



Uwe Dankert

Energiewende von unten

**Erfolgreiche Lösungen für
Strom, Wärme und Mobilität**

 oekom

Uwe Dankert
Energiewende von unten
Erfolgreiche Lösungen für Strom, Wärme und Mobilität
ISBN 978-3-86581-667-2
344 Seiten, 16,5 x 23,5 cm, 29,95 Euro
oekom verlag, München 2014
©oekom verlag 2014
www.oekom.de

dass Investitionen in die Effizienz und in die erneuerbaren Energieträger Sonne und Biomasse die Anschaffung nicht zu einem hastigen Griff in die Portokasse machen.

Natürlicher geht es fast nicht mehr – das Bio-Solarhaus

In alten Zeiten, die partiell auch wieder modern werden, wurden sowohl über Tee- wie Kaffeekannen aus Stoff hergestellte oder gestrickte Kannenwärmer (vgl. Abbildung 5-13) gestülpt, die den Zeitpunkt des heißen Tee-/Kaffeegenusses vom Zeitpunkt des Kochens entkoppelt haben. Die moderne Version ist eine Thermoskanne, in der eine Schicht Nicht-Luft, also Vakuum, dafür sorgt, dass die Hitze der Flüssigkeit sehr lange in der Flüssigkeit verbleibt und nicht unter Abkühlung nach außen leidet. Dies ist im Prinzip auch das Designprinzip von Passivhäusern, was aber aus verschiedenen Gründen nicht jedermann gefällt.



Abbildung 5-17: Teekannenwärmer in einer durchaus innovativen Variante.⁴³ Der Wärmer kann oberhalb der Teekanne verschlossen und durch den Griff können Kanne und Wärme bequem zum Tisch getragen werden. Für komplette Häuser ist das natürlich kein so einfaches Unterfangen. Auf amerikanischen Straßen sieht man zuweilen den Transport von ganzen Fertighäusern, allerdings ohne Wärmer.

So ist denn eine Alternativlösung entwickelt worden, die wieder ein bisschen mehr an die Teekannenwärmer von einst erinnert. Ein relativ großflächig verglastes Wetterschutzhaus als Schale umhüllt ein Innenhaus (den Kern), dessen Wände, von außen nach innen, aus Gipsplatten, einer Füllung aus Zellschnipseln und einer Holzlattung bestehen. Durch diese Anordnung hält sich permanent eine Luftschicht zwischen Außen- und Innenhaus. Die Wände des Innenhauses sind durch ihren Aufbau durchlässig für Wasserdampf, der aufgrund natürlicher Konvektionsvorgänge innerhalb der Schale-Kern-Luftschicht abgeführt werden kann. Die von außen einfallende Sonnenstrahlung erwärmt die isolierende Luftschicht im Vergleich zur Außenluft. Temperaturgesteuerte Lüftungsklappen am hinteren Ende des Hauses sorgen dann dafür, dass im Sommer die feuchte Isolierluft nach außen geleitet wird. Im Winter unterbleibt das, die Wärme wird zwischen den beiden Häusern in einem integrierten

Wintergarten »zwischenlagert« und nachts langsam an die Luftschicht zwischen den Gebäuden abgegeben.

Durch dieses Prinzip kann auf Dampfsperren, wie sie beim Passivhaus notwendig sind, damit die Innenfeuchtigkeit nicht in die Wände eindringt, sowie auf eine Lüftungsanlage verzichtet werden. Auch die Lüftungsanlage ist bei einem Passivhaus notwendig, denn die im Haus freiwerdende Feuchtigkeit muss unbedingt nach außen befördert werden, um Schimmelbildung zu unterbinden. Dieses Konzept wird als »Naturbauprinzip ‚Haus im Haus‘«⁴⁴ verstanden (und vermarktet).

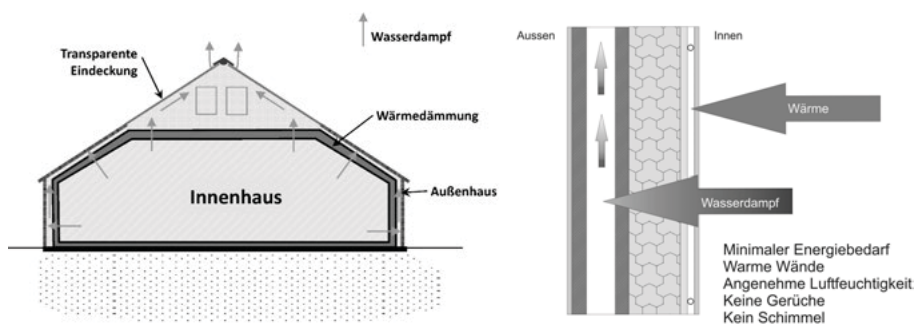


Abbildung 5-18: Prinzip des Bio-Solarhauses⁴⁵. Links schematisch der Aufbau, rechts ein detaillierter Schnitt durch die Außenwand.

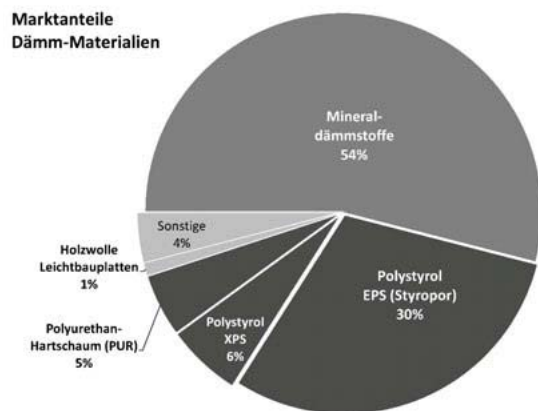
Die Zelloschnipsel in der Wand des Innenhauses haben eine gut dämmende Wirkung, Zellulose ist ein natürlicher Dämmstoff⁴⁶. Muss dennoch zugeheizt werden, geschieht dies durch eine Niedertemperaturheizung mit individuell regelbaren Wandstrahlungsheizungen, die aus einem Warmwasserspeicher versorgt werden. Diesen heizen Kollektorrohre auf dem Dachboden, die Strahlung von der Sonne in thermische nutzbare Energie wandeln, bzw. ein Stückholzofen, der aber auch die Räume direkt beheizen kann.

Abbildung 5-19: Bio-Solarhaus⁴⁷, auch andere Bauformen, z.B. eine ansehnliche Iglu-Form, sind möglich, so dass das innovative Konzept für Außenstehende nicht immer sofort erkennbar ist.



Zellulose-Flocken	2,5	natürlich
Zellulose-Platte	2,5	
Korkschrot	23	
Korkplatte	35	
Kokusfasern	3	
Holzfasern	25	
Holzwohle	17,5	
Bläherlilit	5	mineralisch
Schaumglas	25	
Blähton	Energetische Amortisationszeit in Monaten: 35	
Steinwohle	14	
Mineralwohle	4	
Polyurethan-Hartschaum (PUR)	17,5	synthetisch
Polystyrol EPS 15	13	
Polystyrol EPS 20	17,5	
Polystyrol EPS 30	23,5	
Polystyrol XPS	19,5	

Abbildung 5-20: Marktanteile von Dämmstoffen in den Jahren 1995-2005 (rechts) sowie energetische Amortisationszeit von gebräuchlichen Dämmstoffen (oben). Die »Amortisationszeit« ist die Zeitspanne, in der die eingesetzte Energie durch eingesparte Heizenergie wettgemacht ist. Die angegebenen Werte beziehen sich auf Dämmung einer Altbau-Außenwand, die dann einen Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) von $0,30 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ erreicht.⁴⁸ Wie man sieht, spielen derzeit Naturdämmstoffe eine sehr untergeordnete Rolle bei Neubau und Sanierung.



Mittlerweile sind bereits einige hundert dieser Häuser gebaut worden, und die Kosten liegen, obwohl der Energieverbrauch sehr niedrig ist, unter denen von Niedrigenergie-Massiv- und Passivhäusern. Bemerkenswert sind sowohl der Einsatz von natürlichen Baustoffen wie Holz und der Zellulose als Dämmmaterial, als auch die komplett regenerativ ausgelegte Wärmeversorgung und die Nutzung des Treibhauseffektes für individuelle Lösungen. Die veröffentlichten Hausbeispiele zeigen überdies, dass neben der gezeigten Form

(Abbildung 5-19) auch klassische Bauformen und z.B. eine »Iglu-Form« möglich sind. Auch ist das Konzept, weil es nicht geschlossen ist, nicht auf Einfamilienhäuser beschränkt, auch eine Schule und Mehrfamilienhäuser wurden bereits als Bio-Solarhaus errichtet.⁴⁵ Die eingesetzte Technik ist außerdem vergleichsweise einfach, so dass auch weitere Betriebskosten wie Wartung der Energiewandlereinrichtungen nicht sehr kostenträchtig sind.

Dämmung spart übrigens wirklich Primärenergie ein. Oftmals kommt ein Vorwurf auf, dass für die Herstellung von Dämmmaterial mehr Energie aufgebracht werden muss, als durch die Dämmung hinterher eingespart wird. Das ist auch einer der vielen falschen Mythen, die bezüglich Energiebilanzen herumgereicht werden. Es ist richtig, dass manche Dämmstoffe, wie Polystyrol oder Polyurethan, aus fossilen Energieträgern erzeugt werden. Dennoch ist die Verwendung von Öl für diese Dämmstoffe eine gute Investition. Alle im Markt eine Rolle spielenden Dämmstoffe haben eine positive Energiebilanz (Abbildung 5-20), sind also energetisch wirtschaftlich. Nichtsdestotrotz gibt es Unterschiede, und wer wirklich »natürlich« bleiben will, dämmt mit Naturstoffen. Abgesehen davon sind natürlich mineralische und synthetische Stoffe auch Stoffe, die aus Naturmaterialien hergestellt werden. Erdöl ist schließlich auch auf natürliche Art und Weise entstanden.

Sonne in der Erde – solare Nahwärme in Crailsheim

Bei einer Straßenumfrage über die Nutzung der Sonnenenergie zur Versorgung unserer Häuser wird die Mehrheit wohl vor allem die *photovoltaische* Nutzung nennen, die auch sehr stark in politischen Diskussionen über mögliche Einspeisevergütungen für produzierten Strom Gewicht hat. Aber ein richtiges Gewicht sollte eigentlich eher die *solarthermische* Nutzung mittels Sonnenkollektoren bekommen. In Sonnenkollektoren wird ein Großteil (50 bis 80 Prozent) der solaren Strahlung in Wärme umgewandelt, während photovoltaische Module nur etwa 15 Prozent der einfallenden Sonnenenergie in Strom wandeln. Das Schicksal der Solarthermie klingt daher so ein bisschen wie das des Mauerblümchens – schick am Rande des Wegs ins erneuerbare Energiezeitalter, aber nicht wirklich anziehend und wenig beachtet. Erschwerend kommt natürlich dazu, dass die Wirtschaftlichkeit der bislang etwas eindimensionalen Systemkonzepte der solarthermischen Sonnennutzung mehr auf die Argumentation des Kostensparens, und nicht auf die des Renditeverdienens abzielt.



Abbildung 5-21: Schema des Versorgungsgebietes Crailsheim Hirtenwiesen mit den wichtigsten Komponenten⁴⁹

1 – insgesamt 5300 Quadratmeter Kollektorfläche auf dem Schallschutzwall, der das Wohngebiet vom Gewerbegebiet trennt.

2 – Wärmeübergabestation: Hier wird mittels eines Wärmetauschers die solare Wärme als Heiz- und Warmwasser an das Nahwärmenetz abgegeben bzw. mittels der Wärmepumpe aus dem Erdsonden-Wärmespeicher herausgeholt.

3 – Pufferspeicher 1 (480 m³) für die Aufnahme solarer Wärme aus den Wall-Solarkollektoren.

4 – Solarzentrale unterhalb der Sporthalle. Diese regelt die Wärmezufuhr und steuert die optimale Nutzung der Sonnenenergie.

5 – Pufferspeicher 2 (100 m³) für die Aufnahme der solaren Wärme aus den Dach-Solarkollektoren auf den Mehrfamilienhäusern und der Sporthalle.

6 – Erdsondenspeicher: Über Erdsonden wird im Sommer Wärme in den Erdboden gespeichert. Eine Wärmepumpe entnimmt in der kühlen Jahreszeit die Wärme wieder und speist diese in das Nahwärmenetz ein. Die Jahresarbeitszahl dieser Wärmepumpe liegt bei etwa 4,8, ein selten erreichter Wert bei üblichen Hauswärmepumpen.

Die eigentliche Generalprobe für eine wesentliche solare Nutzung wird aber erst dann erfolgen, wenn auch größere Gebäude oder sogar ganze Siedlungen («Quartiere») solar versorgt werden, und zwar Neu- wie Bestandsbauten. Ein schönes bemerkenswertes Beispiel im baden-württembergischen Crailsheim nutzt dazu ein ehemaliges Kasernengelände auf den dortigen Hirtenwiesen. Fünf Gebäude der ehemaligen Kaserne »McKee Barracks« wurden saniert und in Eigentumswohnungen umgewandelt. Die Dächer der Mehrfamilienhäuser wurden dann von den Stadtwerken Crailsheim mit insgesamt fast 2.500 m² So-

larkollektoren ausgestattet, die reichlich Sonnenstrahlung einfangen und als Wärme in einen 100 m³ großen Pufferspeicher zwischenspeichern. Auf einem benachbarten Teil der ehemaligen Kaserne wurde überdies ein Neubaugebiet geplant und errichtet: Einzel-, Doppel-, Reihen- und Mehrfamilienhäuser, ein Gymnasium und eine Sporthalle. Ein benachbartes Gewerbegebiet ist durch einen Lärmschutzwall getrennt, auf dem weitere 5.300 m² Kollektoren montiert wurden. Auch hier dient ein Pufferspeicher mit 480 m³ für eine Wärmezwischenlagerung.

Es ist klar, dass die Wärmespeicher vor allem für einen kurz- bis mittelfristigen Bedarf die Wärme zwischenspeichern können. Da in diesem Projekt aber eine Versorgung des Warmwasser- und Heizwärmebedarfs auch in den Winter hinein möglich sein sollte, so dass letztlich mehr als 50 Prozent des Wärmebedarfs solar gedeckt werden kann, wurde ein saisonaler Erdsonden-Wärmespeicher (EsWSp) mit 37.000 m³ Speichervolumen in das System integriert. 80 Wärmesonden transportieren die Sonnenwärme in den Erdboden, der Speicher dort wird radial von innen nach außen gefüllt, was auch die thermischen Verluste bis zum Abruf der Wärme im Winter mindert. Bei Bedarf – z.B. bei der Erweiterung des Wohngebietes – können weitere Sonden die Speicherkapazität des EsWSp erweitern.



Abbildung 5-22: Solar Kollektoren auf dem Lärmschutzwand in Crailsheim Hirtenwiesen⁵⁰

So sind denn die meisten Kollektoren auf Einfamilienhäusern zu finden, wo sie in der Anfangszeit der Entwicklung vor allem den Warmwasserbedarf im Sommer abdeckten, jetzt aber zusehends auch zur Heizungsunterstützung bei Neubauten beitragen⁵¹. Infolgedessen werden die neu installierten Anlagen im Schnitt größer.

Überschusswärme aus den Kollektoren wird über die Erdwärmesonden in den Erdboden abgeleitet. Wenn der Wärmebedarf der Siedlung größer wird, als die Wasserspeicher liefern können, dann läuft eine 530 kW Großwärmepumpe an, die die zwischengespeicherte Wärme aus dem Erdboden wieder herausholt und diesen entsprechend abkühlt. Dies ist ein Konzept, das auch in kleineren Solarwärmelösungen zunehmend nicht nur diskutiert, sondern auch realisiert wird. So ist eine solare Abdeckung von 50 Prozent und mehr zu vernünftigen Kosten durchaus möglich geworden⁵². Die restliche Wärme wird durch das vorhandene Fernwärmenetz geliefert, das durch ein Gas-BHKW und zwei Spitzenlastkesseln, ebenfalls auf Gas-Basis, versorgt wird.⁵³ Speicherkosten sind spezifisch weniger hoch, wenn die Speicher größer werden.

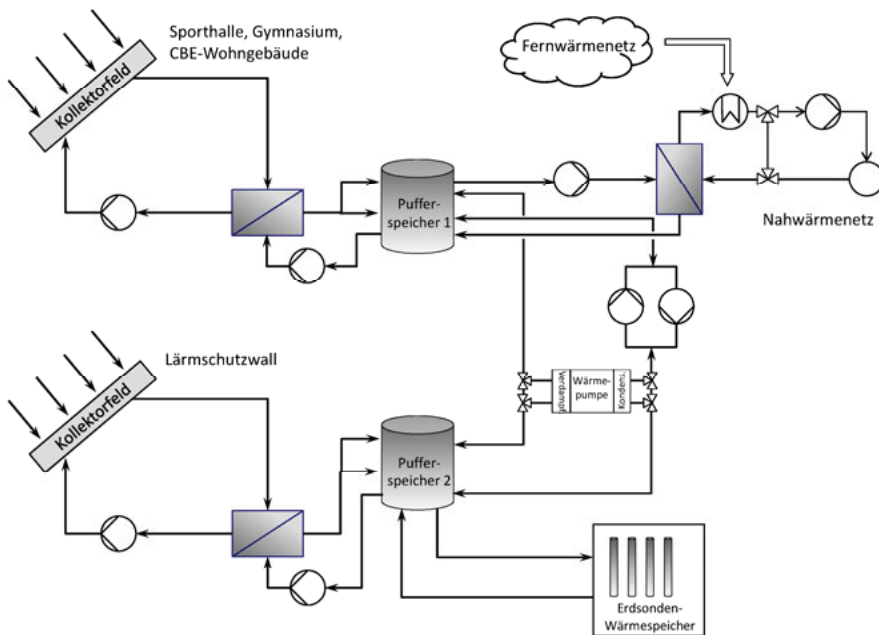


Abbildung 5-23: Vereinfachtes Anlagenschema des solar unterstützten Nahwärmesystems in Crailsheim⁵⁴. CBE steht für Crailsheimer Bau- u. Entwicklungsgesellschaft und deutet die ehemaligen Kasernengebäude an, die zu Eigentumswohnungen saniert wurden.

Anfang 2012 wurde die komplette Anlage fertiggestellt und die Ergebnisse in 2012 lassen schon ein bisschen aufhorchen. Fast 50 Prozent der benötigten Wärme konnte die Sonne in den Stadtteil liefern, in den Kollektoren wurden pro Quadratmeter Kollektorfläche etwa 370 kWh Wärme bereitgestellt, das entspricht ungefähr einem Systemwirkungsgrad von 40 Prozent – vergleichen Sie das mal mit den vielleicht 15 Prozent einer typischen PV-Anlage. Der Erdson-

den-Wärmespeicher gab ca. 54 Prozent der im Sommer eingelagerten Wärme für den Winterbetrieb wieder frei. Allerdings ist die Wärmepumpe erst seit Februar 2012 in Betrieb und das Wärmenetz noch nicht in einem eingeschwungenen Zustand. Folglich erwartet man finale bessere Beurteilungen erst etwa 2015. Die Perspektiven sind aber prima. Und es ist auch nicht ausgeschlossen, dass nicht auch Abwärme in den Erdwärmespeicher eingelagert werden kann.

Es sieht also fast so aus, als wäre damit im Energiewendeland Deutschland mal wieder ein herausragendes innovatives Projekt realisiert worden, das viele Länder überstrahlt. Leider sind einige andere Länder da durchaus strahlender. Während in unseren Landen noch viel geforscht und diskutiert wird, hat beispielsweise Dänemark schon fast seit der letzten Ölkrise die Nutzung solarer Energie in viele Fernwärmenetze mit eingebaut. Wo hierzulande seit 1996 dreizehn große Projekte ins Leben gerufen und wissenschaftlich in verschiedenen Projektclustern⁵⁵ akribisch betreut wurden, hat das sonnenarme Dänemark in 1980 die ersten und seitdem insgesamt 40 »Large Scale Solar Heating Plants« errichtet, dabei haben allein 19 Projekte flächenmäßig mehr Solarkollektoren als das derzeit größte deutsche Projekt in Crailsheim⁵⁶. Und auch Schweden, bei typischen Solarnutzungskritikern auch nicht gerade als sonnenreiches Land verschrien, hat 21 Projekte auf den Weg gebracht.

Solare Bohème in Schwabing – Sonnenspeicherung am Ackermannbogen

Wenn uns heute der Name Ackermann über den Weg läuft, dann denken viele sofort an Josef Ackermann, dem ehemaligen Vorstandsvorsitzenden der Deutschen Bank, als eines der Gesichter eines ungezügelten Finanzkapitalismus⁵⁷. Und schaut man nicht genau hin, dann glaubt man in dieser umstrittenen Person den Namensurheber für die Ackermannstraße in München-Schwabing zu erkennen. Doch der Namenspatron für diese Straße, Josef Ackermann, war ein Münchner Journalist mit einer Leidensgeschichte unter den Nationalsozialisten, der sich aber nicht unterkriegen ließ und mehrere Inhaftierungen in Konzentrationslagern überlebte⁵⁸, nach dem Krieg aber motiviert weitermachte.

Diese Lebensgeschichte könnte auch eine Metapher für das Auf-und-ab der Solarthermie in Deutschland sein. Außerhalb von Fachzirkeln wird die Nutzung der Sonnenenergie immer noch vor allem mit photovoltaischer Stromerzeugung gleichgesetzt, obwohl die Wirkungsgrade bei thermischen Solarkollektoren um einen Faktor vier bis fünf besser sind als bei Solarzellen, also eigentlich nichts für die Verschwendung von Dachflächen für die Stromerzeugung spricht. Das kann man gerne auch nochmal anders schreiben.

Obwohl die Einspeisevergütung von photovoltaisch erzeugtem Strom ständig reduziert wird, boomte dieser Markt wenigstens bis Ende 2012 noch kräftig,

wegen der solarthermische Markt schon in 2010 in einen Dümpelschlaf verfiel, der die Fachpresse fragen ließ, ob der schlafende Riese noch mal aufwachen würde?⁵⁹ Vielleicht gilt es als fortschrittlicher, mit Sonne Geld zu verdienen, das die anderen Stromkunden durch die EEG-Abgabe einzahlen müssen, als mit Sonne Geld zu sparen, das einem selber gehört. Jeder ist sich selbst der Nächste zuletzt? Sparen ist ja immer ein wenig gleichbedeutend mit Verzicht, ein ganz ähnlich übles Problem wie in der schwierigen Motivierung für Energieeffizienz.

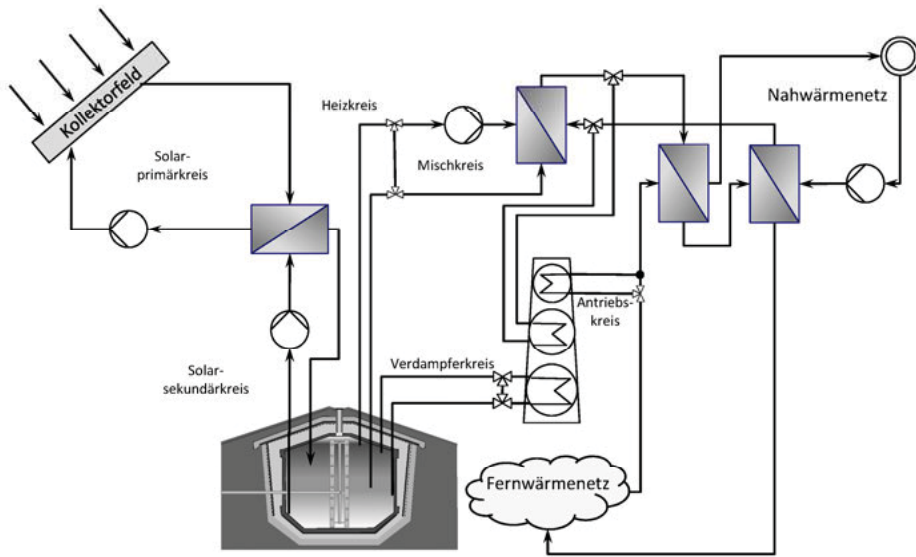


Abbildung 5-24: Hydraulik-Schema der Energieversorgung im durch Nahwärme versorgten Teil des Stadtquartiers Am Ackermannbogen in München Schwabing.⁶⁰ Insgesamt gibt es zwei Wärmenetze: Für die Solarwärmeeinspeisung von den Kollektoren zum Wasserspeicher und für die Nahwärmeversorgung der angeschlossenen Gebäude.

Also überlässt man das Denken und Motivieren den anderen und wird nicht selbst aktiv, wohnt aber gerne regenerativ versorgt. So geschah es auch im neu errichteten Stadtquartier »Am Ackermannbogen« in München, gelegen zwischen dem gründerzeitlichen Schwabing und dem weltberühmten Olympiapark. Innerhalb eines in die Zukunft gerichteten Gesamtkonzepts von energetisch optimierten Wohnungsbauten – vier große Geschosswohnungsbauten im Wechsel mit acht Stadthäusern – und einer Nahwärmeversorgung wurde eine der in Deutschland größten solarthermischen Anlagen installiert und im Sommer 2007 in Betrieb genommen, die es erlaubt, bis in den Januar hinein mit Sommersonne zu heizen. Da die nachgefragte Wärme in der Gebäudeheizung naturgemäß antizyklisch zur verfügbaren solaren Strahlungsenergie ist, wird, wenn

man eine hohe solare Deckungsrate bekommen möchte (Ziel am Ackermannbogen 50 Prozent), die verlustarme Speicherung großer Wärmemengen über einige Monate zur Anpassung von Wärmebereitstellung (Sonne im Sommer) und Wärmebedarf (Heizen im Winter) notwendig.

Auf drei der Geschosswohnungsbauten sind insgesamt etwa 2900 m² Solar Kollektoren unter einem Aufstellwinkel von 18,5° montiert worden⁶¹, ihre Ausrichtung ist fast optimal nach Süd-Osten. Vor allem im Sommer wird die Sonneneinstrahlung in Wärme umgewandelt und in einen 5.700 m³ großen saisonalen Wasserspeicher eingespeist und dann sukzessive wieder dem Heizungssystem der angeschlossenen Gebäude zugeführt. Die Gebäude sind in Niedrigenergiebauweise errichtet und ihr Heizungssystem ist auf die Nahwärmeversorgung durch die Solaranlage optimiert. Da in der realisierten Lösung die Sonnenenergie nicht für die ganzjährige Wärmeversorgung ausreicht, ist als Backup ein Anschluss an das Münchner Fernwärmenetz (ursprünglich Dampf mit 130 °C, in der Realisierung aufgrund einer Konzeptänderung durch die Stadtwerke München mit Heißwasser zwischen 130 °C und 80 °C) ergänzt. Das Heißwasser treibt fallweise eine 1,4 MW_{thermisch} Wasser-Lithiumbromid-Absorptionswärmepumpe⁶² an, die bei Bedarf das Nahwärmenetz direkt mit Wärme versorgt. Die Fernwärme kann aber auch direkt in das Nahwärmenetz eingespeist werden (vgl. Abbildung 5-24)

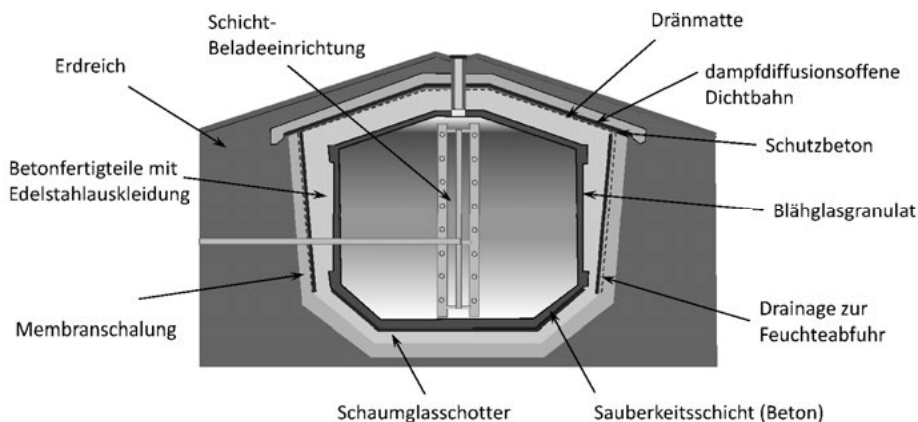


Abbildung 5-25: Schematischer Aufbau des thermischen Wärmespeichers⁶³. Die Höhe innen beträgt ca. 16 m, der Innendurchmesser ca. 17 m. Das Blähglasgranulat dient als Dämmmaterial zur Seite, nach oben wird diese Schicht dicker, weil dort der Speicherinhalt wärmer ist. Nach unten dämmt der Schaumglasschotter.

Schlüsselkomponente und zudem Hauptkostenfaktor der solaren Nahwärmeversorgung im Ackermannbogen ist der Langzeit-Wärmespeicher, für den

aus Kostengründen nur ein großer sensibler Wärmespeicher in Frage kam⁶⁴, der mit einem möglichst großen Temperaturhub betrieben wird und die im Sommer gespeicherte Wärme ohne große Verluste über mehrere Monate speichern soll. Dies setzt eine möglichst niedrige Rücklauftemperatur im Nahwärmenetz (30 °C) voraus und entsprechende Heizungssysteme in den angeschlossenen Gebäuden. Je niedriger diese Temperatur, desto niedriger sind auch die Wärmeverluste im Netz, was bei Nahwärmenetzen grundsätzlich gegenüber dezentralen Anlagen ohne Netz ein vor allem wirtschaftliches Problem ist. Effizienz- und Auslastungsvorteile einer großen zentralen Anlage verlieren durch zu hohe Netzverluste ihre Vorteile wieder gegenüber den ineffizienteren kleinen dezentralen Anlagen. Und das Netz kostet ja auch richtig Geld.

Das Gesamtsystem ist so ausgelegt, dass der gesamte Wärmebedarf der versorgten Gebäude mit 319 Wohnungen und 30.400 m² beheizter Flächen bis in den Dezember hinein weitgehend direkt aus dem Solarsystem gedeckt werden kann. Die Absorptionswärmepumpe kann in dieser Zeit die Solaranlage unterstützen, indem Wärme aus oberen Schichten des Speichers mit Hilfe der Fernwärme auf ein höheres Temperaturniveau »gepumpt« und in das Nahwärmenetz eingespeist wird. Ursprünglich sollte die Wärmepumpe in den noch nicht so kalten Monaten Wärme auf Vorrat produzieren, um das System ausfallsicherer zu machen und das Polster an nutzbarer Wärme im Wärmespeicher für die bevorstehenden kalten Wintermonate zu vergrößern.

Dieses innovative Wärmeversorgungskonzept hatte lange Geburtswehen, die Planung des gesamten Quartiers nahm fast ein Jahrzehnt in Anspruch. Auch das Wärmekonzept selbst musste während der Planungsphase grundlegend überarbeitet werden, weil die Stadtwerke München die Fernwärmeversorgung auf eine andere Basis (Heißwasser statt Dampf) gestellt haben. Dennoch sind die ersten Ergebnisse im Prinzip ermutigend (vgl. Abbildung 5-26), auch wenn die Zielwerte noch nicht erreicht werden konnten, was aber bei derart vergleichsweise komplexen Wärmekonzepten nicht unerwartet kommt.

Schwerer wiegen schon die Probleme, die beim Betrieb des Netzes und der Anlagen auftauchten. So wurden z.B. Kollektoren eingebaut, die nicht der Ausschreibung entsprachen und weniger Wärme lieferten als spezifiziert, was aber erst im Betrieb festgestellt wurde. Auch fielen eine Reihe von Temperaturmesssonden im Wärmespeicher aus.⁶⁵ Und die Absorptionswärmepumpe konnte im ersten Betriebsjahr aufgrund einer schlechten regeltechnischen Einbindung fast nicht betrieben werden. Aber das sind in Summe eigentlich übliche Geburtswehen neuer und vor allem individueller Konzepte. Eine Qualitätssicherung in Projekten wird erst mit zunehmender Erfahrung richtig greifen. Beim Betreten von Neuland tappt man manchmal eben in unsichtbare Pfützen.

Die Wirtschaftlichkeit der realisierten Nahwärmelösung ist noch nicht abschließend bewertet. Der große Speicher befindet sich noch im Einschwing-