

Programm Wärmespeicherung



"Saisonale Speicherung von Sonnenenergie im Erdboden" Aquisition eines Demonstrationsprojektes

ausgearbeitet durch:

W. Dubach, P. Hartmann, H. Jüzi

ZHW Zürcher Fachhochschule Winterthur, Postfach 805, 8401 Winterthur

Projektleitung P. Hartmann

Im Auftrag des

Bundesamtes für Energie

April 2002

Inhaltsverzeichnis BFE Abschlussbericht

Schlussbericht

Nr.	Titel	Seite
1.	Zusammenfassung	1
2.	Projektziele	2
3.	Vorgehen	3
3.1.	Vorrundengespräche mit Bauherren	
3.2.	Abklärungen zu Aushubspeicherkonzept	
3.3.	Aufarbeitung Präsentationsunterlagen	
3.4.	Präsentation bei Bauherren (Auswahl, Uebersicht Bauherren)	
4.	Ergebnisse	7
4.1.	Vorrundengespräche, Folgerungen	
4.2.	Aushubspeicher (Konzepte, Einsatzschwerpunkte Investitionskosten)	
4.3.	Abschätzen der Investitions- und Wärme- kosten von grossen Saisonspeicheranlagen (für P+D-Projekt; Rahmenbedingungen; Altbau, Neubau)	
4.4.	Präsentationsunterlagen	
4.5.	Resumé Bauherrengespräche	
4.6.	Weitere Umsetzungsarbeiten und studentische Projektarbeiten	
5.	Nächste Schritte	25
6.	Schlussfolgerungen	26
Anhang		
Anhang 1	Literaturhinweise	27
Anhang 2	Kurzbeschrieb Saisonspeicheranlage	28

1. Zusammenfassung

Das Vorhaben ist ein direkter Anschluss-/Umsetzungsauftrag zum BFE-Projekt 18543 "Saisonale Speicherung von Sonnenenergie im Erdboden zur Wärmeversorgung von grösseren Ueberbauungen" (Solare Grossanlage, kombiniert mit einem Erdspeicher, ergänzt durch einen konventionellen kleineren Wärmeerzeuger, aber ohne Wärmepumpe; Anwendung bei Neubau oder Sanierung, für eine grössere Siedlung)

Die Zielsetzung des Projektes bestand darin, die Saisonspeicher-Projektidee bei einer Reihe ausgewählter Bauherren vorzustellen und einen von ihnen zu überzeugen, mit BFE und ZHW zusammen ein P+D-Projekt anzuvisieren. Als Schlussresultat sollte eine Absichtserklärung des Bauherren und ein ausformuliertes P+D-Gesuch vorliegen.

Folgendes Vorgehen wurde eingeschlagen:

- Vorgespräche bei 4 Bauherren, um deren Bedürfnisse an Unterlagen zu ergründen, die sie für eine Abklärung eines solchen Projektes benötigen würden
- Aufarbeitung der Basisunterlagen bezüglich technischen und wirtschaftlichen Fragen, zur Integration der Variante eines Aushubspeichers und zur Aufdatierung der Projektkosten für aktuelle Energiepreise.
- Erarbeitung eines Foliensatzes, passend zur optimierten Präsentation der Projektidee
- Erstellen einer Liste potentieller Bauherren solcher grösseren Siedlungen und Durchführung einer Reihe von Präsentationen mit entsprechenden "Nachdiskussionen".

Die Aufarbeitungen (anhand von Besprechungen in Schweden und Deutschland) zeigten, dass Aushubspeicher wohl grössere Chancen haben werden im schweizerischen Mittelland als Bohrlochspeicher und deshalb in jedem Fall in die Evaluation eines Projektes einzubeziehen sind. Hiefür sind der bessere Wärmeschutz und auch das wesentlich kleinere Volumen verantwortlich bei gleichzeitig unwesentlich anderen Gesamtkosten.

Der Fortgang der Bauherrengespräche war in einem Fall ohne Erfolg, weil dieser Bauherr die Grosszahl aller Siedlungen und Heizungsanlagen in den 90-iger-Jahren saniert hat, während einige andere Bauherren die bei der geplanten P+D-Anlage notwendige Zusatz-Erstinvestition nicht leisten möchten, wenngleich diese Erstinvestition über der Anlagenlebensdauer durch Heizenergie-Minderkosten kompensierbar wäre, zumindest im Fall des subventionierten P+D-Projektes. Es bewahrheitete sich die Feststellung, dass sich im gegenwärtigen Zeitpunkt bei der - in diesem Projekt notwendigen grossen Mieterschar - zwar Komfortsteigerungen (z.B. vollständige Erneuerungen der Sanitärbereiche, mech. Wohnungslüftungen oder Wintergartenverglasungen) "verkaufen lassen", nicht aber Energie- oder Nachhaltigkeitsefforts.

Am Projektende steht nun zwar keine schriftliche Absichtserklärung und kein fertig formuliertes P+D-Gesuch eines Bauherren zur Verfügung, wohl aber die klare Aussage eines Grossbauherren, der Stadt Zürich, dass sie in einem ihrer kommenden Sanierungsvorhaben (grössere Liste von Projekten geeigneter Grösse) die Projektidee integrieren möchte. Das projektbearbeitende Hochbauamt willigte sofort in eine verfeinerte Beurteilung von zumindest 2 Siedlungen ein, die auch in passendem zeitlichem Rahmen saniert werden sollen.

2. Projektziele

Die vorangehende Studie der ZHW (Bericht BFE 18543) hatte gezeigt, dass grosse Solaranlagen zusammen mit einem Saisonspeicher auch ohne Einbezug einer Wärmepumpe einen namhaften Beitrag an die Jahres-Wärmeenergiebilanz von Bauten liefern können. Diese Studie basierte auf technischen Ueberlegungen und zugehörigen Wirtschaftlichkeitsrechnungen.

Zwar erschien ein solches System auch unter Einbezug steigender Energiepreise während der Lebensdauer der Anlage im Moment nicht kostendeckend. Andererseits versprach der namhafte mögliche Bundesbeitrag für ein erstes Demonstrationsvorhaben eine wirtschaftliche Situation, die über der Anlagenlebensdauer beinahe einen Ausgleich der Vorinvestition mit den nachmaligen Energiekosten-Einsparungen ermöglichen sollte. Offen blieb selbstverständlich noch die Frage, durch welche finanzielle Anleihe (Contracting ?) oder durch welche Finanzierungsmittel des Bauherren die Zusatz-Erstinvestition zu erwirken ist.

Das grundsätzliche Interesse für die praktische Funktionstüchtigkeit des Systems und dessen energetische Erträge bewog das BFE, der ZHW einen Auftrag zu erteilen mit folgenden Zielen :

- einen Bauherren einer grösseren Siedlung (Sanierung oder Neubau) zu gewinnen, welcher dort gewillt ist, eine Solaranlage und einen Erdspeicher zu integrieren mit einer kalkulierten solaren Deckungsrate von etwa 50%,
- mit dem Bauherren notwendige Vorbesprechungen und Vorabklärungen durchzuführen, sodass ein P+D-Projektantrag resultieren würde.

Die Projektbearbeitung soll notfalls Unteraufträge an Dritte einschliessen, etwa Beratungsaufträge im Bereich der Solaranlagen, der Geologie, der bautechnischen Eigenschaften der Speicher oder auch Konzeptberatungen zur haustechnischen Anlage.

In den nachfolgenden Abschnitten wird dargelegt, dass die gesteckte Aufgabe, bei der es immerhin um die Abschätzung von grösseren Projekt(zusatz)summen geht, bei der ein Bauherr auch Vertrauen in das System, in die Systemplaner und in die begleitende Messequippe gewinnen muss, mit Sorgfalt anzugehen ist.

3. Vorgehen

3.1. Vorrundengespräche mit Bauherren

Zur Optimierung des Auftretens bei Bauherren wurde ein zweistufiges Vorgehen eingelegt : in einer Vorrunde wurden vier - von der Art her sehr unterschiedliche - Bauherren über die Projektidee informiert und dann befragt, mit welchen Unterlagen sie versehen werden müssten, um in ihrem "Betrieb" eine solche Projektidee zu diskutieren und allenfalls anzupacken.

Aber auch über die Art und Weise der Präsentation und den möglichen Zeitrahmen wurden sie interviewt.

Erst in einer zweiten Runde sollte dann eine grössere Schar von Bauherren, in geeigneter Abfolge effektiv anvisiert und mit der Projektidee konfrontiert werden. Es war zu erwarten, dass bei dieser zweiten Runde je Bauherr ein mehrfaches Nachhaken notwendig sein würde, dass er auch den Eindruck haben sollte, dass man aus gezielten Gründen bei ihm eine gewisse Exklusiv-Anfrage durchführen würde.

Drei Resultate dieser Vorrundengespräche seien vorweggenommen:

- die Bauherren legten grossen Wert auf ein geringes Projektrisiko, was unsererseits einen Beurteilungseffort anhand ausländischer Partner und Projekte zur Folge hatte;
- die Situation bei Siedlungen (Resultat einer gleichzeitigen Semesterarbeit eines Studierenden) zeigte in vielen Fällen gewisse Probleme, mit Sonden bis in Tiefen von 15 oder 20 Metern zu gehen, aber auch die notwendige Freifläche für einen Saisonspeicher zu finden, was Abklärungen zu den Möglichkeiten von kompakteren Lösungen, zu Aushubspeichern zur Folge hatte;
- die Bauherren suchten fundierte finanzielle Unterlagen (Variantenrechnungen) bei verschiedenen Szenarien für Energiepreise, Zinsen und eben auch mit der Variante von Bohrlochspeicher oder Aushubspeicher.

3.2. Abklärungen zum Aushubspeicherkonzept

Eines der wichtigsten Ergebnisse des BfE – Forschungsprojekts 18'543 war, dass in vielen Siedlungsgebieten des schweizerischen Mittellandes wasserdurchlässige Moränenböden vorliegen, welche sich für den Bau eines Bohrlochspeichers nicht oder nur beschränkt eignen (siehe Kapitel 4 des obigen Berichts). Damit würde der Einsatz der saisonalen Speichertechnik im Erdboden auf eine beschränkte Zahl von geologisch geeigneten Siedlungsgebieten reduziert. Der Wert einer Pilotanlage mit einer Technik von bescheidenem Umsetzungspotential wäre zudem fraglich. Dieser Umstand hat das ZHW – Team bereits in der Schlussphase des Forschungsprojekts 18'543 bewogen, weitere Speicherkonzepte in die Untersuchung mit einzubeziehen. Angeregt wurde diese Ausweitung durch den Report Nr. 51 des Swedish Geotechnical Instituts SGI in Linköping, Parameter Study of Solar Heating Systems with Seasonal Ground Storage in Moraine. Die dabei angewandte Technik der Speicherung beruht auf dem Konzept des Aushubspeichers,

welcher mittels einer speziellen hydraulischen Abdichtung zwischen Speicher und Moränenboden die durch Grundwasserströme bedingten thermischen Speicherverluste reduzieren soll.

Ein Speicher dieses Typs wurde bereits 1982 in der Schweiz gebaut (Vaulruz, 3500 m³). In neuester Zeit wurden in Deutschland weitere Erdspeicherkonzepte entwickelt, die eine hydraulische Abdichtung aufweisen:

8000 m³ Kies – Wasserspeicher in Chemnitz (Beladung mit direkter Wasserumwälzung)

1500 m³ Kies – Wasserspeicher in Steinfurt (Beladung mit Wärmetauscherregistern)

300 m³ Erdreich - Wasserspeicher in Egenhausen (Beladung mit Wärmetauscherregistern).

Das Ziel des ZHW – Teams bestand nun darin, die Erfahrungen der entsprechenden Forschungsprojekte auszuwerten und die diesbezüglichen Konzepte auf ihre Umsetzbarkeit in typisch schweizerischen Siedlungsgebieten zu überprüfen. Dabei war folgendes Vorgehen beabsichtigt:

- Schritt 1: Besuch der SGI Forschungsteams M. Lehtmetts, A. Gabrielson in Linköping, Sweden
- Schritt 2: Besuch von M. Pfeil des Ing. Büros Pfeil und Koch in Stuttgart, Deutschland
- Schritt 3: Meeting mit H. Seiwald, Steinbeis Transferzentrums in Stuttgart.

3.3. Aufarbeitung der Präsentationsunterlagen

Die Vorrundengespräche hatten gezeigt, dass für eine Präsentation der Projektidee, eingeschlossen eine Diskussion und die Auflistung allfälliger interner nächster Schritte eine Zeitspanne von 1 1/2 Stunden genügen muss. Als Zielpublikum sind Leiter grösserer Bau-Projekte (eingeschlossen die Leiter der Bauabteilung grosser Liegenschaftsverwaltungen) zu sehen. Der Informationsgehalt sollte popularisiert werden und auf die Aussage zugeschnitten sein, dass ein solches Projekt für den Mieter keine Nutzungskomfort-Einbussen birgt, dass das System zuverlässig ist, dass die Zusatzkosten zumutbar sind und schliesslich das Vorhaben ein wichtiger Baustein sein kann für die Erprobung von Systemen mit wesentlich tieferen Verbräuchen an nicht erneuerbarer Energie.

Die Vortragsstruktur fiel sehr einfach aus mit den Elementen

- Vorstellung der Initianten und des BFE als Träger der Idee,
- Präsentation der technischen Projektidee (mit Variante Bohrloch- und Aushubspeicher)
- Darstellung von Systemkomponenten an vergleichbaren Anlagen mittels Fotos
- Ausblick auf die Kostenfrage, mögliche Subvention und verbleibende Zusatz-Investitionskosten

In einer Fragerunde sollen die Bauherren nachhaken können und das Projektteam sollte mögliche Zweifel beseitigen.

Bei einer grundsätzlich positiven Grundstimmung des Bauherren würden dann nächste Schritte für eine interne Weiterbearbeitung der Idee diskutiert wie -

Durchsicht des eigenen Gebäudeparkes und der Sanierungs-/Neubauplanung nach geeigneten Projekten, die für die vorgetragenen "Eckdaten" zutreffend wären,
Diskussion der Finanzierung (allfällige Umlagerung) der notwendigen Zusatz-Erstinvestitionen (z.B. auf ein allfälliges PR-Budget); Diskussion mit der obersten Firmenleitung wegen dieser Kostenposition .

Für die Präsentationsrunde bei den Bauherren wurden die Kostenübersichten mit neuen Randbedingungen durchgerechnet (vgl. auch Abschnitt 4.3.). Darin gingen ausländische Erfahrungen, wie auch Entwicklungen der Energiekosten oder der Kosten für Anlagekomponenten ein.

Wesentliche Änderungen zur Hauptstudie aus dem Jahr 1999 betrafen die Brennstoffpreise (Erdöl neuer Grundpreis 4,5Rp./kWh; Steigerungsrate 2%/a), die Varianten Bohrloch- und Aushubspeicher, die präzisierten Angaben über Bundessubventionen für das Erstprojekt, erhöhte Planungskosten und eine Reserve-Kostenposition von 10 % .

Schliesslich wurde auf Grund der Vorrundengespräche entschieden, dass die schriftlichen Unterlagen in möglichst einfacher Art die Idee dokumentieren sollten. Für technisch sehr interessierte Besprechungsteilnehmer sollte die bekannte Publikation im "Schweizer Ingenieur und Architekt" (heute tec 21) abgegeben werden (nachteilig ist die Kostenberechnung mit veralteten Annahmen), für alle Interessierten ein Papierabzug der verwendeten Folien (vgl. 4.4.) und schliesslich eine knappe, populäre Darstellung der Projektidee (Anhang 2).

3.4. Präsentation bei Bauherren (Auswahl, Uebersicht, Art der Auswertung)

Auswahl:

Schnell zeigte sich, dass jeder Bauherrenbesuch (zumindest 2 Teilnehmer von Seiten der ZHW notwendig) mit Vorbereitung und Nachbearbeitung einen namhaften Aufwand verursachte, sodass eine sehr selektive Auswahl zu treffen war. Einige der Kriterien seien hier aufgelistet, ohne Prioritäten: Bauherr in stabiler Finanzlage, Bauherr mit Goodwill für Nachhaltigkeits - Ueberlegungen, Bauherr mit Aktivitäten/Verbindungen im Bereich erneuerbarer Energie, Bauherr mit grossem Liegenschaftenbesitz oder Zugang zu vielen Liegenschaften, Lage tendenziell eher in der Ost- und Zentralschweiz , Bauherr mit Goodwill für Ausbildungsfragen, Bauherr mit nachhaltigen Nutzern der Bauten.

Eine **Uebersicht der anvisierten Bauherren** ist im Hinblick auf den Veröffentlichung des Berichtes relativ allgemein gehalten, um keine Schwierigkeiten zu erhalten bei der Kommunikation von

Reaktionen gewisser Bauherren. Es interessierten ja schliesslich die Bauherrengruppen, ihre gegenwärtige Situation und Haltung im Hinblick auf die Verwirklichung solcher Projekte.

Liste von Bauherren; mit Vermerk des aktuellen Standes der gemeinsamen Diskussion; grundsätzlich könnte im Bedarfsfall bei allen Bauherren mit * die Diskussion (wieder) aufgenommen werden :

(Vorabklärungen für Hilfestellungen bei Energiefachstellen *	Anfrage bei 3 Kantonen; erfolglos)
Pensionskasse - Ostschweizer Kanton	Detaildiskussion
Pensionskasse - Westschweizer Kanton*	noch nicht angefragt
Pensionskasse Grossverteiler*	noch nicht angefragt
Versicherungsgesellschaft A	Detaildiskussion
Versicherungsgesellschaft B	Detaildiskussion
Versicherungsgesellschaft C (Nachhaltigkeits in PR) *	Noch nicht angefragt
Privater grosser Liegenschaftsverwalter D*	Vordiskussion
Generalunternehmer E*	Detaildiskussion in Vorrunde
Generalunternehmer F	Detail-Diskussion
Baugenossenschaft G im Raum Zürich (nachhaltige Sanierungen)*	schriftl. Anfrage, offen
Baugenossenschaft H im Raum Bern*	schriftl. Anfrage, offen
Liegenschaftsverwaltung Stadt Zürich (resp. das dafür planende Hochbauamt der Stadt Zürich)	Detaildiskussionen, Weiterführung im Gang

Die obenstehende Liste zeigt, dass bei 6 Bauherren intensive Diskussionen stattfanden. Alle Diskussionen erfolgten im Verlaufe der Monate August bis Dezember 2001. Für die Detailbesprechungen wurden Zusammenfassungen der Inhalte erstellt, deren Schlussfolgerungen dann einerseits eingingen bei der Suche geeigneter nächster Besprechungspartner, aber auch in die Schlussfolgerungen dieses Berichtes.

4. Ergebnisse

4.1. Vorrundengespräche, Folgerungen:

Für die Vorgespräche wurden folgende 4 Bauherren mit dem genannten speziellen Hintergrund aufgesucht:

- Beamtenversicherungskasse eines Ostschweizer Kantons (resp. der technische Sachbearbeiter für deren Neubauten und Sanierungsplanungen)
- Ein grösserer Immobilienbesitzer und - Verwalter im Raum Winterthur
- Die Liegenschaftsabteilung einer grossen, weltweit tätigen Versicherungsgesellschaft
- Ein Generalunternehmer

Die Befragung legte folgende Wünsche der Bauherren für die Haupt-Präsentation zu Tage :

- Die Projektpräsentation sollte möglichst bildlich und in kurzer Zeit erfolgen; die Projektidee scheint mit wenigen Schemas auch für Laien einleuchtend;
- Die Risikosituation soll angesprochen werden und mögliche Absicherungen sollten diskutiert werden.
- Die finanziellen Auswirkungen (erhöhte Erstinvestition ? mögliche Bundes- und Kantonsbeiträge; Rückgewinnmöglichkeiten der erhöhten Investition bei welchen Energiepreis-Szenarien) müssen klar dargestellt und auch für verschiedene Varianten dargestellt werden
- Die Projektlösung muss für den Endkunden, den Mieter möglichst "unsichtbar" sein und vor allem keine Erhöhungen der Miet-Kosten zur Folge haben (das Haus muss "gewöhnlich bleiben"),
- Die Idee eines grossen Oekohauses mit fast ausschliesslich oekologisch fortschrittlichen Bewohnern wurde als unrealistisch verworfen.

Die Vorrunde der Befragung hinterliess keinen sehr zuversichtlichen Eindruck bei der Projektequippe, da von den 4 Ansprechpartnern 2 mehr oder weniger aus der Projektidee ausgestiegen sind, und zwar aus sehr unterschiedlichen Gründen:

Die kantonale Beamtenversicherungskasse drückte aus, dass die allergrösste Zahl ihrer bestehenden Bauten schon in einem genügenden Mass saniert worden ist. Diese Sanierungen wurden teilweise auch forciert durch den Zwang zur Sanierung grosser Heizungen in den Neunzigerjahren. Eine neue Runde steht dort erst ca. 2010 bis 2015 an. - Bei den nach wie vor geplanten Neubauten würde durchwegs der Minergielevel anvisiert, der bereits weit unter dem Niveau "üblicher Bauten" liegen würde. Ein noch weitgehendere Wärmeschutz-/Energieinvestition würde bei ortsüblichen Mietzinsen nicht verkraftet .

Bei einem zweiten Gross- Bauherr war der Nachhaltigkeitsgedanke weit weniger verankert, umso mehr aber das Renditedenken für die Bauten.

Also bereits in diesem Vorfeld schimmerte die Problematik durch, dass wegen der tiefen Energiekosten, wegen des nicht sehr hohen Stellenwertes der Nachhaltigkeit für den "Normalmieter" eine namhaft höhere Vorinvestition durch private, kommerzielle Bauherren schwierig zu erzielen ist. Dieses Problem taucht auf, obwohl die abgeschätzten Zusatz-

Erstinvestitionen im Bereich von etwa 5 % bis max. 10 % einer grösseren Sanierung sein können.

In die gleiche Zeit sind intensivere Gespräche mit einem **Energiecontractor** gefallen, die im Schluss-Resultat auch sehr ernüchternd wirkten.

Unsere Wunschvorstellungen waren darin gelegen, dass ein Contractor zur Vorfinanzierung bestimmt weit günstigere Bank-Zinskonditionen erzielen könne. Damit könnte dann auch sein notwendiger Verdienst gedeckt sein. Des weiteren besteht die - vielerorts zutreffende - Ansicht, dass ein Contractor durch seine Erfahrungen bestimmt die Projekt-Investitions- und Betriebskosten senken könnte dank wohlüberlegter Beurteilungen.

In unserem Fall zeigte sich aber, dass die Projektkosten von uns knapp kalkuliert wurden (ohne ueberflüssige Komponenten oder Elemente), dass die Bankzinsen für Contractors landesüblich geworden sind und dass leidigerweise die Banken nur mit Schwierigkeiten Systeme finanzieren, die eine höhere Lebensdauer als 15 Jahre haben . Genau dieser letzte Punkte bewog uns, diese Idee einer - vom Bauherrn abgelösten - Umlagerung, Umfinanzierung der erhöhten Erstinvestition auf diese Art und Weise als undurchführbar zu verwerfen.

Zusammenfassend:

Die Projektgruppe liess sich nicht entmutigen und setze sich daran, die Vorbereitungen möglichst perfekt durchzuführen, bei der Bauherrenauswahl sehr selektiv zu sein, bei den Gesprächen aber auch auf sehr kritische (vor allem wirtschaftliche) Fragen gefasst zu sein.(vgl. Präsentationsunterlagen bei 4.4. und anvisierte Bauherren bei 3.4.).

4.2. Aushubspeicher: Konzepte, Einsatzschwerpunkte, Investitionskosten

4.2.1 Das Konzept des Swedish Geotechnical Institute (SGI – Konzept)

Das SGI – Aushubspeicherkonzept liegt zur Zeit als Studie vor [1]. Bislang sind keine Speicher dieses Typs in Schweden gebaut worden. Das SGI - Aushubspeicherkonzept beruht auf der Annahme, dass das Aushubmaterial nach dem Einbringen der hydraulischen Abdichtung wieder eingefüllt werden kann und anschliessend mit Wasser angereichert wird. Wichtige Randbedingungen dieser Studie sind:

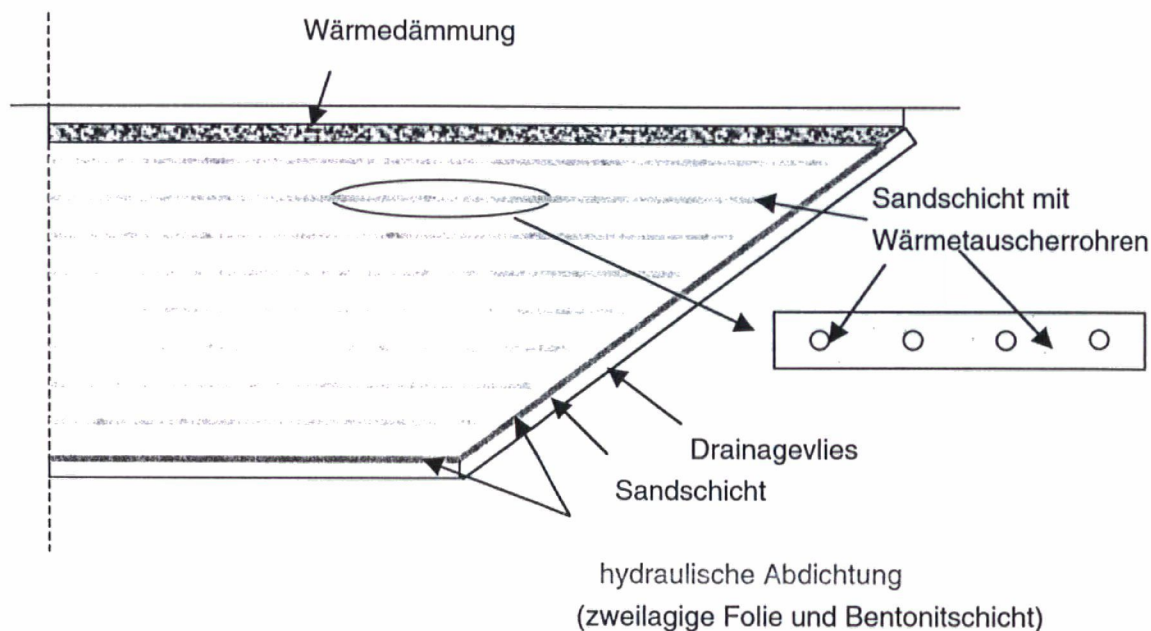
- Speichervolumina von 30'000 m³ (10'000 bis 50'000m³)
- Böschungswinkel 35 ° entsprechend dem natürlichen Böschungswinkel in schwedischen Moränenböden.
- Grundwasserspiegel: wenige Meter unter dem Erdboden. Grundwasserspiegel muss abgesenkt werden, was nur bei Neubausiedlungen möglich sein dürfte.
- Keine Wärmedämmung an der Seitenfläche und am Speicherboden.

Die hydraulische Abdichtung des Speichers auf der konischen Seitenfläche und am Speicherboden besteht (siehe Abb. 1) aus einer Kombination von Abdichtfolie und Bentonitschicht ,

welche auf eine 60 cm Sandschicht aufgebracht wird. Als Abdichtfolie ist dasselbe Material vorgesehen, wie dies für Sondermülldeponien in Schweden üblich ist. Die Wärmetauscherrohre sind aus PE-X Material vorgesehen und sollen in konzentrischen Kreisen in horizontalen Ebenen in eine Sandschicht von ca. 0.1 m Dicke verlegt werden. Bezüglich Materialwahl für die Wärmedämmung an der Speicherseite ist sich das SGI noch nicht im Klaren. Langzeittests mit Polystyrol - Wärmedämm - Materialien in einem Versuchsspeicher haben gezeigt gezeigt, dass sowohl expandiertes Polystyrol wie auch extrudiertes Polystyrol nach mehreren Jahren Betrieb bei Temperaturen über 50 °C erheblich Wasser aufnehmen und damit an Dämmwirkung verlieren. Dieser Effekt ist beim extrudierten Material etwas weniger ausgeprägt. Im Versuchsspeicher der SGI wurden keine Foamglasplatten resp. Fomglasschottermaterialien getestet.

Abb. 1

Aufbau des rotationssymmetrischen Erdspeichers mit hydraulischer Abdichtung



Die Studie weist bei einem Speichervolumen von 30'000 m³ Investitionskosten von 930'000 ECU für den Aushubspeicher und 780'000 ECU für den Bohrlochspeicher aus (Preisstand 1995). Die spezifischen Kosten für den Aushubspeicher liegen damit bei 31 ECU /m³, was ca. 50 sFr. /m³ entsprechen würde. In diesen Kosten sind auch die Landkosten für den Speicher enthalten (8% der Gesamtkosten), welche wegen der grossen Grundfläche besonders ins Gewicht fallen.

4.2.2 Entwicklungsstand der Kies – Wasser Speicher in Deutschland

Nach dem Versuchsspeicher am ITW /Stuttgart (1985) wurden in Deutschland zwei weitere Kies - Wasser Speicher in Betrieb genommen:

Chemnitz, 89-99 [2]	8'000 m ³	mit direkter Be- und Entladung
Steinfurt – Borghorst, 98 [3]	1'500 m ³	indirekte Be- und Entladung mit Wärmetauscher

Kies – Wasser Speicher besitzen als Speichermedium eine mit Wasser gefüllte Kies – Schüttung ($\rho \cdot c$ ca. 3.0 MJ/m³ K). Die Speicherfüllung dient einerseits als Wärmespeicher, andererseits als statisches Element. Dadurch kann auf tragende Bauteile wie Decken oder Wände verzichtet werden. Bei kiesigem Baugrund kann der Kies vom übrigen Material auf der Baustelle getrennt werden und als Füllmaterial weiterverwendet werden.

Ein Kies- Wasser Speicher wird wie ein Wasserspeicher geschichtet gefahren: Beim Laden strömt das solarerwärmte Wasser über eine Verteileinrichtung in den oberen Speicherbereich ein, das aufzuwärmende Wasser wird im unteren Speicherbereich abgezogen. Das Entladen erfolgt in umgekehrter Richtung.

Kies – Wasser Speicher weisen 3 Hauptelemente auf, welche in der neuesten Ausführung (Steinfurt – Borghorst) wie folgt umschrieben werden können:

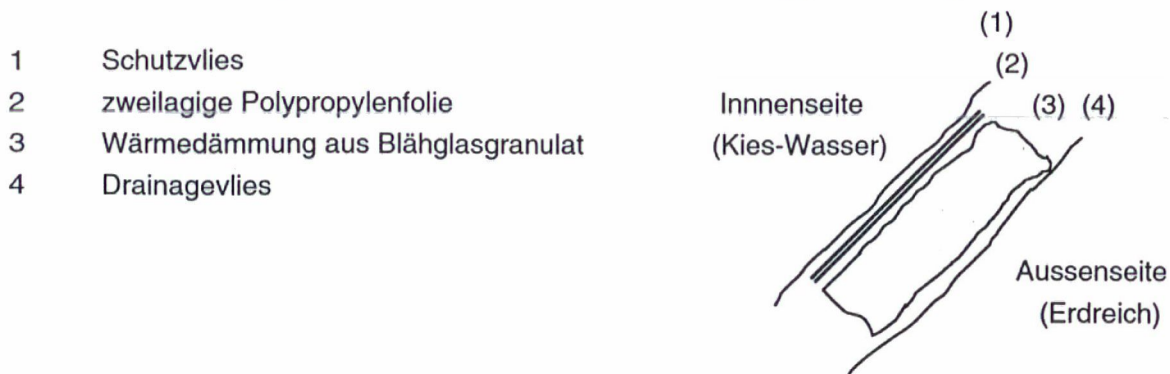
- Eine hydraulische Abdichtung

In Moränenböden mit Grundwasserströmen ist eine zuverlässige hydraulische Abdichtung erforderlich, wenn unerwünschte Wärmeverluste vermieden werden sollen. Diese Abdichtung besteht aus 2 Polypropylenfolien, die durch einen evakuierbaren Zwischenraum getrennt sind. Mit Hilfe einer Vakuum – Dichtheitsprüfung kann die Qualität der hydraulischen Abdichtung jederzeit getestet werden, was vor allem beim Einbringen des Kies- schotter (Beschädigungsgefahr) wichtig ist.

- Eine Wärmedämmung aus Schaumglasschotter resp. Schaumglasplatten

Da für den Speicherbau das Erdreich zunächst ausgehoben werden muss, ist es möglich, allseitig eine Wärmedämmung anzubringen. Diese besteht am Speicherboden aus einer Lage von Foam- glasplatten (ca. 20 cm). Die Dämmung an den Seitenflächen (mit einer Neigung von 35 bis 60 ° je nach Baugrund) besteht aus rezykliertem Blähglasgranulat, welches in Textilsäcke eingefüllt wird (Schichtdicke 40 – 60 cm). Die Speicherobenseite wird ebenfalls mit Blähglasgranulat versehen (Dämmstärke: ca. 60 cm). Blähglasgranulat stellt eine effiziente und kostengünstige Wärmedämmung dar. Es muss allerdings sichergestellt werden, dass in die Hohlräume zwischen dem Granulat kein Grundwasser eindringen kann. Dies erfordert allenfalls eine Drainageeinrichtung bestehend aus Drainagevlies und Drainagepumpe.

Abb. 2 Aufbau der hydraulischen und thermischen Abdichtung (Seitenwand)



- Eine Be- und Entlade- Einrichtung

- Speichervolumen $> \text{ca. } 6000 \text{ m}^3$: Es kann eine direkte Be- und Entladeeinrichtung eingebaut werden, vgl. Speicher Chemnitz. Hier entfällt auch der Pufferspeicher.
- Speichervolumen $< \text{ca. } 6000 \text{ m}^3$: Hier erfolgt die Be- und Entladung über eine grössere Anzahl von ca. 250 m langen Wärmetauscherrohren, die in horizontalen Ebenen von 0.7 bis 1 m Abstand verlegt werden. Die Rohrteilung innerhalb einer Lage beträgt 0.5 bis 1 m. Da die Be- Entladung über Wärmetauscher erfolgt, ist ein Pufferspeicher nötig.

4.2.3 Entwicklungsstand des Erdreich – Wasser Speichers

Bei diesem Speichertyp wird das Erdreich ausgehoben und - soweit geeignet - als Speicher-material nach dem Erstellen der thermischen und hydraulischen Abdichtung (analog Kies – Wasser Speicher) wieder eingebaut. Zur Erhöhung der Wärmekapazität muss das Speicher-material nach dem Einfüllen und nach dem Einbauen der Wärmetauscherrohre mit Wasser gesättigt werden. Damit können je nach Füllgut $\rho \cdot c$ Werte von 2.8 bis $3.5 \text{ MJ/m}^3 \text{ K}$ erreicht werden.

Referenzanlagen:

- 3500 m^3 Speicher Vulruz (CH/VD) Baujahr 1985
- 350 m^3 Speicher Egenhausen (D) Baujahr 1999

Die hydraulische und die thermische Abdichtung dieses Speichertyps ist gleich aufgebaut wie beim Kies – Wasser Speicher. Die Be- und Entladung erfolgt über Wärmetauscherrohre analog den Kies – Wasser Speichern mit kleinem Speichervolumen. Die Rohre werden beim Beladen des Speichers von innen nach aussen durchströmt, beim Entladen in umgekehrter Richtung. Damit kann eine Art dynamische Wärmedämmung zusätzlich zur vorhandenen Wärmedämmung aus Schaumglasmaterial erzielt werden.

Probleme könnten sich bei diesem Speicherkonzept in folgenden Bereichen ergeben:

- Unsicherheiten bei der Annahme der effektiven Speicherkapazität des Speichermaterials.
- Unsicherheiten bezüglich Arbeitsaufwand für das Wiedereinbringen des Aushubmaterials.
- Unsicherheiten bezüglich Böschungswinkel der Baugrube.

- Der Platzbedarf für den Bau des Speichers ist grösser als beim Kies –Wasser Speicher, da die Zwischendeponie des Aushubmaterials zusätzlichen Raum benötigt. Dies könnte vor allem bei Altbausanierungen erschwerend wirken.

4.2.4 Investitionskosten

Die Kosten für einen Kies – Wasser Speicher der dritten Generation werden in [3] für ein Speichervolumen von 15'000 m³ mit 118 DM/m³ geschätzt (inkl. Planungshonorare und MWSt.). Damit ergeben sich Speicherkosten von 165 - 175 DM/m³ Wasser - Aequivalent. Die Kosten gliedern sich wie folgt auf:

Investitionskosten eines Kies – Wasserspeichers mit 15'000 m³ Volumen ($\rho \cdot c = 3 \text{ MJ/m}^3 \text{K}$)

Erdarbeiten	16'500 m ³	40 DM/m ³	660'000 DM
Wärmedämmung	2'300 m ³	180 DM/m ³	414'000 DM
Hydr. Abdichtung	5'400 m ²	100 DM/m ²	540'000 DM
Be- u. Entladesystem			100'000 DM
Verschiedenes			50'000 DM
Total:			1'764'000 DM
Investitionskosten/m³			118 DM/m³

Für einen Speicher mit ca. 6000m³ Volumen (entsprechend einer Siedlungsgrösse für 140 Wohneinheiten) dürften die spezifischen Speicherkosten rund 10 bis 15 % höher liegen, was zu spezifischen Investitionskosten von 130 bis 135 DM/m³ führt, entsprechend 180 bis 200 DM/m³ Wasser – Aequivalent.

Ein Vergleich dieser Kosten mit jenen eines Bohrlochspeichers ist erst möglich, wenn berücksichtigt wird, dass Letzterer ein geringeres Speichervermögen aufweist und rund drei mal mehr Speichervolumen als ein Kies – Wasser Speicher resp. rund vier mal mehr als ein Wasserspeicher benötigt.

Die Ursachen für das geringere Speichervermögen des Bohrlochspeichers sind:

- a) die Wärmekapazität ($\rho \cdot c$) ist um einen Faktor 1.4 bis 1.6 kleiner;
- b) die Aufwärmspanne ist nur halb so gross (30 ° auf 55 ° gegenüber 30° zu 80°).

Die spezifischen Speicherkosten für einen Bohrlochspeicher mit 20'000 m³ Volumen wurden in [4] für die Anlage Neckarsulm mit 45 DM/m³ angegeben (ohne Planung und MWSt). Einschliesslich 12% Planung und 6% MWSt ergeben sich Kosten von ca. 53 DM/m³.

Berücksichtigt man den Aequivalenzfaktor 4 zum Wasserspeicher, ergeben sich spezifische Speicherkosten von 210 bis 220 DM/m³ Wasser - Aequivalent. Berücksichtigt man noch den erforderlichen Pufferspeicher, so resultiert insgesamt ein leichter Kostenvorteil für das

Kies/Wasser-Speicher- Konzept.

Anmerkung:

Der Speicherwirkungsgrad des Kies/Wasser- Speichers liegt trotz höherer Aufladung bei rund 70 % (gegenüber rund 50 % beim Bohrlochspeicher mit gleicher Speicherkapazität). Der jährliche Kollektorwirkungsgrad jedoch wird durch die höhere Speicheraufladung verschlechtert, so dass die Wärmekosten der gesamten Solaranlage (inkl. Kollektorfeld) für beide Konzepte in etwa gleich hoch ausfallen dürften.

Die Investitionskosten des Erdreich – Wasserspeichers mit indirekter Be- und Entladung liegen gemäss Schätzungen von [5] für einen Speicher mit gleicher Kapazität rund 10 % tiefer als beim Kies – Wasser Speicher. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass dieses Speicherkonzept wie der Bohrlochspeicher einen Pufferspeicher von mindestens 100 m³ Volumen benötigt.

4.3. Abschätzung der Investitions- und Wärmekosten von grossen Saisonspeicheranlagen

Rahmenbedingungen

Die in [6] ermittelten Investitions- und Wärmekosten von Solaranlagen mit saisonaler Speicherung von Sonnenenergie im Erdboden basierten auf den Rahmenbedingungen von 1999. In der Zwischenzeit ergaben sich folgende Veränderungen:

	1999	2001
- Brennstoffpreise Erdöl EL	3.0 Rp/kWh	4.5 Rp/kWh
- Jährliche Teuerungsrate des Brennstoffes	1.5 %	2.0 %
- Speichertypen	Bohrlochspeicher	Bohrlochspeicher, Aushubspeicher
- Bundessubvention für Demonstrationsprojekt	nicht berücksichtigt	40% der nicht amortisierbaren Mehrkosten
- Investitionskosten, Unvorhergesehenes	0 %	10 % (bei Solaranlagen)
- Planungskosten und Gebühren in % der Investitionskosten	12 %	16 %

Unverändert wurden eingesetzt:

- Kapitalzins	5 %
- Mittlere Amortisationsdauer	
Solaranlagen:	30 Jahre
Anlage mit Oelfeuerung:	21 Jahre
- Umweltabgabe auf Erdöl extra leicht	4.5 Rp/kWh

Mit den teilweise geänderten Annahmen wurden nun die Investitions- und Wärmekosten pro Wohnung für die beiden Typsiedlungen neu ermittelt. Die untersuchten Varianten, welche mit (A/B/C) gekennzeichnet wurden, unterscheiden sich im Prozentsatz des aufgewendeten fossilen Zusatzbrennstoffes (A), dem solaren Deckungsanteil (B) und der Wärmebedarfsminderung durch zusätzliche (über das gesetzlich vorgeschriebene Mass hinausgehende) Wärmeschutzmassnahmen (C) an der Gebäudehülle.

Typsiedlung Altbau (145 Wohnungen à 104 m² EBF)

Nutzenergie für Heizung und Warmwasser pro Wohnung : 10'044 kWh/a

a) Investitionskosten für die Wärmeerzeugung pro Wohnung exkl. MWSt. :

	(A / B/ C)		
Variante Erdöl (konventionell)	(100/ 0/ 0)	Fr.	3'644.-
Variante Bohrlochspeicher	(35/40/25)	Fr	18'300.-
Variante Aushubspeicher	(35/40/25)	Fr.	22'300.-

b) Jährliche Wärmekosten in sFr. pro Wohnung **gemittelt** über 21 resp. 30 Jahre:

		Variante Konventionell	Variante Bohrlochsp.	Variante Aushubsp.
1	Brennstoffkosten	685	240	240
2	Umweltabgabe	507	177	177
3	Unterhalts- und Wartungskosten	73	220	220
4	Kapitalkosten exkl. Bundessubvention	284	1190 ¹⁾	1450 ¹⁾
5	Bundessubvention für Demoanlage	0	-319	-440
6	jährl. Wärmekosten pro Wohnung (Fr.)	1549	1508	1647
7	spezifische Wärmekosten (Rp/kWh)	15.4	15.1	16.4

¹⁾ Diese Kapitalkosten enthalten auch die Kosten aus dem Anteil C:
 "verbesserte Wärmedämmung der Gebäudehülle"
 (Verbesserung über das vom Gesetzgeber geforderte Mass)

Typsiedlung Neubau (120 Wohnungen à 112 m² EBF)

Nutzenergie für Heizung und Warmwasser pro Wohnung : 7'192 kWh/a

a) Investitionskosten für die Wärmeerzeugung pro Wohnung exkl. MWSt. :

	(A / B/ C)		
Variante Erdöl (konventionell)	(100/ 0/ 0)	Fr.	3'522.-
Variante Bohrlochspeicher	(30/50/20)	Fr	15'830.-
Variante Aushubspeicher	(30/50/20)	Fr.	19'660.-

b) Jährliche Wärmekosten in sFr. pro Wohnung **gemittelt** über 21 resp. 30 Jahre:

		Variante Konventionell	Variante Bohrlochsp.	Variante Aushubsp.
1	Brennstoffkosten	489	147	147
2	Umweltabgabe	361	108	108
3	Unterhalts- und Wartungskosten	70	190	190
4	Kapitalkosten exkl. Subvention	275	1029 ¹⁾	1278 ¹⁾
5	Bundessubvention für Demoanlage	0	-276	-376
6	jährl. Wärmekosten pro Wohnung (Fr.)	1195.-	1198.-	1347.-
7	spezifische Wärmekosten (Rp/kWh)	16.6	16.7	18.7

Aus dieser Zusammenstellung wird ersichtlich, dass sich (infolge der Bundessubvention in der Höhe von 40 % der nicht amortisierbaren Mehrinvestitionskosten) für ein Demonstrationsprojekt keine signifikante Erhöhung der Wärmekosten für den Nutzer ergeben, wenn die Kosten über die gesamte Amortisationsdauer betrachtet werden und eine Umweltabgabe von 4.5 Rp/kWh eingerechnet wird.

¹⁾ Diese Kapitalkosten enthalten auch die Kosten aus dem Anteil C:
 "verbesserte Wärmedämmung der Gebäudehülle"
 (Verbesserung über das vom Gesetzgeber geforderte Mass)

4.4. Präsentationsunterlagen

Aus den Vorgesprächen mit Bauherren hatte sich klar herausgeschält, dass sie eine knappe Darstellung der Idee, mit einprägsamen Folien und klaren finanziellen Fakten wünschen.

Die nachfolgend dargestellten Folienkopien erfüllten diese Voraussetzung. Die Präsentation dauerte ohne Zwischenfragen etwa 20 Minuten, bei Zwischenfragen einiges länger.

Die Uebersicht (Folie 02) zeigt, dass ausgehend von der weltweiten Ressourcenproblematik/CO2-Problematik die "Bremswirkung" bei den Industriestaaten erfolgen muss.

02 Übersicht	
Einstieg	
• Wer / Was	Folie 01
• Übersicht	Folie 02
Begründung	
• CO ₂ Problematik	Folie 1
• Elektrizitätsverbrauch in der Schweiz	Folie 2
• Erneuerbare Energien	Folie 3
System	
• Sommersonne zum Heizen	Folie 4
• Speicherarten	Folie 5
• Diffusivspeicher- System	Folie 6
• Anlagekonzept	Folie 7
Wirtschaftlichkeit	
• Ausgangslage / Basisdaten	Folie 8
• Investitionskosten „Wärmeerzeugung“	Folie 9
• Jährliche Wärmekosten Neubau / Altbau	Folie 10
• Ausführungsbeispiel	Folie 11
Durchführung	
• Voraussetzung	Folie 12
• Projektablauf	Folie 13
• Zeitachse Pilotprojekt	Folie 14

Zürcher Hochschule Winterthur F+E Projekt Saisonale Speicherung von Sonnenenergie
22.Aug.2003

Die Präsentation endete im Normalfall mit der Folie 12, auf der die "**Musts**" an Siedlungen zur erfolgreichen Umsetzung der Projektidee dargestellt sind :

- die Minimalgrösse von 10000 m² EBF,
- eine günstige geologische Situation im nahen Untergrund
- das Platzangebot für einen Saisonspeicher (absolutes Minimum von 30 x 30 m)
- eine minimale Kollektorfläche von 13 % der EBF mit günstiger Ausrichtung- und schliesslich ein bevorstehender Neubau oder eine Sanierung mit namhafter Verbesserung des Wärmeschutzes und möglichst auch der gesamthaften Sanierung der Heizungsanlage

01 Wer / Was

Saisonale Speicherung von Sonnenenergie; Abklärung im Hinblick auf ein Pilotprojekt

F+E Projekt

BFE
Bundesanstalt für Energie

Forschungsbereich:
Solarwärme
Wärmespeicherung

Bereichsverantwortlicher:
J.C. Hadorn

ZHAW
Zürcher Hochschule Winterthur
Mitglied der Fachhochschule Zürich

Departemente:
Maschinenbau und Energie Technik
Architektur Gestaltung und
Bauingenieurwesen

Projektleitung:
Peter Hartmann
Heinz Juzzi
Werner Dubach

Zürcher Hochschule Winterthur F+E Projekt Saisonale Speicherung von Sonnenenergie 22.Aug.2001

02 Übersicht

Einstieg

- Wer / Was Folie 01
- Übersicht Folie 02

Begründung

- CO₂ Problematik Folie 1
- Elektrizitätsverbrauch in der Schweiz Folie 2
- Erneuerbare Energien Folie 3

System

- Sommersonne zum Heizen Folie 4
- Speicherarten Folie 5
- Diffusivspeicher- System Folie 6
- Anlagekonzept Folie 7

Wirtschaftlichkeit

- Ausgangslage / Basisdaten Folie 8
- Investitionskosten „Wärmeerzeugung“ Folie 9
- Jährliche Wärmekosten Neubau / Altbau Folie 10
- Ausführungsbeispiel Folie 11

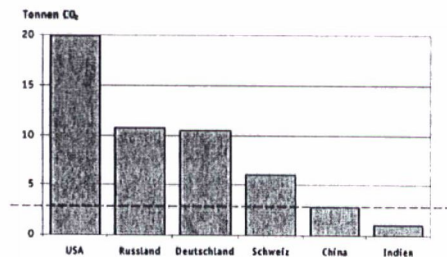
Durchführung

- Voraussetzung Folie 12
- Projektablauf Folie 13
- Zeitachse Pilotprojekt Folie 14

Zürcher Hochschule Winterthur F+E Projekt Saisonale Speicherung von Sonnenenergie 22.Aug.2001

1 CO₂ Problematik

CO₂-Ausstoss pro Kopf und Jahr in verschiedenen Länder



→ Durchschnittlicher CO₂- Ausstoss pro Kopf in der Welt entspricht einem Verbrauch von ca. 0.6 Tonnen Öl/ Kopf

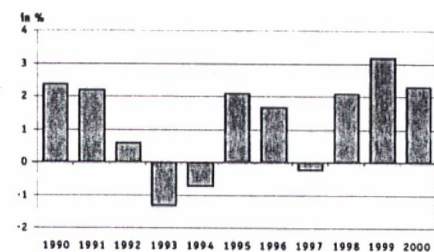
Problematik:

- CO₂ - Produktion → Klimaerwärmung, Zerstörung durch Unwetter, etc
 - Übermässiger Energiekonsum in USA und Europa
 - Allmählich erhöhter Lebensstandard in Drittweltländern → Ansteigender Energiekonsum dort
- ⇒ Senkung des Energiekonsums bei uns und vermehrter Einsatz erneuerbarer Energie sind notwendig.

Zürcher Hochschule Winterthur F+E Projekt Saisonale Speicherung von Sonnenenergie 22.Aug.2001

2 Elektrizitätsverbrauch in der Schweiz

Prozentuale Veränderung des Energieverbrauchs in den letzten Jahren

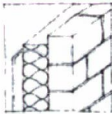


Mittelfristig ungewisse Zukunft für die Bedarfsdeckung

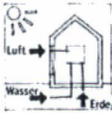
- Wasserkraftwerke kaum mehr ausbaubar
 - Kraftwerke mit fossiler Energie wenig wünschbar
 - Ersatz der Atomkraftwerke rückt näher, problematisch
- ⇒ Schwergewicht auf erneuerbare Energie möglichst ohne grosse Steigerung des Elektrizitätsverbrauchs.

Zürcher Hochschule Winterthur F+E Projekt Saisonale Speicherung von Sonnenenergie 22.Aug.2001

3 Erneuerbare Energiequellen für Heizung und Warmwasser



besserer Wärmeschutz
„Gesparte Energie = beste Energie“



Umgebungswärme



Passive Sonnenenergienutzung



Aktive Sonnenenergienutzung

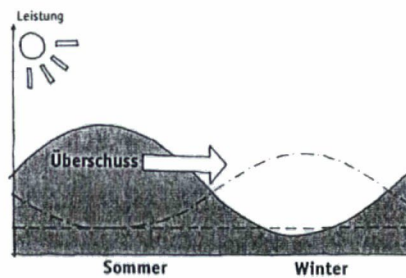


Holzheizung / Biomasse

Zürcher Hochschule Winterthur

F+L Projekt Saisonale Speicherung von Sonnenenergie
22. Aug. 2001

4 Sommersonne zum Heizen nutzen



— Solares Strahlungsangebot
- - - - - Wärmebedarf für Warmwasser
· · · · · Wärmebedarf für Heizung

➔ Gratisenergie im Sommer speichern und im Winter nutzen.

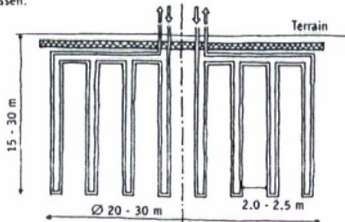
Zürcher Hochschule Winterthur

F+L Projekt Saisonale Speicherung von Sonnenenergie
22. Aug. 2001

5 System: Speicherarten

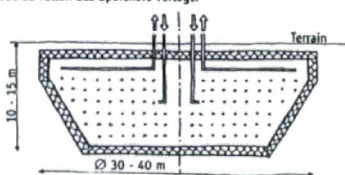
Bohrlochspeicher

Doppel-U-Rohr-Wärmetauscher in Bohrlöcher eingesetzt und mit Bentonit vergossen.



Aushubspeicher

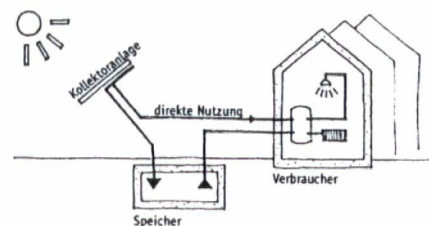
Wärmetauscherrohre von ca. 200 m Länge werden in horizontalen Ebenen beim Wiederauffüllen des Speichers verlegt.



Zürcher Hochschule Winterthur

F+L Projekt Saisonale Speicherung von Sonnenenergie
22. Aug. 2001

6 System: Diffusivspeicher

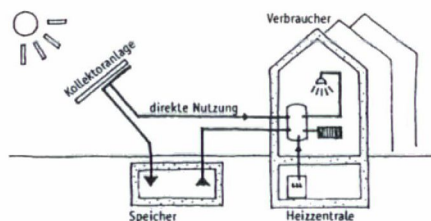


Gewinnen → Speichern → Nutzen

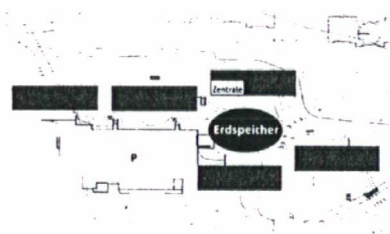
Zürcher Hochschule Winterthur

F+L Projekt Saisonale Speicherung von Sonnenenergie
22. Aug. 2001

7 System: Anlagekonzept



Diffusiv- Speichersystem mit Ergänzungsheizung



Situation einer Typsiedlung

Zürcher Hochschule Winterthur

F+E Projekt Saisonale Speicherung von Sonnenenergie
22.Aug.2001

8a Ausgangslage, Basisdaten

Unterscheidung

- Pilotprojekt jetzt mit namhafter Bundessubvention (einmaliger Betrag bei Installation)
- Späteres „Serienvorhaben“ (ohne Subventionen, aber wohl höheren Brennstoffkosten)

Unterscheidung

- Projekt mit Eigentümer, der die Wärmekosten selbst bezahlt (Büro, Gewerbe)
- Wohnbauprojekte; Wärmekosten auf Mieter abwälzbar

Zürcher Hochschule Winterthur

F+E Projekt Saisonale Speicherung von Sonnenenergie
22.Aug.2001

8b Ausgangslage, Basisdaten

Betrachtung für 2 konkrete Typ- Wohnsiedlungen

- mit ähnlicher, totaler Wohnfläche (EBF um 14'000 m²)
- um 130 Wohnungen
- allerdings mit unterschiedlichem spezifischen Wärmeverbrauch
 - Neubau um 231 MJ/m²·a
 - Altbau um 348 MJ/m²·a

Ansätze für die Betrachtung der Gesamtkosten:

- Investitionen ohne Wärmeverteilung und -abgabe
- Zinssatz 5%
- Amortisation
 - 20 Jahre für konventionelle Anlage
 - 30 Jahre für System mit Saisonspeicher
- Brennstoffkosten Öl:
 - 4.5 Rp/kWh mit Zunahme 2%/a
- mögliche Umweltkostenbelastung von Öl:
 - 4.5 Rp/kWh (Variante)

Zürcher Hochschule Winterthur

F+E Projekt Saisonale Speicherung von Sonnenenergie
22.Aug.2001

9 Investitionskosten „Wärmeerzeugung“ (Erstinvestition resp. Investition bei Sanierung, nach Abzug der Bundessubvention resp. unter Berücksichtigung der Bundessubvention)

	konventionelle Feuerung	Bohrloch- Speichersystem mit Ergänzungs- feuerung	Aushub- Speichersystem mit Ergänzungs- feuerung
Neubau	3'500.-	15'800.-	19'600.-
Altbau	3600.-	18'300.-	22'300.-

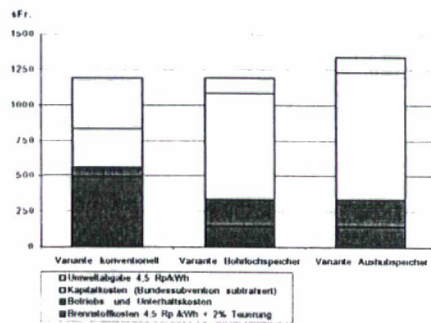
Zürcher Hochschule Winterthur

F+E Projekt Saisonale Speicherung von Sonnenenergie
22.Aug.2001

10a Jährliche Wärmekosten

Neubau

Jährliche Wärmekosten pro Wohnung (mittleres Jahr von 30 Jahren)



➔ Konventionelles System billigst, ohne Umweltabgabe

➔ Unterschiede mit Umweltabgabe minimal

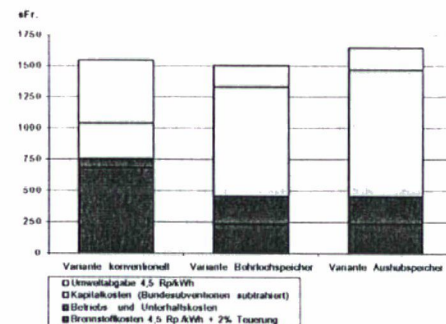
Zürcher Hochschule Winterthur

F+E Projekt Saisonale Speicherung von Sonnenenergie
22. Aug. 2001

10b Jährliche Wärmekosten

Altbau

Jährliche Wärmekosten pro Wohnung (mittleres Jahr von 30 Jahren)



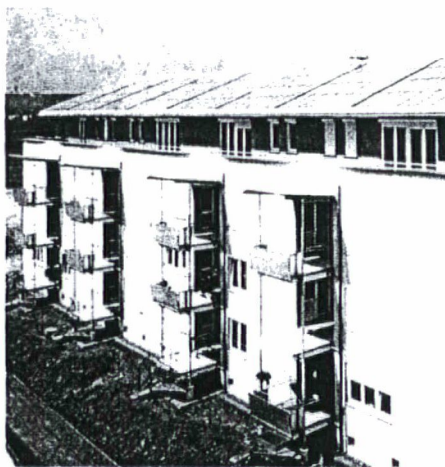
➔ Konventionelles System billigst, ohne Umweltabgabe

➔ Unterschiede mit Umweltabgabe minimal

Zürcher Hochschule Winterthur

F+E Projekt Saisonale Speicherung von Sonnenenergie
22. Aug. 2001

11 Ausführungsbeispiel



Wohnsiedlung Friedrichshafen-Wiggenshausen

Zürcher Hochschule Winterthur

F+E Projekt Saisonale Speicherung von Sonnenenergie
22. Aug. 2001

12 System: Voraussetzungen

Siedlungsgrösse / Siedlungstyp

Alt- und Neubau- Wohnsiedlungen, sowie Wohnsiedlungen mit gewerblichen oder öffentlichen Bauten

➔ minimal ca. 10'000 m² EBF

Geologie des Erdbodens im Siedlungsgebiet

➔ besonders günstig - weiche, wasserundurchlässige Böden

günstig - Fels, Moränenböden ohne nennenswerte Grundwasserströmung

ungeeignet - hochliegende Grundwasserströmungen
- Grundwasserschutzgebiet

Platzbedarf

Innerhalb des Siedlungsgebiet oder an seiner Pheripherie ist ausreichend Platz für den Bau eines Erdspeichers notwendig.

➔ minimal 30 x 30 m

Dachflächen / Dachexposition

geeignet sind - Flachdächer mit möglichst wenig Aufbauten
- Satteldächer mit Exposition SE bis SW

➔ minimale Kollektorfläche 13% der Energiebezugsfläche (EBF)

Zürcher Hochschule Winterthur

F+E Projekt Saisonale Speicherung von Sonnenenergie
22. Aug. 2001

4.5. Resumé Bauherrengespräche

4.5.1. Zusammenfassung einzelner Gespräche

Bei der nachfolgenden Darstellung der Resultate aus den Bauherrengesprächen wird basiert auf der "Bauherrenliste " in Abschnitt 3. Es werden nur die ausführlicheren Gespräche zusammengefasst. Abschliessend soll dann auch der Versuch unternommen werden, eine gewisse Haltung von bestimmten Gruppen von Bauherren herauszuspüren (Pensionskassen, private grosse Versicherungen, Generalunternehmer (mit eigenen Bauten und Bauaufträgen), Baugenossenschaften, Oeffentliche Hand als Bauherr).

Die Gespräche waren gegliedert in eine Vorstellung der Projektidee, in eine generelle Darstellung wirtschaftlicher Fragen, die Darstellung notwendiger/sinnvoller Randbedingungen und schliesslich in eine Phase der Planung weiterer Schritte. Dementsprechend folgen hier auch die Kommentare.

Pensionskasse (Ostschweizer Kanton):

Die Diskussion fand zwar in der Vorrunde statt, war aber so ausführlich, illustrativ - und leider abschliessend - dass sie hier dargestellt werden kann.

Die Projektidee wurde positiv bewertet und es wurde kommentiert, dass die Pensionskasse die eigenen Planungen mit grossem Nachdruck auf nachhaltiges Bauen ausführe.

Weitere Aktionen können von dieser Kasse in den nächsten 10 Jahren kaum erwartet werden: Zum Einen werden Neubauten nach Minergiestandard ausgeführt. Weiterführende energetische Bestrebungen würden dort nicht drin liegen. - Zum Andern ist bei ihren Altbauten mehr oder weniger der gesamte Park kürzlich saniert worden, vor allem auch bezüglich den Heizungsanlagen, wo entsprechende Vorschriften aus den Neunzigerjahren ihre Wirkung taten.

Generalunternehmer E

Auch hier fand in der Vorphase eine eingehende Diskussion statt. Der Funke für die Projektidee sprang rasch über. Allerdings betonte der teilnehmende Geschäftsführer, dass die Situation bei einer Siedlung/einem Projekt genauestens beurteilt werden müsse. Insbesondere wäre mit einem Bauherr abzusprechen, ob Nachhaltigkeitsbemühungen mit allfälligen Mehrkosten (hier verstand er im wesentlichen Mehrinvestitionen) akzeptabel wären.

Er zeigte kein Zeichen, dass seine Firma mit irgendwelchen Efforts zur Nachhaltigkeit bei ihren Planungsbemühungen (finanziell) beteiligt sein könnte. Auch eine Diskussion darüber, dass Nachhaltigkeit als " Firmenetikette " Erfolge bringen könnte, zeigte keine Folgen.

Leider - wie auch bei einigen andern Besuchen - blieben weitere Aktionen stecken, resp. die Kontakte brachen ab.

Versicherungsgesellschaft A

Die besuchte Firma besitzt einen sehr grossen Gebäudepark, der sich über die ganze Schweiz erstreckt. Ein Besuch in dieser Firma schien vielversprechend, weil bekannt war, mit welchem grossem Effort bei Bürobauten der Gesellschaft eine bautechnisch fortschrittliche Planung und Bauweise forciert wurde.

Eine interessierte Equipe aus der bautechnischen Abteilung der Firma (Betreuer von Um- und Neubauten, Verantwortliche für haustechnische Anlagen in ihren Bauten) hörte sich nicht nur den Vortrag an, sondern hinterfragte eine Reihe von Details.- Dementsprechend versprachen die Herren auch, den Gebäudepark auf mögliche Siedlungen zu durchforsten, die in nächster Zeit erstellt oder saniert würden.

Die Zuhörer gaben andererseits klar zu verstehen, dass irgendwelche weitere bindende Schritte einer Zusammenarbeit erst möglich wären, wenn auch der Segen der Finanzabteilung eingeholt wäre. Es war von der ZHW-Equipe nicht verheimlicht worden, dass erst mit Eintreten einer CO₂-Abgabe und nur durch finanziellen Ausgleich über die mittlere Anlage-Lebensdauer von 30 Jahren eine Vergleichbarkeit mit konventionellen Wärmeerzeugungssystemen möglich wäre.

Als unantastbar betrachten die Diskussionsteilnehmer, dass die Mieten - eingeschlossen die "Nebenkosten"- auch bei einem solchen P+D-Vorhaben gleich hoch sein müssten wie in einem Vergleichsbau. Auch gaben sie klar zu erkennen, dass bei Neubauten eine sehr guter Energieverbrauch heute mit vielen andern Mitteln erzielbar sei, als mit einem Saisonspeicher. Bei Neubauten wäre allerdings preislich ein gewisser Spielraum für "Zusatzideen" vorhanden. Ganz gegensätzlich wäre es bei Altbauten (wo die Saisonspeicheridee konzeptionell bessere Chance hätte) . Hier würde - auf Grund der bekannten Mietsituation vor der Sanierung - um jeden Franken einer Mietzinserhöhung gekämpft.

Generalunternehmer F

Zu Beginn des Gesprächs war bekannt, dass die Firma einerseits Bauaufträge abwickelt, zum andern aber auch eigene Bauten besitzt (die dementsprechend zu sanieren sind).

Eine anfängliche grosse Bereitschaft zur Besprechung und Bearbeitung der Projektidee verblasste rasch - wegen nicht ausgesprochenen Gründen. Ob es die Erkenntnis war, dass die Umsetzung eines solchen P+D-Projektes trotz der BFE-Beiträge noch einen namhafte Beitrag des Bauherren - oder ein angepasstes Umlagerungsverfahren der anfänglichen Mehrinvestitionen mit späteren Energiekosten-Verminderungen verlangt ? Oder ob firmeninterne Probleme das Interesse des Zuhörers von solchen Zukunftsideen abgewendet hat ?

Es blieb die versprochene Antwort aus, welche ihrer Bauten für einen Sanierungsprozess mit Saisonspeichereinsatz allenfalls in Frage kommen könnten.

4.5.2. Versuch zu verallgemeinernden Kommentaren bezüglich Bauherrengruppen und ihrem Willen zur Durchführung eines P+D-Projektes "Saisonspeicher"

Grundsätzlich bestand ein Problem des ZHW-Teams darin, ein Produkt (Saisonspeichersystem) zu "vermarkten", das für den Endverbraucher, eben den Mieter, keine direkten Nutzen, sondern nur einen ideellen Nutzen bringt . Zwar sind einzelne solche Endverbraucher zu finden, welche einen ideellen Nutzen durch finanzielle Zusatzleistungen stützen (z.B. durch den Kauf von Photovoltaikstrom oder im uebertragenen Sinn durch den Kauf von teurerem Biogemüse). Es scheint in der heutigen Zeit aber undenkbar, eine genügend grosse Schar von genau solchen "Endverbrauchern" in eine 140 -Wohnungen-Siedlung zu locken.

Ein zweites Problem besteht offensichtlich darin, dass zwar eine Reihe grösserer Industriefirmen nachhaltige Verhaltenskonzepte entwickelt hat und auch entsprechend handelt, dass aber ein nachhaltiges Bauen sich als (Werbe-) Argument im hart umkämpften Wohnungsmarkt nicht oder noch nicht etabliert hat.

Die "Energiegeschichte" der letzten 20 Jahre zeigt, dass in der Regel erst klare Vorschriften oder namhafte Vergünstigungen (Steuerabzüge, Minergie-Mitfinanzierung durch Kantone, Passivhauskredite von Kantonen) effektvolle und flächendeckende Energiespar- oder allgemeiner Nachhaltigkeitsbestrebungen in Gang gebracht haben.

Und nun einige pointierte Stichworte zu den Bauherrengruppen:

Pensionskassen sind zwar geneigt, in gewissem Grad Nachhaltigkeitsbemühungen zu unterstützen - ähnlich wie Baugenossenschaften. Andererseits scheinen doch Zusatz-Finanzbeträge im Bereich von einer Mio. Franken im Rahmen ihrer offen gelegten, demokratischen Entscheidungsprozesse für eine P+D-Projekt zu hoch zu sein.

Versicherungsgesellschaften wie auch die als Bauherren und Bauunternehmer wirkenden Generalunternehmer stellen im Wohnungs- (und wohl auch im Gewerbebau) die Rendite resp. marktkonforme Mieten vor alle weiterführenden, nachhaltigeren Ideen.

Private Besitzer von grossen Liegenschaften könnten im Einzelfall mit Ueberzeugungskraft für die Idee motiviert werden. Erste Ansätze hiezu sind erkennbar. Zum Durchbruch verhelfen könnte allenfalls eine "Subvention" durch die öffentliche Hand oder durch Energie-Lieferanten.

In der gegenwärtigen Situation geben wir aber vor allem bei der öffentlichen Hand (Bund, Kantone, Städte) eine Chance, ein solches Projekt mitzufinanzieren. Es sind hier eine klare Sorge um die Gesundheit der Bevölkerung (Emissionsminderung), aber auch die Notwendigkeit einer Vorbildfunktion entscheidend für einen solchen Einsatz. Hilfreich ist auch die entsprechende Vereinbarung mancher solcher Bauherren, die effektive Umweltbelastung der Energieträger in den Entscheidungsprozess einzubeziehen.

4.6. Weitere Umsetzungsarbeiten und studentische Unterstützungsarbeiten

Im Laufe des Jahres 2001 fanden folgende **Präsentationen** des Projektes statt:

-Startveranstaltung zu "Energie Schweiz" am 30. Januar 2001 in Illnau Effretikon; der Projektleiter stellt das Vorhaben vor in einer kombinierten Veranstaltung mit einer Programmpräsentation des BFE, mit einer Fallstudie zu erfolgreichen Sanierungen.

-Veranstaltung der SEV-Gruppe Ostschweiz; Vortrag an der ZHW, beim dem H.Juzi die Projektidee und gewisse Teilresultate vorstellte (Feb. 2001)

-Symposium Nachhaltigkeit in der Region, organisiert durch die ZHW (6.Nov. 2001) : im Rahmen der gleichzeitigen Ausstellung wurde das Projekt mittels Postern dargestellt und mit Besuchern diskutiert.

Der Projekteinhalt wurde immer wieder befruchtet durch Projektarbeiten von Studierenden, die nachfolgend kurz zusammengefasst werden :

-Diplomarbeit Rainer Ott, Ende 2000 : Erdverlegte Pufferspeicher

Da im Aussenraum aufgestellte Pufferspeicher von 100 bis 150 m³ nicht in jedem Fall optimal in Wohnsiedlungen integriert werden können, soll untersucht werden, inwiefern erdverlegte Pufferspeicher machbar sind und welche Kosten dabei entstehen.

Als Werkstoff für den Behälter kommt Stahl oder faserverstärkter Kunststoff in Frage. Im ersten Fall ist eine Korrosionsschutzanlage vorzusehen. Als kostengünstiges Konzept erwies sich dabei der horizontal verlegte Kunststofftank, welcher mit einem Durchmesser von maximal 4 m vorgefertigt auf die Baustelle geliefert wird. In einem Tank dieser Grösse ist noch eine ausreichende Schichtung gegeben. Für die Wärmedämmung wird vorteilhafterweise Foamglas-Schotter verwendet.

-Diplomarbeit Kaiser, Ende 2000: Systemdynamik eines Aushubspeichers

An der ZHW existieren für die Simulation einer Solaranlage mit saisonalem Erdspeicher in MATLAB/SIMULINK alle Elemente mit Ausnahme des Aushubspeichers. Es sollte in dieser Arbeit nun das noch fehlende Modul des Aushubspeichers erstellt werden. Das zylindrische Modell des Aushubspeichers besteht aus Wärmetauscher-Erdreich-Elementen, die radial und vertikal miteinander verbunden werden. Ein einzelnes Wärmetauscher-Erdreich-Untermodule weist einen dreischaligen Aufbau auf, das die Dynamik des Lade-Entladevorgangs mit guter Näherung nachbildet.

Das Modul zeigt in einem ersten Testrun vernünftige Resultate, die jedoch noch einer genaueren Verifizierung bedürfen.

Semesterarbeit Leuthold, 2001 : Abklärungen zur realen Platzierungssituation von notwendigen Kollektorfeldern, eines Saison- und eines Pufferspeichers bei Typsiedlungen.

Im Laufe dieser Arbeit, die sich im wesentlichen auf eine grössere Siedlung mit Flachdächern in Zürich und Siedlungen mit Steildächern im Bereich von Winterthur-Töss beschränkte, zeigten sich ernüchternde Grenzen für die Möglichkeiten der genannten Komponenten. Nicht betrachtet wurden die geologischen Randbedingungen, die in jedem Fall ganz primär zu beurteilen sind.

Drei solcher Einschränkungen seien aufgeführt : bei Wohnblöcken mit mehr als 3 Stockwerken reicht die Dachfläche allein kaum für die Platzierung der Kollektoren. Im Zwischenfeld von Gebäuden einer grösseren Siedlung besteht relativ grosse Chance, dass Untergrundgaragen oder andere unterirdische Bauten (z.B. Zivilschutzbauten) den Einbau von Gross-Speichern verhindern. Ebenso einschränkend ist bei vielen Dächern die Vielfalt von Lüftungsrohren, Dachfenstern, Liftaufbauten, die ein grosszügiges, preisgünstigeres Platzieren der Kollektoren verhindern.

5. Nächste Schritte

Bei der ersten Besprechung mit dem Hochbauamt der Stadt Zürich zeigte sich (November 2001), dass hier ein Bauherr gefunden war, der einen grossen Gebäudepark bewirtschaftet, dem Nachhaltigkeit beim Bauen ein Anliegen ist und der in der gegenwärtigen Situation auch gewisse finanzielle Zusatzmittel für Projekte mit Zukunftscharakter einwerfen kann. Im zweiten und vor allem dritten Punkt unterscheidet sich dieser Bauherr markant von den bisher besuchten Bauherren.

Aus dieser Perspektive heraus, zusammen mit dem Wunsch der Stadt Zürich für eine baldige detailliertere Bearbeitung von ein oder zwei Vorhaben, mussten die Arbeitskapazitäten haushälterisch eingesetzt werden :

Die noch pendenten Anfragen bei anderen Bauherren wurden nicht mehr weiter verfolgt, wenn die Bauherren kein weiteres Bearbeitungsinteresse zeigten (vgl. Liste in Abschnitt 3.4. und Resumé in Abschnitt 4.5.), die Arbeits- und Berichtunterlagen (vor allem von Auslandsbesprechungen) aus dem Jahr 2001 wurden zusammengetragen und für die Schlussberichterstattung bereitgestellt.

Die **wesentlichen nächsten Schritte**, so auch mit dem Projektbegleiter abgesprochen, waren/ sind die Detailanalyse der Möglichkeiten für die Projektidee bei der Siedlung Heuried und Heumatt der Stadt Zürich.

Parallel hiezu setzte ein Student mit Untersuchungen zum Haustechnik- und Solarsystem der Siedlung Heumatt ein.

Da die Sachbearbeitungsmittel des laufenden Projektes mit dem Uebergang zu diesen beiden Siedlungsbearbeitungen mehr oder weniger aufgebraucht sind, musste die Diskussion wegen einer weiteren, anschliessenden BFE- Teil-Studie (Analyse von Siedlungen der Stadt Zürich mit dem Ziel der Formulierung eines P+D-Projektes) aufgenommen werden.

6. Schlussfolgerungen

Wenngleich die Projektidee als durchführbar und nicht sehr risikoreich gilt, wenngleich im Ausland erste verwandte Projekte durchgeführt wurden, so stehen der Verwirklichung bei uns immer wieder gewisse Hindernisse gegenüber.

Diese Hindernisse kommen von den räumlichen Randbedingungen, von Seiten des Untergrundes, vor allem aber auch von den finanziellen Möglichkeiten für solche zukunftssträchtige Lösungen bei den gegenwärtigen viel zu tiefe Energiepreisen.

Folgerung 1 : Einen solaren Deckungsgrad eines Saisonspeichersystems von 50% müssen wir in üblichen schweizerischen Verhältnissen als oberen Grenz-Wert ansehen, weil vor allem die Räumlichkeiten für Kollektoren fehlen. Die hierzu notwendigen 13% Kollektorfläche im Vergleich zur EBF können allerhöchstens in Gebäuden bis zu 3 Stockwerken auf dem Dach gefunden werden; in allen andern Fällen sind - nicht leicht zu findende - Zusatzflächen notwendig.

Folgerung 2: Der geologische Untergrund (z.B. wasserdurchlässige Moränenböden) legt es in vielen Fällen nahe, die Variante der kompakteren Aushubspeicher anzuvisieren. Diese erlauben eine hydraulische Dichtung und thermische Rundumdämmung gegenüber dem Erdreich. Dass dieser Speichertyp wegen der notwendigen Aushubperiode und der Zwischenlagerung des Erdreiches organisatorisch aufwendiger sind und mehr Platz benötigen, ist evident. .

Folgerung 3: Bauherren sind heute (Imageproblem) geneigt, die Sanierungen auf den verschärften Level von Minergiebauten zu setzen. Noch weitergehende Wärmeschutz-Investitionen sind sehr zähe erzielbar im freien Markt.

Folgerung 4: Trotz der zu erwartenden Bundessubvention für das Demonstrationsprojekt verbleibt beim Bauherren bei einer "grösseren" Siedlung ein merklicher Zusatz- Erstinvestitionsbetrag (Grössenordnung 1 bis 1,5 Mio Fr. für eine Sanierung einer Siedlung mit 140 Wohnungen). Finanzierungsmodelle mit Fremdmitteln hierfür scheinen kaum realisierbar (vgl. Diskussion Contracting). Ein Freisetzen dieser Mittel (einmalige Zahlung) oder eine Umlagerung der Kosten während der Lebensdauer von 30 Jahren ist offensichtlich sehr schwierig zu bewirken.

Folgerung 5: Die Wärmekosten einer Demonstrationsanlage mit saisonalem Erdspeicher liegen unwesentlich höher im Vergleich zu einer klassischen Oelfeuerung. Die Begründung hierfür ist in der Bundessubvention für die nicht amortisierbaren Kosten zu finden und im Einbezug einer Umweltabgabe. Trotzdem verfängt sich das "Lebenszyklus-Finanzierungsmodell" bei kommerziellen Liegenschaftsbesitzern kaum.

Folgerung 6 : Entsprechende Finanzielle Mittel im Hinblick auf eine nachhaltige Entwicklung sind bei firmeneigenen Industriebauten oder Gewerbebauten offensichtlich leichter erzielbar als bei Wohnbauten, zumal dort auch die Nachhaltigkeit (Firmenimage) besser vermarktet werden kann (vgl. etwa Bauten von Gretag, Migros, Swiss-Re, Rimuss-Kellerei, Verwaltungsbau Patria in St.Gallen)

Anhang

Anhang 1

Literaturhinweise

- [1] Marti Lehtmetts; Parameter Study of Solar Heating Systems with Seasonal Ground Storage in Moraine, SGI Report Nr. 51, Linköping 1995.
- [2] Ingo Voigtländer; Solar unterstützte Nahwärmeversorgung mit Kies – Wasser Speicher, Erfahrungen aus der Planungs-, Realisierungs und Betriebsphase; OPET - Seminar 2001, März 2001 / Neckarsulm.
- [3] Markus Pfeil, Holger Koch, Martin Benner; The Third Generation of Long-Term Gravel- Water Storage Steinfurt – Borghorst; TERRASTOCK 2000 , Stuttgart (D)
- [4] D. Mangold et al.; Solarthermie – 2000 TP 3: Solar unterstützte Nahwärme, Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitforschung.
OPET - Seminar 2001, März 2001 / Neckarsulm.
- [5] M. Pfeil, E. Hahne, V. Lottner, M. Schulz; Solare Nahwärme und Saisonale Wärmespeicherung - Stand der Technik. Forschungsverbund Sonnenenergie „Themen 97/98“.
- [6] W. Dubach, F. Fuchs, P. Hartmann, H. Juzi, H. Wanner, R. Wellauer;
Saisonale Speicherung von Sonnenenergie im Erdboden zur Wärmeversorgung von grösseren Ueberbauungen; BfE Schlussbericht Projekt 18543, Oktober 1999.

Anhang 2

Kurzbeschreibung Saisonspeicheranlage für Solarwärme, Zielsetzungen und Struktur

Es ist eine Selbstverständlichkeit, dass bei Sanierungen oder bei der Neukonzeption von Bauten der Wärmeschutz auf ein zumindest gesetzeskonformes Niveau gebracht wird.

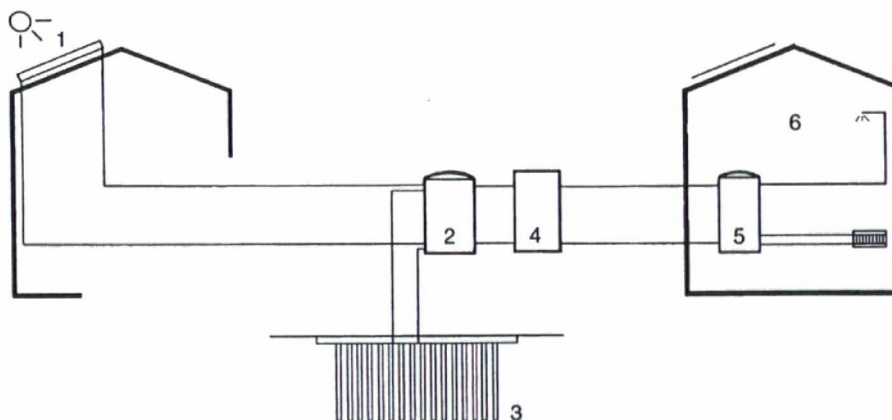
Im Hinblick auf eine in Zukunft immer notwendigere namhafte Deckung des verbleibenden Energiebedarfs für Wärmezwecke durch **erneuerbare** Energie sollen Lösungen erprobt werden, welche dies erfüllen können.

Eine dieser Lösungen ist die Integration einer grösseren Solaranlage in eine Siedlung, die

- während des Jahresgangs das Brauchwarmwasser weitgehend solar erwärmen oder zumindest vorwärmen kann,
- die vor allem aber auch einen markanten Beitrag an den Energiebedarf für Heizzwecke liefern kann.

Bei einem solchen System kann erwartet werden, dass etwa die Hälfte des gesamten Wärmebedarfs solar gedeckt wird. Der noch verbleibende Teil wird auf konventioneller Art und Weise erbracht. Dies kann mit einer Oel- oder Gasfeuerung erfolgen, möglicherweise auch mit einer Holzfeuerung, in diesem Fall also nochmals mit erneuerbarer Energie.

Ein solches System ist untenstehend dargestellt:



1
Saisonspeicheranlage mit Kollektoren und einem oberflächennahen Erdspeicher für eine Siedlung.
Legende: 1 Kollektorfeld; 2 Pufferspeicher (Kurzzeitspeicher); 3 Erdspeicher/Diffusivspeicher (Saisonaler Speicher); 4 Ergänzender Wärmeerzeuger; 5 Wärmeübergabestation im Gebäude (für WW- und Heizung); 6 Verbraucher

Die Belieferung der Bauten mit Heizwärme und Brauchwarmwasser geschieht in bekannter Art und Weise, möglichst ausgehend von einer einzigen Heizzentrale. Eine möglichst tiefe Vorlauftemperatur für die Heizung ist auch hier energetisch vorteilhaft.

Wesentliche zusätzliche Komponenten sind die **Sonnenkollektoren** (auf Dächern oder/ und auf

Fassaden und eventuell in der Umgebung der Wohnbauten) mit entsprechenden Verbindungsleitungen zu den nachfolgende beschriebenen Speichern und Heizzentrale. (Grössenordnung der Kollektorfläche total: 10 bis 13 % der Energiebezugsfläche)

Wenn immer möglich wird die gewonnene Solarwärme direkt den Verbrauchern zugeführt. Dieser Transfer geschieht über einen sogenannten Arbeits- oder **Pufferspeicher** (liegend oder stehend, Grössenordnung 100 m³). Zusätzlich wird in Zeiten hohen Solar- Ertrages (Sommer bis Herbst) Solarwärme in einen grossen Zusatzspeicher eingelagert. Dieser befindet sich im Vorfeld der Bauten als überdeckter "Erdspeicher" mit der Grösse von einigen tausend Kubikmetern. In der Winterzeit wird der Erdspeicher wieder entladen zugunsten des dann bestehenden hohen Wärmebedarfs.

Das Gesamtsystem benötigt ein Regel-/Leitsystem, das aber in einer solchen Siedlung ohnehin in bestimmtem Ausmass notwendig ist.

Sichtbare Elemente des obigen System sind die Kollektoren, möglicherweise der Pufferspeicher (und eventuell in gewissem Mass der Erdspeicher als niedriger "Hügel").

Von Seite der Bewohner unterscheidet sich das beschriebene System nicht von einer konventionellen Heiz- und Warmwasserversorgung. Ausserdem ist ein solches System nach einem typischen Lebenszyklus von 25 Jahren (für Solarsystem und Ergänzungsfeuerung) notfalls ohne Problem rückrüstbar auf völlig konventionellen Betrieb.