umweltfreundliche Sonnenenergie noch relativ teuer. Der höhere Energiepreis wird durch die große Investition an Anlagentechnik (8.000 m³ Wärmespeicher, 2.000 m² Kollektorfläche) verursacht. Aber die Sonne als Energiequelle stellt dem Betreiber der Solaranlage keine Rechnung!



↑ Abb. 4: Aushub der Baugrube

Neben der Weiterentwicklung der Solartechnik ist auch die Kostensenkung eines der Hauptanliegen laufender Forschungsprogramme wie „Solarthermie 2000“.

Da es bis jetzt nur eine kleine Anzahl von ähnlichen Anlagen gibt, ist mit einer Entwicklung dieser Technologie bzw. mit einer kontinuierlichen Kostenreduzierung bei steigender Anlagenzahl zu rechnen. Weiterhin ist zu beachten, daß in den heutigen Energiepreisen kein Anteil enthalten ist, der die Folgen der jeweiligen herkömmlichen Energieumwandlung trägt.

Unsere Brennstoffressourcen gehen im Laufe der Zeit zur Neige und es müssen zwangsläufig neue Energiequellen erschlossen werden. Eine umweltfreundliche Alternative ist auf jeden Fall die Nutzung der Solarstrahlung. Es werden also heute Techniken erforscht, um sie morgen ausgereift und marktfähig einzusetzen.

Simulationsergebnisse

Ein System, das aus einer Solaranlage mit einem saisonalen Wärmespeicher, aus einem Nahwärmenetz und mehreren Verbrauchern besteht, besitzt ein kom-

plexes Verhalten. Besonders das jahreszeitlich veränderliche Wetter, das thermische Verhalten des saisonalen Wärmespeichers und der variable Energiebedarf der angeschlossenen Verbraucher sind dabei zu nennen. Für die Auslegung des Systems und für das Studium des Anlagenverhaltens im Vorfeld des Baues versprach ausschließlich eine Simulation den entsprechenden Erfolg.

Das wichtigste Ergebnis dieser Simulation ist der berechnete solare Ertrag mit 519 MWh je Jahr. Abb. 3 zeigt maßstäblich die Verhältnisse zwischen der zur Verfügung stehenden Energie der regenerativen Energiequelle, der tatsächlich nutzbaren solaren Wärmemenge und der notwendigen konventionellen

tatsächlichen Erdgas-Substitution von 67.200 m³ und einer gleichzeitigen Reduzierung der CO₂-Emission von 125 Tonnen pro Jahr. Im Falle eines heizölbetriebenen Nahwärmenetzes würden durch den Einsatz der Solarenergie 70.600 l Heizöl je Jahr eingespart und ein CO₂-Ausstoß von 191 Tonnen pro Jahr vermieden.

Die TU Chemnitz ist mit dem wissenschaftlichen Begleitprogramm im Rahmen von „Solarthermie 2000“, welches parallel zum Bau und den ersten Betriebsjahren der Solaranlage läuft, betraut. Die Aufgabe bestand bisher darin, das Anlagenverhalten zu simulieren, notwendige Maßnahmen und Strategien abzuleiten und dies im Bau des Speichers und der Solaranlage umzusetzen. Der umfangreiche Einsatz von Meßtechnik soll in den nächsten Jahren das reale Verhalten der Anlage und insbesondere des Speichers zeigen.

Da es sich bei der saisonalen Speichertechnik um eine relativ neue Technik handelt, ist in Zukunft eine Weiterentwicklung dieser Technik zu erwarten. Deshalb soll dieser Artikel ein Aufruf sein, dieses Projekt nachzuahmen und weiterzuentwickeln.

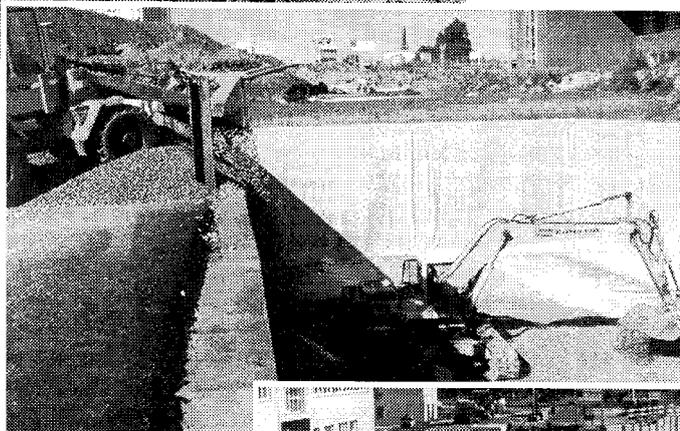
Ulrich Schirmer, Thorsten Urbaneck

Wir danken dem BMBF (Förderkennzeichen 0329606F).

Über die Autoren:

Dr.-Ing. Ulrich Schirmer ist Projektleiter der Gruppe Solarthermie an der Professur Technische Thermodynamik der Technischen Universität Chemnitz. Dipl.-Ing. Thorsten Urbaneck ist Mitarbeiter der Projektgruppe.

↓ Abb. 7: Der Speicher ist fast fertiggestellt, die HDPE-Folie ist vollkommen verschweißt, die Isolation teilweise montiert

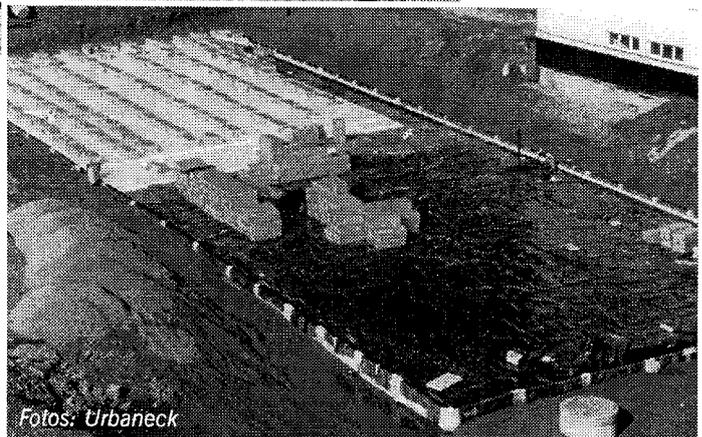


↑ ⇒ Abb. 5 und 6: Befüllen des Speichers mit Kies



Zuspeisung des Nahwärmenetzes.

Aus den absoluten Wärmemengen pro Jahr läßt sich ableiten, daß 42 % des Jahreswärmebedarfes durch die Solaranlage gedeckt werden können. Das entspricht einer



Fotos: Urbaneck