
Programm
Solare Wärme und Wärmespeicherung

Solare Wärmeversorgung mit saisonalem Speicher für die Wohnsiedlung Heumatt, Zürich Seebach

ausgearbeitet durch
Peter Hartmann und Heinz Juzi
mit Unterstützung von
Werner Dubach und Roland Wüthrich
Zürcher Hochschule Winterthur
Postfach 805, 8401 Winterthur

im Auftrag des
Bundesamtes für Energie

Dezember 2003

Schlussbericht

Zusammenfassung

Das vorliegende Projekt ist ein weiteres Teilprojekt auf dem Weg, in der Schweiz ein P+D-Vorhaben einer Solaranlage mit Saisonspeicher für eine grössere Siedlung zu realisieren. Als Randbedingungen waren vorgesehen, dass die Wärme des Speichers ohne Einsatz einer Wärmepumpe genutzt würde und dass etwa die Hälfte der Energie für Heiz- und Warmwasser-Zwecke erneuerbar gewonnen würde. Frühere Studien hatten die grundsätzliche Machbarkeit des Ansatzes gezeigt und tendenziell eine bessere Realisierungschance bei einer Altbau-Sanierung versprochen.

Relativ grosse Mühe hatte in den letzten beiden Jahren die Suche eines Bauherren bereitet, da offensichtlich in der Marktwirtschaft – ohne Zwang – kein Spielraum bleibt für Massnahmen, Investitionen, die über dem gesetzlich Notwendigen oder keinesfalls mehr über den Anforderungen nach Minergie sein würden.

Im Jahr 2002 wurde mit der Stadt Zürich ein Bauherr mit einem großen Liegenschaftsportefeuille gefunden, der aus seiner Funktion als Bauherr der öffentlichen Hand eine Vorreiterrolle bezüglich nachhaltigen Bauens spielen will und somit dem genannten Vorhaben positiv gegenüber stand.

Eine Analyse definitiv durchzuführender Sanierungs- Bauvorhaben der Stadt liess das Projekt Heumatt als aussichtreich erscheinen.

Erste Abklärungen kritischer Punkte in der zweiten Hälfte des Jahres 2002 hatten zu Resultaten mit positivem Trend geführt (Besonnung, Raum für Speicher und Kollektoren, Geologie des Untergrundes).

Trotzdem verblieben eine Reihe von Pflichten, um die Machbarkeit und die Finanzierbarkeit des Vorhabens zu erhärten. Der Bearbeitungsprozess verlief in diesem Projekt parallel zur Planung der „normalen“ Gebäudesanierung, auf verschiedenen Ebenen wie:

- Festlegungen der technischen Pflichten
- Optimale Integration der Solaranlage in die Siedlung (Ausschreibung einer Studienarbeit)
- Weitere Abklärungen des technischen Konzeptes (noch ohne eigentliches Vorprojekt), mit gleichzeitiger Einholung der Meinung eines renommierten Planungs-/Forschungsinstitutes in Deutschland
- Bewertung des Risikos einer solchen Anlage
- Erhärtung der Kosten und der Finanzierungsmöglichkeiten

Die Resultate können wie folgt zusammengefasst werden:

- Als saisonaler Speicher wird für das vorliegende Projekt ein sog. Aushubspeicher mit ca. 9000 m³ Volumen vorgesehen. Das wesentlich kostengünstigere Bohrlochspeicherkonzept kann wegen der geologischen Verhältnisse im Baugrund nicht eingesetzt werden.
- Es werden minimal 1800m² Absorberfläche benötigt, um den Wärmebedarf der Wohnsiedlung mit 140 Wohneinheiten zu 50 % mit solarer Energie decken zu können. Die Kollektorfelder müssen über den bestehenden Parkplätzen errichtet werden, da die Dachflächen der drei Wohnblöcke wenig geeignet sind und sich unerwünschte Schnittstellen mit der übrigen baulichen Sanierung ergeben würden.
- Das Konzept der Solaranlage wurde in Zusammenarbeit mit in- und ausländischen Ingenieurfirmen erarbeitet und auf mögliche Mängel in einer Risikoanalyse überprüft.
- die Investitionskosten der Solaranlage liegen (u. A. bedingt durch die höheren Speicherkosten und Mehraufwendungen für die Unterkonstruktion der Solarfelder) wesentlich höher als dies in früheren Fallbeispielen ermittelt wurde und betragen pro Wohnung 25'000 bis 30'000 Fr. Sie liegen damit in einem Bereich, der für die Stadt auch bei den Zuschüssen aus Bundesmitteln und aus dem EKZ-Solarfonds nicht mehr finanzierbar ist.

Als Folge daraus hat die Stadt Zürich die Weiterbearbeitung / Umsetzung des Konzepts sowohl für die Wohnsiedlung Heumatt, wie auch für andere zukünftige Sanierungsfälle gestoppt.

Die Autoren sind der Meinung, dass wegen der Vielzahl von erschwerenden Randbedingungen die Anwendungschancen für dieses Wärmeversorgungskonzept im städtischen Umfeld stark eingeschränkt werden, in weniger dicht bebauten Regionen dagegen die Realisierungschancen günstiger zu beurteilen sind.

Diese Arbeit ist im Auftrag des Bundesamtes für Energie entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

1 Ausgangslage

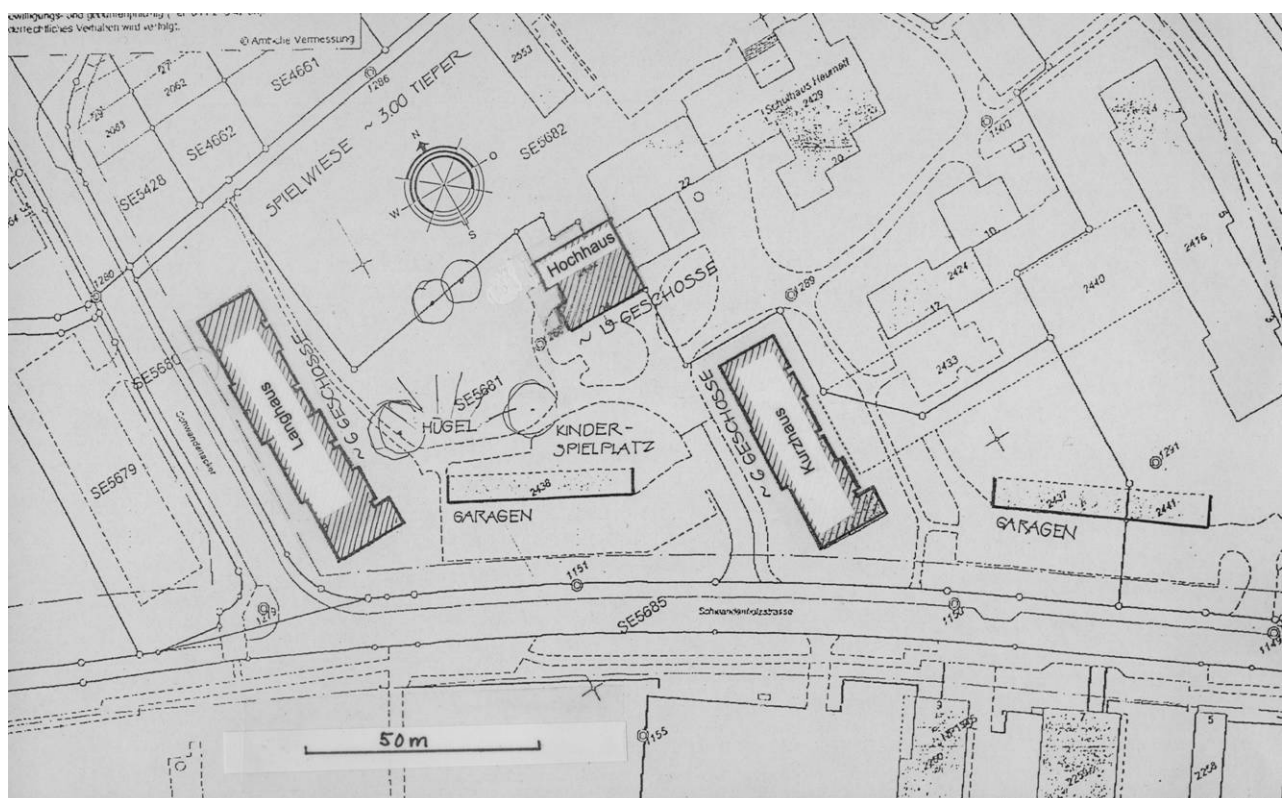
Das Team der ZHW verfolgte bereits seit drei Jahren den Pfad, einen Bauherren zu einem Pilotprojekt zu gewinnen, bei dem eine grössere Siedlung (geplant 100 Wohnungen) mit einer grossen Solaranlage und einem Saisonspeicher ausgerüstet würde, die etwa 50 % des Energiebedarfs Wärme erneuerbar erzeugen würden. Das bereits mehrfach publizierte Anlagekonzept sieht an wesentlichen Komponenten vor: die Solaranlage, einen Arbeitsspeicher (Pufferspeicher für das Energiemanagement), einen Erdspeicher (Diffusivspeicher mit Erdsonden oder allenfalls optimierter Speicher), das konventionelle Heiz- und Warmwassersystem mit einem ergänzenden „Wärmeerzeuger“ (vorteilhafterweise auch mit erneuerbarer Energie).

Nach einer umfangreichen theoretischen Studie (mit Ausblick auf die Anwendung bei einer sanierten Siedlung und bei einer Neubausiedlung) folgte die Stufe einer intensivierte Bauherrensuche für ein Pilot-Projekt, die weniger wegen der technischen Projektidee, als wegen der im freien Markt scheinbar nicht tragbaren Kosten harzig verlief. Auch neuzeitliche Finanzierungsideen wie Contracting brachten keine Fortschritte, obwohl damalige Kostenschätzungen des Teams eher zurückhaltend waren. Das Hochbauamt der Stadt Zürich als grosser Bauherr zeigte sich deshalb gegenüber der Projektidee offen, weil es nachhaltiges Bauen will und dazu auch gewisse Pilot-Projekte finanzieren kann. Studien bei einer ersten Siedlungen (Heuried) führten wegen mangelnder Platzierungs-Flächen für Kollektoren und mangelnder Räume für den Speicher zum baldigen Abbruch des Unterfangens. Hingegen verliefen bei der Wohnsiedlung Heumatt in Zürich Seebach im Jahr 2002 die ersten Abklärungen positiv.

Nachfolgend soll die Siedlung Heumatt kurz vorgestellt werden und dann die Resultate der Vorstudien gezeigt werden:

Die Siedlung ist vor über 30 Jahren in Zürich Seebach errichtet worden. Sie ist südlich begrenzt von einer Strasse und einem grösseren Friedhof, westlich von einer Wiese als Freihaltestreifen für den anschliessenden Wald, nördlich und östlich von Schulbauten und anderen Wohnsiedlungen: Ein hoher Wohnturm dominiert die Siedlung. Zu dessen Füßen liegen ein längerer und ein kürzerer Wohnbau-Quader (genannt Langhaus und Kurzhaus). Die Versorgungszentrale ist konzentriert an einem Ort, zu Füßen des Wohnturms. Dort wird die von der KVA angelieferte Wärme umgeformt und für Heiz- und Warmwasserzwecke zwischengespeichert und dann verteilt.

Abb. 1 Situation Wohnsiedlung Heumatt.



Diese Zentrale liefert ausserdem Wärme an die nebenstehenden Schulbauten. Die Gebäude sind mit Heizkörpern beheizt.

Bei der bevorstehenden Sanierung der 3 Gebäude ist vorgesehen, den Wohnturm auf den Minergie-Standard zu bringen, was den Einbau einer mechanischen Wohnungslüftung bedingt (einfache Lüftungsanlage). Die beiden flacheren Bauten sollen einen sehr guten Wärmeschutz der Gebäudehülle erhalten, aber keine mechanische Wohnungslüftung, was einen – gegenüber dem Turm - erhöhten Heizwärmebedarf zur Folge haben wird.

Die ersten Beurteilungen bezüglich der Verwirklichung einer Saisonspeicheranlage hatten positive Signale gesetzt. Es zeigte sich,

- dass der Untergrund bis auf eine Tiefe von mehr als 10 Metern frei ist von Grundwasser (wesentliche Voraussetzung für den Bau eines Erdspeichers),
- dass eine Reihe von grösseren Flächen zur Platzierung von Kollektoren verfügbar ist,
- dass eine Platzierung des Speichers im Bereich des westlichen Parkplatzes möglich sein sollte (mögliche, aber nicht billige Lösung).

Noch offen geblieben sind Präzisierungen bezüglich der in Zukunft notwendigen Betriebstemperaturen des Heizungssystems, bezüglich der Verteilverluste im System, bezüglich weiterer Fragen der Integration des neuen Systems in die bestehende Siedlung.

Bereits Ende 2002 haben verschiedene GU begonnen, in einem Wettbewerb die Kosten der „konventionellen Sanierung“ zu bearbeiten. Diese konventionelle Planung sollte losgelöst, parallel zum solaren Pilotprojekt-Vorhaben ablaufen.

Die Stadt Zürich hat, abgesprochen mit dem BFE, im Laufe des Jahres 2002 Studienarbeiten zu folgenden Themenkreisen gestartet und begleitet:

- A) Erstellen eines technischen Beschriebs / Pflichtenheftes der Solar-/ Saisonspeicheranlage (Verantwortung bei Lemon Consult / Zürich, Mitarbeit ZHW)
- B) Erarbeitung einer Ausschreibungsunterlage für einen Studienauftrag zur optimalen Integration der Solar-/ Saisonspeicheranlage in die Siedlung und deren Umgebung (Leitung beim Hochbauamt, Mitarbeit ZHW)
- C) Durchführung von verfeinerten Systemabklärungen, eingeschlossen Systemsimulationen, verbunden mit der anschliessenden Erarbeitung von Richtofferten (Verantwortung ZHW-Team)
- D) Einholen einer Second-Opinion zum Systemansatz bei der Steinbeis-Stiftung in Stuttgart (via ZHW)
- E) Aufarbeitung einer Kostenschätzung durch einen HLK-Planer (R. Wüthrich, ZHW, Winterthur).

Die Finanzierung obgenannter Arbeiten verlief einerseits durch die Stadt Zürich und andererseits im Rahmen eines Antrages beim BFE für ZHW-Arbeiten im Jahr 2003.

Daraus geht hervor, dass zwar eine Anzahl gezielter Vorstudien ablief, aber noch kein eigentliches Vorprojekt erarbeitet werden konnte (vgl. Folgerungen in Schlussabschnitt).

2 Ziele der Arbeit

Aus der Sicht des BFE wurden folgende Zielsetzungen für die Pilot-Anlage Heumatt festgelegt:

1. Studium von Systemvarianten von Solaranlagen, um für eine grössere Siedlung eine Anlage zu planen, welche für die Wärmeenergie (Heizung und Warmwasser) einen solaren Deckungsgrad von ungefähr 50 % erreicht (bewusst ohne Einbezug einer Wärmepumpe),
2. Erkennen und Erfahren jener Faktoren, die für den Erfolg einer solchen Anlage entscheidend sind (Technische Kenngrössen des Projektes, Finanzierung, Partner),
3. Umsetzung der Ideen in einem Pilotprojekt, um auf der Basis der Erfahrungen an diesem Projekt die Idee in anderen Projekten multiplizieren zu können.

Von Seiten des Bauherren stand das grosse Interesse für ein Pilot-Projekt mit der neuartigen Idee fest. Doch ist trotzdem für die Stadt als Bauherr der öffentlichen Hand eine Reihe von Nebenbedingungen zu erfüllen, wie

- das Vermeiden übermässiger Risiken
- eine Zufriedenheit der Nutzer mit dem neuartigen System
- eine Gewähr, dass über die geplanten Zusatzinvestitionen hinaus keine weitere Zusatzkosten auftauchen würden während der Bau- und Betriebsphase,
- die Verhältnismässigkeit der Zusatzkosten
- eine ersichtliche Multiplizierbarkeit der Idee (möglichst bei eigenen Folgeprojekten).

3 Lösungsweg

Im Zeitpunkt des Projektantrages (Ende 2002) bestand die Meinung, dass der besagte „Parallelpfad“ des Pilotprojektes mit der Sanierungs-Normalplanung einherschreiten könnte, um in geeignetem Moment dann überlagert, resp. integriert zu werden. Bezüglich der Haustechnik-Anlage würde dies eine intensive Integration bedeuten, für die Sanierung der Bauten selbst wäre der Verbund wesentlich kleiner, da sich die Solar-/Saisonspeicheranlage vor allem im Umgebungsbereich ansiedelt. Aus der Sicht des Bauherren sollte die genannte Studienarbeit die Integration in die Umgebung sicherstellen und zum andern die Verpflichtung eines versierten HLK-/Energie-Ingenieurs die Haustechnik-Gesamtaufgabe sicherstellen.

Zu Beginn des Jahres 2003 stellten sich von Seiten des Bauherren akute Fragen bezüglich der Gewähr der unter 3 genannten „Nebenbedingungen“, namentlich

- Risiken (Beurteilung)
- Kosten (Investitionskosten und Betriebskosten), Verhältnismässigkeit der Zusatzkosten
- Multiplizierbarkeit des Projektes in Zukunft.

In der Folge wurde – stets in klarer Absprache mit dem BfE – die Arbeit im Vergleich zum Projektantrag etwas modifiziert. Es wurde eine sog. Reviewphase eingeschoben, bestehend aus Klärungen in den Bereichen

- Anlagekonzept/Technik, eingeschlossen Simulationsarbeiten des Institutes SUPSI, Einholen von Richtofferten (Verantwortung H. Juzi),
- Riskobeurteilung, eingeschlossen Einholen einer Second Opinion von der Steinbeis-Stiftung (Teamarbeit, Berichterstattung durch H. Juzi)
- erneute Kostenüberprüfung des gesamten Pilotprojektes durch einen externen Kostenplaner und Beurteilung der Finanzierbarkeit (Berichterstattung B. Rüst).

Als zeitlicher Horizont wurde Juli 2003 festgelegt, da zu jenem Zeitpunkt ein Antrag an den Stadtrat von Zürich fällig war für die geplanten Zusatzinvestitionen.

Die nachfolgende Berichterstattung (Kapitel 4.Hauptergebnisse) bezieht sich auf die Arbeiten dieser Review-Phase und ist entsprechend gegliedert.

4 Hauptergebnisse

4.0 Einführung / Übersicht

Gesamtanlagenkonzept

Nach der wärmetechnischen Sanierung der Gebäudehülle der Wohnsiedlung Heumatt sind wesentlich tiefere Wärmebedarfswerte zu erwarten, als sie zurzeit vorliegen. In einem ersten Schritt galt es, die zukünftigen Werte zu ermitteln, und zwar auf Grund der Vorgaben des bereits erteilten Sanierungsauftrages (Details siehe Kapitel 4.1). Für die gesamte Wohnsiedlung wurde ein Wärmebedarf für Heizung und Warmwasser von 3600 GJ/a (1000 MWh/a) geschätzt. Davon sollte nun die Hälfte d.h. rund 500 MWh/a mit einer Solaranlage gedeckt werden. Zum Erreichen einer solaren Deckungsrate dieser Grössenordnung ist eine Anlage mit saisonaler Speicherung der Solarenergie erforderlich. Abb.2 zeigt das Grobkonzept einer solchen Anlage mit ihren Hauptkomponenten:

- Kollektoranlage

Es sind 3 große Kollektorfelder im Bereich der bestehenden Parkplatzfelder vorgesehen. (Die Flachdächer der drei Blöcke der Siedlung Heumatt sind wegen ihrer zahlreichen Aufbauten nur bedingt für Kollektorfelder geeignet (Details der Kollektoranlage, siehe Kapitel 4.2.3).

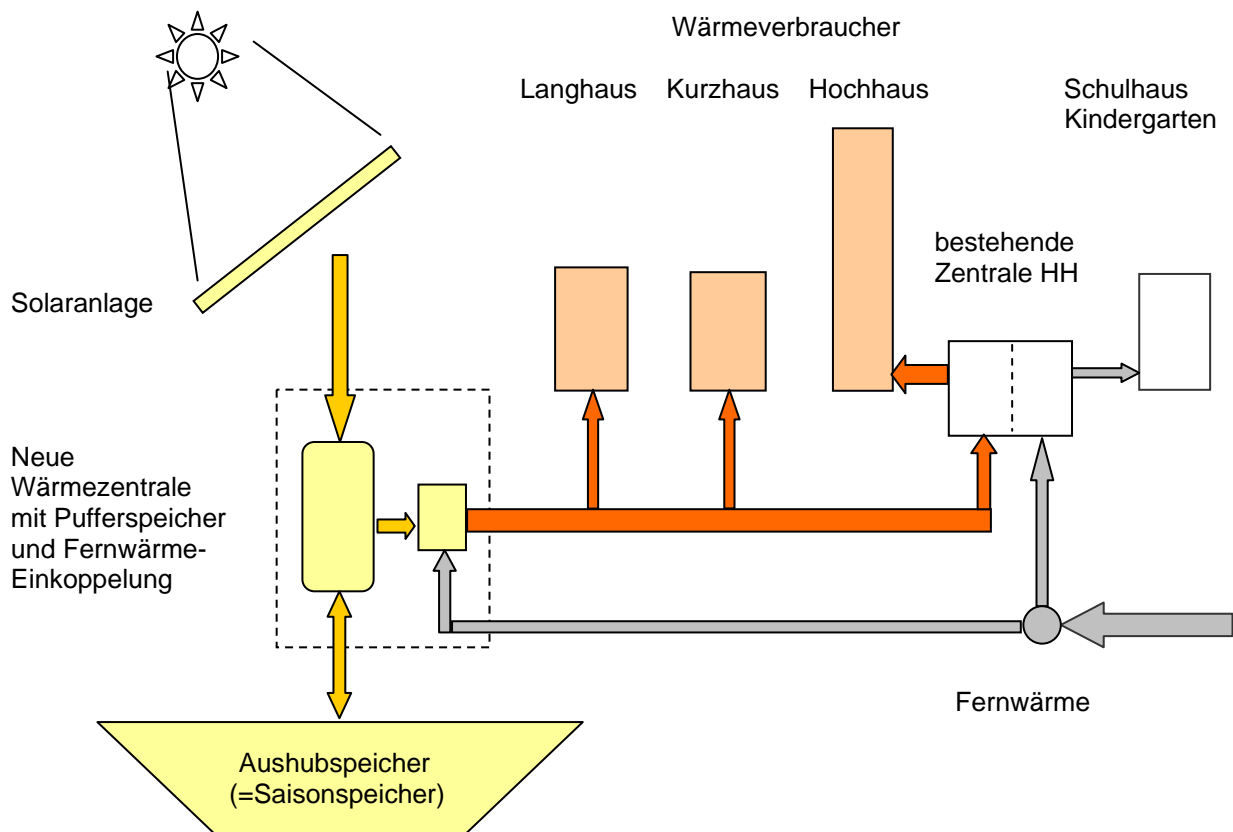
- Saisonspeicher

Der saisonale Energiespeicher ist als Aushubspeicher geplant, welcher - bedingt durch die vorliegenden geologischen Verhältnisse am Siedlungsstandort - mit einer allseitigen thermischen und hydraulischen Dämmung versehen wird (Details, siehe Kapitel 4.2.4).

- Pufferspeicher

Er ist als stehender Wasserspeicher (Schichtspeicher) konzipiert und bildet gewissermassen die Drehscheibe für die Energieströme der Anlage. Seine Hauptfunktion ist es, an sonnenreichen Tagen die in den Kollektorfeldern gewonnene Solarenergie so zu speichern, dass diese auch in der kommenden Nacht an den Erdspeicher weitergegeben werden kann, vgl. Kapitel 4.2.5.

Abb. 2 Wohnsiedlung Heumatt,
Prinzipschema der Gesamtanlage mit den Hauptkomponenten



- Verbraucherkreise, vgl. Kapitel 4.2.1 und 4.2.2

Um einen möglichst guten Anlagewirkungsgrad zu erreichen, müssen die Rücklauftemperaturen aus dem Warmwasserkreis und dem Heizungskreis möglichst tief gefahren werden können. Dies wird erreicht mit einem Wärmeabgabesystem, das je einen separaten Vor- und Rücklauf für Heizung und Warmwasserversorgung aufweist.

- Ergänzende Wärmequelle :

Sobald die Vorlauftemperaturen für Heizung und Warmwasser unter ihre Sollwerte fallen, wird über Wärmetauscher die fehlende Aufheizung mittels Fernwärme beigebracht.

Im Folgenden werden Ausgangslage (Kapitel 4.1) und Hauptkomponenten (Kapitel 4.2) näher beschrieben.

4.1 Ausgangslage, Wärmebedarf

Die Verbrauchsdaten der bestehenden Siedlung sind mit gewissen Unsicherheiten behaftet, sodass man sich für die Planung des zukünftigen Bedarfs auf Bedarfsabschätzungen des Büros Lemon Consult [1] stützte. Sie fussten auf der Annahme, dass

- das Hochhaus den Minergie-Sanierungsstandard erzielen werde, während
- das Kurzhaus und das Langhaus wegen der fehlenden mechanischen Lüftung mit WRG einen um 14 % höheren Energiebedarf für Heizzwecke bedingen würden.

Für alle drei Teilbauten wurden die selben Nutzenergie-Mengen für die Wasser-Erwärmung prognostiziert.

Summarisch ergibt sich nach der Sanierung ein Nutzwärmebedarf von 3600 GJ/a (entsprechend 1000 MWh/a). Diese Energie sollte zu 50 % aus einer erneuerbaren Energiequelle stammen, also 1800 GJ/a resp. 500 MWh/a.

Für die Simulationsrechnungen [2] und weitere Planungsarbeiten wurden obige summarischen Werte aufgegliedert auf die einzelnen Gebäude, auf den Bedarf für Heizzwecke und jenen für Warmwasser und schliesslich auch aufgegliedert nach Monaten.

(Basisdaten finden sich in der Aufgabenstellung für die Simulationsberechnungen)

Wesentliche Eckwerte sind u. A.:

- die EBF der 3 Bauten :
6457 m² für das Hochhaus, 4396 m² für das Langhaus und 3382 m² für das Kurzhaus (total also 14'235 m² EBF resp. je etwa 100 m² für die insgesamt 140 Wohnungen), ausserdem
- die spezifischen Nutzwärmebedarfsbeträge zu
80 MJ/m².a für alle Bauten für Warmwasser,
144 MJ/m².a für QH beim Hochhaus , resp. 254 MJ/m².a beim Langhaus und 260 MJ/m².a beim Kurzhaus

Eine zweite, verfeinerte Wärmebedarfsermittlung brachte eine leicht kleinere Jahrestotalsumme von 3446 GJ/a anstelle von 3600 GJ/a, also eine kleine „Reserve“ bei der Gesamtbetrachtung. Da die effektive Raumtemperatur in den meisten Fällen jedoch höher als die Auslegungstemperatur der Heizung (20 °C) liegt, soll diese Reserve nicht angetastet werden.

4.2 Bedarfsdeckung / Anlagenkonzept

Der Wärmebedarf der sanierten Wohnsiedlung sollte zu 50 % aus der Solaranlage mit saisonalem Speicher gedeckt werden können. Als ergänzende Energiequelle steht weiterhin die Fernwärme zur Verfügung. Das Anlagenkonzept wurde mit der Firma Lemon Consult / Zürich ausgearbeitet [1]. In der ersten Planungsphase wurde angestrebt, überschüssige Sommerabwärme der KVA vom Fernwärmenetz in den Erdspeicher einzuspeichern, was zu einer Reduktion der Kollektorflächen führt und damit auch die Anlagekosten reduziert hätte. Dieses Vorhaben musste jedoch fallen gelassen werden, da die Fernwärmeversorgung der Stadt Zürich die bisher nicht genutzte Sommer-Überschusswärme mit einer neuen Gegendruckturbine in Zukunft zu verwerten gedenkt.

Erfahrungen in bereits realisierten grossen Solaranlagen mit Saisonspeicher haben immer wieder gezeigt, dass die Vor- und Rücklauftemperaturen im realen Betrieb meist wesentlich höher als die Planungswerte liegen. Grosses Augenmerk wurde deshalb auf diesen Punkt gelegt und im Besonderen auch die Erfahrung des Steinbeis Transferzentrums in Stuttgart mit eingebunden.

4.2.1 Konzept der Wärmeversorgung für die Raumheizung

Die Aufgabenstellung kann wie folgt umrissen werden: auf der einen Seite galt es, die bestehende Infrastruktur soweit als möglich weiterhin zu nutzen, auf der anderen Seite musste den besonderen Gegebenheiten einer Solaranlage mit Saisonspeicher Rechnung getragen werden. Der Einbau eines Erdspeichers bedingt folgende Auflagen an die Anlage:

- um eine ausreichende Lebensdauer der PEX-Wärmetauscherrohre des Erdspeichers zu gewährleisten, sollte der Überdruck im Pufferspeicher auf 4 bar beschränkt werden,
- bei Betriebstemperaturen oberhalb 40 °C im Erdspeicher ist mit einem zunehmenden Sauerstoffeintrag in den Kreislauf über die PEX-Wärmetauscherrohre zu rechnen, was spezielle Gegenmassnahmen erforderlich macht,
- damit ein möglichst hoher solarer Ertrag der Anlage erzielt werden kann, sind tiefe Systemtemperaturen anzustreben, was vor allem dann erreicht wird, wenn der Erdspeicher auf ein Niveau von weniger als 30 °C entladen werden kann. Dies bedingt speziell im Frühjahr am Ende der Entladeperiode möglichst tiefe Vor- und vor allem Rücklauftemperaturen.

Die Firma Lemon Consult, Zürich hat die Vor- und Rücklauftemperaturen in den verschiedenen Wohnblöcken vor der Sanierung an einem kalten Wintertag untersucht [1] und die entsprechenden Temperaturen nach Sanierung der Gebäudehülle an der Systemgrenze Pufferspeicher für eine Auslegungstemperatur von -8°C ermittelt: Vorlauftemperatur: 53°C, Rücklauftemperatur: 34.5°C. Das gewählte Anlagenkonzept ist in Abb. 3 dargestellt. Es zeichnet sich durch folgende Merkmale aus:

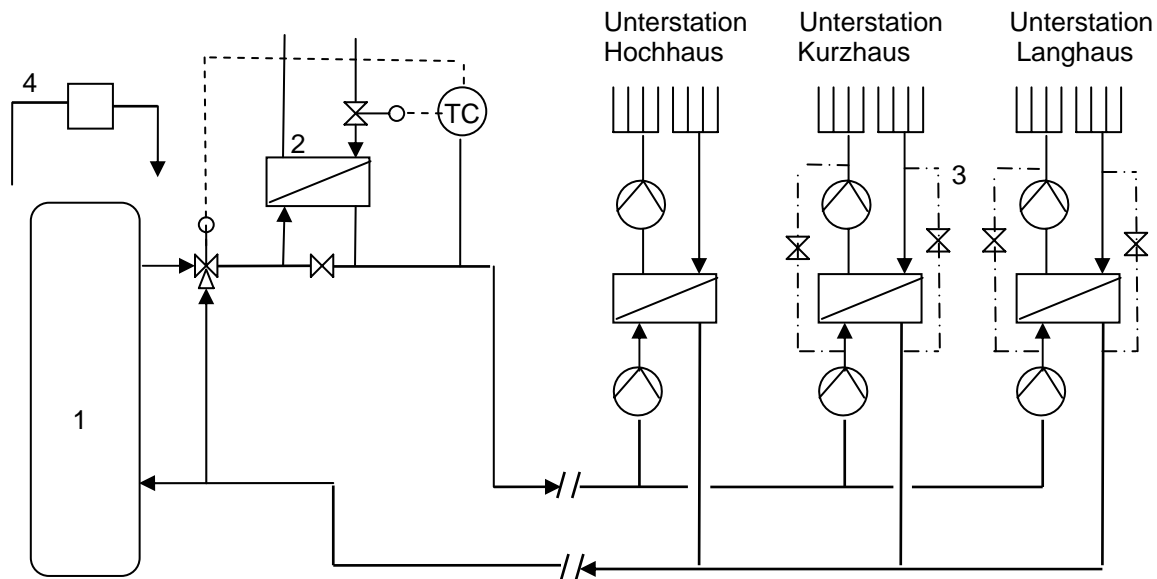


Abb. 3 Vereinfachtes Anlagenschema <Wärmeversorgung Raumheizung>

Legende:

- 1 Pufferspeicher
- 2 Nachheizung Fernwärme
- 3 WT-Bypass zur Entladung des Speichers im Frühjahr
- 4 Entgasungseinrichtung

- Die Anlagekomponenten Erdspeicher/Pufferspeicher und das Wärmeabgabesystem werden mit je einem gut reinigbaren Plattenwärmetauscher pro Block hydraulisch getrennt. Am Ende der Entladeperiode können die Wärmetauscher von Kurzhaus und Langhaus bypassiert werden, was ein Entladen des Erdspeichers auf Temperaturen unter 30 °C begünstigt. (Für das Hochhaus ist eine permanente Systemtrennung wegen des erforderlichen höheren Betriebsdruckes unumgänglich).
- Die Plattenwärmetauscher weisen eine Temperaturdifferenzen zwischen Primär- und Sekundär-Seite von weniger als 3K auf.
- Mit einer statischen Entgasung, welche in den Rücklauf des Erdspeicherlade-/ Entladekreises geschaltet ist, wird allfällig eingedrungener Sauerstoff entfernt.
- Jeder Block verfügt über eine separate Umwälzpumpe. Damit ist ein Feinabgleich aller Heizstränge zum Erreichen tiefer Rücklauftemperaturen in allen drei Blöcken möglich.

4.2.2 Konzept der Warmwasserversorgung

Es ist in Abb. 4 dargestellt. Zur Vereinfachung wurde nur die Unterstation des Hochhauses dargestellt. Die Unterstationen für das Langhaus und das Kurzhaus sind analog aufgebaut. Die bestehenden Wasserspeicher in der vorhandenen Wärmezentrale werden für das Kurzhaus und das Hochhaus weiterhin genutzt. Für das Langhaus wird ein zusätzlicher Warmwasserspeicher in der neuen Wärmezentrale vorgesehen. Ersetzt werden müssen die Plattenwärmetauscher, da sie eine zu grosse Temperaturdifferenz zwischen Primär- und Sekundärseite aufweisen und nur mit erheblichem Aufwand gereinigt werden können. Die Unterstationen werden mit vergleichsweise geringem Massenstrom, jedoch im Dauerbetrieb nachgeladen, was tiefe Rücklauftemperaturen ermöglicht. Besondere Beachtung verdient das vom Steinbeis Transferzentrum vorgeschlagene Warmhalte-Zirkulations-System in den drei Wohnblöcken, mit dem auch in Zeiten geringen Wasserverbrauchs das Kaltwasservolumen im unteren Bereich der Bereitschaftsspeicher nicht unnötig erwärmt wird. Dieses Konzept ermöglicht Rücklauftemperaturen von weniger als 20 °C vor Pufferspeicher zu erreichen, was eine Hauptvoraussetzung für das Erreichen einer tiefen Erdspeichertemperatur am Ende der Entladeperiode darstellt.

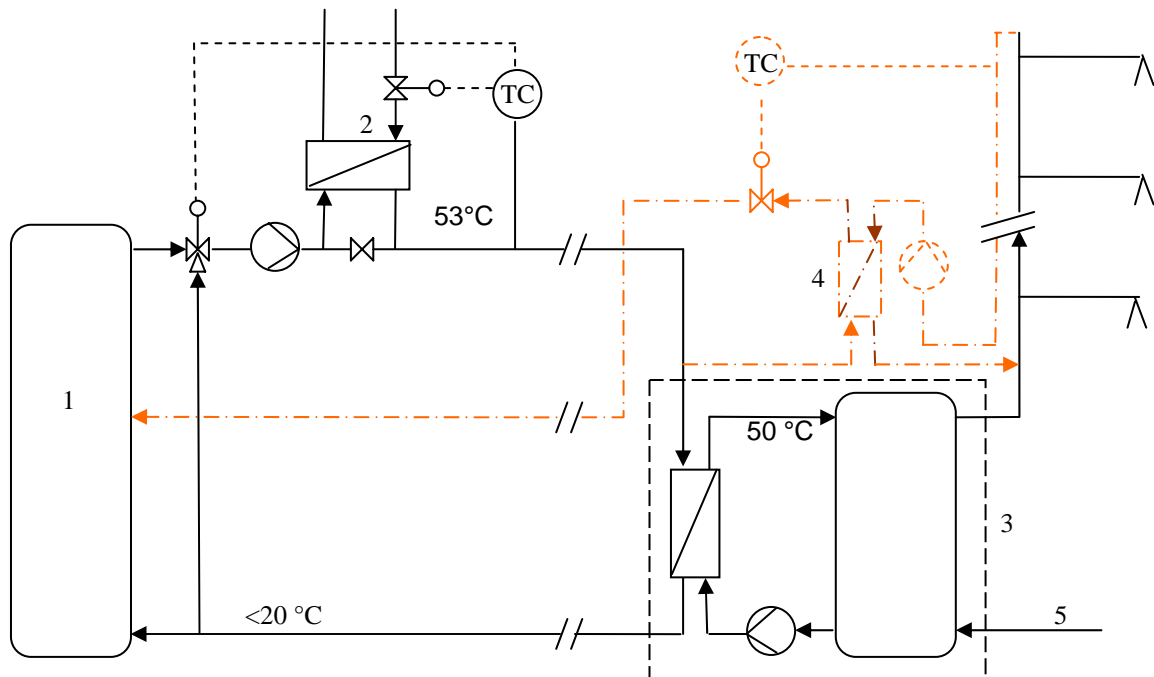


Abb. 4 Vereinfachtes Anlagenschema <Warmwasserversorgung>

Legende:

- 1 Pufferspeicher
- 2 Nachheizung Fernwärme
- 3 Unterstation Hochhaus mit Warmwasserspeicher, Wärmetauscher und Ladepumpe
- 4 Warmwasser-Zirkulationseinrichtung
- 5 Kaltwassernachspeisung (10-15 °C je nach Saison)

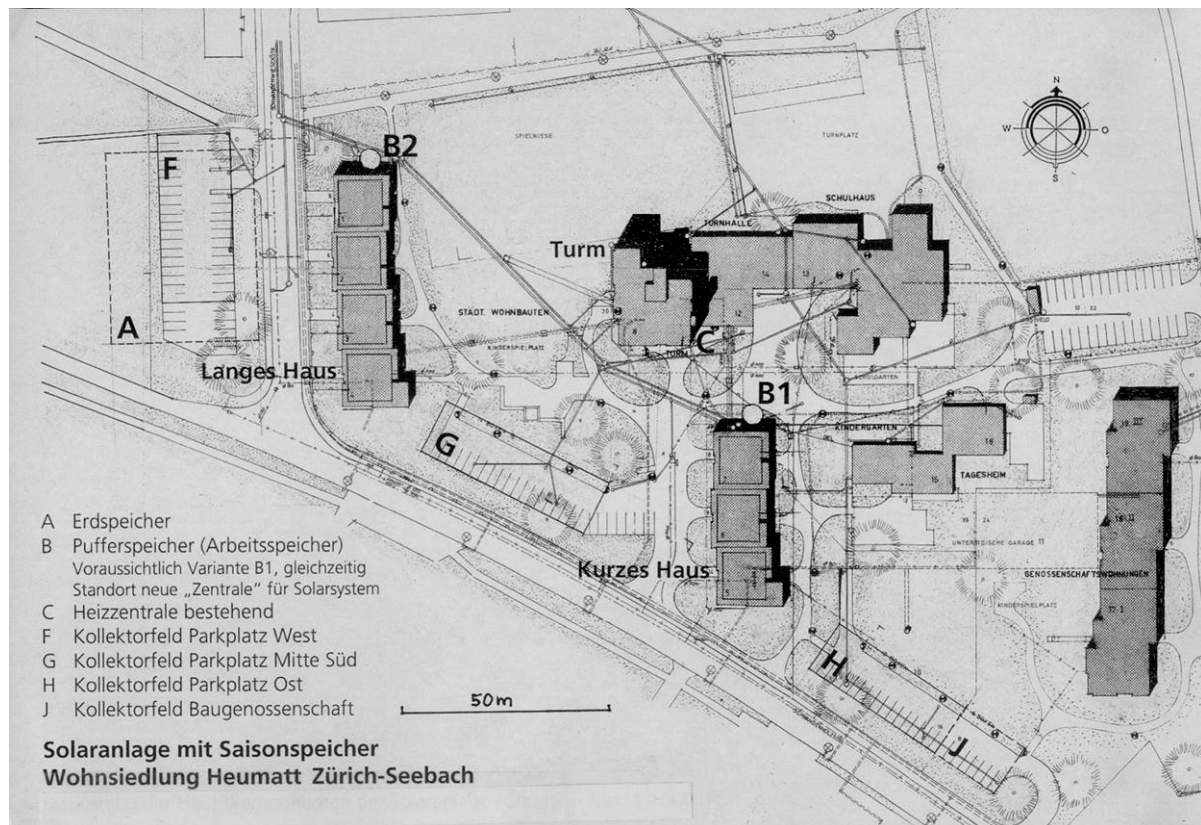
4.2.3 Konzept Kollektoranlage

Mit dem Ziel, die Anlage möglichst zu vereinfachen, wurde versucht, die erforderliche Solarwärme in drei grossen Solarfeldern über den drei Parkplätzen der Siedlung zu gewinnen (siehe Abb. 5). Die jährlich am Standort Seebach auf die Kollektorebene eintreffende Globalstrahlungsenergie beträgt für Absorber mit 22° Neigung, +30° Orientierung und gleichmässigem Beschattungshorizont von 20° 1070 kWh/m²a. Wird mit einem solaren Gesamtwirkungsgrad der Anlage inklusive Erdspeicher von 25 % gerechnet, ergibt sich ein spezifischer solarer Ertrag von 267 kWh/m²a. Um eine solare Deckungsrate von 50 % zu erreichen, wären demzufolge **1870 m² Absorberfläche erforderlich**. Die neu nun überdachten Parkplätze (Carports) würden für die Mieter einen Mehrnutzen darstellen. Die Mehrkosten für die Unterkonstruktion sollten dabei über eine angemessene Erhöhung der Parkgebühren wieder abgedeckt werden können. Zur Überprüfung der Durchführbarkeit dieses Konzepts wurden zwei Hersteller von Flachkollektoren gebeten, die aus ihrer Sicht nutzbare Absorberflächen über den gegebenen Parkplätzen zu ermitteln und die Kosten der Solaranlage in Form einer Richtofferte abzuschätzen. Das Ergebnis dieser Abklärung war:

- Kollektorfeld über Parkplatz West (F)

Dieses Kollektorfeld befindet sich über dem vorgesehenen Aushubspeicher (A). Die in Frage kommende Fläche, welche aus Beschattungsgründen nach Osten und Süden gewisse Einschränkungen aufweist und nach Westen durch die Baugrenze limitiert wird, ergibt eine nutzbare Grundfläche von max. 22 m Breite und 50 m Länge. Das Gelände ist nach Süden leicht ansteigend (ca. 6.2°). Auf dieser Fläche könnten z. B. 5 grossflächige Kollektorfelder von 6 x 22m errichtet werden (Bruttofläche 660 m²), was mit einem Ausnutzungsfaktor von 0.84 rund 540 m² Absorberfläche ergibt. Die Ausrichtung dieser Kollektorfelder mit Neigung im Bereich von 20 - 25 Grad erfolgt vorzugsweise nach Süden. Neben den hier vorgeschlagenen grossflächigen Kollektorfeldern, die aus Solardachelementen zusammengebaut werden, sind selbstverständlich auch andere Konzepte zu prüfen.

Abb. 5. Disposition der Hauptkomponenten der Solaranlage Heumatt



- Kollektorfelder über den Parkplätzen Ost (H+J) und Mitte (G)

Die Parkplatzfelder Mitte und Ost könnten entweder als eine Fläche mit 13 -15m Spannweite oder in einer Ausführung mit 2 Feldern à 6-8 m Tiefe über dem Garagevorplatz und der eigentlichen Garage ausgeführt werden. Die Kollektorneigung sollte 20 ° nicht unterschreiten.

Die Ausrichtung der Felder (G), (H) und (J) weicht mit Orientierung +28° resp. +30° von jener des Parkplatzes West beträchtlich ab, was für diese beiden Kollektorfelder eine separate Umwälzpumpe erfordert.

Zusammenstellung der nutzbaren Absorberflächen:

Nettoabsorberfläche Parkplatzfeld F (West)	$660\text{m}^2 \times 0.84 = 540\text{ m}^2$
Nettoabsorberfläche Parkplatzfeld G (Mitte):	$(15 \times 50) \times 0.84 = 630\text{ m}^2$
Nettoabsorberfläche Parkplatzfeld H (Ost):	$(15 \times 40) \times 0.84 = 504\text{ m}^2$
Nettoabsorberfläche Parkplatzfeld J (Ost, Baugenossenschaft):	$(15 \times 18) \times 0.84 = 227\text{ m}^2$
Total nutzbare Absorberfläche ohne Feld J:	1670 m²

Über den Parkplätzen der Wohnsiedlung Heumatt können somit nach Abschätzung der beiden Kollektorhersteller maximal etwa 1670 m² Absorberfläche installiert werden, was zum Erreichen einer solaren Deckungsrate von 50 % voraussichtlich nicht ausreichen würde. Die fehlende Absorberfläche von ca. 200 m² müsste entweder auf dem Dach des Kurzhauses oder an den Südfassaden von Kurzhaus und Langhaus in Form von Fassaden Kollektoren gewonnen werden, was vom Bauherren jedoch abgelehnt wurde. Mit dem „externen“ Kollektorfeld J über dem Parkplatz der Baugenossenschaft ergäbe sich eine nutzbare Absorberfläche von ca. 1900 m², womit die geforderte solare Deckung von 50 % erreicht werden könnte.

Da das Siedlungsgebiet Heumatt in der Grundwasserschutzzone liegt, ergeben sich Gewässerschutzauflagen für Gefriermittel führende Verbindungsleitungen zwischen Kollektorfeld und Pufferspeicher.

Die Kostenabschätzung lieferte Erstellungskosten für die Kollektorfelder inkl. Montage, Unterkonstruktion, Fundamente und Mehrwertsteuer in der Grössenordnung von 655 Fr pro m² Absorberfläche. 30 bis 35% dieser Kosten entfallen auf die Unterkonstruktion zur Abstützung der Dachkollektoren.

4.2.4 Saisonspeicherkonzept

Grundsätzlich eignen sich drei Speichertypen zur saisonalen Energieversorgung grösserer Wohn-Siedlungen: Wasserspeicher mit Betonmantel, Kies/Wasser-Speicher und Erdspeicher. Die geologischen Verhältnisse lassen im Siedlungsgebiet keine Speicher mit mehr als 10 Meter Tiefe zu, weil ab ca. 14m Bohrtiefe gespanntes Grundwasser vorliegt. Damit schieden ein Wasserspeicher sowie ein Bohrloch-Erdspeicher zum vornherein aus. Für die Wahl eines Aushub-Erdspeichers sprechen die Eignung des Aushubmaterials zum Wiedereinfüllen und die im Vergleich zum Kies/Wasser-Speicher eher tieferen Investitionskosten.

Ein siedlungsnaher Standort für den Erdspeicher zwischen Hochhaus und Langhaus kam wegen des hier begrenzten Raumes und den Bauemissionen für die Bewohner nicht in Frage, vgl. Abb. 5. Deshalb wurde ein Standort im Bereich des Parkplatzes West gesucht. Der ursprünglich vorgesehene Speicherstandort im Feld zwischen Parkplatz West und Waldrand musste fallen gelassen werden, da eine Baugenehmigung für einen gänzlich ausserhalb der Baugrenze liegenden Speicher chancenlos war, auch wenn ein solcher Speicher nicht über das gewachsene Terrain hinausragen würde! Es verblieb als einziger Standort der Bereich des Parkplatzes West. Dieser Standort ist vertretbar, aus Kostengründen jedoch nicht ideal: der bestehende Parkplatz muss abgebrochen und wieder aufgebaut werden, die Verbindungsleitungen zum Pufferspeicher sind vergleichsweise lang. Auf Grund der beiden im Raum Park-Platz West gemachten Sondierbohrungen kann angenommen werden, dass eine Baugrube mit 45 ° Neigung möglich ist. Kleinere Hangwasserströmungen sind gelegentlich im Bereich Kote -2m möglich.

Zudem wurden geothermische Untersuchungen der Bohrproben durch Mitarbeiter der ETH Zürich vorgenommen und die Speicherkapazität des Erdreichs abgeschätzt. Sie liegt für Wasser angesättigtes Material im Mittel bei 2.35 MJ/m³ K und damit etwas tiefer als bei einem Kies/Wasser Speicher. Soll der Wärmebedarf der gesamten Siedlung nach Sanierung zu 50 % solar gedeckt werden, ist ein **Speichervolumen von etwa 8500 bis 9000 m³** erforderlich.

Untersucht wurden verschiedene Speicherformen. Um Speicherverluste und Kosten der Wärme-Dämmung zu minimieren, ist eine Form mit möglichst kleinem Verhältnis von Oberfläche zu Volumen anzustreben. Aus diesem Grunde wurde eine Speicherform gemäss Abb. 6 mit rechteckigem Grundrissquerschnitt gewählt.

Laden und Entladen des Speichers:

Der Erdspeicher wird in den Sommermonaten mit solar erwärmten Wasser aus dem Pufferspeicher über Kunststoff- Wärmetauscherrohre von ca. 30 °C auf ca. 70 °C aufgeladen. Im Winter wird mit denselben Wärmetauscherrohren sukzessive die gespeicherte Energie dem Erdreich wieder entzogen und dem Verbraucher zugeführt. Der Speicher besitzt allseitig eine thermische und eine hydraulische Abdichtung gegenüber dem umgebenden Erdreich.

Wärmedämmung des Speichers

Die thermischen Abdichtung (Wärmedämmung) des Erdspeichers dient zur Reduktion der Wärmeverluste. Als Dämmmaterial kommt bei den vorliegenden thermischen und mechanischen Beanspruchungen nur Schaumglasschotter in Frage. Dieser wird aus rezykliertem Glas gefertigt und ist kostengünstiger als Schaumglasplatten. (Positive Betriebserfahrungen mit Schaumglasschotter liegen aus zwei deutschen Kies/Wasser-Speicheranlagen vor). Nach dem Aushub des Erdreichs wird der Speicher zunächst auf der Grundfläche und an den Seitenflächen mit einer verdichteten Dämmschicht von 40 cm versehen. Auf der Speicherobenseite beträgt die Dämmstärke 50 cm.

Hydraulische Abdichtung des Erdspeichers

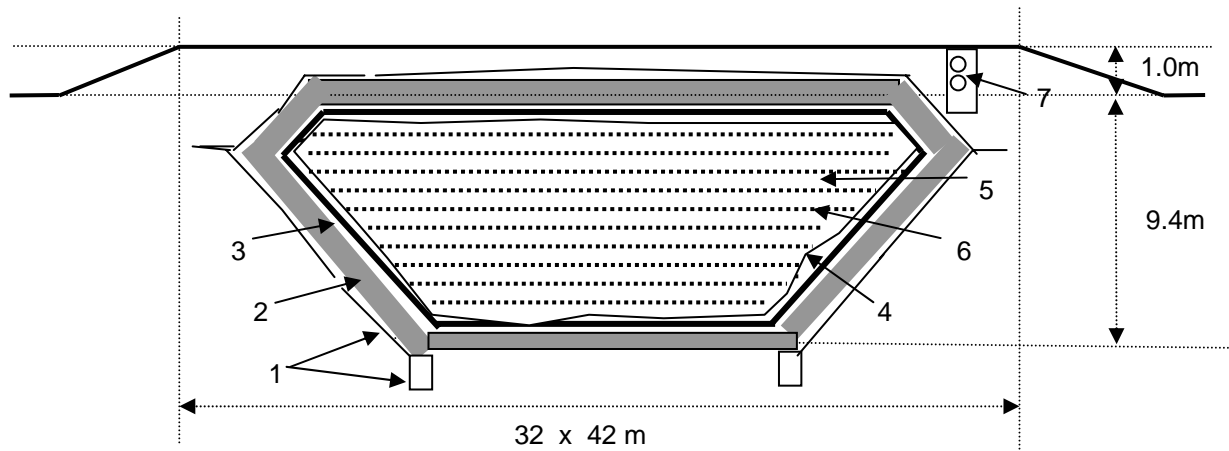
Sie wird vor dem Wiedereinfüllen des Erdreichs auf die thermische Abdichtung aufgebracht und besteht aus einer einlagigen, temperaturbeständigen und diffusionsdichten Kunststoff-Folie. Diese Abdichtung stellt sicher, dass allfälliges Grundwasser nicht in den Speicher eindringen kann und umgekehrt das Erdreich nach dem Wiedereinfüllen wassergesättigt bleibt. Zudem muss sichergestellt werden, dass keine nennenswerte Wasserdampfdiffusion vom Speicher an die Umgebung stattfindet. Die Kunststoffolie ist nach dem Verschweissen auf Dichtigkeit zu prüfen.

Speicheraufbau, Berohrung, Wärmeübertragung, siehe Abb. 6

Nach dem Einbringen der Wärmedämmung (2) und der hydraulischen Abdichtung (3) wird ein Schutzvlies(4) auf dem Speicherboden und den 45 ° geneigten Seitenflächen aufgebracht. Anschliessend wird lagenweise das ausgehobene Erdreich (5) in Schichten von 75 cm wieder eingefüllt. Jede Erdschicht wird mit einem geeignetem Gerät verdichtet. Dann werden die ca. 160 m langen Wärmetauscherrohre (6) mit Hilfe geeigneter Fixiereinrichtungen verlegt. Anschliessend wird eine Schicht mit feinkörnigem (sandigem) Material über die Rohre gegeben, bevor wieder eine erneute

Schicht Aushub eingebracht werden kann. Die ca. 200 parallel geschalteten Wärmetauscherrohre werden mittels Spezialmuffen an zwei begehrbar angeordnete Sammler (7) angeschlossen.

Abb. 6 Schematischer Aufbau eines Aushubspeichers mit 8500 m³ Volumen



- Legende:
- | | |
|---|---|
| 1 | Drainagevlies mit Sickerleitungen und Sickerschächten |
| 2 | Wärmedämmung |
| 3 | hydraulische Abdichtung aus Kunststoff mit Diffusionssperre |
| 4 | Schutzvlies |
| 5 | Wassergesättigtes Erdreich |
| 6 | Wärmetauscherrohre in 12 Ebenen verlegt |
| 7 | Sammler für die Wärmetauscherrohre |

Als Werkstoff für die Wärmetauscherrohre ist vernetztes Polyethylen PEX vorgesehen. Dieses Material kann zwar nicht verschweisst werden, was aber beim Verlegen von Sammler zu Sammler in einer Ebene nicht erforderlich ist. Die bei 20 °C nahezu 100%-ige Diffusionspermeation dieser Kunststoffrohre vermindert sich leider bei Temperaturen über 40 °C mehr und mehr, sodass dem Sauerstoffeintrag ins System entweder mit einer hydraulischen Trennung durch Einbau eines Wärmetauschers oder mit einer zuverlässigen Entgasung gebührend Rechnung zu tragen ist, vgl. Kap. 4.2.1. (Eine hydraulische Trennung ist nach Möglichkeit zu vermeiden, da sie den Anlagewirkungsgrad reduziert).

Vorgesehen sind Rohre in der Dimension 20 x 1.6 mm. Nach jedem Einbringen einer neuen Erdschicht von 70 bis 90 cm in den Speicher werden die soeben überdeckten Wärmetauscher – Rohrstränge einer Druckprobe unterworfen, bevor sie an die Sammler angeschlossen werden. Aus Kostengründen wurde auf eine quadratische Anordnung der Wärmetauscherrohre im Speicher verzichtet und eine Rechteckanordnung mit Höhentteilung 75cm und Quertteilung 40cm gewählt, da die Einbaukosten mit der Anzahl der Ebenen zunehmen.

4.2.5 Neue Wärmezentrale mit Pufferspeicher

Die neue, zusätzlich erforderliche Wärmezentrale und der Pufferspeicher werden auf der Nordseite des Kurzhauses angeordnet, vgl. Abb. 5. Damit ergeben sich insgesamt die kürzesten Verbindungsleitungen zu den Verbrauchern und zu den Solarfeldern sowie zur bestehenden Wärmezentrale und zum Fernwärmeanschluss. Die Rohrleitung zwischen Pufferspeicher und Erdspeicher können im selben Graben zusammen mit den Verbraucherleitungen zum Langhaus und den Verbindungsleitungen zum Solarfeld Parkplatz West verlegt werden.

Der als Schichtspeicher ausgelegte Pufferspeicher ist mit 3.4m Durchmesser gerade noch transportierbar. Er weist im isolierten Zustand einen Durchmesser von 3.8m auf. Seine Höhe beträgt ca. 18m und erreicht damit die Höhe des Wohnblocks.

Auf eine temperaturkonforme Einschichtung folgender Rückläufe ist besonders zu achten: RL Solarkreis, RL Erdspeicherbeladung, RL Heizkreis und RL Warmwasserhochhaltung.

In der neuen Wärmezentrale sind neben den zusätzlich erforderlichen Pumpen, Wärmetauschern und Armaturen auch noch die erforderlichen Expansionsgefäße für den Solarkreis und den Puffer-

speicher-/Erdspeicherkreis, die Entgasungseinrichtung sowie die Warte mit Steuerung und Regelung für die neue Solaranlage unterzubringen.

4.3 Abschätzen der erforderlichen Anlagedimensionen mit dem dynamischen Simulationsprogramm TRNSYS, Details, siehe Bericht D. Pahud / SUPSI [2]

4.3.1. Ziel der Berechnung

Das Ziel der Simulationsberechnungen mit dem Programm TRNSYS war es, die erforderliche Kollektorfläche sowie die erforderlichen Volumen für Erdspeicher und Pufferspeicher zum Erreichen eines solaren Deckungsgrades von 50 % möglichst genau abzuschätzen. Im Besonderen galt es zu untersuchen, ob ein solarer Deckungsgrad von 50 % für die ganze Wohnsiedlung mit den Kollektorfeldern über den 3 grossen Parkplatzfeldern erreicht werden kann.

4.3.2. Wichtigste Annahmen für die Ertragsberechnung

- Kollektorfelder

Kollektortyp:	Flachkollektor SOLTOP Cobra oder gleichwertig
Neigung / Ausrichtung:	Feld 1 (Parkplatz Ost) 22° / +30° Feld 2 (Parkplatz Süd) 22° / +28° Feld 3 (Parkplatz West) 22° / 0°
Beschattung/Horizont:	~20 °

- Erdspeicher

- Stoffeigenschaften Erdreich

volumetrische Wärmekapazität:	2.4	MJ/m ³ K
Wärmeleitfähigkeit:	1.87	W/mK
- Wärmedämmung:

Material:	Schaumglasschotter
Wärmeleitfähigkeit:	0.08 W/mK
Dämmstärke: Oben:	0.5 m
Seite:	0.4 m
Boden:	0.4 m
- Speicherform: Doppel-Rechteck-Kegelstumpf, approximiert durch Zylinder mit äquivalentem Wärmeverlust, siehe Abb. 6.
- Maximale Temperatur in der Mitte des Erdspeichers: 75 °C

- Wärmebedarf (Heizen und Warmwasser) der drei Wohnblöcke nach Sanierung einschliesslich Verteilungsverluste:

- Hochhaus (HH) 406 MWh/a
- Langhaus (LH) 334 MWh/a
- Kurzhaus (KH) 246 MWh/a

- Verbraucherseitige Vorlauf- / Rücklauftemperaturen am Pufferspeicher

- Heizung:

bei Ta < -8 °C	53.0 / 34.5 °C
bei Ta > 12 °C	32.4 / 26.0 °C
- Warmwasser:

Vorlauftemperatur	57 °C
Kaltwassertemperatur	20 °C

- Einheitspreise für die Anlagekomponenten (exkl. MWSt. und Planung)

- Kollektoren (bezogen auf Absorberfläche) 610 Fr/m²
- Erdspeicher 120 Fr/m³
- Pufferspeicher 710 Fr/m³

4.3.3. Ergebnisse der Simulationsberechnung

Für die drei untersuchten Varianten:

- Variante 1: gesamte Wohnsiedlung (HH+LH+KH),
- Variante 2: Hochhaus und Kurzhaus (HH+KH) und
- Variante 3: nur Hochhaus (HH)

ergeben sich folgende Anlagedimensionen und Wirkungsgrade, wenn unter obigen Annahmen eine solare Deckungsrate von 50 % erreicht werden soll:

Erforderliche Anlagedimensionen und resultierende Wirkungsgrade der untersuchten Varianten:

Variante	Wärme- bedarf MWh/a	Kollektor- fläche m ²	Erdspeicher- volumen m ³	Pufferspeicher- volumen m ³	Wirkungsgrad des Erdspeichers
V1	986	1800	9000	144	0.67
V2	652	1330	6400	106	0.58
V3	406	890	4100	71	0.54

4.3.4- Erkenntnisse / Schlussfolgerungen

- Soll für die ganze Wohnsiedlung mit ca. 140 Wohneinheiten ein solarer Deckungsgrad von 50 % erreicht werden, ist eine Absorberfläche von ca. 1800 m² erforderlich. Diese Fläche kann nur erreicht werden, wenn das Parkplatzfeld Ost um den Anteil der Baugenossenschaft erweitert werden kann. Andernfalls müssten alternative Kollektorfelder, z. B. Dachkollektoren auf dem Kurzhaus oder Wandkollektoren an der Südseite des Langhauses oder Kurzhauses installiert werden
- Der Speicherwirkungsgrad des allseitig gedämmten Aushubspeichers liegt mit Werten von 54 bis 67 % wesentlich höher als derjenige von Bohrlochspeichern gleicher Grösse, welcher dort in der Regel unterhalb 50% liegt.

4.4 Technische Beratung durch das Steinbeis- Transferzentrum für Energie-, Gebäude- und Solartechnik / Stuttgart

Das Steinbeis-Transferzentrum in Stuttgart (STZ) war zusammen mit dem Institut für Wärmetechnik der Universität Stuttgart in den meisten grossen Solaranlagen Deutschlands mit saisonaler Speicherung von Sonnenenergie bei Planung und Erfolgskontrolle massgebend beteiligt. Es lag deshalb auf der Hand, die Erfahrung dieses Instituts für das Solar-Projekt der Stadt Zürich zu nutzen. Eine Anlagedokumentation [3] wurde deshalb den Spezialisten des STZ zur Stellungnahme eingereicht.

Das STZ hat das Anlagenkonzept, welches von der Zürcher Hochschule Winterthur in Zusammenarbeit mit der Firma Lemon Consult und der Solaren Prüf- und Fachstelle Rapperswil SPF ausgearbeitet wurde, unter Berücksichtigung unten stehender Empfehlungen als funktionstüchtig beurteilt und empfiehlt mit grossem Interesse dessen Umsetzung an einer Wohnsiedlung in der Schweiz. Die wichtigsten Inputs dieses Instituts zum Anlagenkonzept Heumatt seien hier kurz aufgeführt:

- Hinweise zur Vereinfachung des Pufferspeichermanagements,
- Anregung zur Vermeidung unnötig hoher Rücklauftemperaturen im Warmwasserkreis, verursacht durch die Zirkulationseinrichtung,
- Hinweise bezüglich optimaler hydraulischer Trennung der Systeme Pufferspeicher und Heizungs-Kreislauf / Warmwasserkreislauf zur Vermeidung von Sauerstoffeintrag in diese Anlagenteile,
- Berücksichtigen der Stagnationseffekte im Kollektorkreis bei der Auslegung der Gesamtanlage.

4.5 Risikobeurteilung

Eine Risikobeurteilung des Projekts wurde von einem Spezialistenteam bestehend aus Mitarbeitern des Hochbauamtes der Stadt Zürich, des Kostenplaners, des BfE, des EKZ, der SPF und der ZHW auf Wunsch der Stadt Zürich durchgeführt [4]. Folgende Aspekte sollten dabei beurteilt werden:

- technische Risikofaktoren
- finanzielle Risikofaktoren
- Umfeldfaktoren, welche die Realisierbarkeit des Projekts beeinflussen.

Die Untersuchung wurde in die fünf Systembereiche Solaranlage, Aushubspeicher, Wärmezentrale mit Pufferspeicher, Warmwasserversorgung und Raumheizung aufgegliedert.

Beurteilt wurden Wahrscheinlichkeit des Eintreffens eines bestimmten Risikofaktors und die Tragweite der Auswirkungen beim Eintreffen des Ereignisses. Die wichtigsten Ergebnisse dieser Analyse sind untenstehend zusammengefasst:

- Sehr viele Risikofaktoren können durch Massnahmen ohne wesentliche Kostenfolgen bei der verfeinerten Planung gemildert oder sogar unwirksam gemacht werden.
- Einige wenige Risikofaktoren sind nicht relevant.
- Einige Risikofaktoren sind für ein weiteres Voranschreiten resp. für einen Abbruch des Projekts entscheidungswirksam. Diese Risiken sind nachstehend aufgelistet:

Entscheidungswirksame Risiken sind:

- der Aushubspeicher darf entgegen der Vorabklärung beim zuständigen Amt nicht am vorgesehenen Standort beim Parkplatz West erstellt werden,
- die Mieter sind nicht bereit, höhere Gebühren für die überdachten Parkplätze zu bezahlen,
- die Bundesfinanzierung fällt aus oder wird stark geschmälert,
- die Investitionskosten sind so hoch, dass für den verbleibenden Restbetrag keine Finanzierung gefunden werden kann.

4.6 Abschätzung der Investitionskosten

Das zuverlässige Abschätzen der Investitionskosten ist für jeden Bauherrn von grosser Wichtigkeit. Im vorliegenden Projekt ergaben sich hierzu einige erschwerende Rahmenbedingungen:

1. Bei der projektierten Anlage handelt es sich um ein Pilot-Projekt, d.h. um ein Projekt mit teilweise völlig neuem Anlagekonzept und mit Komponenten /Systemen, die in dieser Art erstmals verwirklicht werden sollten. Zu erwähnen sind hier der Aushubspeicher (Grösse, Berohrung, hydraulische und thermische Wärmedämmung), das Wärmeabgabesystem (konzipiert für tiefe Rücklaufftemperaturen und ausgerüstet mit einer sicheren Entgasung).
2. Die Problematik eines ausgewogenen Berücksichtigens mehrerer kostenwirksamer Risikofaktoren.
3. Die Solaranlage sollte in eine bestehende Siedlung integriert werden. Damit ergeben sich zahlreiche Schnittstellen, die Überraschungen bergen können. Eine umfassende Klärung dieser Schnittstellenprobleme war aus Kostengründen wiederum nicht möglich, da noch keine Detailplanung vorgesehen war.
4. Die Problematik der Abschätzung der Planungskosten für ein Pilotprojekt.

Um trotzdem zu einer möglichst aussagekräftigen Investitionskostenschätzung zu kommen, wurden Richtofferten von klar spezifizierbaren Hauptkomponenten der Anlage, wie Kollektorfelder, Erdspeicher, Pufferspeicher und verbindende Rohrleitungen eingeholt. Die durch Richtofferten abgedeckten Anlagekomponenten machten vom Gesamtvolumen der Anlage rund 2/3 aus.

Die Kostenabschätzung wurde in einer ersten Phase von der Firma 3-Plan AG / Winterthur nach der EKG-Methode (Element-Kosten-Gliederung) auf Grund von Vorgaben und in enger Zusammenarbeit mit dem ZHW-Team durchgeführt [5].

Die Investitionskosten- Abschätzung ergab dabei einen Betrag von auf 3.676 Mio. sFr, einschliesslich 8% Unvorhergesehenes, MWSt. und Planungshonorare.

Die Kosten können wie folgt aufgegliedert werden:

	kFr.	Anteil
- Erdspeicher inkl. Verbindungsleitungen zur Wärmezentrale und neu erstelltem Parkplatz West	1'411	38%
- Pufferspeicher, neue Wärmezentrale, Anpassungen alte Zentrale	505	14%
- Solarfelder mit Verbindungsleitungen zur Wärmezentrale	1'594	43%
- Infrastruktur	166	5%

Kostenschätzung Vorstudie (KSV)	Total:	3'676	100%
--	---------------	--------------	-------------

In einer zweiten Phase beauftragte die Stadt Zürich einen Kostenplaner mit einer nochmaligen Abschätzung der Investitionskosten. Die von ihm ermittelten Kosten, ergaben einen rund 50 % höheren Betrag:

Kostenschätzung Planer (KSP):

5.7 Mio. Fr.

Einige Gründe für die erhebliche Differenz zwischen der Kostenschätzung Vorstudie (KSV) und der Kostenschätzung Planer (KSP) sind:

- Die an der KSP Kostenschätzung beteiligten Personen verfügten nicht über gleichwertige Systemkenntnisse wie das KSV Team.
- Die Planungskosten wurden in der KSP in der Regel mit branchenüblichen Standard-Prozentsätzen

auf den einzelnen Systemgruppen ermittelt, was den Besonderheiten der Anlage nicht gerecht wird. Planungsvorleistungen (Beispiel Erdspeicher) wurden in der KSP nicht berücksichtigt.

- In der KSP wurden z. T. unnötige Qualitätsstandards gesetzt (z. B. Rohrbündel-Wärmetauscher an Stelle der üblichen Plattenwärmetauscher)

Die ZHW – Verantwortlichen sind der Ansicht, dass bei einer sorgfältigen, ganzheitlichen Planung und Umsetzung mit Investitionskosten von weniger als 4 Mio. Fr. für die hier projektierte Solaranlage gerechnet werden kann. Aber auch dann erreichen die **Investitionskosten pro Wohnung** immer noch rund **28'000 Fr.**, d.h. fast 50 % mehr als in früheren Studien geschätzt wurde.

Hauptursachen für diesen Kostenanstieg bilden: die höheren Kosten für die Solaranlage, bedingt durch die Überdeckung der Parkplatzfelder, sowie die höheren Kosten für den Saisonspeicher (Aushubspeicher an Stelle eines Bohrlochspeichers).

Variantenüberlegungen

Zur Senkung der Investitionskosten wurden verschiedene Varianten geprüft:

Die erste Planungs-Variante mit Einspeisung von KVA - Sommerabwärme hätte eine substanzielle Reduktion der Kollektorkosten ermöglicht, musste aber wegen den neuesten Plänen der Abwärmenutzung des zuständigen Amtes verworfen werden.

Eine Reduktion der Investitionskosten wurde ferner durch die Verringerung der Anlagengrösse untersucht: Die Solaranlage wird nur für zwei resp. nur für einen Wohnblock ausgelegt. Auch diese Varianten mussten verworfen werden, da die bei 140 Wohneinheiten bereits hohen spezifischen Wärmekosten infolge gleich bleibender Fixkosten noch mehr ansteigen würden und damit den Zielsetzungen des Projektkonzepts nicht mehr entsprechen.

5 Folgerungen

5.1 Bewertung des Projektergebnisse an Hand der Zielsetzung

Eine solche Bewertung zeigt, dass für die Wohnsiedlung Heumatt der Stadt Zürich zwar ein optimiertes Anlagenkonzept gefunden wurde, welches die technischen Zielsetzungen erfüllen könnte, dass die technischen Risikofaktoren mit entsprechender Weitsicht und Planungsvorkehrungen in den Griff zu nehmen sind, dass jedoch die (mit grosser Unsicherheit behafteten) Investitionskosten zu hoch und für den Bauherrn unverhältnismässig geworden sind.

5.2 Spezifische Folgerungen zum System und seinen Komponenten

Es zeigt sich,

- dass kostengünstige und ausreichende Kollektorfelder im Stadtkern mit Wohnblöcken von mehr als 3 Stockwerken in der Regel kaum zu finden sind,
- dass ein kostengünstiger Saisonspeicher (aus Platzgründen oder wegen ungünstiger geologischer Baugrundverhältnisse) im städtischen Bereich kaum zu realisieren ist,
- dass die Integration des Systemkonzepts in einer Altbausiedlung mit vorgegebener Wärmeversorgung erhebliche Anpassungsinvestitionen erfordern kann, welche die Rentabilität des Konzepts verschlechtern.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das in früheren Konzeptstudien (wie auch in ausländischen Publikationen) höher bewertete Realisierungspotenzial zurückgestuft werden muss. Diese Studien waren jeweils von optimalen Fallbeispiel-Situationen ausgegangen, wie sie nun offensichtlich in der Praxis weniger häufig zu finden sind.

5.3 Neubewertung des Potenzials von grossen Solaranlagen mit Saisonspeichern im Vergleich zu Konkurrenz-Ansätzen

Im Hinblick auf einen geringen Energieverbrauch für Wärmezwecke und einen möglichst weitgehenden Einsatz erneuerbarer Energie stehen folgende andere Ansätze in Konkurrenz, sowohl im Altbau/ Sanierungsfall, als auch im Neubaufall für Wohnsiedlungen:

- Noch weitergehende Wärmeschutzmassnahmen bei der Gebäudehülle (Sanierung in Richtung Passivhaus) bringen sehr kleinen Energiebedarf für Heizzwecke und machen einen Saisonspeicher überflüssig.
- Obwohl der Warmwasserkonsum und damit der Energiebedarf für die Wassererwärmung in Zukunft nicht wesentlich gesenkt werden können, sind substanzielle Einsparungen durch einen

vermehrten / konsequenten Einsatz von bereits heute nahezu kostendeckenden solaren Wassererwärmungs-Anlagen möglich.

- Der Wärmebedarf für Warmwasser und Heizung wird mit anderen, im Moment kostengünstigeren Systemen gedeckt, sei dies z. B. mit erneuerbarer Holzenergie oder mit Wärmepumpensystemen (kombiniert mit Erdwärmesonden, ev. mit Sommerrückspeisung).

Die beschriebenen Probleme / Kostenerhöhungen bei Saisonspeicheranlagen führen dazu, dass am ehesten eine Einsatzchance bei Neubauten in weniger dicht besiedelten Gebieten (Stadttrand, Landgemeinden) erkennbar ist, immer vorausgesetzt, dass die geologischen Verhältnisse den Bau eines Erdspeichers dort zulassen.

Eine Neubewertungsrunde mit Einbezug von weiteren technischen Optimierungen beim Saisonspeicher, aber auch organisatorischen Optimierungen bei der Abwicklung eines Pilotprojekts (incl. marktgerechte Offerten) wird empfohlen (vgl. hierzu auch Abschnitt 6).

6 Offene Probleme

Angesichts der an zwei Anlagen durchgeführten und aus unterschiedlichen Gründen gestoppten Vorstudie, kann die nachfolgende Liste von Problempunkten weiterführen:

- Bewertung der Situation in anderen Ländern:
 - Diskussion mit Forschern in Deutschland,
 - Analyse der Berichte der diesjährigen internationalen Fachkonferenz (Polen, September 2003)
- Standortbestimmung zur Lage des Konzepts der solaren Wärmeversorgung mit Saisonspeichern im Vergleich zu anderen Ansätzen, die in der Schweiz für einen Einsatz in grösseren Wohnsiedlungen in Frage kommen.
- Grundsätzliche Diskussion zur Planung und Finanzierung von **sehr grossen** Pilotprojekten, die mit anderen Bauherren als mit Bundesstellen abzuwickeln sind.
- Allenfalls Aufbereitung einer Checkliste für eine optimale Planung eines Pilotprojekts bei einer Neubausiedlung (eine diesbezügliche Anfrage liegt bei der ZHW bereits vor).

7 Nationale und internationale Zusammenarbeit

Auf nationaler Ebene erstreckte sich die Zusammenarbeit im Berichtsjahr auf den Einbezug der Ingenieurbüros Lemon Consult GmbH. /Zürich, 3-Plan Haustechnik / Winterthur, sowie der solaren Prüf- und Fachstelle Rapperswil (SPF) in die Planungsarbeiten.

Auf internationaler Ebene wurde vor allem die bestehenden Verbindungen zur Steinbeis-Transfer-Stiftung /Stuttgart weiter ausgebaut, sowie (bei der Planung des Aushubspeichers) die Erfahrungen des Ingenieurbüros Pfeil & Koch /Stuttgart mit einbezogen.

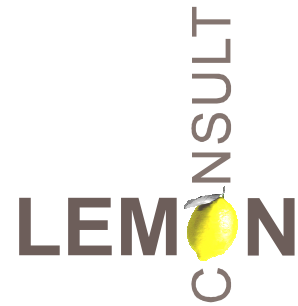
Nicht möglich war der Besuch der internationalen Fachtagung in Warschau. Es ist aber vorgesehen, den diesbezüglichen Konferenzbericht zu analysieren und auszuwerten (siehe Punkt 6, offene Probleme).

Referenzen:

- [1] Technisches Pflichtenheft und Konzept HLKSE/ WS Heumatt Zürich Seebach.
D. Gilgen, F. Creti / Lemon Consult GmbH, Zürich
- [2] Central Solar Heating Plant with a Seasonal Storage at Heumatt, Zürich Seebach,
Analysis and design by dynamic Simulations. Dr. D. Pahud / SUPSI-DACD-LEEE
- [3] Vorprojekt Solaranlage mit Saisonspeicher, Wohnsiedlung Heumatt/ Zürich Seebach.
H. Juzi / Zürcher Hochschule Winterthur

Energieforschung	Solare Wärmeversorgung Heumatt	im Auftrag des Bundesamts für Energie BFE
[4]	Risikobeurteilung Solaranlage mit Saisonspeicher Heumatt, P. Hartmann, H. Juzi / Zürcher Hochschule Winterthur	
[5]	Kostenschätzung nach EKG, Solaranlage mit Saisonspeicher-Wohnsiedlung Heumatt. R. Wüthrich / 3-Plan Haustechnik AG, Winterthur	

Frische Ideen
am Bau



Konzept und Pflichtenheft Technik

Solaranlage mit Saisonspeicher
Wohnsiedlung Heumatt – Zürich Seebach

Stand 21. März 2003

Impressum

Auftraggeber	Amt für Hochbauten der Stadt Zürich Fachstelle nachhaltiges Bauen H. Gugerli Lindenhofstrasse 21 8021 Zürich
Konzept	ZHW Zürcher Hochschule Winterthur P. Hartmann (Gesamtprojektleiter) W. Dubach / H. Juzi / R. Wüthrich in Zusammenarbeit mit: BfE Bundesamt für Energie, Bern Steinbeis Zentrum, Stuttgart
Pflichtenheft	Lemon Consult GmbH, Zürich D. Gilgen / F. Creti
Simulationen	SUPSI D. Pahud
Verteiler	PDF an Auftraggeber zur weiteren Verteilung
Dateibezeichnung	50173_06g.doc
Stand	21. März 2003

Inhaltsverzeichnis

1. Ausgangslage.....	4
1.1. Ausgangslage: Instandsetzung WS Heumatt.....	4
1.2. Vorhaben: Solaranlage mit Saisonspeicher.....	4
1.3. Übersicht	5
1.4. Energetische Zielsetzung.....	7
1.5. Zweck des Pflichtenheftes.....	8
1.6. Grundlagen / Weiterführende Unterlagen	8
2. Funktionsbeschreibung	9
2.1. Betriebsweise	9
2.2. Energiebilanz – Simulationsergebnisse	11
3. Komponenten	12
3.1. Kollektoranlage.....	12
3.2. Fernwärme.....	14
3.3. Pufferspeicher / Zentrale	14
3.4. Erdspeicher.....	15
3.5. Verbindungsleitungen	19
3.6. Elektroinstallationen - Starkstromanlagen.....	19
3.7. Elektroinstallationen - MSR.....	19
4. Massnahmen bestehende Anlage.....	20

1. Ausgangslage

1.1. Ausgangslage: Instandsetzung WS Heumatt

Die Wohnsiedlung Heumatt der Liegenschaftenverwaltung der Stadt Zürich in Zürich-Seebach wurde 1972/73 von den Architekten R. Constam und H. Koller erstellt. 1997 wurde die Überbauung an die Fernwärmeversorgung ERZ angeschlossen. Der bestehende Fernwärmeanschluss versorgt auch das benachbarte Schulhaus Heumatt sowie den Kindergarten.

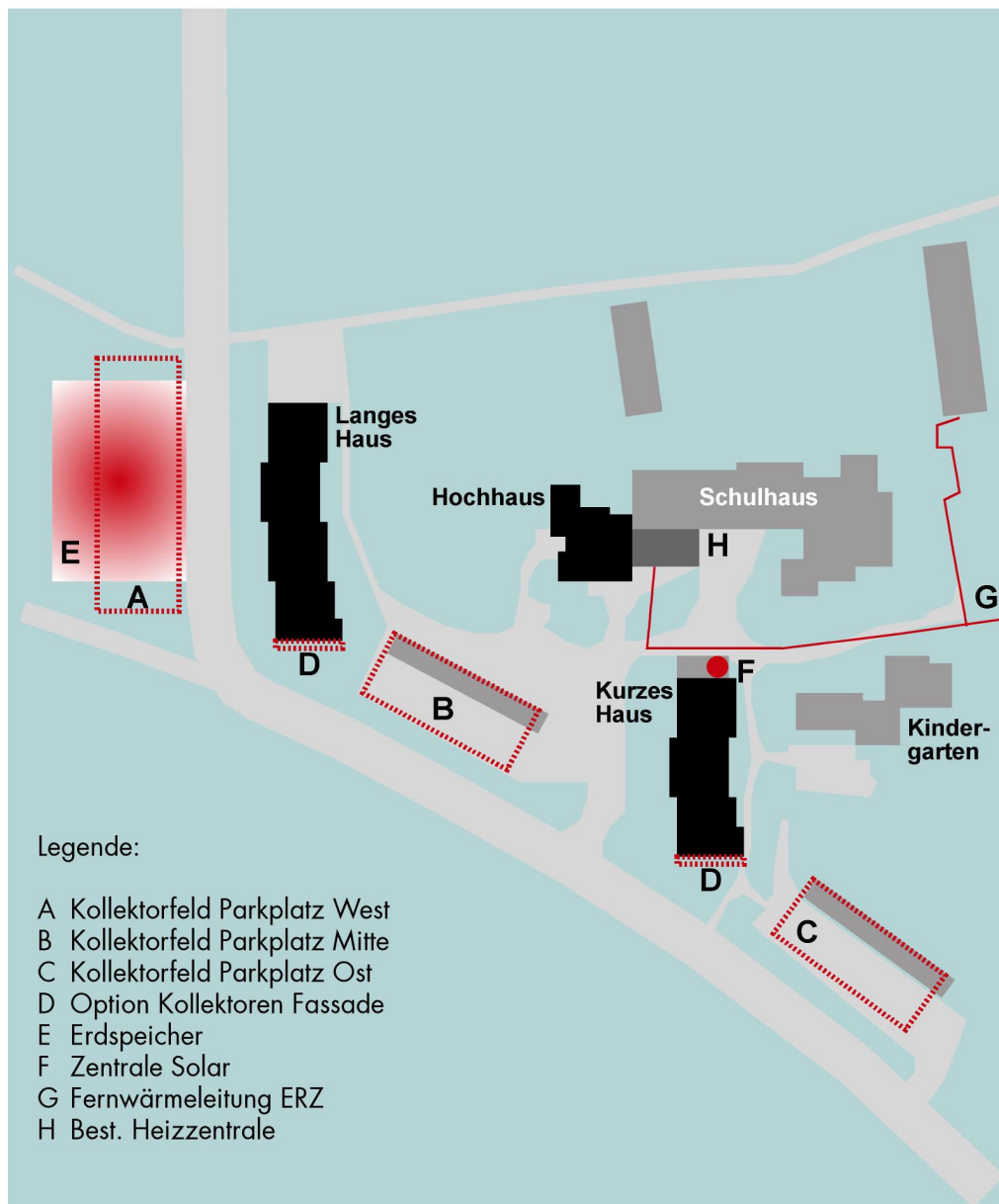
In den Jahren 2004/2005 wird die Überbauung einer umfassenden Instandsetzung und Erneuerung unterzogen. Nach der Instandsetzung werden 140 Wohnungen angeboten. Das 19-geschossige Hochhaus wird mit einer durchgehenden Wärmedämmung der Gebäudehülle sowie einer mechanischen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ausgerüstet, so dass der MINERGIE-Standard für Sanierungen erreicht wird. Die beiden 6-geschossigen Flachbauten entsprechen demselben Wärmedämmstandard, jedoch wird wegen fehlender Schachtfächen auf den Einbau einer kontrollierten Lüftung verzichtet. Durch diese Massnahmen wird der heutige Wärmeverbrauch ca. auf die Hälfte reduziert.

1.2. Vorhaben: Solaranlage mit Saisonspeicher

In einem parallel laufenden separaten Pilotprojekt soll für diese Siedlung eine Solaranlage mit Saisonspeicherung erstellt werden. Dieses innovative Wärmeverversorgungssystem liefert einen namhaften Beitrag zur Deckung des Heizwärme- und Warmwasserbedarfes mit erneuerbarer Energie.

Mit dem Pilotprojekt soll gleichzeitig eine Aufwertung der Umgebung durch gute Gestaltung erreicht werden.

1.3. Übersicht



Figur 1. Situationsplan

Die Solaranlage mit Saisonspeicherung besteht aus folgenden Teilen (vgl. Figur 1):

Die erforderlichen 1'800 m² Flachkollektoren können als Parkplatzüberdeckungen (Kollektorfelder Parkplatz A, B, C) aufgeständert oder in der Umgebung aufgestellt werden. Dem erhöhten Aufwand für die Parkplatzüberdeckung steht ein entsprechender Nutzen für die Mieter gegenüber. Damit das Pilotprojekt konsequent von der Instandsetzung der Wohnsiedlung (Totalunternehmer-Auftrag) getrennt werden kann, wurde auf die Anordnung von Kollektoren auf Dach und Fassade verzichtet.

Kollektoranlagen A bis D

Die Kollektoren speisen ihren Wärmeertrag über den Pufferspeicher entweder direkt in das Warmwassernetz oder in den Erdspeicher.

Für die saisonale Speicherung der Sonnenenergie wird ein Erdspeicher mit einer Grösse von ca. 6'800 m³ eingesetzt, welcher unter dem Parkplatz West zu liegen kommt. Die Be- und Entladung des Speichers erfolgt über ein Wassernetz mit Wärmetauscherrohren von insgesamt ca. 30 km Länge. Der Speicher ist allseitig mit einer thermischen und hydraulischen Abdichtung versehen. Eine Einlagerung von sommerlicher Überschusswärme aus der Kehrichtverbrennungsanlage über die Fernwärme ist gegenwärtig nicht vorgesehen.

Erdspeicher

Das Grundstück ist an die Fernwärme von Entsorgung und Recycling Zürich (ERZ) angeschlossen. Die Fernwärme steht an der Übergabestation in der bestehenden Zentrale des Hochhauses ganzjährig zur Verfügung und wird im Pilotprojekt noch zur Nacherwärmung für die Wohnsiedlung genutzt. Die Wärmeversorgung von Schulhaus und Kindergarten erfolgt wie bisher.

Fernwärmeanschluss

Der Pufferspeicher steht nördlich des kurzen Hauses auf einem eingeschossigen unterirdischen Kelleranbau, in dem auch die weiteren Einrichtungen für die Anlage untergebracht sind. Zusammen mit den zugehörigen Regeleinrichtungen stellt der Pufferspeicher das Herz der Anlage dar. Durch diesen wird die Energie so geführt, dass der Ertrag gesamthaft möglichst gross und die Verluste möglichst gering sind.

Pufferspeicher

Die Komponenten werden durch ein erdverlegtes Fernleitungssystem auf dem Areal Heumatt verbunden.

Leitungssystem

Für die Wärmeabgabe in die Wohnungen der Siedlung wird das bestehende Wärmeabgabesystem mit Heizkörpern verwendet. Erfahrungen mit ähnlichen Anlagen haben gezeigt, dass eine tiefe Rücklauftemperatur entscheidend ist für die Erreichung des solaren Deckungsanteils. Die entsprechenden Anforderungen sind in einem separaten Dokument festgehalten.

Wärmeabgabe

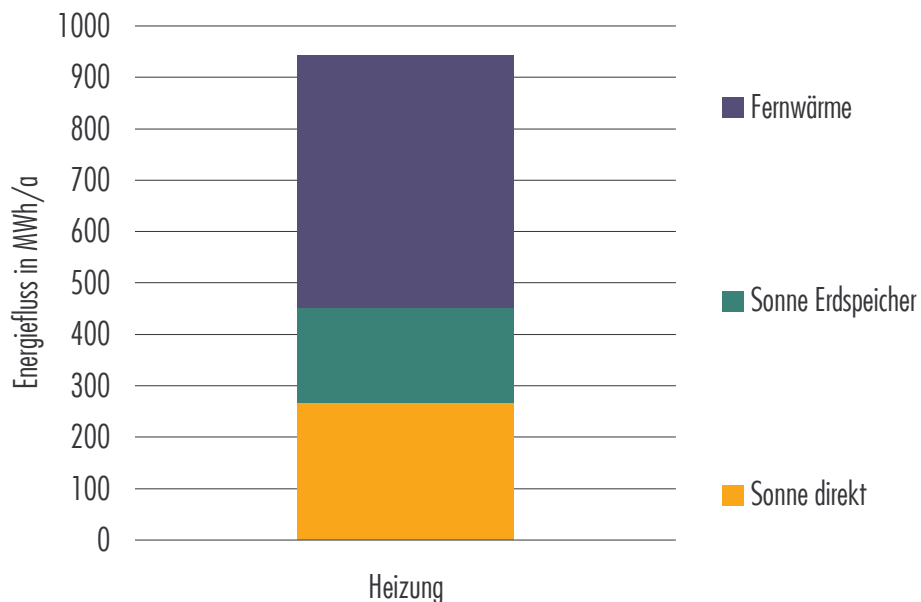
1.4. Energetische Zielsetzung

Der Heizwärme- und Warmwasserbedarf wurde nach SIA 380/1 (2001) berechnet.

Gebäude	Anzahl Wohnungen	Energiebezugsfläche [m ²]	Heizwärmebedarf	Warmwasserbedarf
Hochhaus	56	6'457	144 MJ/m ² a	80 MJ/m ² a
Langes Haus	48	4'396	175 MJ/m ² a	80 MJ/m ² a
Kurzes Haus	36	3'382	180 MJ/m ² a	80 MJ/m ² a
Total	140	14'235	2.36 TJ/a	1.14 TJ/a

Die Deckungsanteile des Wärmeenergiebedarfes durch direkten solaren Ertrag, Wärme aus dem Erdspeicher und Nachwärmung mit Fernwärme wurden mit einer dynamischen Simulation des Gesamtsystems ermittelt.

Erträge pro Jahr



Der Energieverbrauch für Wärme soll zu 47 % mit Sonnenenergie gedeckt werden. Dies entspricht 1.6 TJ/a.

Geforderter Deckungsanteil

1.5. Zweck des Pflichtenheftes

Das Konzept und Pflichtenheft Technik hat folgenden Zweck:

- Zusammenfassung der Ergebnisse der erweiterten Vorstudie im Hinblick auf Systemaufbau und Betriebsweise
- Festlegung von Anforderungen an das Gesamtsystem und dessen Komponenten für die weitere Projektierung
- Festlegung von Anpassungen, welche im Rahmen der Instandsetzung der Wohnsiedlung Heumatt zu erbringen sind

Die Anforderungen für den Studienauftrag für die Gestaltung der Umgebung mit Sonnenkollektoren, Pufferspeicher usw. sind in einem separaten Programm aufgeführt.

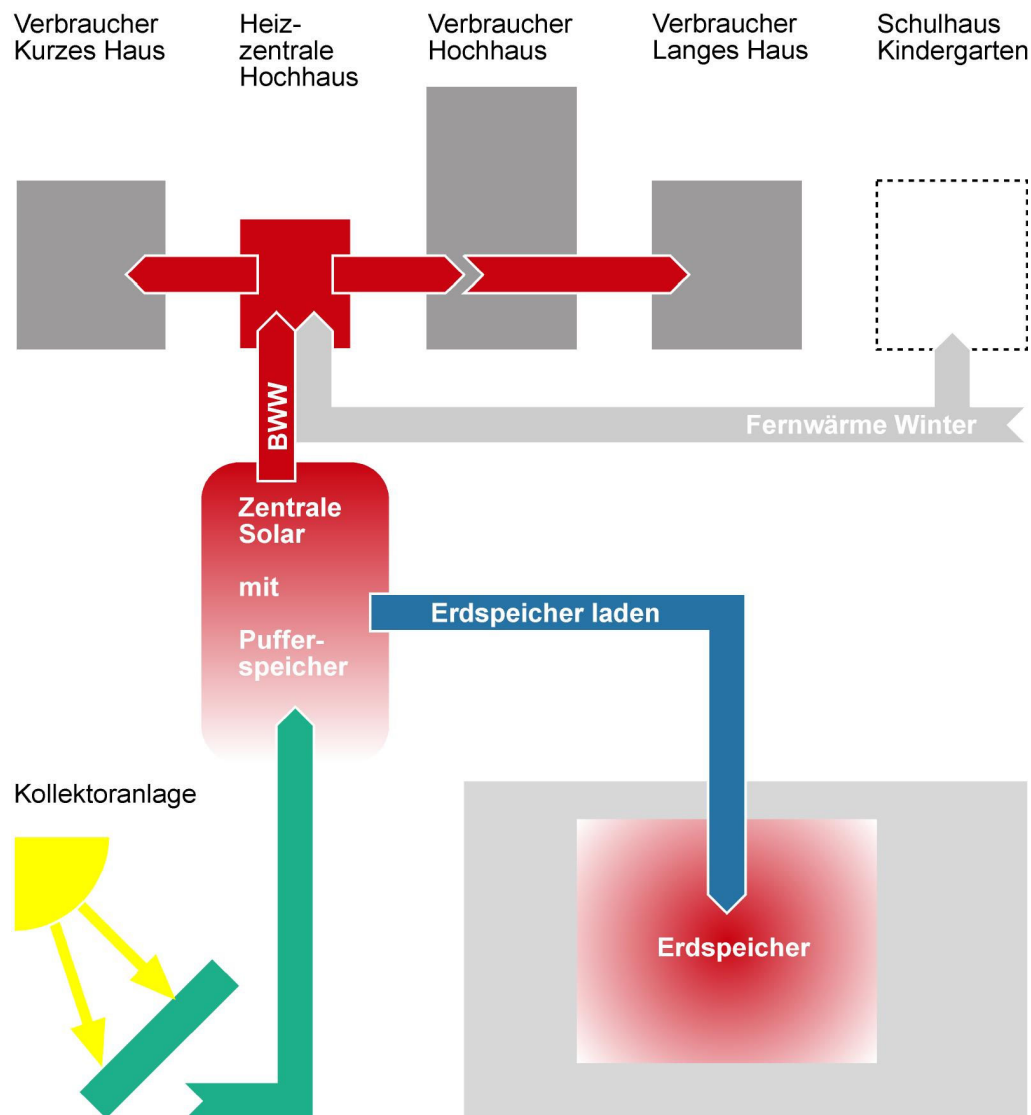
1.6. Grundlagen / Weiterführende Unterlagen

Im Rahmen der erweiterten Vorstudie wurden verschiedene Grundlagen erarbeitet, welche in der Gesamtdokumentation für diese Phase zusammengestellt sind. Insbesondere sind dies:

- Geologisches Gutachten
- Wärmeleistungsbedarf nach SIA 384/2 für jeweils eine Erdgeschoss und Dachgeschoss Wohnung alle Häuser
- Wärmebedarfsnachweis nach SIA 380/1 für alle drei Häuser
- Beurteilung des Wärmeverteilsystems in den bestehenden Anlagen. inkl. Temperaturmessungen am 10. Januar 2003
- Mögliche Anordnung der Sonnenkollektoren
- Untersuchungen zum Erdspeicher
- Übersichtsschema und Gesamtschema der Anlage
- Simulation von Solaranlage und Erdspeicher

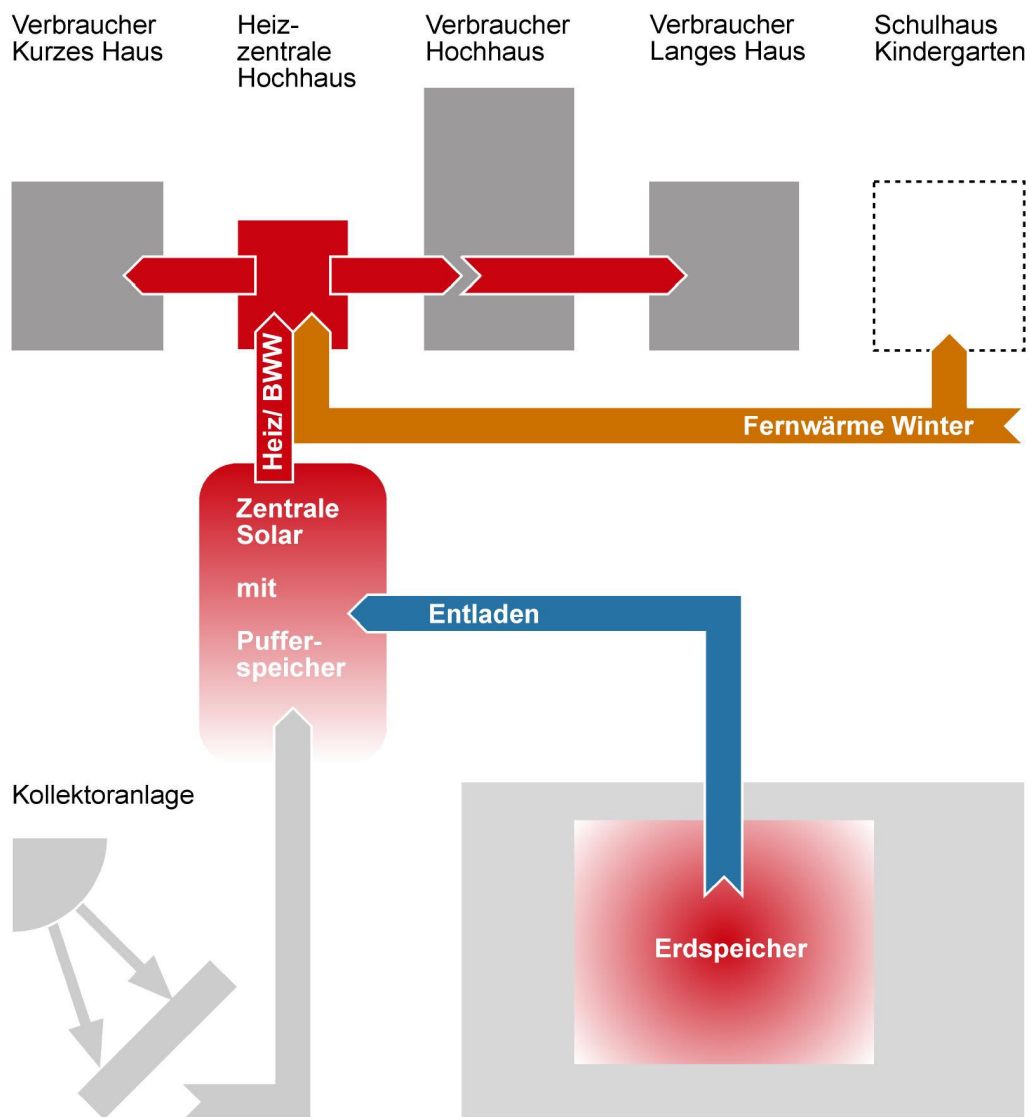
2. Funktionsbeschreibung

2.1. Betriebsweise



Figur 2. *Ladung im Sommer*

Die Sonnenkollektoren liefern ihre volle Leistung in den Pufferspeicher. Die Wärme, welche nicht direkt für das Brauchwarmwasser benötigt wird, fließt in den Erdspeicher. Gegen Ende der Saison erreicht der Erdspeicher eine Temperatur von ca. 75 °C.



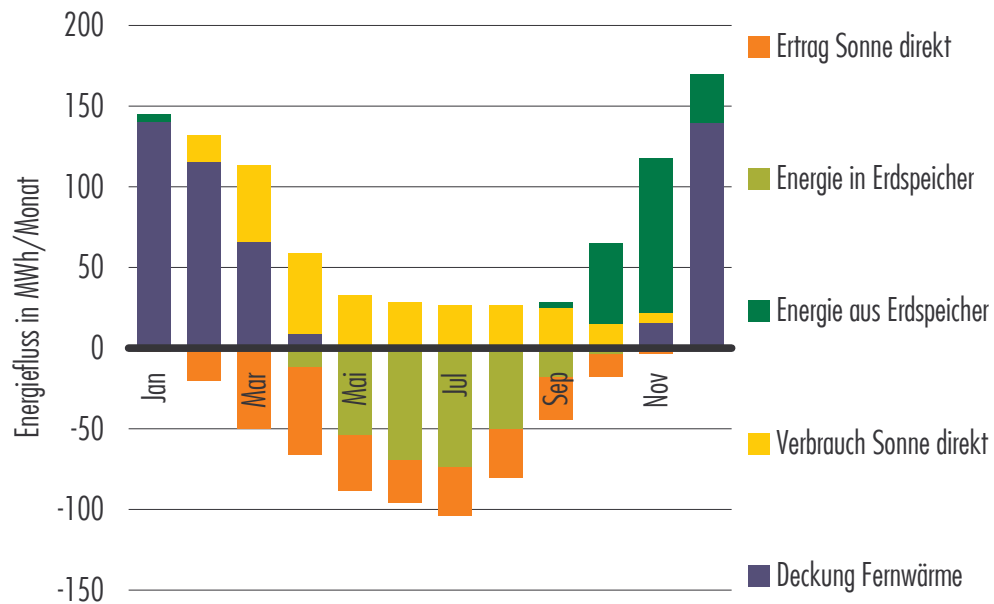
Figur 3. *Entladung im Winter*

Der Pufferspeicher entnimmt Wärme aus dem Erdspeicher und liefert diese weiter an die Verbraucher. Damit die notwendige Heizleistung erbracht und der notwendige Heizenergiebedarf gedeckt werden kann, wird die fehlende Wärme über die Fernheizung ergänzt.

Durch die tiefen Rücklauftemperaturen von Warmwasser und Heizung ist es möglich, den Erdspeicher am Ende der Heizperiode auf ca. 30 °C zu entladen.

2.2. Energiebilanz – Simulationsergebnisse

Im folgenden dargestellt sind die Energieflüsse in der Anlage für ein durchschnittliches Simulationsjahr.



Figur 4. Monatsbilanz

3. Komponenten

3.1. Kollektoranlage

Im folgenden werden Lösungen mit grossflächigen Kollektordächern und einer sinnvollen Anordnung bezüglich Beschattung und Flächenbedarf vorgeschlagen. Andere Konzepte sind möglich, sofern sie unter Berücksichtigung des Kosten- Nutzen Verhältnisses und der gestalterischen Aspekte Vorteile bringen. Die Lage der Kollektorfelder (Vorschlag) ist in der Übersicht Kap. 1.2. beschrieben.

Das Kollektorfeld A befindet sich über dem Parkplatz auf dem vorgesehenen Aushubspeicher. Aus Beschattungsgründen (Gebäude und Wald) ist die Ausdehnung nach Osten und Süden beschränkt. Gegen Westen ist sie durch die Baugrenze limitiert. Die nutzbare Grundfläche hat eine Grösse von max. 22 m Breite und 50 m Länge. Das Gelände ist nach Süden leicht ansteigend (ca. 6.2°). Die Ausrichtung dieser Flächen ist entweder nach Süden möglich, denkbar ist aber auch eine Ausrichtung nach SSW. Durch die Anordnung nach SSW lassen sich die Beschattungsverluste durch das Langhaus im östlichen Bereich des Kollektorfeldes reduzieren und damit der Solarertrag erhöhen.

**Kollektorfeld über
Parkplatz West (A)**

Die Neigung der Kollektoren richtet sich nach der Länge der verwendeten Elemente. Bei Elementen von 6 m Länge wird vorzugsweise eine Neigung von 20 bis 25 ° gewählt, bei kürzeren Elementen kann die Neigung bis 40 ° gewählt werden.

Die Parkplatzfelder B und C können je entweder als eine Fläche mit 13 – 15 m Spannweite oder z. B. in einer Ausführung mit 2 Feldern à 6 - 8 m Tiefe über dem Garagenvorplatz und der eigentlichen Garage ausgeführt werden. Die Kollektorneigung darf 20 ° nicht unterschreiten.

**Kollektorfelder über
Parkplätze Mitte (B)
Ost (C) und**

Eine Fassadenintegrierte Lösung ist bei guter Gestaltung denkbar und dann bezüglich Kosten-/Nutzenverhältnis günstig. Der Gesamtertrag pro m² und Jahr wird gegenüber den obigen Feldern auf ca. 60 % sinken, dafür ist der Ertrag im Winterhalbjahr höher. Die 2 x 110 m² Wandflächen ergeben eine äquivalente Nettoabsorberfläche von ca. 120 m². Auf Wunsch des Bauherren werden diese Flächen vorerst nicht berücksichtigt.

**Kollektorfelder an der
Südfassade Langhaus
und Kurzhaus (D).**

Eine Anordnung von Kollektoren auf den Flachdächern ist möglich, wenn die Stahlbetondecke die Last aufnehmen kann. Vorteilhaft zur Verankerung sind Wannen, die mit Kies gefüllt werden. Die Felder werden üblicherweise ca. 1.5 m vom Dachrand abgesetzt. Mehrkosten verursacht hier die etwas aufwändigere Verrohrung. Wegen der ungünstigen Schnittstellen mit den Sanierungsmassnahmen an den Bauten werden diese Felder vorerst nicht in Betracht gezogen.

Kollektoren auf dem Langhaus und Kurzhaus

Kollektorfläche	Nettoabsorberfläche
A Parkplatz West 5 Felder à 6 x 22 x 0.84	540 m ²
B Parkplatz Mitte 15 x 50 x 0.84	630 m ²
C Parkplatz Ost 15 x 40 x 0.84	500 m ²
D Flächen noch nicht zugeordnet	ca. 130 m ²
Total:	ca. 1800 m ²

Zusammenstellung Kollektorflächen

Die Kollektoranlagen sind so zu montieren, dass:

- Einstell- und Wartungsarbeiten langfristig einfach und ohne aufwändige Hilfsmittel möglich sind.
- spielende Kinder dauerhaft vom Beklettern der Anlagen abgehalten werden.
- der Wasserabfluss über Parkfeldern und Personendurchgängen kontrolliert, zum Beispiel über Rinnen gewährleistet ist.
- auch bei Frost (50 Jahres Ereignis) keine Schäden entstehen.
- sich auch bei hoher Windgeschwindigkeit keine Teile lösen und zu Verletzungen bei Passanten führen.
- heisse Teile von Kollektoren, Leitungen und Armaturen dem Zugriff von unautorisierten Personen entzogen sind.
- bei Hagelfall keine Glassplitter entstehen.

Anforderungen Sicherheit und Wartung

Die Unterkonstruktion der Kollektoranlagen kann beliebig gestaltet werden. Die darunterliegenden Parkplätze müssen jedoch ungehindert zugänglich sein.

Unterkonstruktion

Es dürfen nur Kollektoren eingesetzt werden, welche über Prüfzertifikate der folgenden Prüfstellen verfügen: SPF Rapperswil, ITW Stuttgart.

Typenprüfung

Wärmeverlust Leitungen maximal 0.3 W/m²K, Durchflussmenge ca. 0.007 kg/Sek/m² Kollektorfläche. Die Wärmedämmung besteht in der Regel aus PIR- Halbschalen mit einer UV- beständigen Kunststofffolienummantelung.

Verbindungsleitungen

3.2. Fernwärme

Die Fernwärmeübergabe befindet sich in der Zentrale Hochhaus. Von da weg wird die Wärme intern in das Hochhaus, das lange Haus und die nicht weiter betrachteten Bauten Schulhaus und Kindergarten weiter verteilt. Eine interne Fernleitung versorgt die Zentrale Solar und damit auch das kurze Haus.

3.3. Pufferspeicher / Zentrale

Die Bewirtschaftung der gesamten Anlage erfolgt über den Pufferspeicher und die damit verbundenen hydraulischen Einrichtungen.

Der Speicher und die zugehörige Zentrale befinden sich am nördlichen Ende des kurzen Hauses. Diese Lage ist günstig bezüglich Leitungslängen von und zu den oben aufgeführten Anlagenkomponenten.

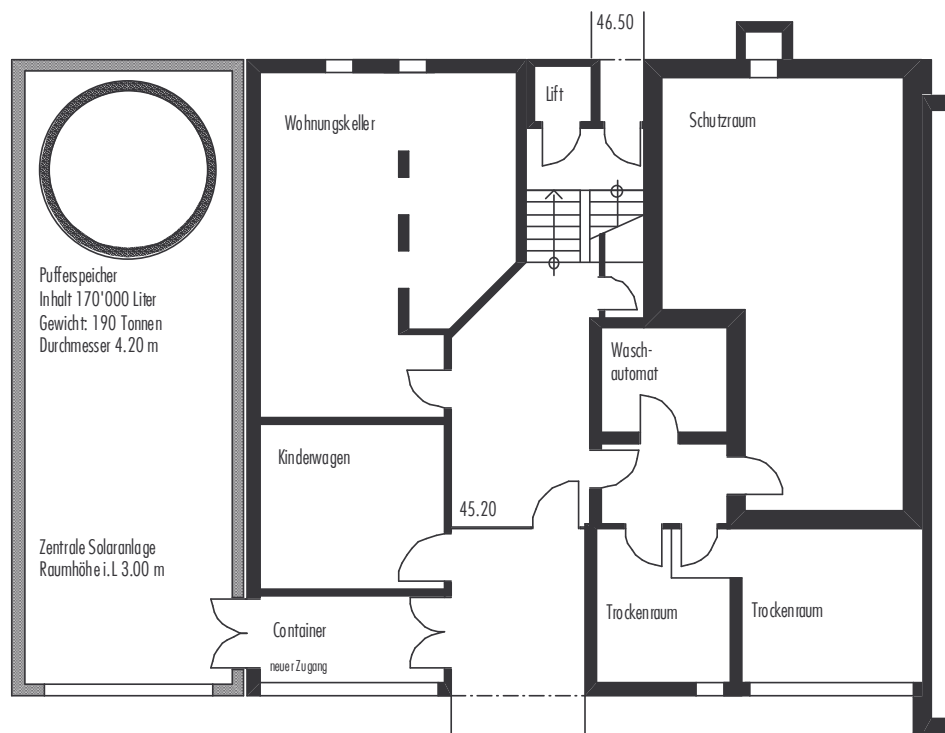
Lage

Das Speichervolumen von insgesamt 170 m^3 wird in einem Stahlspeicher bereitgestellt. Der Durchmesser inkl. Wärmedämmung beträgt ca. 4 m, die Höhe ca. 18 m. Der Speicher wird mit einer Wärmedämmung von ca. 20 cm Dicke ($\lambda 0.04 \text{ W/mK}$) eingepackt und mit einer wetterfesten Verkleidung ausgerüstet. Der U-Wert beträgt ca. $0.18 \text{ W/m}^2\text{K}$. Wärmebrücken bei Rohrdurchführungen und bei den Füßen werden durch Flankenwärmedämmung soweit als möglich reduziert. Der Speicher ist frei aufgestellt.

Speicher



Figur 5. Fassadeansicht mit Pufferspeicher



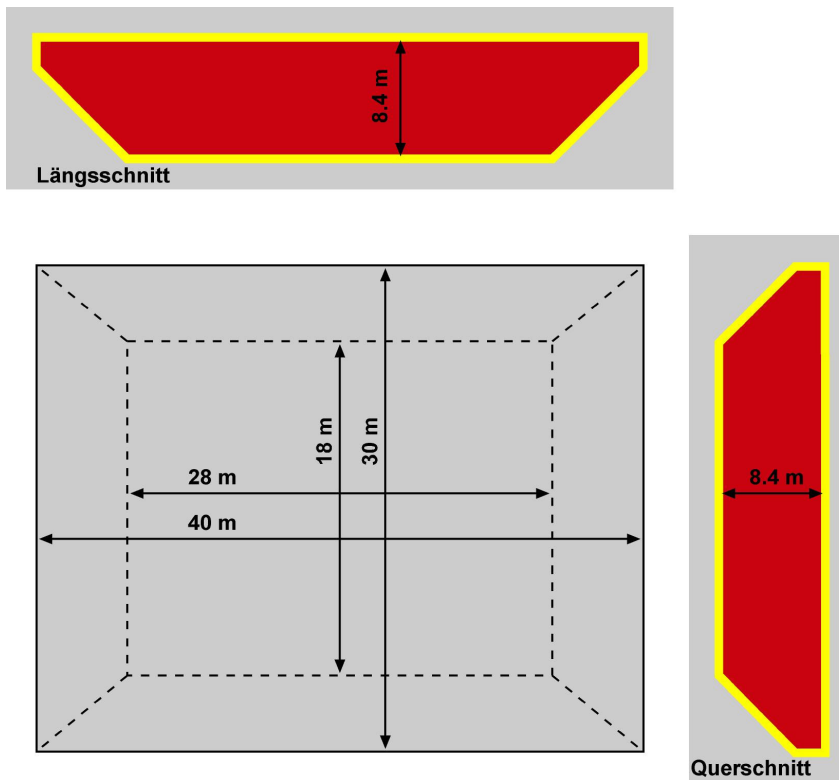
Figur 6. Grundriss Pufferspeicher und Zentrale Solaranlage

Der Raum mit einer Grundfläche von ca. 5 mal 10 m und einer lichten Raumhöhe von 3 m ist am Kopf des kurzen Hauses neu einzubauen. Außenbauteile der Zentrale sind mit einer Wärmedämmung von > 12 cm auszurüsten.

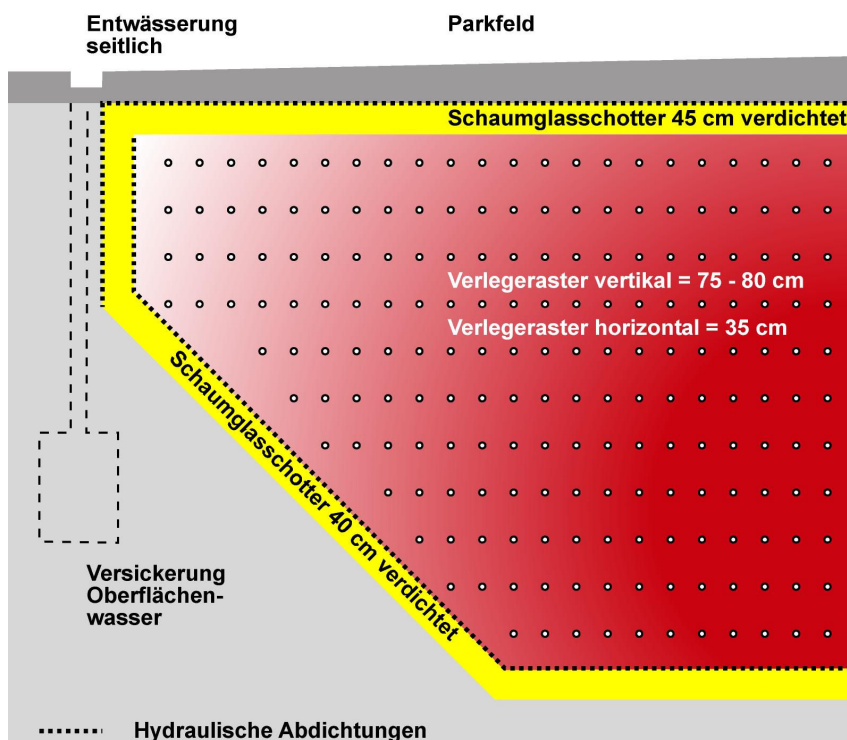
**Zentralenge-
bäude/Raum**

3.4. Erdspeicher

Das Speichervolumen wurde auf der Basis von Simulationen wie folgt dimensioniert. Eine Tiefe von mehr als 10 m ist wegen des bei ca. -14 m liegenden mittleren Grundwasserspiegels nicht möglich.



Figur 7. Dimensionen Erdspeicher (schematisch) für ein Speichervolumen von ca. 6'800 m³



Figur 8. Detailschnitt Erdspeicher ca. 1:100

In den folgenden Überlegungen gehen wir von einem Speichervolumen von ca. 6'800 m³ aus.

Der Humus muss auf einer Fläche von ca. 3'000 m² abgestossen werden. Gemäss Bericht Geologe hat die Humusschicht eine Mächtigkeit von ca. 15 cm. Der Humus im Umfang von ca. 500 m³ kann seitlich deponiert werden.

Humusdeponie

Die Wärmeleitfähigkeit des wiedereingefüllten und mit Wasser gesättigten Erdreichs beträgt ca. 2.2 W/mK und die Wärmekapazität 2.4 MJ/m³K

Erdreich

Komponente	Mengen
Aushub Erdreich	11'000 m ³
Wieder verwendbar für Auffüllung Erdspeicher	9'300 m ³
Zur Verfügung für Niveaufschüttungen im Raum des unteren (nördlichen) Speicherbereichs und zur Umgebungsgestaltung.	2'000 – 2'500 m ³

Erdaushub

Gemäss geologischem Gutachten ist bei einem Böschungswinkel von 45° keine zusätzliche Baugrubensicherung notwendig. Während der Bauphase ist an kritischen Stellen eine Folienabdeckung zur Verhinderung von Erosion vorzusehen.

Baugrubensicherung

Die Notwendigkeit einer Rampe zur Erschliessung der Baugrube mit Maschinen ist zusammen mit der ausführenden Unternehmung zu klären.

Rampe

Während der Bauphase ist das anfallende Regenwasser abzupumpen und über Absetzbecken in die Meteorwasserleitung zu führen.

**Entwässerung
Baugrube**

Der Deckel des Erdspeichers ist wasserdicht. Das Wasser muss deshalb seitlich über Sickerbrunnen oder ähnliche Massnahmen versickert werden.

**Entwässerung
Betriebsphase**

Das bestehende Erdreich ist tragfähig. Der Aufbau von unten nach oben lautet:

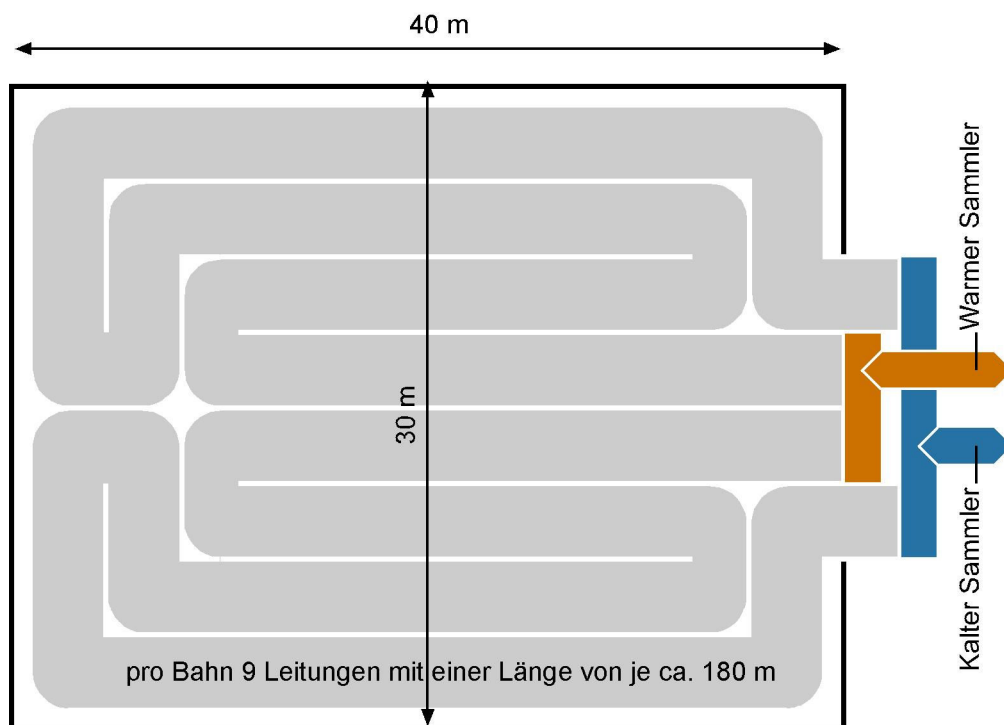
**Boden und Böschun-
gen Erdspeicher**

- Planie verdichtet mit Sickerleitung entlang Baugrubensohle
- Kunstfaservlies
- Schaumglasschotter 40 cm verdichtet
- Geotextil 900 g/m²
- hydraulische Abdichtung z.B. Sarnafil MPG 950-20 aus Polyolefine
- Geotextil 1200 g/m²
- Auffüllung gemäss Aufbau Standardschicht

Eine „Standardschicht“ mit einer Mächtigkeit von insgesamt 75 bis 80 cm besteht auf folgenden Komponenten:

- Sand d = 10 cm, ausgesiebt aus Aushub
- Rohrschlangen PEX Durchmesser Aussen 20 mm / innen 16 mm gemäss Verlegemuster in Montageschienen eingeklemmt oder mit anderen Mitteln gesichert. Der Rohrabstand beträgt ca. 35 cm und die maximale Rohrlänge ca. 180 m pro Feld. Die Rohre müssen langfristig heisswasserbeständig sein bis 90 °C. Der Anschluss in die Hauptleitung erfolgt im seitlichen Sammler.
- Verfüllung Sand d = 10 cm, ausgesiebt aus Aushub
- Erdschicht (Aushub) ca. 70 cm

Vor dem Einbau der nächsten Schicht ist eine Druckprobe der eingebauten Leitung vorzunehmen. Der genaue Ablauf des schichtweisen Materialeinbaus und die entsprechende Technologie sind in Zusammenarbeit mit dem ausführenden Unternehmer zu entwickeln.



Figur 9. Beispiel Verlegemuster oben

Den oberen Abschluss des Speichers bildet ein wasserdichter Deckel.

Oberer Abschluss

- Letzte Speichermaterialschicht gemäss Beschrieb oben
- Schaumglasschotter 50 cm verdichtet
- Trennvlies Glasfaser
- Polymerbitumendichtungsbahn lose verlegt, Stösse verschweisst
- Schutzbahn Gummirecyclingmatte 1.5 cm lose verlegt, Stösse überlappt.
- Drainageschicht Rundkies 16 bis 32 mm
- Trennvlies Polyester 300 g/m²
- Erdmaterial ca. 50 cm verdichtet zur Aufnahme eines HMT- Belages und für die Fundamente der Kollektoranlage
- HMT- Belag mit Gefälle 1.5 %

Um das Parkfeld ist eine Rinne auszubilden, welche das Oberflächenwasser sammelt und in die Versickerungsanlage führt.

Seitliche Abschlüsse

3.5. Verbindungsleitungen

Die Wärmedämmung der Verbindungsleitungen soll einen U-Wert von maximal 0.3 W/m²K erreichen.

Wärmedämmung

Aus Bodenschutz- und Grundwasserschutzgründen sind Leitungen, in denen glykolhaltige Medien zirkulieren, in einem Schutzrohr zu führen.

Leitungen mit Glykol

Die Verlegetechnik im Erdreich ist noch nicht bestimmt. Zu beachten sind die Sicherungsmassnahmen bei der Unter- oder Durchquerung von Strassen und Fusswegen.

Verlegeweise

3.6. Elektroinstallationen - Starkstromanlagen

Die Zentrale kann an den Hauptverteiler des kurzen Hauses angeschlossen werden. Ein entsprechendes Kabel ist zu verlegen. Für die Elektroinstallationen im Speicher und ggf. bei den Kollektorfeldern sind neue Anschlüsse einzuplanen.

Anschluss Netz

Der Sammler des Erdspeichers ist mit einer hitzefesten Beleuchtung auszustatten. Die Zentrale ist im üblichen Rahmen mit 50 lx zu beleuchten.

Beleuchtung

3.7. Elektroinstallationen - MSR

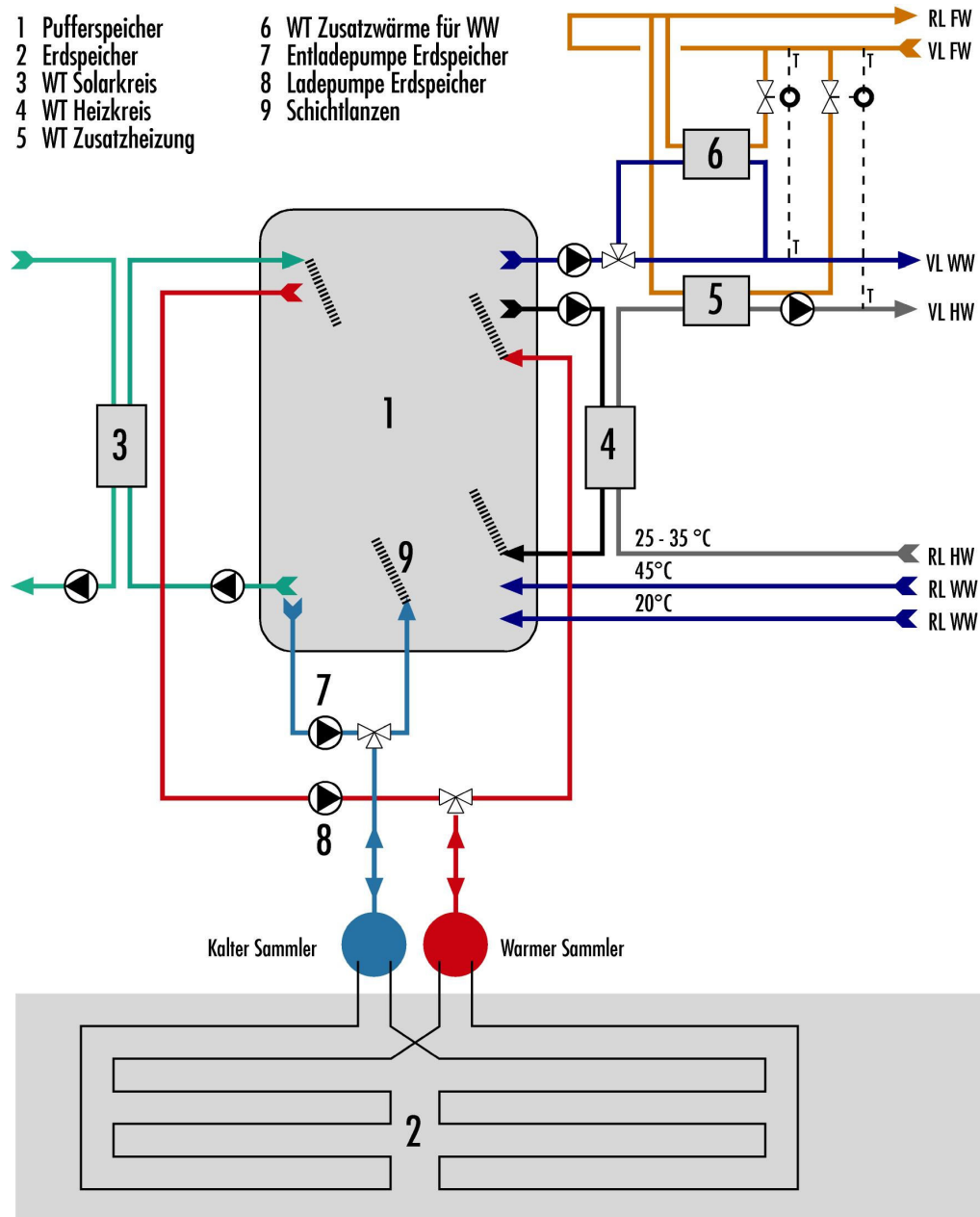
Die Steuer- und Regeleinrichtungen werden bei genauerer Detailkenntnis beschrieben.

4. Massnahmen bestehende Anlage

Damit das Konzept gemäss obenstehender Aufstellung funktioniert, sind gegenüber dem bestehenden technischen Pflichtenheft für die TU-Ausschreibungen folgende Anpassungen oder Zusatzaufwände notwendig.

- Hydraulischer Abgleich der Wärmeverteilung in allen drei Häusern. Dies bedeutet, dass an den Heizkörperventilen wenn möglich Einstellungen vorgenommen werden müssen oder der Einbau von neuen Strangreguliertventilen nötig ist. Dieser Abgleich ist infolge der Verbrauchsreduktion durch die Dämmung der Gebäudehülle ohnehin notwendig, deshalb fallen hier keine Mehrkosten an.
- Vollständige Wärmedämmung Kellerdecken über Mieterkellern (wurde als Option in der Ausschreibung abgefragt)
- Sämtliche nicht oder zu wenig isolierte Leitungen müssen mit den geforderten Dämmstärken gemäss Energiegesetz versehen werden (wurde als Option in der Ausschreibung abgefragt).
- Die bestehenden Einspritzschaltungen bei den Unterverteilern in den Häusern Schwandenacker 4 und Schwandenholzstrasse 18 müssen umgebaut werden. Es muss geprüft werden, ob die vorhandenen Umwälzpumpen die erforderliche Wassermenge fördern. Falls nicht, müssen diese ersetzt werden.
- Der Umformer des Hochhauses muss wahrscheinlich durch einen neuen ersetzt werden; denn neuen Betriebsbedingungen angepasst.
- Die bestehende Zentrale muss angepasst werden, so fallen beispielsweise einzelne Wärmetauscher weg oder sie müssen ersetzt werden, teilweise ist die Hydraulik zu modifizieren.
- Für die bestehenden Heizkörper in den Treppenhäusern und Trocknungsräumen sollte nach der Sanierung kein Bedarf mehr nötig sein. Die Trocknungsräume sind in diesem Fall anderweitig zu entfeuchten.

Schema Pufferspeicher für Anhang



Vorprojekt Solaranlage mit Saisonspeicher, Wohnsiedlung Heumatt / Zürich Seebach

Verfasser: Prof. H. Juzi / Zürcher Hochschule Winterthur

Inhaltsübersicht

- 1 Zielsetzung**
- 2 Anlagenkonzept**
- 3 Kollektoranlage**
- 4 Aushubspeicher**
- 5 Neue Wärmezentrale mit Pufferspeicher**
- 6 Verbraucherkreise**
- 7 Simulationsergebnisse**
- 8 Kostenzusammenstellung**

- | | |
|-----------------|--|
| Anhang 1 | Disposition Aushubspeicher Heumatt 8500 m3 |
| Anhang 2 | Geologisches Profil der Sondierbohrung 2 |
| Anhang 3 | Vorschlag für die Berohrung des Erdspeichers |
| Anhang 4 | Basisdaten für die Wärmeversorgung der Wohnsiedlung Heumatt |
| Anhang 5 | Simulationsergebnisse D. Pahud |

1 Zielsetzung

In den Jahren 2004 bis 2006 soll die Wohnsiedlung Heumatt der Liegenschafts-Verwaltung der Stadt Zürich in Zürich Seebach gesamthaft saniert werden. Die zu sanierende Liegenschaft besteht aus 3 Wohnblöcken mit total 140 Wohneinheiten und einer Energiebezugsfläche von 14'235 m². Die Anlage soll im Rahmen eines Pilotprojekts mit einem innovativen Energieversorgungssystem ausgerüstet werden. Dabei soll ein namhafter Beitrag der Heizwärme und der Warmwassersbereitstellung mit erneuerbarer Energie abgedeckt werden.

Die Sanierung sieht zuerst eine wärmetechnische Sanierung der Gebäudehüllen vor, mit welcher der Energiebedarf der Siedlung auf ca. 50 % des heutigen Wertes gesenkt werden soll, d. h. auf ca. 3500 GJ/a. Von diesem Betrag sollen nun mindestens weitere 45 % aus solarer Energie erbracht werden.

2 Das Konzept (vgl. Figur 1)

Damit eine solare Deckungsrate von minimal 45 % des Wärmebedarfs der dann zumal sanierten Wohnsiedlung erreicht werden kann, ist eine Solaranlage mit Saisonspeicher vorgesehen. Als Ergänzungsenergiequelle wird die bestehende Fernwärme verwendet. Figur 1 zeigt die wesentlichen Komponenten der geplanten Wärmeversorgung, Figur 2 die Disposition der Hauptkomponenten der Solaranlage und Figur 3 die Details der neuen Wärmezentrale.

< Kollektorfelder

Es sind 3 große Kollektorfelder im Bereich der bestehenden Parkplatzfelder vorgesehen. Die Kosten der Unterkonstruktion für diese Kollektorfelder führen zwar zu höheren Investitionskosten. Da aber ein signifikanter Mehrnutzen für die Mieter entsteht, werden diese Mehrkosten mehr als kompensiert.

< Saisonspeicher

Der saisonale Energiespeicher ist als Aushubspeicher geplant, welcher bedingt durch die vorliegenden geologischen Verhältnisse am Siedlungsort, mit einer allseitigen thermischen und hydraulischen Dämmung versehen wird.

< Pufferspeicher

Er ist als stehender Wasserspeicher (Schichtspeicher) mit 3.4 m Durchmesser konzipiert. Rückläufe mit stark variierender Temperatur werden über spezielle Einspeisevorrichtungen (u. A. Schichtlanzen) in den Pufferspeicher zurückgeführt, um eine möglichst ideale Schichtung im Speicher zu erzielen.

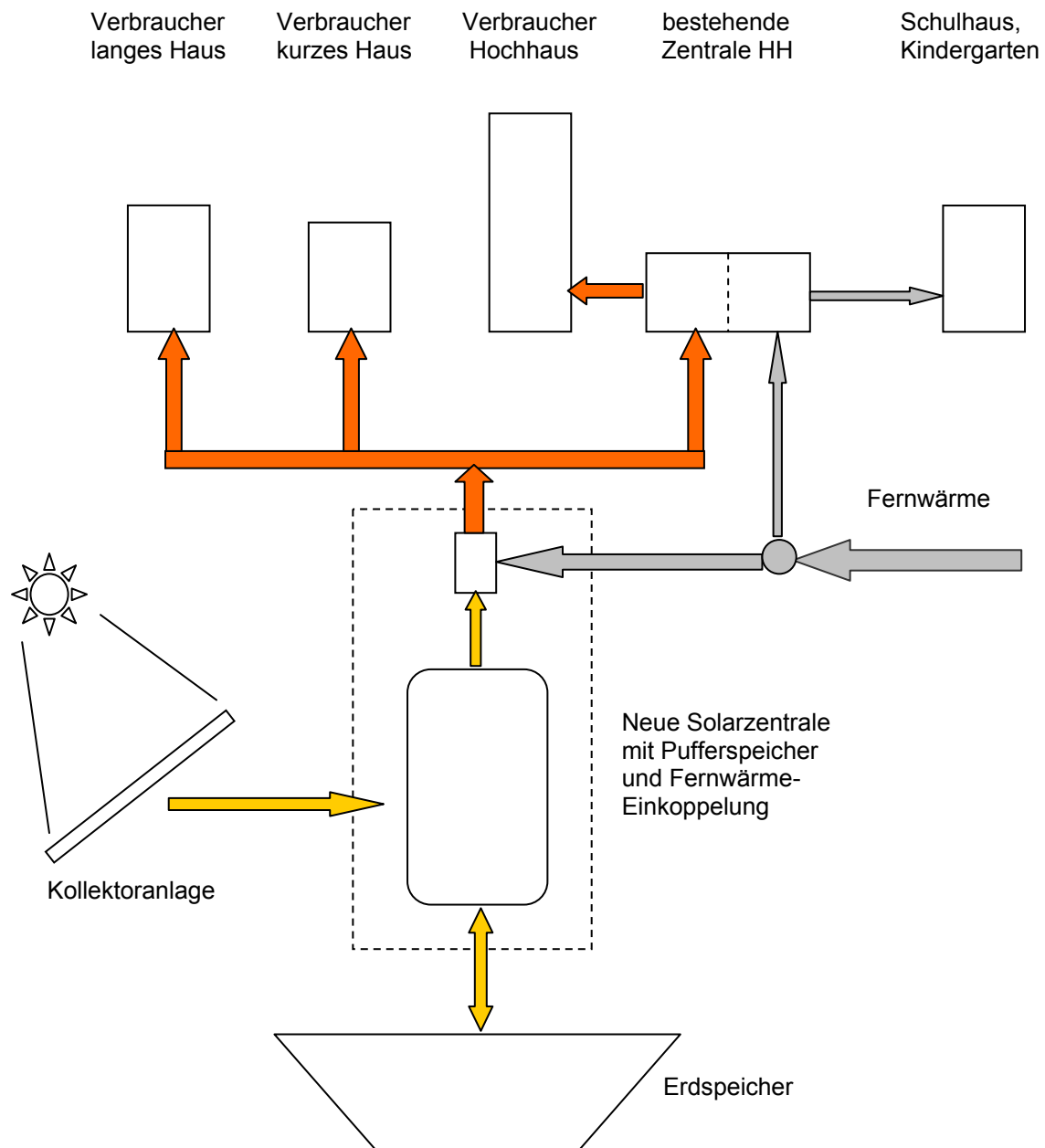
< Ergänzende Wärmequelle : Fernwärme

Sobald die Vorlauftemperaturen für Heizung und Warmwasser unter ihre Sollwerte fallen, wird über die beiden Wärmetauscher die fehlende Aufheizung mittels Fernwärme beigebracht. Auf die ursprünglich vorgesehene Aufladung des Speichers im Sommer mit überschüssiger KVA – Abwärme wird verzichtet, da die Sommerabwärme langfristig nicht gesichert ist.

< Verbraucherkreise

Um eine möglichst gute Nutzung des Saisonspeichers zu erreichen (d. h. eine Entladung des Saisonspeichers auf eine Temperatur um 30 °C), müssen die Rücklauftemperaturen aus dem Warmwasserkreis und dem Heizungskreis möglichst tief gefahren werden können. Dies wird erreicht durch eine 5-Leiter Wärmeabgabesystem bestehend aus einem Warmwasserverteilsystem als Dreileitersystem und einem Heizwasserverteil- und Wärmeabgabesystem in Zweileitersystemausführung. Details siehe Kapitel 6.

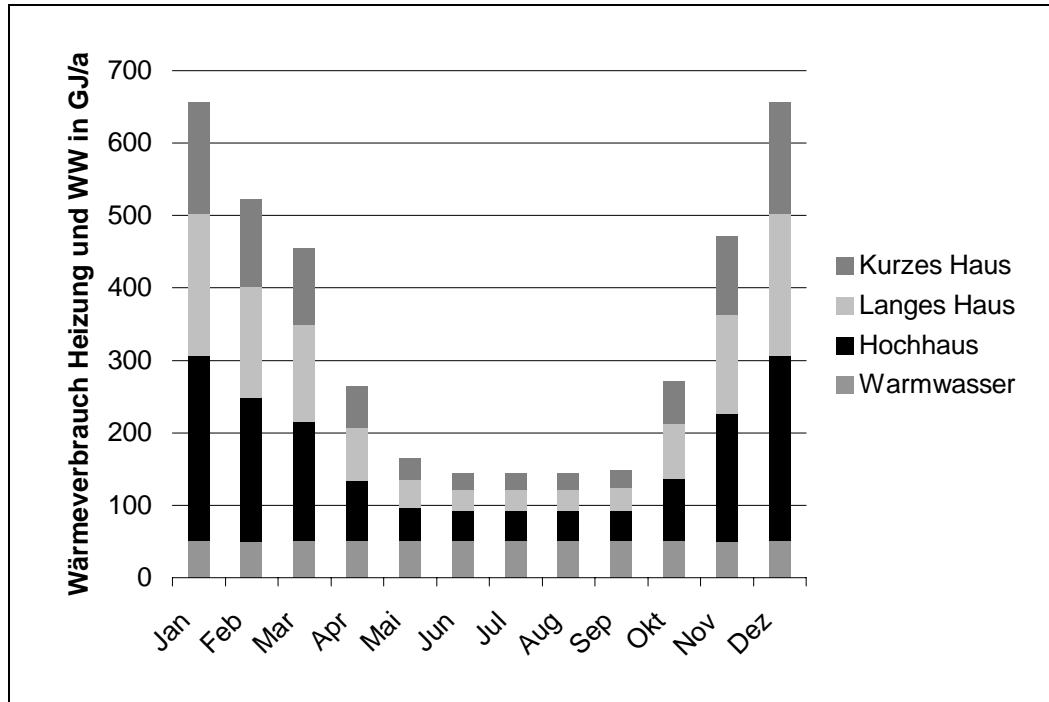
Figur 1 Wohnsiedlung Heumatt,
Prinzipschema der geplanten Wärmeversorgung mit den
wesentlichen Komponenten



Anhang xx - Analyse bestehende Anlage

Verbrauch

Der Energieverbrauch der Siedlung wird aufgrund einer Berechnung mit SIA 380/1 wie folgt prognostiziert.



Figur 1. Heizwärmebedarf in den Gebäuden (Werte WW anpassen)

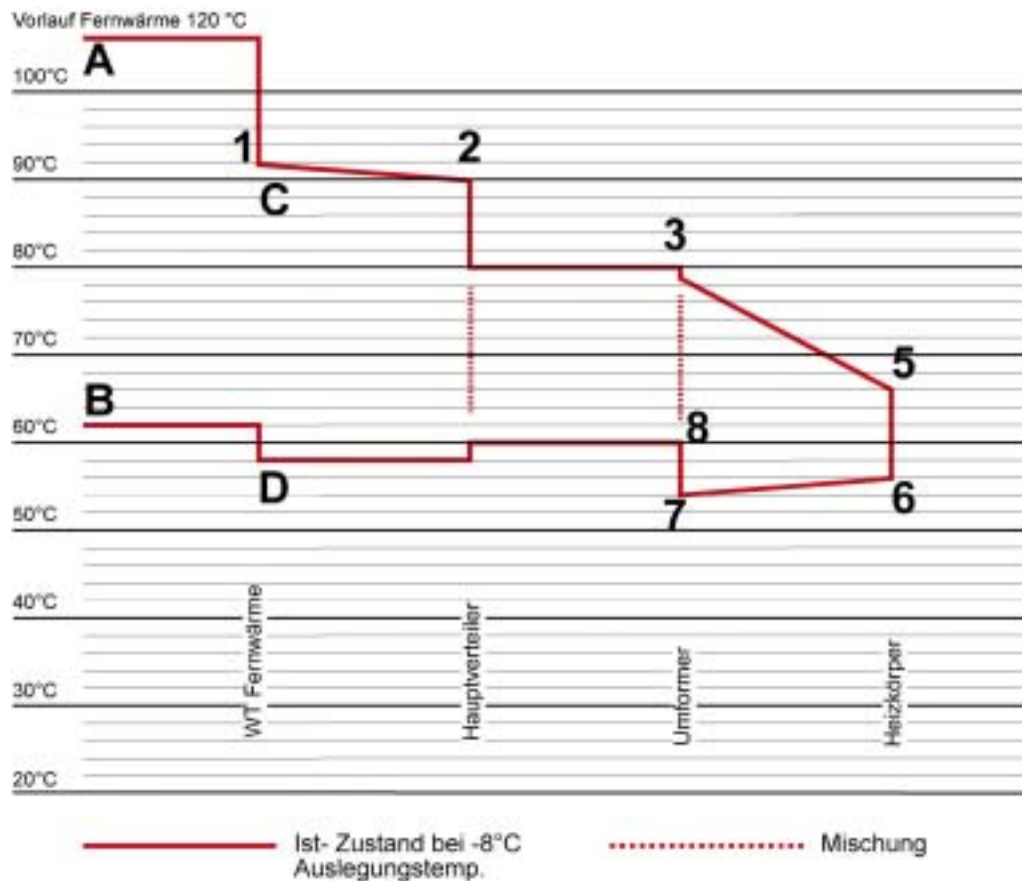
Beurteilung des Wärmeverteilsystems

Die bestehenden Wohnhäuser werden über Radiatoren an den Fensterbrüstungen beheizt. Der Energieverbrauch der Häuser wird durch die Wärmedämmung der Gebäudehülle massiv reduziert. Damit ist auch eine Reduktion der Vor- und Rücklauftemperatur möglich. Es ist jedoch zu beachten, dass die Röhrenradiatoren sich bei zu geringem Volumenstrom unkontrollierbar verhalten können, weil sie nur noch teilweise durchströmt werden und deshalb die nutzbare Wärmeabgabefläche reduziert wird. Die Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf kann deshalb nicht über 20 °C angehoben werden. Die erforderliche Heizleistung kann in den exponiertesten Wohnungen und mit dem bestehenden Wärmeverteilsystem nur bei einer Vorlauftemperatur von 50 °C und einer Rücklauftemperatur von 35 °C bereitgestellt werden.

Die Heizverteilungen sind zum grossen Teil nicht zugänglich und verlieren wegen ihrer Lage in der Baukonstruktion relativ viel Wärme. Der Temperaturverlust wurde durch eine Momentanmessung am 10. Januar 2003 bei einer Aussenlufttemperatur von -8°C erhoben. Im folgenden die wichtigsten Resultate:

Wärmeverluste
Heizleitungen

Vor- und
Rücklauftemperatur
am
Heizkörper



Figur 2. Temperaturverlauf im Heizsystem von der Zentrale bis zum Heizkörper und zurück am Beispiel langes Haus (kritischer Fall)

	Primär		Sekundär	
	Eintritt	Austritt	Eintritt	Austritt
Umformer Fernwärme	120 °C (A)	61 °C (C)	59 °C	83.7 °C
Umformer Hochhaus	83.7 °C (B)	64 °C (D)	72 °C	56 °C
Heizgruppe Wohnhäuser			81 °C	59 °C
Heizgruppe Schulhaus			83.7 °C	55 °C

Temperaturen
Heizzentrale
(Schwandenholzst
rasse 22)

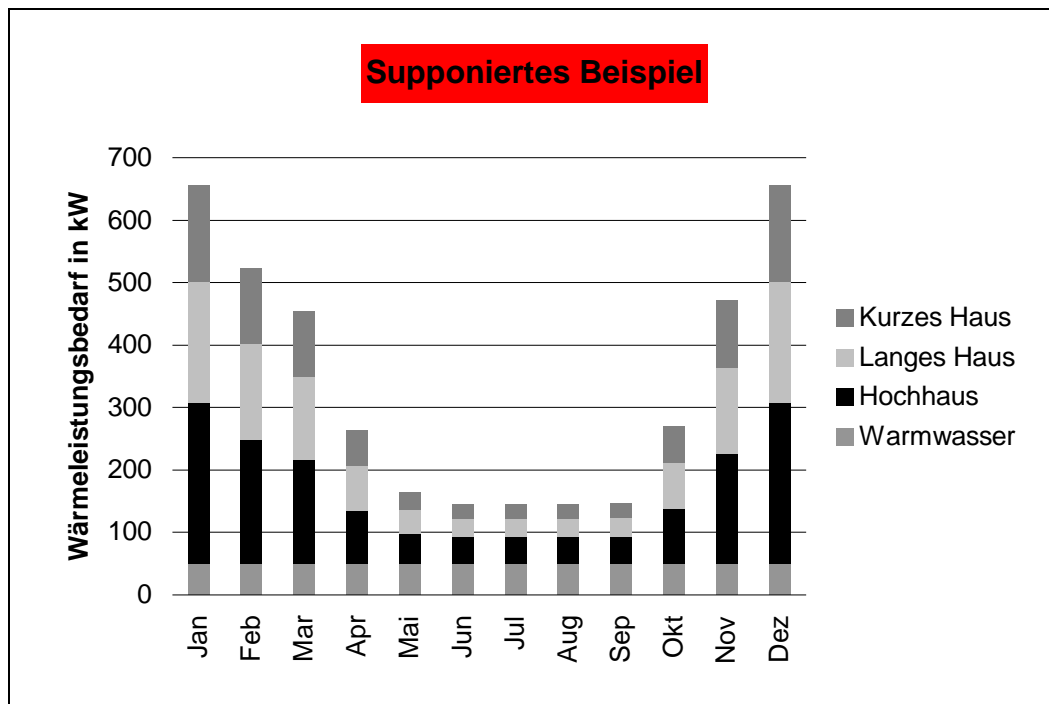
		Hochhaus	Flachbauten	
	Verteilsystem	<p>Horizontale Verteilung im UG an der Decke mittels wärmegeämmten Leitungen bis zu den Steigzonen</p> <p>Vertikale Verteilung offen in den Abstellräumen.</p> <p>Horizontale Verteilung Schärer-System im Unterlagsboden</p> <p>Thermostatventile überall vorhanden</p>	<p>Horizontale Verteilung im UG an der Decke mittels wärmegeämmten Leitungen bis zu den Steigsträngen</p> <p>Vertikale Verteilung zu den Heizkörpern durch eingemauerte Heizleitungen.</p> <p>Horizontale Verteilung mittels offenen Leitungen an der Fassade bis zum Heizkörper</p> <p>Thermostatventile überall vorhanden</p>	
		Hochhaus	Langes Haus	Kurzes Haus
1	Vorlauf Zentrale	83.7 °C UFO Eintritt primär	81 °C	81 °C
2	Vorlauf Unterverteiler Hauseintritt	72 °C UFO Austritt sekundär	77.9 °C	80 °C
3	Vorlauf Unterverteiler Verteilung	-	74.8 °C	80 °C
5	Vorlauf Heizkörper	Ø 60 °C	Ø 66 °C	Ø 67 °C
6	Rücklauf Heizkörper	Ø 45 °C	Ø 52 °C	Ø 54 °C
7	Rücklauf Unterverteiler	56 °C UFO Eintritt sekundär	55 °C	60 °C
8	Rücklauf Zentrale	64 °C UFO Austritt primär	55 °C	60 °C
	Verluste von Zentrale bis Hauseintritt	13 K über den Umformer	3.1 K	1 K
	Verluste von Hauseintritt bis zum obersten Heizkörper	12 K	8.8 K	13 K
	Gesamtwärmeverlust nur Leitungsnetz exkl. Heizkörper	25 K	11.9 K	14 K

Im Sinne einer möglichst tiefen Vor- und Rücklauftemperatur sind folgende Punkte des bestehenden Systems ungünstig und sollten behoben werden.

Beurteilung und
Massnahmen

- Wärmeverluste von der Zentrale bis zum Hauseintritt von 1 bis 3 K sind tolerierbar; es sind keine weiteren Massnahmen notwendig.
- Die Wärmeverluste am Umformer sind zu hoch, eine Anpassung ist notwendig.
- Die Wärmeverluste von den Unterverteiler bis zu den obersten Heizkörper von 8.8 bis 13 K sind zu gross. Diese Verluste werden infolge der neuen Aussenwärmedämmung geringer. Ein Ausspitzen der Leitungen und eine Verbesserung der Leitungsdämmung ist nicht möglich.
- Die Heizkörper in den Treppenhäusern und in den Trocknungsräumen beziehen zu viel Wärme. Diese Heizkörper werden durch die Wärmedämmung der Kelleraussenwände entlastet, Zusätzlich könnten die Durchflussmengen reduziert werden.

Abschätzung Wärmeleistungsbedarf in den Wohnungen



Figur 3. *approximativer Wärmeleistungsbedarf für Heizung und Warmwasser*

2 Kollektoranlage (siehe Figur 2)

Erste Simulationsrechnungen haben ergeben, dass zum Erreichen einer solaren Deckungs-Rate von 50 % mindestens 1800 m² Absorberfläche erforderlich sind (Annahmen der Abschätzung: Horizont konstant 20 °; Azimut der Kollektoren +30 °). Es wird angestrebt, die Zahl der Kollektorfelder möglichst klein zu halten. Das Konzept sieht die Überdachung der 3 großen Parkplatzfelder der Wohnsiedlung vor, siehe Disposition der Hauptkomponenten der Solaranlage, Massstab 1:1000 .

Zusammenstellung der in Frage kommenden Kollektorfelder:

Kollektorfeld über Parkplatz West (F)

Dieses Kollektorfeld befindet sich über dem vorgesehenen Aushubspeicher (A). Auf dem Speicher soll wieder ein Parkplatz erstellt werden, der nun neu mit Kollektorfeldern über-dacht werden soll. Die vorhandene Grundfläche, welche aus Beschattungsgründen nach Osten und Süden gewisse Einschränkungen aufweist und nach Westen durch die Baugrenze limitiert wird, dürfte eine nutzbare Grundfläche von max. 22m Breite und 50 m Länge ergeben. Das Gelände ist nach Süden leicht ansteigend (ca. 6.2°/°). Auf dieser Fläche könnten z. B. 5 Kollektorfelder von 6 x 22m errichtet werden (Bruttofläche 660 m²), was mit einem Ausnutzungsfaktor von 0.84 rund 540m² Absorberfläche ergibt.

Die Ausrichtung dieser Flächen ist entweder nach Süden möglich (Variante A), denkbar ist aber auch eine Ausrichtung nach SSW mit Azimut +20 °, welche sich der Schwanden-holzstrasse anpasst (Variante B). Durch die Anordnung nach SSW liessen sich die Beschattungsverluste durch das Langhaus im östlichen Bereich des Kollektorfeldes reduzieren und damit der Solarertrag erhöhen. In Variante B könnten ebenfalls max. 5 Felder mit den Bruttomassen 6x22 erstellt werden. Neben den hier vorgeschlagenen grossflächigen Kollektordächern sind selbst-verständlich auch andere Konzepte bezüglich des Kosten Nutzen Verhältnisses und der gestalterischen Aspekte zu prüfen.

Die Neigung der Kollektoren richtet sich nach der Länge der verwendeten Elemente. Bei Elementen von 6m Länge wird vorzugsweise eine Neigung von 20 bis 25 ° gewählt, bei kürzeren Elementen kann die Neigung bis 40 ° gewählt werden.

Installierbare Brutto- / Absorberfläche, Variante A und B geschätzt: 660 m² / 540 m²

< Kollektorfelder über Parkplätze Ost (H+J) und Mitte (G)

Die Parkplatzfelder Mitte und Ost könnten entweder als eine Fläche mit 13 -15m Spannweite oder z. B. in einer Ausführung mit 2 Feldern à 6-8 m Tiefe über dem Garagevorplatz und der eigentlichen Garage ausgeführt werden. Die Kollektorneigung sollte 20 ° nicht unterschreiten, vgl. auch Figur 4.

Nettoabsorberfläche Parkplatzfeld H (Ost):	$(15 \times 40) \times 0.84 = 504 \text{ m}^2$
Nettoabsorberfläche Parkplatzfeld J (Ost):	$(15 \times 18) \times 0.84 = 227 \text{ m}^2$, Baugenoss.
Nettoabsorberfläche Parkplatzfeld G (Mitte):	$(15 \times 50) \times 0.84 = 630 \text{ m}^2$

< Kollektorfelder an der Südfassade Langhaus und Kurzhaus (E).

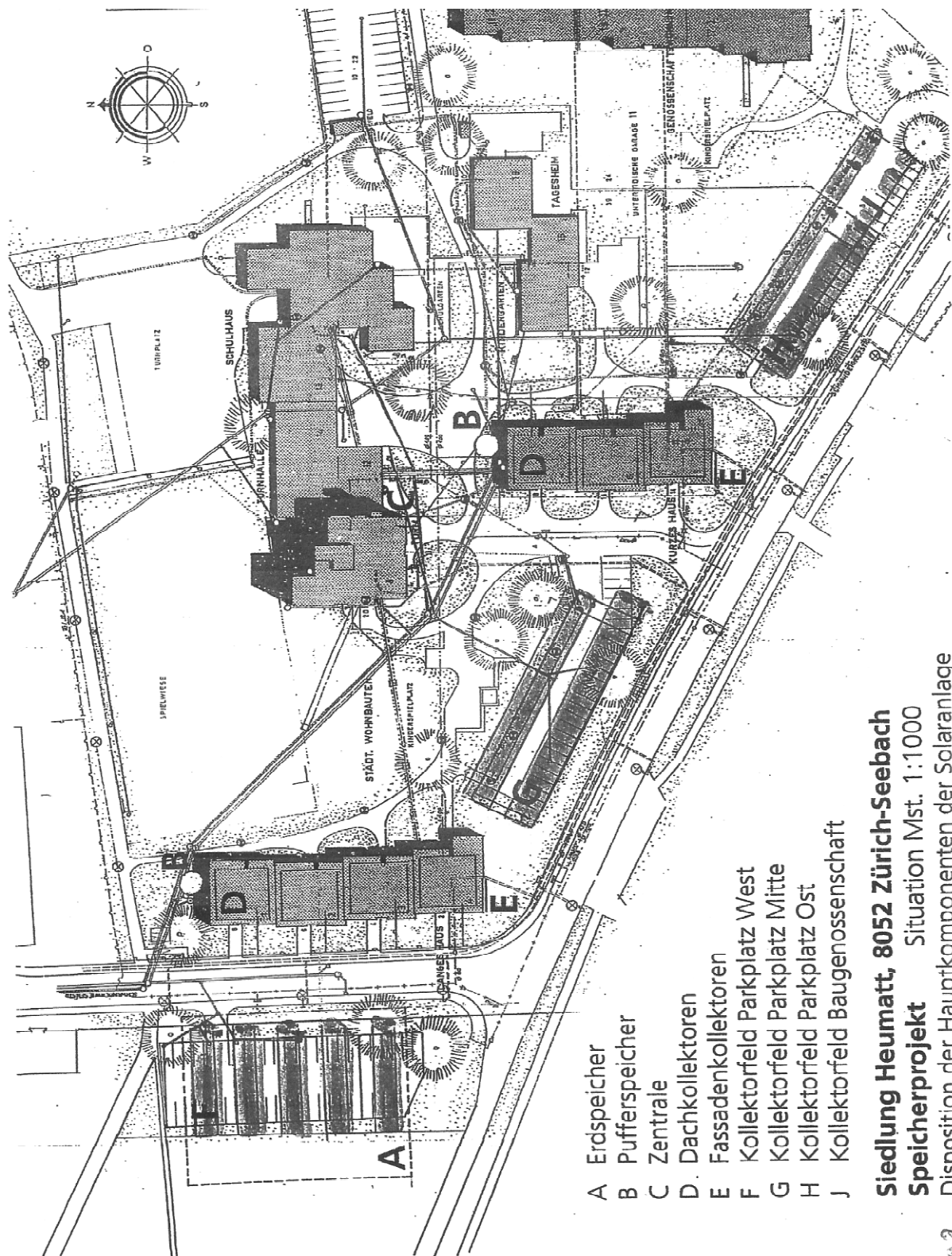
Vom Kosten-/Nutzenverhältnis günstig. Der Gesamtertrag pro m² und Jahr wird gegenüber den obigen Feldern auf ca. 60 % sinken, dafür ist der Ertrag im Winterhalbjahr höher.

Die 2x110m² Wandflächen ergeben eine äquivalente Nettoabsorberfläche von ca. 120 m². Auf Wunsch des Bauherren werden diese Flächen vorerst nicht berücksichtigt.

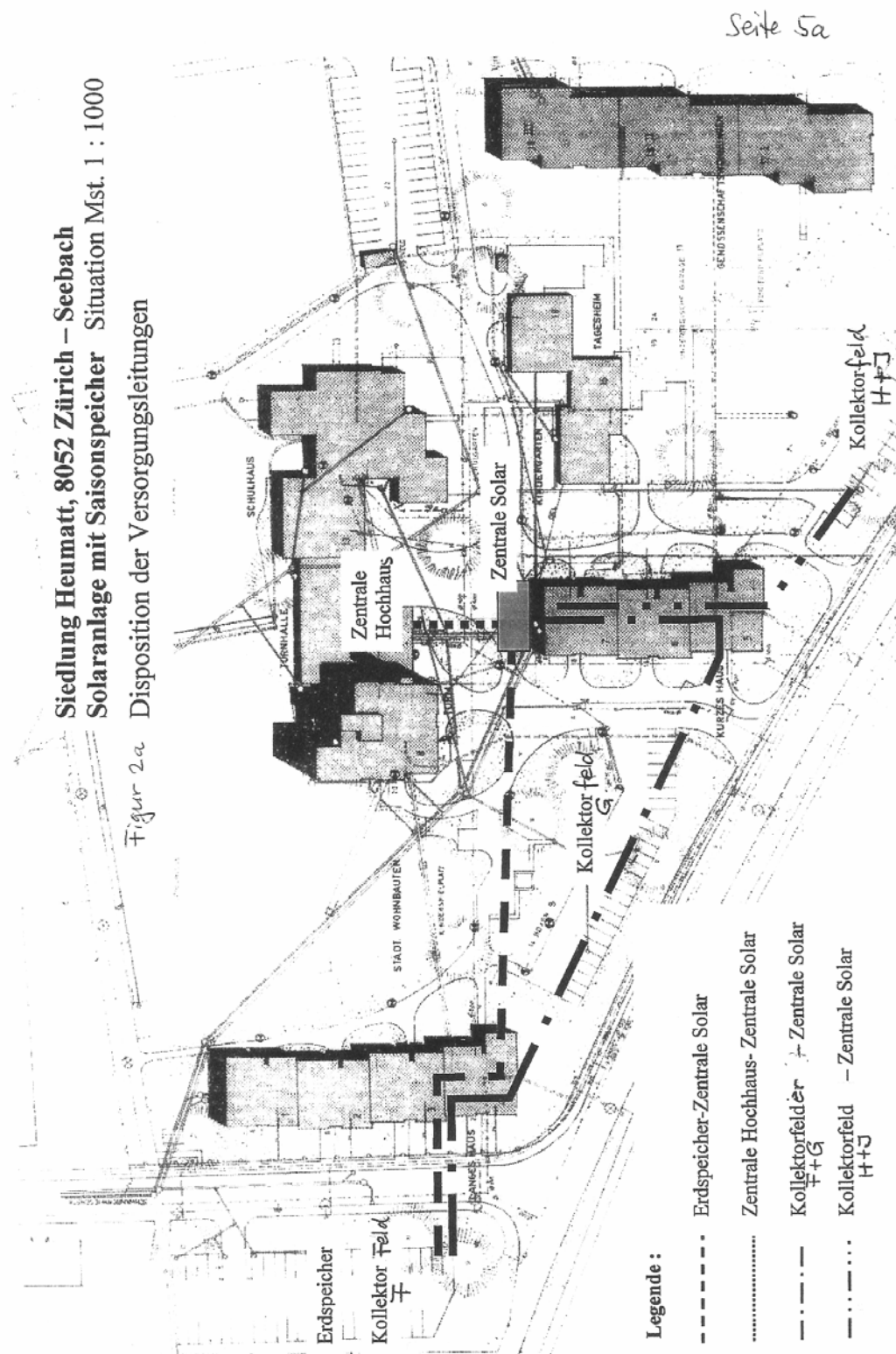
< Kollektoren auf dem Langhaus und Kurzhaus (D)

Sollten grundsätzlich möglich sein, wenn die Stahlbetondecke die Last aufnehmen kann. Vorteilhaft zur Verankerung sind Wannen, die mit Kies gefüllt werden. Die Felder werden üblicherweise ca. 1.5m vom Dachrand abgesetzt. Mehrkosten verursacht hier die etwas aufwendigere Verrohrung. Um unnötige Schnittstellen mit der konventionellen Sanierung zu vermeiden, werden diese Felder vorerst nicht in Betracht gezogen.

Figur 2 Disposition der Hauptkomponenten der Solaranlage



Figur 3 Disposition der Versorgungsleitungen



Zusammenstellung der voraussichtlich maximal installierbaren Absorberflächen:

Parkplatz Ost (Feld H)	504 m ²	
Parkplatz Ost (Feld J)	227 m ²	(Baugenossenschaft)
Parkplatz Süd (Feld G)	630 m ²	
Parkplatz West (Feld F, Variante B, 5 Felder)	540 m ²	

Total ohne Feld Baugenossenschaft: ca. 1674 m²

Total mit Feld Baugenossenschaft: ca. 1900 m²

Aus dieser Zusammenstellung ist ersichtlich, dass ohne das Feld J über dem Parkplatz der Baugenossenschaft die erforderliche Gesamtabsoberfläche von 1750 - 1800 m² mit den drei Feldern nicht erreicht werden kann. Sollte dieses Feld nicht verfügbar sein, müsste als Ersatz entweder das Feld E (Fassadenkollektoren) oder das Feld D / Kurzhaus (Dach-Kollektoren) gewählt werden.

Da die Siedlung in einer Grundwasserschutzzone liegt, dürfen keine Wasser – Glykol führenden Leitungen im Erdreich verlegt werden. Kurze Rohrstrecken mit doppelwandiger Rohrführung sind jedoch möglich.

4 Aushubspeicher (siehe Anhang 1, Disposition Aushubspeicher Heumatt)

Speicherkonzept

Die geologischen Verhältnisse lassen im Siedlungsgebiet keinen Bohrlochspeicher zu, weil ab ca. 14m Bohrtiefe gespanntes Grundwasser vorliegt. Der ursprünglich vorgesehene Speicherstandort im Feld westlich des Parkplatzes West musste fallen gelassen werden, da eine Baugenehmigung für einen unterirdischen Speicher hier chancenlos ist. Es verbleibt als einziger Standort der Bereich des Parkplatzes West. Damit wird gleichzeitig aber der Bau eines Beton-Wasserspeichers verunmöglicht, dessen Bauhöhe bei einem Volumen von ca. 5000 m³, das Wiedererrichten des Parkplatzes nicht mehr erlauben würde. Somit verbleiben als mögliche Speicherkonzepte noch der Kies- Wasserspeicher und der Aushubspeicher mit Wiedereinfüllen des Erdreichs. Für letzteren sprechen die Eignung des Aushubmaterials zum Wiedereinfüllen und die eher tieferen Investitionskosten.

Geologische Untersuchungen im Speicherbereich

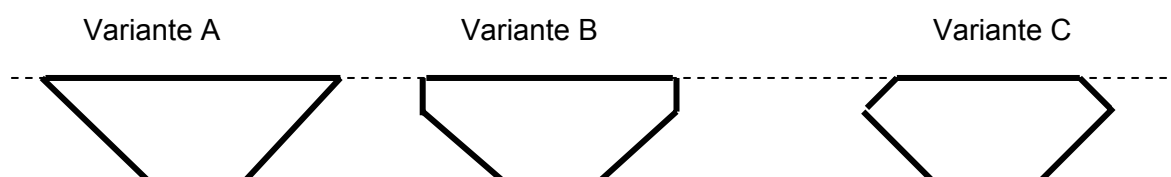
Es wurden 2 Sondierbohrungen im Bereich Parkplatz West und Waldrand durchgeführt. Das geologische Profil befindet sich in Anhang 2. Auf Grund dieser Sondierbohrungen sollte eine Baugrube mit Böschungswinkel von 45 ° möglich sein. Gespanntes Grundwasser liegt unterhalb ca. 14 m vor.

Zudem wurden geothermische Untersuchungen der Bohrproben durch Mitarbeiter der ETH Zürich vorgenommen. Die wichtigsten Ergebnisse für Wassergesättigte Proben sind:

Wärmeleitfähigkeit des Erdreichs	Lambda	1.7-2.4 W/mK	Mittel ca. 2.30 W/mK
Speicherkapazität des Erdreichs	rohxc	2.25 -2.44 MJ/m ³ K	Mittel ca. 2.35 MJ/m ³ K

Speicherform

Untersucht wurden verschiedene Speicherformen. Um Speicherverluste und Kosten der Wärmedämmung zu minimieren, ist eine Form mit möglichst kleinem Verhältnis von Oberfläche zu Volumen anzustreben. Aus diesem Grunde kommt Variante A nicht in Frage.



Laden und Entladen des Speichers:

Der Erdspeicher wird in den Sommermonaten mit Hilfe von Kunststoff- Wärmetauscherrohren von ca. 30 °C auf ca. 70 °C aufgeladen. Im Winter wird mit denselben Wärmetauscherrohren sukzessive die gespeicherte Energie dem Erdreich wieder entzogen und dem Verbraucher zugeführt. Der Speicher besitzt eine thermische und eine hydraulische Abdichtung gegenüber dem umgebenden Erdreich.

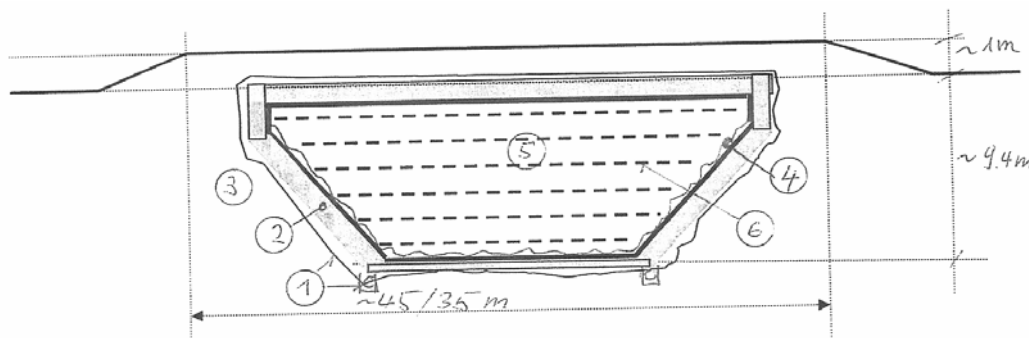
Thermischen Abdichtung (Wärmedämmung) des Erdspeichers:

Sie dient zur Reduktion der Wärmeverluste. Nach dem Aushub des Erdreichs wird der Speicher zunächst auf der Grundfläche und an den Seitenflächen mit einer geeigneten Wärmedämmung versehen. Sie besteht an den Seitenflächen aus rezykliertem Blähglasgranulat (ca. 40 cm). Auf der Speicherunterseite wird eine ca. 15 cm dicke Dämmung aus Foamglasplatten aufgebaut. Nach dem Wiedereinfüllen des Speicheraushubs kann auch die Dämmung an der Speicheroberseite eingebracht werden (ca. 50 cm Schaumglasschotter).

Schematischer Aufbau des Aushubspeichers, vgl. Figur 4

- 1 Drainagevlies mit Sickerleitungen und Sickerschächten
- 2 Wärmedämmung
- 3 hydraulische Abdichtung aus Kunststoff mit Diffusionssperre
- 4 Schutzvlies
- 5 Wasser gesättigtes Erdreich
- 6 Wärmetauscherrohre in 10 bis 12 Ebenen verlegt

Figur 4 Schematischer Aufbau des Aushubspeichers



Hydraulische Abdichtung des Erdspeichers

Sie wird vor dem Wiedereinfüllen des Erdreichs auf die thermische Abdichtung aufgebracht und besteht aus einer einlagigen, temperaturbeständigen und diffusionsdichten Kunststoff-Folie. Diese Abdichtung stellt sicher, dass allfälliges Grundwasser nicht in den Speicher eindringen kann und umgekehrt das Erdreich nach dem Wiedereinfüllen wassergesättigt bleibt. Zudem muss sichergestellt werden, dass keine nennenswerte Wasserdampfdiffusion vom Speicher an die Umgebung stattfindet. Die Kunststoffolie ist nach dem Verschweissen auf Dichtigkeit zu prüfen.

Speicheraufbau, Berohrung, Wärmeübertragung

Nach dem Einbringen der Wärmedämmung und der hydraulischen Abdichtung mit Schutzvlies auf dem Speicherboden und den 45 ° geneigten Seitenflächen wird lagenweise das ausgehobene Erdreich in Schichten von 70 bis 90 cm wieder eingefüllt. Jede Erdschicht wird mit einem geeignetem Gerät verdichtet. Dann werden die ca. 160 m langen Wärmetauscher-Rohre mit Hilfe geeigneter Fixiereinrichtungen verlegt. Anschliessend wird eine Schicht mit feinkörnigem (sandigem) Material über die Rohre gegeben, bevor wieder eine erneute Schicht Aushub eingebracht werden kann. Details zur Berohrung und zur Anordnung des kalten und warmen Sammlers sind aus Anhang 2 ersichtlich.

Die beiden Sammlerrohre werden in begehbaren Schächten angordnet.

Als Werkstoff für die Wärmetauscherrohre ist vernetztes Polyethylen PEX vorgesehen. Dieses Material kann zwar nicht verschweisst werden, was aber beim Verlegen von Sammler zu Sammler in einer Ebene nicht erforderlich ist. Dafür können die Rohre mit einer Sauerstoff – Diffusionssperre bestellt werden, was einen Betrieb ohne Sauerstoffeintrag im Pufferspeicher – Erdspeicher- Kreislauf ermöglicht.

Als Rohrdimensionen kommen in Frage $D \times s$: 20 x 1.8 mm allenfalls 25 x 2.3 mm.

Nach jedem Einbringen einer neuen Erdschicht von 70 bis 90 cm in den Speicher werden die soeben überdeckten Wärmetauscher – Rohrstränge einer Druckprobe unterworfen bevor sie an die Sammler angeschlossen werden.

Die geeignetste Form der Wasseranreicherung des Aushubmaterials muss vor Ort getestet werden.

Parkplatz über dem Aushubspeicher

Ein Teil der Fläche über dem Speicher soll als Parkplatz wieder genutzt werden können. In diesen Bereichen wird über die Dämmschicht aus Blähglasgranulat ein Kieskoffer und eine geeignete Belagsschicht eingebaut.

5 Neue Wärmezentrale mit Pufferspeicher (vgl. Figur 5)

Die neue, zusätzlich erforderliche Wärmezentrale und der Pufferspeicher werden auf der Nordseite des Kurzhauses angeordnet, vgl. Figur 2. Damit ergeben sich insgesamt die kürzesten Verbindungsleitungen zu den Verbrauchern und zu den Solarfeldern sowie zur bestehenden Wärmezentrale und zum Fernwärmeanschluss. Die Rohrleitung zwischen Pufferspeicher und Erdspeicher können im selben Graben zusammen mit den Verbraucherleitungen zum Langhaus und den Verbindungsleitungen zum Solarfeld Parkplatz West verlegt werden.

Der als Schichtspeicher ausgelegte Pufferspeicher ist mit 3.4m Durchmesser gerade noch transportierbar. Er weist im isolierten Zustand einen Durchmesser von 3.8m auf. Seine Höhe beträgt ca. 18m auf und erreicht damit die Höhe des Wohnblocks.

Eine temperaturkonforme Einschichtung mittels Schichtlanzen resp. ähnlichen Einrichtungen ist für folgende Rückläufe vorgesehen:

- RL Solarkreis
- RL Erdspeicherbeladung
- RL Heizkreis
- RL WW Zirkulation

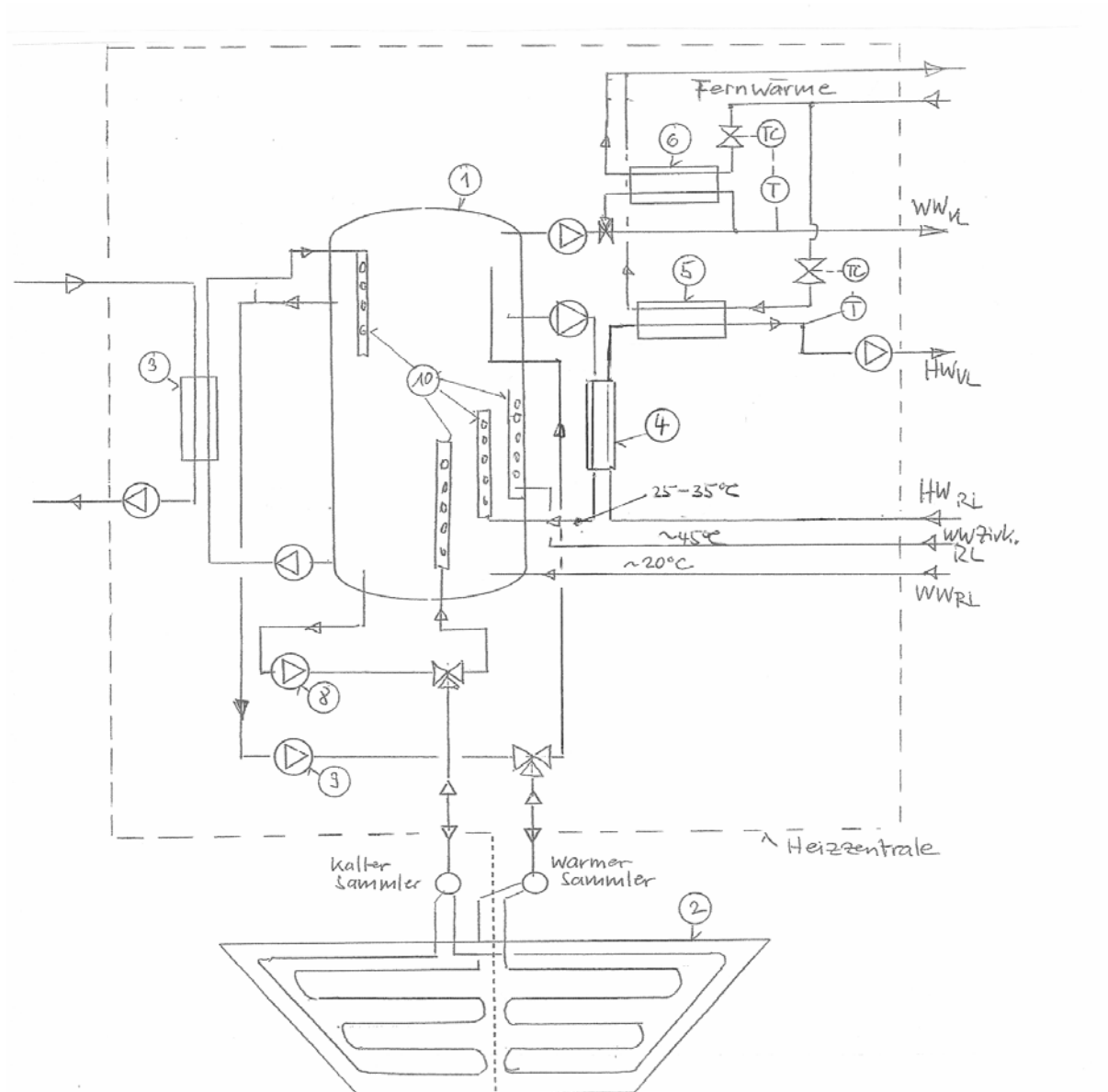
In der neuen Wärmezentrale sind neben den in Figur 3 dargestellten Komponenten (Pumpen, Wärmetauschern, Armaturen) auch noch die erforderlichen Expansionsgefässe für den Solarkreis und den Pufferspeicher-/Erdspeicherkreis sowie die Warte mit Steuerung und Regelung für die neue Solaranlage unterzubringen.

6 Verbraucherkreise, vgl. auch Figur 6

6.1 Warmwasserbereitstellung und Verteilung

Er weist Unterstationen für alle 3 Wohnblöcke auf. Diese Unterstationen werden über ein Zweileitersystem im 24 h Betrieb geladen, was Rücklauftemperaturen von ca. 20 °C ermöglicht. Durch eine spezielle Schaltung (Vorschlag Steinbeis TZ) wird die Warmwasserzirkulation in den Wohnblöcken sichergestellt. Der Rücklauf dieses Zirkulations-Stranges wird direkt in den Pufferspeicher auf einem geeigneten Niveau eingespeist. Die Warmwassertemperatur Austritt Unterstation zu den Wohnungen soll 55 °C betragen. Annahme für den spezifischen Energieverbrauch: 80 MJ/m² a.

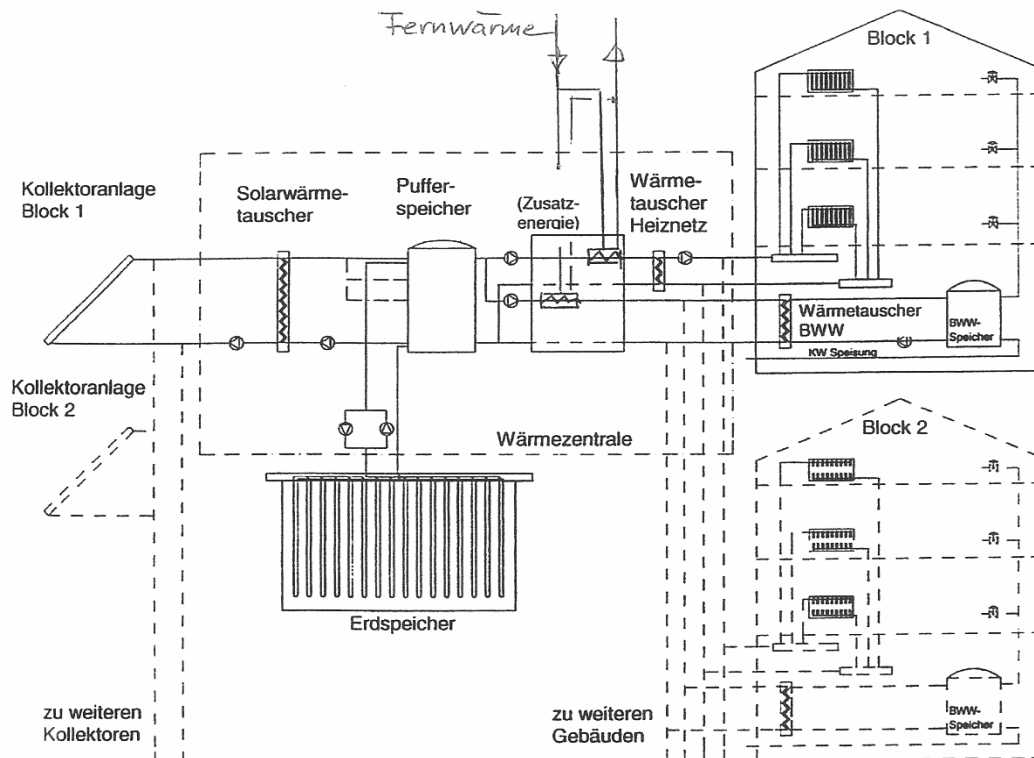
Figur 5 Wärmeezentrale mit Pufferspeicher



Legende:

- | | | | |
|---|------------------|---|-----------------------------|
| 1 | Pufferspeicher | 6 | WT Zusatzwärme für WW |
| 2 | Aushubspeicher | 7 | Entladepumpe Aushubspeicher |
| 3 | WT Solarkreis | 8 | Ladepumpe Aushubspeicher |
| 4 | WT Heizkreis | 9 | Schichtlanzen |
| 5 | WT Zusatzheizung | | |

Figur 6 Hauptmerkmale des gewählten Anlagekonzeptes
(ohne Rücklauf der WW- Zirkulationsleitung)



6.2 Heizungskreislauf

Er ist als separates Zweileitersystem geplant, damit er unabhängig vom Warmwasser-Kreis mit gleitender Temperatur gefahren werden kann (Der Sollwert für die Vorlauf-Temperatur wird von der Außentemperatur vorgegeben). Vorhandene Beimisch-Unterstationen, welche im heutigen Betrieb zu hohen Rücklauftemperaturen führen, sollen entfernt werden. Aus denselben Gründen ist die Wärmeversorgung der Wasch- / Trockenräume zu modifizieren, sodass im Sommerbetrieb keine unnötigen Zirkulations-Verluste mehr auftreten können. Die Wärmedämmung der Vorlaufleitungen bis und mit Unterstationen sowie der Armaturen ist auf den heute üblichen Standard zu bringen.

Die einzelnen Wohneinheiten wurden bezüglich ihres Wärmebedarfs, bezüglich ihrer Wärmeabgabesysteme und der Leitungsverluste zu den Wohnungen untersucht. Kleinere Anpassungen besonders im Hochhaus und im Langhaus sind erforderlich um sicher zustellen, dass in allen Wohneinheiten die geforderte Raumtemperatur gleichmäßig mit der vorgesehenen Vorlauftemperatur erreicht werden kann. Die Auslegung der Wärme-Versorgung wurde für die übliche Raumtemperatur von 20 °C bei -8 °C Außentemperatur gemacht. Eine höhere Raumtemperatur könnte jederzeit gefahren, würde jedoch den solaren Deckungsgrad der Anlage entsprechend mindern.

Angestrebt werden folgende Vor- und Rücklauftemperaturen in den Wohnungen / Radiatoren nach Sanierung der Gebäudehülle:

	Auslegung TA = -8°C	Heizperiodenmittel TA = +4°C
Vorlauftemperatur	50 °C	43 °C
Rücklauftemperatur	35 °C	30 °C

Die für die Auslegung der Solaranlage zu Grunde gelegten monatlichen Verbrauchszahlen für Heizwärme und Warmwasser sind aus Anhang 4 ersichtlich.

7 Simulationsergebnisse

Details der Simulationsergebnisse von Dr. D. Pahud sind im Anhang 5 zusammengestellt. Hier sind auch alle Eingabedaten ersichtlich.

Die Optimierung wurde unter Annahme folgender Einheitskosten (exkl. Planung und MWSt.) vorgenommen:

Kollektorfelder inkl. Unterkonstruktion	CHFr. /m2 Absorberfläche	610.-
Pufferspeicher	CHFr. /m3	710.-
Aushubspeicher inkl. Parkplatz	CHFr. /m3 (112.5 Fr./m3 und 2.1Fr/m)	120.-

Variiert wurden:

- Kollektorfläche (Absorberfläche)	1'600 – 1'700 – 1'800	m2
- Pufferspeicher	60 – 80 – 100 – 120	Liter /m2 Absorberfl.
- Aushubspeicher	4 - 5 – 6	m3/m2 Absorberfl.
- Wärmetauscherrohrlänge	12 – 16 – 20	m/m2 Absorberfl.

Wegen der vergleichsweise hohen Erdspeicherkosten liegt das Optimum bezüglich Investitionskosten bei einer entsprechend tiefen spezifischen Speichergrosse von ca. 4 m3/m2. Das Optimum für den Pufferspeicher liegt bei ca. 100 m3 /m2 Absorberfläche, bei der Wärmetauscherlänge um 100 m /m2 Absorberfläche.

Damit ergeben sich in Abhängigkeit der Absorberfläche folgende solare Deckungsraten mit den Kenndaten des Cobra Absorbers von SOLTOP:

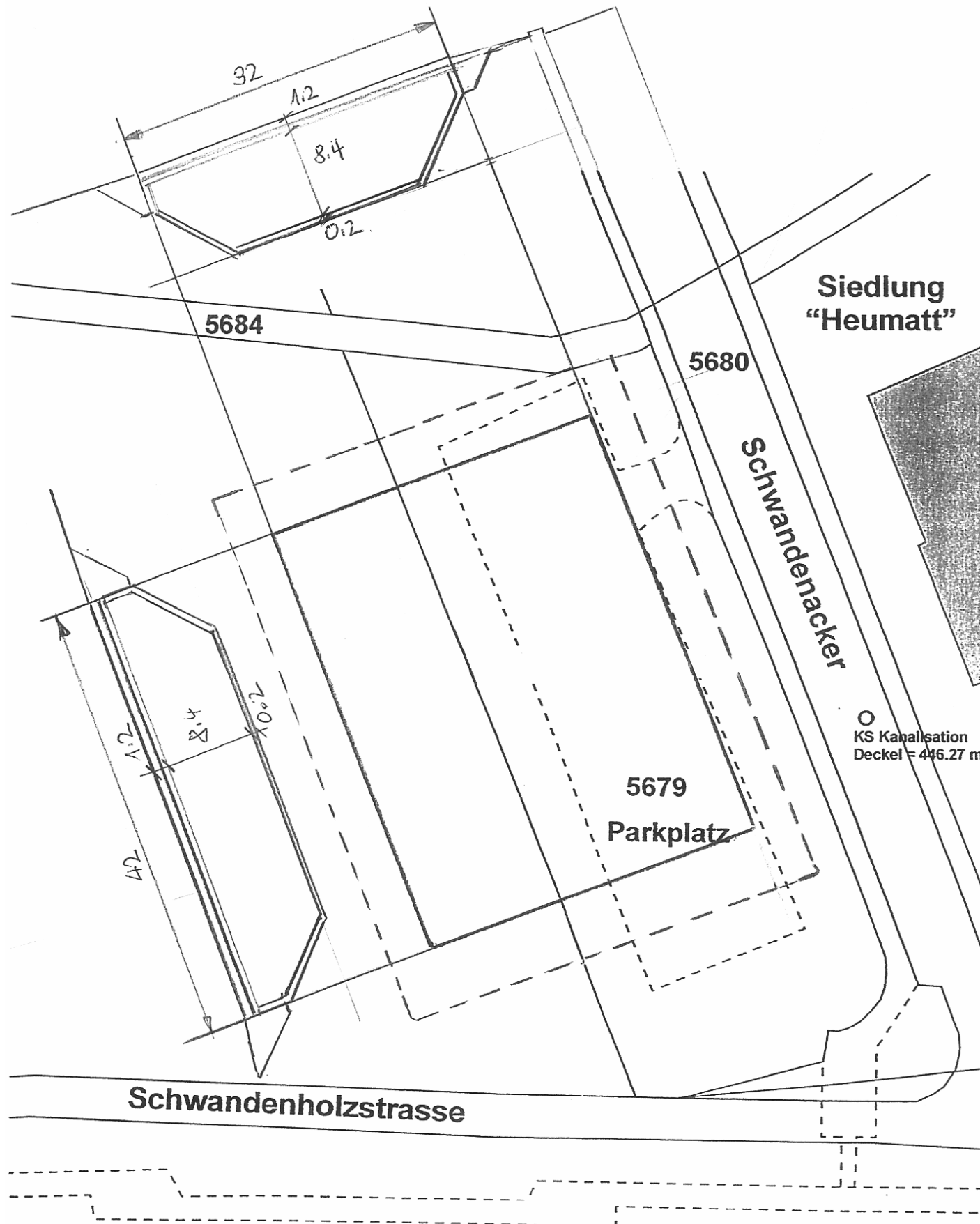
Absorberfläche	Erdspeichervolumen	Pufferspeichervolumen	solare Deckungsrate
1'600 m2	6'400 m3	160 m3	ca. 45 %
1'700 m2	6'800 m3	170 m3	ca. 46.9 %
1'800 m2	7200 m3	180 m3	ca. 48.2 %

Fazit:

1 **Zum Erreichen einer Deckungsrate von 47 % sind mindestens 1700 (1750) m2 Absorberfläche erforderlich.** Mit dem Klammerwert ist zu rechnen bei Kollektoren mit entsprechend tieferem Wirkungsgrad.

2 Es muss versucht werden, die Kosten des Aushubspeichers weiter zu minimieren (Ein gewisses Potenzial bietet möglicherweise die Wärmedämmung). Das spezifische Speichervolumen von 4m3/m2 Absorberfläche führt zu vergleichsweise hohen Erdspeicher-Temperaturen am Ende der Ladeperiode (ca. 75 °C), was wiederum den Wirkungsgrad der Kollektoren verschlechtert.

Anhang 1 Disposition des Aushubspeichers Heumatt
(8500 m³ Speichervolumen)
Situation 1:500



Anhang 2 Geologisches Profil der Sondierbohrung Nr. 2

Siehe Dossier Gysi Leoni Mader

Anhang 3 Vorschlag für die Berohrung des Aushubspeichers

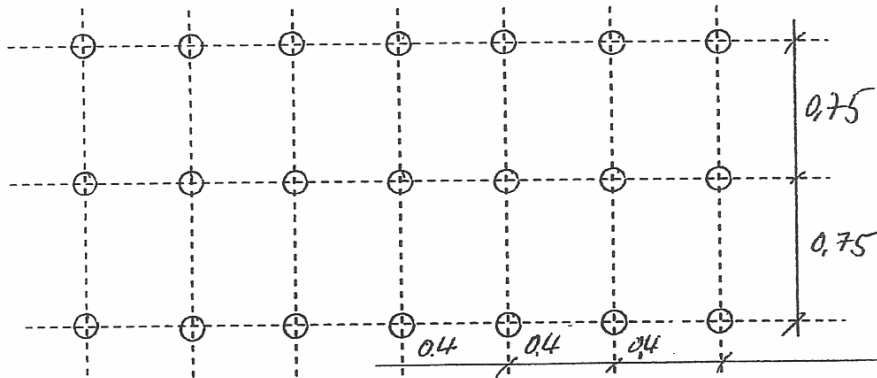
Vorschlag für die Wärmetauscher - Berohrung

Ideal wäre eine gleichmässige Teilung der Rohre, d. h. eine quadratische Verlegung mit einer Teilung von 40 bis 70 cm.

Da aber aus Kostengründen die Höhenteilung möglichst gross gewählt werden sollte, werden folgende Teilungen angestrebt::

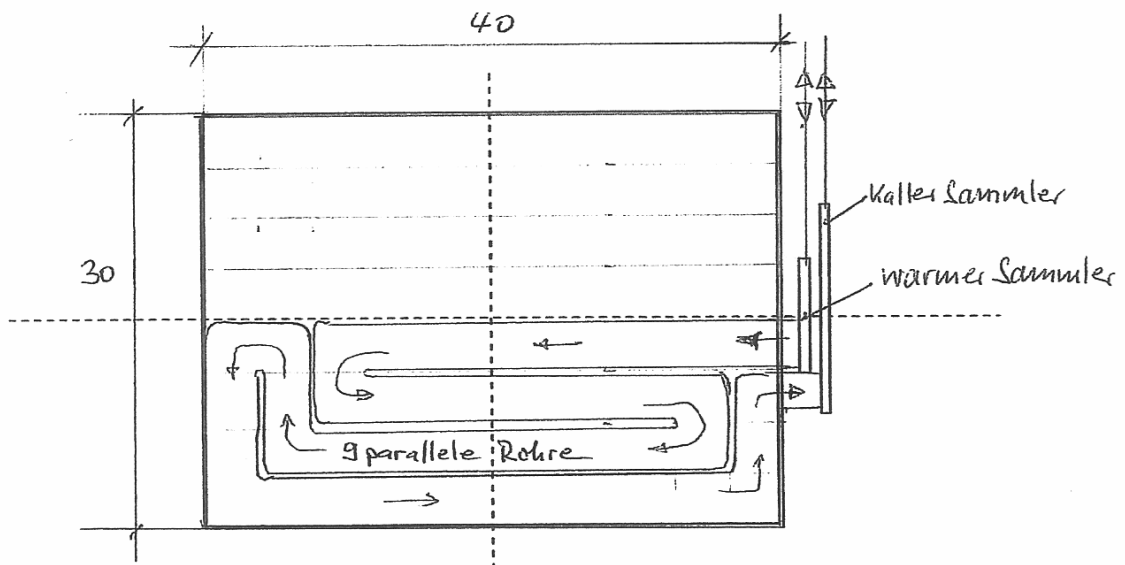
Querteilung innerhalb der WT - Ebene:	30 bis 40 cm
Höhenteilung zwischen den WT - Ebenen:	70 bis 90 cm

Anordnung mit Querteilung 40 cm, Höhenteilung 75cm:



Diese Teilung ergibt pro lfm Rohr ein Speichervolumen von $0.4 \times 0.75 \times 1 = 0.3 \text{ m}^3$.
 Ein Erdspeicher von 8000 m³ benötigt damit eine gesamte Rohrlänge von ca. 26'700 m.
 Aus Druckverlustgründen werden die einzelnen WT - Rohre (mit Da x S = 20 x 1.6mm) maximal 180 m gewählt.

Für die oberste Ebene des Speichers Typ B mit den Abmessungen 30 x 40m ergäbe eine Querteilung von 40 cm 75 Rohre über die Speicherbreite. Da die Rohrzahl möglichst ein Vielfaches von 4 gewählt werden sollte, werden z. B. 72 Rohre über die Speicherbreite gewählt. Dies ergibt eine Teilung von 41.7 cm. Die gesamte Rohrlänge beträgt damit in dieser Ebene 72 Rohre à 40 m Länge = 2'880 m. Bei einer Rohrlänge von 160 m ergeben sich damit 18 parallele Rohrstränge. Diese werden je Seite in Gruppen à 9 Rohre verlegt:



Anhang 4 Basisdaten für die Wärmeversorgung der Wohnsiedlung Heumatt nach Sanierung der Gebäudehülle

Anhang 4	Basisdaten für die Wärmeversorgung der Wohnsiedlung Heumatt nach Sanierung der Gebäudehülle													
	Monat	Hochhaus 6457 m2 EBF				Langhaus 4396 m2 EBF				Kurzhaus 3382 m2 EBF				Total
QH MJ/m2a		QWW MJ/m2a	QW MJ/m2a	Qwtot MJ/a	QH MJ/m2a	QWW MJ/m2a	QW MJ/m2a	Qwtot MJ/a	QH MJ/m2a	QWW MJ/m2a	QW MJ/m2a	Qwtot MJ/a	Qwtot GJ/a	
	Januar	33.2	6.667	39.867	257421	37.8	6.667	44.467	195477	38.9	6.667	45.567	154108	607
	Februar	24.1	6.667	30.767	198663	28.5	6.667	35.167	154594	29.3	6.667	35.967	121640	475
	März	19.1	6.667	25.767	166378	23.6	6.667	30.267	133054	24.3	6.667	30.967	104730	404
	April	6.4	6.667	13.067	84374	9.9	6.667	16.567	72829	10.3	6.667	16.967	57382	215
	Mai	0.6	6.667	7.267	46923	1.9	6.667	8.567	37661	2	6.667	8.667	29312	114
	Juni	0	6.667	6.667	43049	0	6.667	6.667	29308	0	6.667	6.667	22548	95
	Juli	0	6.667	6.667	43049	0	6.667	6.667	29308	0	6.667	6.667	22548	95
	August	0	6.667	6.667	43049	0	6.667	6.667	29308	0	6.667	6.667	22548	95
	September	0	6.667	6.667	43049	0.4	6.667	7.067	31067	0.4	6.667	7.067	23901	98
	Oktober	6.8	6.667	13.467	86956	10.5	6.667	17.167	75466	10.8	6.667	17.467	59073	221
	November	20.6	6.667	27.267	176063	24.5	6.667	31.167	137010	25.2	6.667	31.867	107774	421
	Dezember	33.2	6.667	39.867	257421	37.7	6.667	44.367	195037	38.8	6.667	45.467	153769	606
	Jahr	144	80.004	224.004	1446394	174.8	80.004	254.804	1120118	180	80.004	260.004	879334	3446

Die Wärmeverbrauchsdaten beziehen sich für die Heizwärme ab Unterverteilung in den Blöcken für das Warmwasser ab Unterstation in den Blöcken

Nicht eingerechnet in obigen Zahlen sind die Leitungsverluste vom Pufferspeicher zu den Verteilungen.

Anhang 5 Simulationsergebnisse von Dr. D. Pahud / SUPSI

(vgl. separater Bericht)

Altes Titelblatt

WOHNSIEDLUNG HEUMATT
ZÜRICH-SEEBACH

**Pilotprojekt: Solaranlage mit
Saisonspeicher**

Studienauftrag im Einladungsverfahren Programm	März 2003
--	-----------

Zusammenstellung Abschnitt
C. Programm Solaranlage

*Das Einsetzen der Bilder hat Probleme ergeben, die Qualität ist ungenügend. Auf CAD VectorWork Architektur D12-9.35 gezeichnet.
Was für „Vorlagen“ benötigt das AHB?*

Liegenschaftsverwaltung der Stadt Zürich
Amt für Hochbauten der Stadt Zürich

In Zusammenarbeit mit
Bundesamt für Energiewirtschaft BFE
Zürcher Hochschule Winterthur ZHW

C. Programm Solaranlage Allgemeines

Die Siedlung wird einer konventionellen wärmetechnischen Sanierung unterzogen, die sich von aussen mit einer Veränderung der Gebäudehülle abzeichnet. Als Folge dieser Sanierung erfährt der Energieverbrauch für Wärmezwecke in etwa eine Halbierung. Es ist nun zusätzlich beabsichtigt, durch die geplante Solaranlage mit Saisonspeicher von diesem Energie-Restverbrauch etwa 50 % mit Sonnenenergie zu decken.

1. Kollektoranlage

Die Deckung des genannten Energiebedarfs mit Solarwärme erfordert eine grossflächige Solaranlage. Diese Kollektoren sind das wichtigste sichtbare Element des neuen Energieversorgungssystems.

Flächen der Kollektoren:

Die Simulationsberechnungen haben eine notwendige Kollektorenfläche von gut 1700 m² ergeben. Dabei handelt es sich um die aktive, absorbierende Fläche. Die Bruttofläche der Kollektoren beträgt etwa 1900 m².

Position der Kollektoren:

Im Übersichtsplan ist der gesamte Bereich ersichtlich, in dem Kollektoren platziert werden können. Dabei stechen insbesondere drei günstige Platzierungen hervor: der Bereich des westlichen Parkplatzes, der südliche Parkplatz und ausserdem der südöstliche Parkplatz (möglicherweise unter Einbezug des angrenzenden Parkplatzes der Nachbarsiedlung). An allen drei genannten Standorten müssten die Kollektoren auf einer abgehobenen Konstruktion montiert werden, sodass die Parkplätze wieder genutzt werden können und mit der Abdeckung einen Mehrwert aufweisen.

Zusätzliche Kollektor- Platzierungen an der Südfassade der Wohnblöcke oder auf deren Dach stehen im Moment nicht zur Diskussion.

Kollektorplatzierungen an andern Stellen sind grundsätzlich möglich. Selbstverständlich ist eine gute Besonnung Voraussetzung.

Kollektortypen:

Im entsprechenden Abschnitt des Anlagen-Pflichtenheftes sind die möglichen Kollektoreigenschaften und bestimmte Randbedingungen dargestellt. Es handelt sich entweder um grossformatige, flach aufgeständerte Typen oder kleinformatige aufgeständerte Typen. In beiden Fällen handelt es sich um Flachkollektoren mit einer selektive beschichteten Einfachglas-Abdeckung.

Unterkonstruktion der Kollektoren:

Die Unterkonstruktion kann beliebig gestaltet werden. Wegen der diversen Beanspruchung dieser Konstruktionen ist eine entsprechende Beurteilung der Statik vorzunehmen.

Anforderungen an die Kollektoren und deren Montage :

- Einstell- und Wartungsmöglichkeiten an den Kollektoren sollen langfristig einfach und ohne aufwändige Hilfsmittel möglich sein. Der Austausch einzelner Kollektoren muss möglich sein.
 - Spielende Kinder sollen dauerhaft am Beklettern der Anlagen gehindert werden.
 - Die Beschädigungsmöglichkeit für die Kollektorflächen (Steinwurf z.B.) soll minimiert werden.
 - Der Wasserabfluss über Parkfeldern und Personendurchgängen soll kontrolliert , z.B. über Rinnen, gewährleistet sein.
 - Auch bei Frost (50 Jahres-Ereignis) dürfen keine Schäden entstehen.
 - Auch bei hoher Windgeschwindigkeit dürfen sich an den Anlagen keine Teile lösen und möglicherweise Passanten verletzen.
 - Heisse Teile bei Kollektoren, Leitungen und Armaturen müssen dem Zugriff nicht autorisierter Personen entzogen sein.
 - Die Anlagen sollen Hagelschlag widerstehen.
 - Es sind nur typengeprüfte Kollektoren einzusetzen (Prüfzeugnis ist beizubringen).
 - Sämtliche Verbindungsleitungen bei den Kollektoren sind mit geeigneten Dämmungen zu versehen (PIR Schalen mit Kunststoffummantelung, allenfalls örtlich mit zusätzlichem Schutz). Die Verbindungsleitungen sind soweit wie möglich unter den Kollektoren und nicht im Erdreich zu führen, da die Erdverlegung wegen des Glykolträgermediums eine Spezialbewilligung erfordert .
- Spezifische Anforderungen an die Verluste der Leitungen und an den Trägermediums- Durchfluss, bezogen auf die Kollektorfläche :

Tabelle der Kollektortypen:

Typen	Flachkollektor grossformatig aufgeständert	Flachkollektor kleinformatig aufgeständert	Flachkollektor Fassadeneinbau (optional)
Skizze			
Aussenmasse pro Kollektor	B: xx m H: xx m	B: xx m H: xx m	B: xx m H: xx m
Nutzfläche pro Kollektor	xx m ²	xx m ²	xx m ²
Neigung ab Horizont	25 bis 35 °	25 bis 35 °	90 °
Ausrichtung ab Süd	xx °	xx °	xx °
Betriebstemperatur	Glykol	Glykol	Glykol
Wärmeträger			
Absorbtionsgrad	> 72 %	> 72 %	> 72 %
Verglasung	Einfachglas selektiv beschichtet	Einfachglas selektiv beschichtet	Einfachglas selektiv beschichtet
Wärmeverlust	max 3.2 W/m ² K	max 3.2 W/m ² K	max 3.2 W/m ² K
Wärmedämmung seit-	xx cm / xx cm	xx cm / xx cm	xx cm / xx cm

lich/hinten			
-------------	--	--	--

Absprache notwendig für den gleichen Kollektorbescrieb wie im Bericht von Daniel Gilgen; unter Umständen fällt die vierte Kolonne weg.

2. Pufferspeicher / Zentrale

Die Bewirtschaftung der gesamten Anlage erfolgt über den Pufferspeicher und die damit verbundenen hydraulischen Komponenten. Dieser Speicher ist das zweite wesentliche sichtbare Element des Systems.

Die Erwärmung des Warmwassers und des Heizungswasser erfolgt grundsätzlich zuerst durch den Pufferspeicher. Bei fehlender Leistung erfolgt eine Nachwärmung mittels Fernwärme, die in der bestehenden Zentrale eingespeist wird.



Pufferspeiche Durchmesser inkl. Isolation 4.20 m

Aus der Skizze ist ersichtlich, dass der Pufferspeicher und die Zentrale am Nordende des Kurzhauses, in unmittelbarer Nähe der bestehenden Heizzentrale platziert sind.

Das grosse Gewicht des Speichers erfordert entsprechende Fundationen.

Das notwendige Speichervolumen wird in einem Standard-Stahlspeicher bereitgestellt. Der Durchmesser beträgt, eingeschlossen eine umlaufende Wärmedämmung

von 20 cm Dämmstärke (Lambda des Dämm-Materials 0,04 W/mK), etwa 4 Meter. Die Speicherhöhe entspricht in etwa der Gebäudehöhe. Die Aussenoberfläche des Speichers besteht aus Aluminiumblech-Elementen mit örtlichen aussenliegenden Zu-/Abfluss-Leitungen. Die Speicheroberfläche steht für eine farbliche Gestaltung zur Verfügung.

Die Lage des grossvolumigen Erdspeichers ist in der Situation ersichtlich, also teilweise unter dem nach der Bauphase wieder neu erstellten Parkplatz, teilweise unter der Waldrand-Freihaltezone.

Die Oberfläche des Terrains wird geringfügig verändert gegenüber der heutigen Lage (maximale Veränderungen von 1 - 2 m, tendenziell Erhöhungen).

Aus dem Speicheraushub sind ca. 2000 bis 2500 m³ Überschuss-Erdmaterial verfügbar, das vorzugsweise zu Terrainanpassungen im eigentlichen Speicherbereich oder auch an anderer Stelle eingesetzt werden kann, um Abtransportkosten zu ersparen.

Einer optimalen Gestaltung des Parkplatzes (über dem Speicher und unter der Tragkonstruktion für die Kollektoren) ist besonderes Augenmerk zu schenken. Im Bereich des Erdspeichers sind Abstützungen mit grossen Punktlasten eher problematisch.

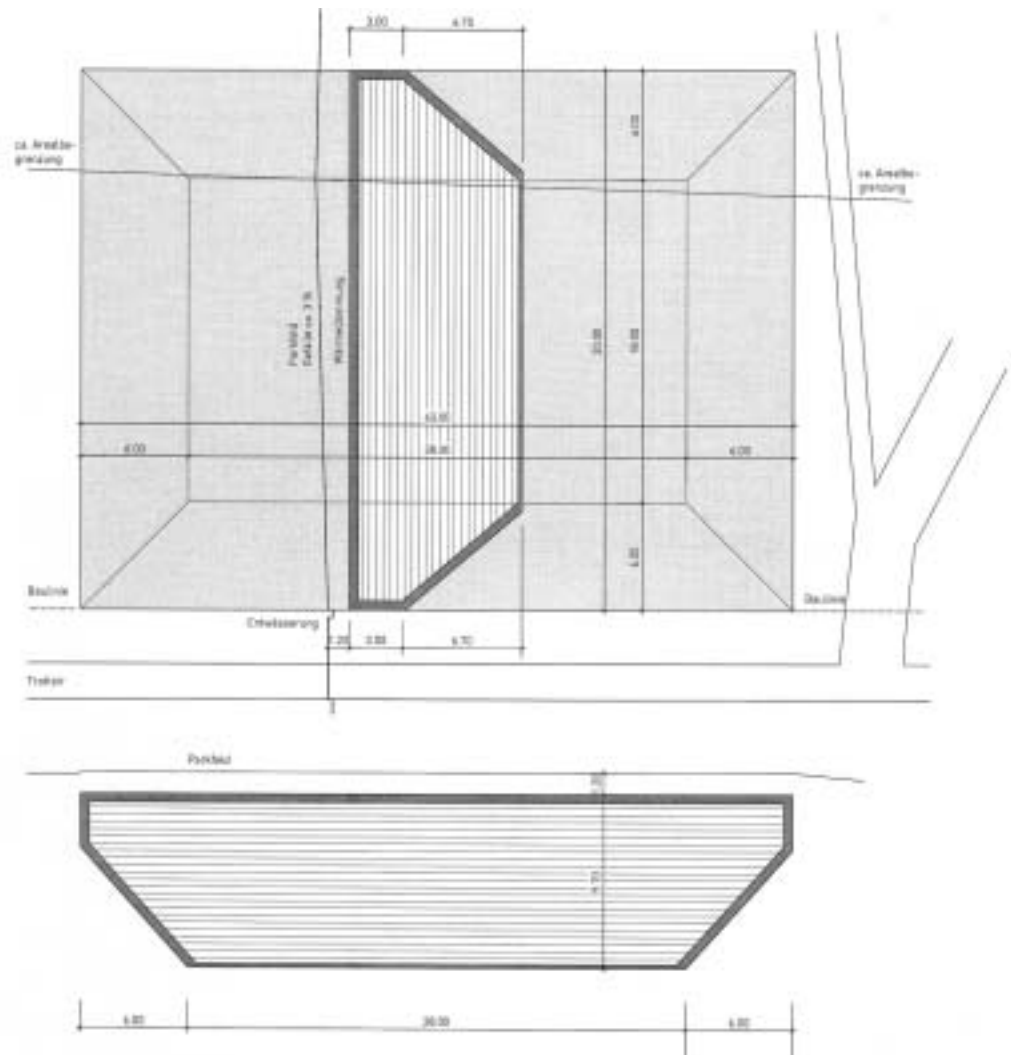


Bild muss noch angepasst werden, eventuell aufgrund der neuen Vermessung.

Ihr Deckblatt

Stammdaten

Projektbezeichnung:	WS Heumatt – Teil A "Erdspeicher"
Projektart:	Neubau
Bauwerksart:	Mehrfamilienhäuser
Funktionale Einheit:	Wohnungen. 140 (in Stück)
Schweizerischer Baupreisindex:	Zürich, 00.2003, 100.0%
Bauherrschaft:	Amt für Hochbauten der Stadt Zürich 8021 Zürich
Planung:	Zürcher Hochschule Winterthur 8401 Winterthur
Anlagekosten:	1'273'323
Bauwerkskosten:	115'154
Kurzinfo:	Erdspeicher 6800 m3, inkl. Verbindungsleitungen zum Pufferspeicher Systemgrenze : Plattentauscher–Stutzen neue Heizzentrale

WS Heumatt – Teil A "Erdspeicher"

Grundmengen		Menge MEH	Anlage	Bauwerk
GSF	Grundstücksfläche.	m2		
GGF	Gebäudegrundfläche.	m2		
GF	Geschossfläche.	m2		
NGF	Nettogeschossfläche.	m2		
KF	Konstruktionsfläche.	m2		
HNF	Hauptnutzfläche.	m2		
NNF	Nebennutzfläche.	m2		
VEF	Verkehrsfläche.	m2		
EBF	Beheizte Fläche	m2		
BOT	Bodenplattenfläche	m2		
AWF	Aussenwandfläche	m2		
DAF	Dachfläche	m2		
DWF	Aussenwand- und Dachfläche.	m2		
AGF	Aussen-Geschossfläche.	m2		
GV	Gebäudevolumen SIA 416	m3		
RI	Rauminhalt SIA 116	m3		
BUF	Bearbeitete Umgebungsfläche.	m2		
Wohnungen.		140 St	9'095	823
Makroelemente		Menge MEH	Kennwert	Betrag
MA	Rohbau Gebäude bis OK	m2		111'800
	Bodenplatte			
MB	Aussenwände	m2		
MC	Dächer	m2		
MD	Uebriger Rohbau	m2		3'354
ME	Haustechnik	m2		
MF	Ausbau	m2		
				115'154
Elementgruppen		Menge MEH	Kennwert	Betrag
A	Grundstück	m2		
B	Bauvorbereitung	m2		40'552
C	Allgemeines zu Rohbau Gebäude	m2		3'354
D	Rohbau Gebäude bis	m2		111'800
	Oberkante Bodenplatte			
E	Rohbau Gebäude oberhalb	m2		
	Bodenplatte			
I	Installationen und	m2		
	Transportanlagen			
M	Ausbau Gebäude	m2		
P	Bauliche Betriebseinrichtungen	m2		
Q	Betriebsausrüstung	m2		
R	Ausstattung	m2		
T	Umgebung	m2		920'100
V	Baunebenkosten	1'075'806 %		
W	Honorare	1'075'806 %	10	107'581
X	Uebergangskonten und	1'183'386 %		
	Unvorhergesehenes			
Z	Mehrwertsteuer MWSt	1'183'386 %	8	89'937
				1'273'323

Elemente

A	Grundstück	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
A0	Erwerb und Nebenkosten		m2				
A1	Ver- und Entsorgung des Grundstück		m				
A2	Erschliessung des Grundstück durch Verkehrsanlagen		m2				
A3	Finanzierung vor Baubeginn		%				
A4	Betriebsaufwand und –ertrag		gl				
A5	Bestandesaufnahmen		m2				
	Grundstück		m2				
B	Bauvorbereitung	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
B0	Gemeinsame Baustelleneinrichtungen	1'065'154	%	1	10'652		
B1	Rodungen, Abbrüche und Demontagen		gl		29'900		
B2	Definitive Anpassungen bestehender Bauwerke		gl				
B3	Definitive Anpassungen bei Umgebung und Erschliessung		gl				
B4	Provisorische Bauwerke		gl				
B5	Provisorische Anpassungen bestehender Bauwerke		gl				
B6	Provisorische Anpassungen bei Umgebung und Erschliessung		gl				
B7	Provisorische Massnahmen Baugrube		gl				
B8	Spezialfundationen und spezielle Bauvorbereitungen		gl				
	Bauvorbereitung		m2		40'552		
C	Allgemeines zu Rohbau Gebäude	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
C0	Allgemeine Baustelleneinrichtungen	111'800	%	3	3'354		
C1	Fassadengerüste		m2				
C2	Uebrige Gerüste		m2				
	Allgemeines zu Rohbau Gebäu...		m2		3'354		
D	Rohbau Gebäude bis Oberkante Bodenplatte	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
D0	Baugrubenaushub	12'000	m3	9	103'200		
D1	Hinterfüllungen		m3				
D2	Fundamente und Bodenplatten		m2				
D3	Kanalisationen im Gebäude	120	m	72	8'600		
	Rohbau Gebäude bis Oberkant...		m2		111'800		

WS Heumatt – Teil A "Erdspeicher"

E	Rohbau Gebäude oberhalb Bodenplatte	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
E0	Decken, Treppen und Balkone		m2				
E1	Dächer		m2				
E2	Stützen		m				
E3	Aussenwände zu Untergeschossen		m2				
E4	Aussenwände zu Erd- und Obergeschossen		m2				
E5	Fenster, Aussentüren und -tore		m2				
E6	Innenwände (Rohbau)		m2				
E7	Ergänzende Leistungen		%				
	Rohbau Gebäude oberhalb Bod...		m2				
I	Installationen und Transportanlagen	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
I0	Starkstromanlagen		m2				
I1	Telekommunikations- und Sicherheitsanlagen		m2				
I2	Heizungsanlagen		m2				
I3	Luft- und Kältetechnische Anlagen		m3				
I4	Wasser- und Abwasseranlagen		St				
I5	Spezielle Anlagen		gl				
I6	Transportanlagen		St				
I7	Gebäudeautomation		m2				
I8	Gasanlagen		m2				
	Installationen und Transpor...		m2				
M	Ausbau Gebäude	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
M0	Allgemeine Ausbaurbeiten Gebäude		%				
M1	Trennwände und Innentüren		m2				
M2	Schutzelemente		gl				
M3	Bodenbeläge		m2				
M4	Wandbekleidungen		m2				
M5	Deckenbekleidungen		m2				
M6	Einbauten und Grünanlagen (Gebäude)		gl				
M7	Klein- und Haushaltsküchen		St				
M8	Ergänzende Leistungen		%				
	Ausbau Gebäude		m2				
P	Bauliche Betriebseinrichtungen	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
P0	Allgemeine Baustelleneinrichtungen		%				
P1	Starkstromanlagen		gl				
P2	Telekommunikations- und Sicherheitsanlagen		gl				
P3	Heizungsanlagen		m2				
P4	Lufttechnische Anlagen		m3				
P5	Wasser- und Abwasseranlagen		gl				
P6	Spezielle Anlagen		gl				
P7	Transportanlagen		St				

WS Heumatt – Teil A "Erdspeicher"

P8	Ergänzende Leistungen		%				
	Bauliche Betriebseinrichtun...		m2				
Q	Betriebsausrüstung	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
Q0	Apparate		gl				
Q1	Feste Ausrüstung		gl				
Q2	Produktionsanlagen		gl				
Q3	Spezielle Inbetriebsetzung		gl				
Q4	Energieversorgung		gl				
Q5	Steuerungs- und		gl				
	Sicherheitsanlagen						
Q6	Transportmittel		gl				
	Betriebsausrüstung		m2				
R	Ausstattung	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
R0	Allgemeine Möbel		gl				
R1	Nutzungsspezifische Möbel		gl				
R2	Geräte		gl				
R3	Beleuchtungskörper		gl				
R4	Beschilderung		gl				
R5	Kleininventar		gl				
R6	Textilien		gl				
R7	Verbrauchsmaterial		gl				
R8	Künstlerischer Schmuck	115'154	%				
	Ausstattung		m2				
T	Umgebung	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
T0	Allgemeine Baustelleneinrichtungen und Gerüste	890'100	%	3	30'000		
T1	Terraingestaltung		m3				
T2	Umgebungsbauwerke		gl		650'000		
T3	Ver- und Entsorgungsleitungen im Grundstück	200	m	400	80'000		
T4	Grünflächen	900	m2	16	14'600		
T5	Hartflächen	1'500	m2	90	135'500		
T6	Einfriedungen (Umgebung)		m				
T7	Elektro- und Wasserinstallationen		gl		10'000		
T8	Ausstattung und Geräte		gl				
	Umgebung		m2		920'100		
V	Baunebenkosten	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
V0	Allgemeine Baunebenkosten	1'075'806	%				
V1	Wettbewerbe	1'075'806	%				
V2	Bewilligungen und Gebühren	1'075'806	%				
V3	Vergütungen an Dritte		gl				
V4	Finanzierung ab Baubeginn	1'195'062	%				
V5	Bauherrenleistungen	1'195'062	%				
V6	Vermessung und Vermarchung		gl				
V7	Kunst am Bau		gl				
	Baunebenkosten	1'075'806	%				

WS Heumatt – Teil A "Erdspeicher"

W	Honorare	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
W0	Honorare Grundstückserwerb		%				
W1	Honorare Bauvorbereitung	40'552	%	10	4'055		
W2	Honorare Bauwerk	115'154	%	10	11'515		
W3	Honorare Betriebseinrichtung		%	10			
W4	Honorare Betriebsausrüstung		%	10			
W5	Honorare Ausstattung		%	10			
W6	Honorare Umgebung	920'100	%	10	92'010		
	Honorare	1'075'806	%	10	107'581		
X	Uebergangskonten und Unvorhergesehenes	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
X0	Rückstellungen		gl				
X1	Teuerung	1'183'386	%				
X2	Unvorhergesehenes	1'183'386	%				
	Uebergangskonten und Unvorh...	1'183'386		%			
Z	Mehrwertsteuer MWSt	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
Z0	MWSt für Grundstückserwerb		%				
Z1	MWSt für Bauvorbereitung	40'552	%	8	3'082		
Z2	MWSt für Bauwerke	115'154	%	8	8'752		
Z3	MWSt für Betriebseinrichtungen , –ausrüstung		%				
Z4	MWSt für Ausstattung		%				
Z5	MWSt für Umgebung	920'100	%	8	69'928		
Z6	MWSt für Baunebenkosten		%	8			
Z7	MWSt für Honorare	107'581	%	8	8'176		
Z8	MWSt für Uebergangskonten und Unvorhergesehenes		%				
	Mehrwertsteuer MWSt	1'183'386	%	8	89'937		

Elementbeschreibung

B Bauvorbereitung

- | | | |
|----|---|--|
| B0 | Gemeinsame Baustelleneinrichtungen
Ausführungsbeschreibung | Abschränkung der Baustelle, Provisorische Installationen, Kosten für Energie, Wasser, Büro Bauleitung, Unterkünfte |
| B1 | Rodungen, Abbrüche und Demontagen
Ausführungsbeschreibung | Parkplatz asphaltiert abbrechen, Roden Bäume / Sträucher inkl. Deponie, Abschlüsse abbrechen |

D Rohbau Gebäude bis Oberkante Bodenplatte

- | | | |
|----|--|---|
| D0 | Baugrubenaushub
Ausführungsbeschreibung | Humusabtrag mit seitlicher Deponie, Transportdistanz bis 50m
Aushub mit seitlicher Deponie,
Transport bis 30m |
| D3 | Kanalisationen im Gebäude
Ausführungsbeschreibung | Entwässerung des Erdspeichers : Sickerleitungen PVC, Grabenaushub, Leitungen verlegen, 3 Sickerschächte T=2.0m D=1.0m |

T Umgebung

- | | | |
|----|--|---|
| T2 | Umgebungsbauwerke
Ausführungsbeschreibung | <p>Erdspeicher–Aufbau (6800m³ Nutzvolumen):
 Drainagevlies, Liefern und Verlegen inkl. Ueberlappung 50 cm
 Isolationschicht Sohle, Foamglasplatten 20 cm stark
 Isolationsschicht seitlich Misapor 50cm mit Textilmhüllung
 Diffusionsperre, Sohle, seitlich und oben
 Abdichtung, Sohle seitlich und oben
 Mechanische Schutzschicht, Magerbeton 5cm Sohle und seitlich
 Mechanische Schutzschichten für Kollektoren, Umhüllung der Kollektoren mit Sand in Schichten
 Kollektorrohre in 12 Schichten
 Sammelrohre D=25cm aus Stahl inkl. Anschlussmuffen
 Betonsammelkanal mit abschliessbarer Metallabdeckung
 4 Piezometerrohre mit abschliessbarem Deckel
 Temperaturmessonden
 Auffüllen mit Erdmaterial ab seitlicher Deponie in Schichten von ca. 65cm</p> |
| T3 | Ver- und Entsorgungsleitungen im Grundstück
Ausführungsbeschreibung | Erschliessung des Erdspeichers ab der neuen Heizzentrale/Pufferspeicher |
| T4 | Grünflächen
Ausführungsbeschreibung | Humusieren, Wiederandecken von Kulturerde ab seitlicher Deponie, Bepflanzung (Sträucher in Rabatte) |

WS Heumatt – Teil A "Erdspeicher"

T5	Hartflächen Ausführungsbeschreibung	Erstellen Parkplatz, Kieskoffer, Belag, Erstellen Abschlüsse, Abtransport Ueberschussmaterial
T7	Elektro– und Wasserinstallationen Ausführungsbeschreibung	Beleuchtung, aussenliegende Steckdosen

Ihr Deckblatt

Stammdaten

Projektbezeichnung:	WS Heumatt – Teil B "Pufferspeicher"
Projektart:	Neubau
Bauwerksart:	Mehrfamilienhäuser
Funktionale Einheit:	Wohnungen. 140 (in Stück)
Schweizerischer Baupreisindex:	Zürich, 00.2003, 100.0%
Bauherrschaft:	Amt für Hochbauten der Stadt Zuerich 8021 Zürich
Planung:	Zürcher Hochschule Winterthur 8401 Winterthur
Anlagekosten:	537'782
Bauwerkskosten:	275'357
Kurzinfo:	Pufferspeicher 170m3, Neue unterirdische Heizzentrale angrenzend an "Kurzhaus". Energie-Verbindungsleitungen zu den anderen Gebäuden (Hochhaus und Langhaus) Systemgrenze : Plattentauscher-Stutzen, resp.Stutzen bestehende Unterverteilungen

WS Heumatt _ Teil B "Pufferspeicher"

Grundmengen		Menge	MEH	Anlage	Bauwerk
GSF	Grundstücksfläche.	120	m2	4'482	2'295
GGF	Gebäudegrundfläche.	75	m2	7'170	3'671
GF	Geschossfläche.	75	m2	7'170	3'671
NGF	Nettogeschossfläche.	70	m2	7'683	3'934
KF	Konstruktionsfläche.	70	m2	7'683	3'934
HNF	Hauptnutzfläche.	70	m2	7'683	3'934
NNF	Nebennutzfläche.		m2		
VEF	Verkehrsfläche.		m2		
EBF	Beheizte Fläche	45	m2	11'951	6'119
BOT	Bodenplattenfläche	75	m2	7'170	3'671
AWF	Aussenwandfläche	140	m2	3'841	1'967
DAF	Dachfläche	50	m2	10'756	5'507
DWF	Aussenwand- und Dachfläche.	215	m2	2'501	1'281
AGF	Aussen-Geschossfläche.		m2		
GV	Gebäudevolumen SIA 416	260	m3	2'068	1'059
RI	Rauminhalt SIA 116	225	m3	2'390	1'224
BUF	Bearbeitete Umgebungsfläche.	120	m2	4'482	2'295

Wohnungen. 140 St 3'841 1'967

Makroelemente		Menge	MEH	Kennwert	Betrag
MA	Rohbau Gebäude bis OK Bodenplatte	75	m2	447	33'500
MB	Aussenwände	140	m2	145	20'300
MC	Dächer	50	m2	60	3'000
MD	Uebriger Rohbau	75	m2	120	9'000
ME	Haustechnik	75	m2	2'649	198'688
MF	Ausbau	75	m2	145	10'869

275'357

Elementgruppen		Menge	MEH	Kennwert	Betrag
A	Grundstück	120	m2	15	1'800
B	Bauvorbereitung	120	m2	150	18'000
C	Allgemeines zu Rohbau Gebäude	75	m2		
D	Rohbau Gebäude bis Oberkante Bodenplatte	75	m2	447	33'500
E	Rohbau Gebäude oberhalb Bodenplatte	75	m2	551	41'331
I	Installationen und Transportanlagen	75	m2	2'408	180'625
M	Ausbau Gebäude	75	m2	265	19'900
P	Bauliche Betriebseinrichtungen	70	m2		
Q	Betriebsausrüstung	70	m2		
R	Ausstattung	70	m2	14	1'000
T	Umgebung	120	m2	651	78'100
V	Baunebenkosten	372'457	%	4	14'526
W	Honorare	374'257	%	18	65'578
X	Uebergangskonten und Unvorhergesehenes	454'361	%	10	45'436
Z	Mehrwertsteuer MWSt	499'797	%	8	37'985

537'782

Elemente

A	Grundstück	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
A0	Erwerb und Nebenkosten	120	m2				
A1	Ver- und Entsorgung des Grundstück		m				
A2	Erschliessung des Grundstück durch Verkehrsanlagen		m2				
A3	Finanzierung vor Baubeginn	1'800	%				
A4	Betriebsaufwand und –ertrag		gl				
A5	Bestandesaufnahmen	120	m2	15	1'800	15.00	
	Grundstück	120	m2	15	1'800		
B	Bauvorbereitung	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
B0	Gemeinsame Baustelleneinrichtungen	370'307	%				
B1	Rodungen, Abbrüche und Demontagen		gl		2'000	16.70	
B2	Definitive Anpassungen bestehender Bauwerke		gl		5'000	41.70	
B3	Definitive Anpassungen bei Umgebung und Erschliessung		gl		5'000	41.70	
B4	Provisorische Bauwerke		gl				
B5	Provisorische Anpassungen bestehender Bauwerke		gl		2'000	16.70	
B6	Provisorische Anpassungen bei Umgebung und Erschliessung		gl		1'000	8.30	
B7	Provisorische Massnahmen		gl		1'000	8.30	
B8	Baugrube						
	Spezialfundationen und spezielle Bauvorbereitungen		gl		2'000	16.70	
	Bauvorbereitung	120	m2	150	18'000		
C	Allgemeines zu Rohbau Gebäude	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
C0	Allgemeine Baustelleneinrichtungen	73'756	%				
C1	Fassadengerüste		m2				
C2	Uebrige Gerüste	75	m2				
	Allgemeines zu Rohbau Gebäu...	75	m2				
D	Rohbau Gebäude bis Oberkante Bodenplatte	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
D0	Baugrubenaushub	480	m3	25	12'000	160.00	6.400
D1	Hinterfüllungen	100	m3	25	2'500	33.30	1.333
D2	Fundamente und Bodenplatten	75	m2	180	13'500	180.00	1.000
D3	Kanalisationen im Gebäude	50	m	110	5'500	73.30	0.667
	Rohbau Gebäude bis Oberkant...	75	m2	447	33'500		

WS Heumatt _ Teil B "Pufferspeicher"

E	Rohbau Gebäude oberhalb Bodenplatte	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
E0	Decken, Treppen und Balkone	50	m2	180	9'000	120.00	0.667
E1	Dächer	50	m2	60	3'000	40.00	0.667
E2	Stützen		m				
E3	Aussenwände zu Untergeschossen	50	m2	310	15'500	206.70	0.667
E4	Aussenwände zu Erd- und Obergeschossen		m2				
E5	Fenster, Aussentüren und -tore	3	m2	1'600	4'800	64.00	0.040
E6	Innenwände (Rohbau)		m2				
E7	Ergänzende Leistungen	180'625	%	5	9'031	120.40	
	Rohbau Gebäude oberhalb Bod...	75	m2	551	41'331		
I	Installationen und Transportanlagen	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
I0	Starkstromanlagen	75	m2	130	9'750	130.00	1.000
I1	Telekommunikations- und Sicherheitsanlagen	75	m2	35	2'625	35.00	1.000
I2	Heizungsanlagen	45	m2	500	22'500	300.00	0.600
I3	Luft- und Kältetechnische Anlagen	225	m3	30	6'750	90.00	3.000
I4	Wasser- und Abwasseranlagen	5	St	3'500	17'500	233.30	0.067
I5	Spezielle Anlagen		gl		121'500	1'620.00	
I6	Transportanlagen		St				
I7	Gebäudeautomation	75	m2				
I8	Gasanlagen	75	m2				
	Installationen und Transpor...	75	m2	2'408	180'625		
M	Ausbau Gebäude	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
M0	Allgemeine Ausbaurbeiten Gebäude	18'456	%	2	369	4.90	
M1	Trennwände und Innentüren		m2				
M2	Schutzelemente		gl		4'000	53.30	
M3	Bodenbeläge	50	m2	30	1'500	20.00	0.667
M4	Wandbekleidungen	100	m2	50	5'000	66.70	1.333
M5	Deckenbekleidungen		m2				
M6	Einbauten und Grünanlagen (Gebäude)		gl				
M7	Klein- und Haushaltsküchen		St				
M8	Ergänzende Leistungen	180'625	%	5	9'031	120.40	
	Ausbau Gebäude	75	m2	265	19'900		
P	Bauliche Betriebseinrichtungen	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
P0	Allgemeine Baustelleneinrichtungen		%				
P1	Starkstromanlagen		gl				
P2	Telekommunikations- und Sicherheitsanlagen		gl				
P3	Heizungsanlagen		m2				
P4	Lufttechnische Anlagen		m3				
P5	Wasser- und Abwasseranlagen		gl				
P6	Spezielle Anlagen		gl				
P7	Transportanlagen		St				

WS Heumatt _ Teil B "Pufferspeicher"

P8	Ergänzende Leistungen		%				
	Bauliche Betriebseinrichtun...	70	m2				
Q	Betriebsausrüstung	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
Q0	Apparate		gl				
Q1	Feste Ausrüstung		gl				
Q2	Produktionsanlagen		gl				
Q3	Spezielle Inbetriebsetzung		gl				
Q4	Energieversorgung		gl				
Q5	Steuerungs- und		gl				
	Sicherheitsanlagen						
Q6	Transportmittel		gl				
	Betriebsausrüstung	70	m2				
R	Ausstattung	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
R0	Allgemeine Möbel		gl		200	2.90	
R1	Nutzungsspezifische Möbel		gl				
R2	Geräte		gl		300	4.30	
R3	Beleuchtungskörper		gl				
R4	Beschilderung		gl		500	7.10	
R5	Kleininventar		gl				
R6	Textilien		gl				
R7	Verbrauchsmaterial		gl				
R8	Künstlerischer Schmuck	275'357	%				
	Ausstattung	70	m2	14	1'000		
T	Umgebung	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
T0	Allgemeine Baustelleneinrichtungen und Gerüste	78'100	%				
T1	Terraingestaltung	120	m3	30	3'600	30.00	1.000
T2	Umgebungsbauwerke		gl		5'000	41.70	
T3	Ver- und Entsorgungsleitungen im Grundstück	525	m	100	52'500	437.50	4.375
T4	Grünflächen	120	m2	100	12'000	100.00	1.000
T5	Hartflächen		m2				
T6	Einfriedungen (Umgebung)	30	m	100	3'000	25.00	0.250
T7	Elektro- und Wasserinstallationen		gl		2'000	16.70	
T8	Ausstattung und Geräte		gl				
	Umgebung	120	m2	651	78'100		
V	Baunebenkosten	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
V0	Allgemeine Baunebenkosten	372'457	%	2	7'077		
V1	Wettbewerbe	372'457	%				
V2	Bewilligungen und Gebühren	372'457	%	2	7'449		
V3	Vergütungen an Dritte		gl				
V4	Finanzierung ab Baubeginn	436'288	%				
V5	Bauherrenleistungen	434'488	%				
V6	Vermessung und Vermarchung		gl				
V7	Kunst am Bau		gl				
	Baunebenkosten	372'457	%	4	14'526		

WS Heumatt _ Teil B "Pufferspeicher"

W	Honorare	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
W0	Honorare Grundstückserwerb		%				
W1	Honorare Bauvorbereitung	18'000	%	25	4'500		
W2	Honorare Bauwerk	275'357	%	15	41'303		
W3	Honorare Betriebseinrichtung		%	10			
W4	Honorare Betriebsausrüstung		%	10			
W5	Honorare Ausstattung	1'000	%	25	250		
W6	Honorare Umgebung	78'100	%	25	19'525		
	Honorare	374'257	%	18	65'578		
X	Uebergangskonten und Unvorhergesehenes	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
X0	Rückstellungen		gl				
X1	Teuerung	454'361	%				
X2	Unvorhergesehenes	454'361	%	10	45'436		
	Uebergangskonten und Unvorh...	454'361	%	10	45'436		
Z	Mehrwertsteuer MWSt	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
Z0	MWSt für Grundstückserwerb	1'800	%	8	137		
Z1	MWSt für Bauvorbereitung	18'000	%	8	1'368		
Z2	MWSt für Bauwerke	275'357	%	8	20'927		
Z3	MWSt für Betriebseinrichtungen , –ausrüstung		%				
Z4	MWSt für Ausstattung	1'000	%	8	76		
Z5	MWSt für Umgebung	78'100	%	8	5'936		
Z6	MWSt für Baunebenkosten	14'526	%	8	1'104		
Z7	MWSt für Honorare	65'578	%	8	4'984		
Z8	MWSt für Uebergangskonten und Unvorhergesehenes	45'436	%	8	3'453		
	Mehrwertsteuer MWSt	499'797	%	8	37'985		

Elementbeschreibung

A Grundstück

A5	Bestandesaufnahmen Ausführungsbeschreibung	Bestandesaufnahmen, Baugrunduntersuchung
----	---	--

B Bauvorbereitung

B0	Gemeinsame Baustelleneinrichtungen Ausführungsbeschreibung	Abschränkung der Baustelle, provisorische Installationen, Kosten für Energie, Wasser
B1	Rodungen, Abbrüche und Demontagen Ausführungsbeschreibung	Rodungen, Abbrüche, Demontagen und vorbereitende Erdbewegungen
B2	Definitive Anpassungen bestehender Bauwerke Ausführungsbeschreibung	Unterfangungen, Bauwerksicherung
B3	Definitive Anpassungen bei Umgebung und Erschliessung Ausführungsbeschreibung	Definitive Umleitungen von Erschliessungsleitung
B4	Provisorische Bauwerke Ausführungsbeschreibung	Provisorische Leitungen bis zur Inbetriebnahme der definitiven Anlagen
B5	Provisorische Anpassungen bestehender Bauwerke Ausführungsbeschreibung	Provisorische Anpassung bestehender Bauwerke. Wiederentfernung der Provisorien
B6	Provisorische Anpassungen bei Umgebung und Erschliessung Ausführungsbeschreibung	Provisorische Anpassungen und Umlegungen bei Umgebung und Erschliessung. Wiederentfernen der Provisorien
B7	Provisorische Massnahmen Baugrube Ausführungsbeschreibung	Baugrubensicherung und Grundwasserabdichtungen
B8	Spezialfundationen und spezielle Bauvorbereitungen Ausführungsbeschreibung	Spezielle Fundation (Speicher)

D Rohbau Gebäude bis Oberkante Bodenplatte

D0	Baugrubenaushub Ausführungsbeschreibung	Erdarbeiten bis Unterkante Kieskoffer bzw. Magerbeton. Mit Entfernen Oberflächenwasser
----	--	--

WS Heumatt _ Teil B "Pufferspeicher"

D1	Hinterfüllungen Ausführungsbeschreibung	Hinterfüllung bis Unterkante Kieskoffer bzw. Magerbeton, Auffüllungen über Gebäudeteile
D2	Fundamente und Bodenplatten Ausführungsbeschreibung	Fundamente, Kellerboden mit Baumeisteraushub, Kieskoffer, Magerbeton, Sauberkeitsschicht, normalen Dichtungen und Dämmungen
D3	Kanalisationen im Gebäude Ausführungsbeschreibung	Kanalisation im und Sickerleitungen am Gebäude, mit Erdarbeiten, Schächten, Formstücken, Umhüllungen

E Rohbau Gebäude oberhalb Bodenplatte

E0	Decken, Treppen und Balkone Ausführungsbeschreibung	Rohbau für Deckenplatte, exkl. Speicherloch
E1	Dächer Ausführungsbeschreibung	Deckenplatte, exkl. Speicherdurchbruch, Dachhaut mit Wärmedämmung, Entwässerung bis zum Anschluss an Kanalisation
E3	Aussenwände zu Untergeschossen Ausführungsbeschreibung	Aussenwandkonstruktion unter Erdreich, Lichtschächte zur Belüftung, Aussenbekleidung und äussere Oberflächenbehandlungen
E5	Fenster, Aussentüren und -tore Ausführungsbeschreibung	Aussentüre zu Heizraum
E7	Ergänzende Leistungen Ausführungsbeschreibung	Nebenarbeiten zu Gebäudeinstallationen wie Aussparungen, Spitz- und Zuputzarbeiten, Beihilfen

I Installationen und Transportanlagen

I0	Starkstromanlagen Ausführungsbeschreibung	Beleuchtungsinstallationen, Kraft- und Wärmeinstallationen, Unterverteilung, Steuer- und Regulierrtafeln, Erdungen, Zuleitung ab Aussenkante Bauwerk bis Hauptverteiler, Hauptverteilung
I1	Telekommunikations- und Sicherheitsanlagen Ausführungsbeschreibung	Signal-, Melde-, Fernmess- und Fernsteueranlagen, Telefonapparat inkl. Installation
I2	Heizungsanlagen Ausführungsbeschreibung	Wärmeübergabetauscher, Leitungen, Regl- und Sicherheitsorgane, Elektrotafel, Dämmungen, Messeinrichtungen

WS Heumatt _ Teil B "Pufferspeicher"

I3	Luft- und Kältetechnische Anlagen Ausführungsbeschreibung	Herizraumbelüftung
I4	Wasser- und Abwasseranlagen Ausführungsbeschreibung	Heizfüllarmatur, Trog, Anschluss automatische Wassernachspeisung
I5	Spezielle Anlagen Ausführungsbeschreibung	Heizwasserspeicher 140'000 Liter Inhalt, Durchmesser ca. 3800mm, Gesamthöhe ca.18000mm, Gewicht ca.15300 kg; inkl. Krankkosten, Montage

M Ausbau Gebäude

M0	Allgemeine Ausbauarbeiten Gebäude Ausführungsbeschreibung	Bausaustrocknung, Baureinigung
M2	Schutzelemente Ausführungsbeschreibung	Geländer, Handlauf Treppenabgang in Speichergrube
M3	Bodenbeläge Ausführungsbeschreibung	Unterlagsboden Heizzentrale
M4	Wandbekleidungen Ausführungsbeschreibung	Innere Wandoberflächenbehandlung (Putz)
M8	Ergänzende Leistungen Ausführungsbeschreibung	Nebenarbeiten (Ausbau) zu Gebäudeinstallationen

R Ausstattung

R0	Allgemeine Möbel Ausführungsbeschreibung	Tisch, Stuhl und Schrank
R2	Geräte Ausführungsbeschreibung	Handfeuerlöscher
R4	Beschilderung Ausführungsbeschreibung	Hinweis- und Informationstafel

T Umgebung

T1	Terraingestaltung Ausführungsbeschreibung	Erdbewegungen für die Umgebungsflächen, Auffüllungen mit zugeführtem Material
T2	Umgebungsbauwerke Ausführungsbeschreibung	Kunstbauten in Zusammenhang mit Speicher

WS Heumatt _ Teil B "Pufferspeicher"

T3	Ver- und Entsorgungsleitungen im Grundstück Ausführungsbeschreibung	Erschliessung der Heizentrale durch Heiz- und Brauchwarmwasserleitungen ab Unterstation "Hochhaus"(25m) und ab Unterstation "Langhaus"(80m). Ohne Erschliessung durch Fernwärme
T4	Grünflächen Ausführungsbeschreibung	Be- und Entwässerung, Kulturerdauftrag, Vorbereitung der Pflanzfläche, Düngen, Liefern und Setzen von Pflanzen, Liefern von Saatgut und Säen
T6	Einfriedungen (Umgebung) Ausführungsbeschreibung	Schutzgitter (Speicherloch)
T7	Elektro- und Wasserinstallationen Ausführungsbeschreibung	Aussenbeleuchtung, Aussensteckdose
V	Baunebenkosten	
V0	Allgemeine Baunebenkosten Ausführungsbeschreibung	Muster, Modelle, Vervielfältigungen, Versicherungen, übrige Baunebenkosten
V2	Bewilligungen und Gebühren Ausführungsbeschreibung	Anschlussgebühren

Ihr Deckblatt

Stammdaten

Projektbezeichnung:	WS Heumatt – Teil C "Solarfelder"
Projektart:	Neubau
Bauwerksart:	Mehrfamilienhäuser
Funktionale Einheit:	Wohnungen. 140 (in Stück)
Schweizerischer Baupreisindex:	Zürich, 00.2003, 100.0%
Bauherrschaft:	Amt für Hochbauten der Stadt Zürich
Planung:	Zürcher Hochschule Winterthur 8401 Winterthur
Anlagekosten:	1'594'165
Bauwerkskosten:	720'000
Kurzinfo:	1700 m2 Solarfelder mit Fundamenten und Unterkonstruktion, inkl. Verbindungsleitungen zum Pufferspeichergebäude. Systemgrenze : Plattentauscher–Stützen

WS Heumatt – Teil C "Solarfelder"

Grundmengen		Menge	MEH	Anlage	Bauwerk
GSF	Grundstücksfläche.		m2		
GGF	Gebäudegrundfläche.		m2		
GF	Geschossfläche.		m2		
NGF	Nettogeschossfläche.		m2		
KF	Konstruktionsfläche.		m2		
HNF	Hauptnutzfläche.		m2		
NNF	Nebennutzfläche.		m2		
VEF	Verkehrsfläche.		m2		
EBF	Beheizte Fläche		m2		
BOT	Bodenplattenfläche		m2		
AWF	Aussenwandfläche		m2		
DAF	Dachfläche		m2		
DWF	Aussenwand- und Dachfläche.		m2		
AGF	Aussen-Geschossfläche.		m2		
GV	Gebäudevolumen SIA 416		m3		
RI	Rauminhalt SIA 116		m3		
BUF	Bearbeitete Umgebungsfläche.		m2		
Wohnungen.		140	St	11'387	5'143
Makroelemente		Menge	MEH	Kennwert	Betrag
MA	Rohbau Gebäude bis OK		m2		
	Bodenplatte				
MB	Aussenwände		m2		
MC	Dächer		m2		
MD	Uebriger Rohbau		m2		12'000
ME	Haustechnik		m2		708'000
MF	Ausbau		m2		
					720'000
Elementgruppen		Menge	MEH	Kennwert	Betrag
A	Grundstück		m2		
B	Bauvorbereitung		m2		477'025
C	Allgemeines zu Rohbau Gebäude		m2		12'000
D	Rohbau Gebäude bis		m2		
	Oberkante Bodenplatte				
E	Rohbau Gebäude oberhalb		m2		
	Bodenplatte				
I	Installationen und		m2		708'000
	Transportanlagen				
M	Ausbau Gebäude		m2		
P	Bauliche Betriebseinrichtungen		m2		
Q	Betriebsausrüstung		m2		
R	Ausstattung		m2		
T	Umgebung		m2		74'160
V	Baunebenkosten	1'271'185	%	1	12'712
W	Honorare	1'271'185	%	10	127'118
X	Uebergangskonten und	1'411'015	%	5	70'551
	Unvorhergesehenes				
Z	Mehrwertsteuer MWSt	1'481'566	%	8	112'599
					1'594'165

Elemente

A	Grundstück	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
A0	Erwerb und Nebenkosten		m2				
A1	Ver- und Entsorgung des Grundstück		m				
A2	Erschliessung des Grundstück durch Verkehrsanlagen		m2				
A3	Finanzierung vor Baubeginn		%				
A4	Betriebsaufwand und –ertrag		gl				
A5	Bestandesaufnahmen		m2				
	Grundstück		m2				
B	Bauvorbereitung	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
B0	Gemeinsame Baustelleneinrichtungen	1'234'160	%	3	37'025		
B1	Rodungen, Abbrüche und Demontagen		gl				
B2	Definitive Anpassungen bestehender Bauwerke		gl				
B3	Definitive Anpassungen bei Umgebung und Erschliessung		gl				
B4	Provisorische Bauwerke		gl				
B5	Provisorische Anpassungen bestehender Bauwerke		gl				
B6	Provisorische Anpassungen bei Umgebung und Erschliessung		gl				
B7	Provisorische Massnahmen Baugrube		gl				
B8	Spezialfundationen und spezielle Bauvorbereitungen		gl		440'000		
	Bauvorbereitung		m2		477'025		
C	Allgemeines zu Rohbau Gebäude	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
C0	Allgemeine Baustelleneinrichtungen		%				
C1	Fassadengerüste		m2				
C2	Uebrige Gerüste		m2		12'000		
	Allgemeines zu Rohbau Gebäu...		m2		12'000		
D	Rohbau Gebäude bis Oberkante Bodenplatte	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
D0	Baugrubenaushub		m3				
D1	Hinterfüllungen		m3				
D2	Fundamente und Bodenplatten		m2				
D3	Kanalisationen im Gebäude		m				
	Rohbau Gebäude bis Oberkant...		m2				

WS Heumatt – Teil C "Solarfelder"

E	Rohbau Gebäude oberhalb Bodenplatte	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
E0	Decken, Treppen und Balkone		m2				
E1	Dächer		m2				
E2	Stützen		m				
E3	Aussenwände zu Untergeschossen		m2				
E4	Aussenwände zu Erd- und Obergeschossen		m2				
E5	Fenster, Aussentüren und -tore		m2				
E6	Innenwände (Rohbau)		m2				
E7	Ergänzende Leistungen	708'000	%				
	Rohbau Gebäude oberhalb Bod...		m2				
I	Installationen und Transportanlagen	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
I0	Starkstromanlagen		m2	10	8'000		
I1	Telekommunikations- und Sicherheitsanlagen		m2	20	16'000		
I2	Heizungsanlagen		m2	50	40'000		
I3	Luft- und Kälttechnische Anlagen	2'000	m3	15	30'000		
I4	Wasser- und Abwasseranlagen	3	St	4'000	12'000		
I5	Spezielle Anlagen		gl		590'000		
I6	Transportanlagen		St				
I7	Gebäudeautomation		m2		12'000		
I8	Gasanlagen		m2				
	Installationen und Transpor...		m2		708'000		
M	Ausbau Gebäude	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
M0	Allgemeine Ausbaurbeiten Gebäude		%				
M1	Trennwände und Innentüren		m2				
M2	Schutzelemente		gl				
M3	Bodenbeläge		m2				
M4	Wandbekleidungen		m2				
M5	Deckenbekleidungen		m2				
M6	Einbauten und Grünanlagen (Gebäude)		gl				
M7	Klein- und Haushaltsküchen		St				
M8	Ergänzende Leistungen	708'000	%				
	Ausbau Gebäude		m2				
P	Bauliche Betriebseinrichtungen	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
P0	Allgemeine Baustelleneinrichtungen		%				
P1	Starkstromanlagen		gl				
P2	Telekommunikations- und Sicherheitsanlagen		gl				
P3	Heizungsanlagen		m2				
P4	Lufttechnische Anlagen		m3				
P5	Wasser- und Abwasseranlagen		gl				
P6	Spezielle Anlagen		gl				
P7	Transportanlagen		St				

WS Heumatt – Teil C "Solarfelder"

P8	Ergänzende Leistungen		%				
	Bauliche Betriebseinrichtun...		m2				
Q	Betriebsausrüstung	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
Q0	Apparate		gl				
Q1	Feste Ausrüstung		gl				
Q2	Produktionsanlagen		gl				
Q3	Spezielle Inbetriebsetzung		gl				
Q4	Energieversorgung		gl				
Q5	Steuerungs- und		gl				
	Sicherheitsanlagen						
Q6	Transportmittel		gl				
	Betriebsausrüstung		m2				
R	Ausstattung	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
R0	Allgemeine Möbel		gl				
R1	Nutzungsspezifische Möbel		gl				
R2	Geräte		gl				
R3	Beleuchtungskörper		gl				
R4	Beschilderung		gl				
R5	Kleininventar		gl				
R6	Textilien		gl				
R7	Verbrauchsmaterial		gl				
R8	Künstlerischer Schmuck	720'000	%				
	Ausstattung		m2				
T	Umgebung	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
T0	Allgemeine Baustelleneinrichtungen und Gerüste	72'000	%	3	2'160		
T1	Terraingestaltung		m3				
T2	Umgebungsbauwerke		gl				
T3	Ver- und Entsorgungsleitungen im Grundstück	240	m	300	72'000		
T4	Grünflächen		m2				
T5	Hartflächen		m2				
T6	Einfriedungen (Umgebung)		m				
T7	Elektro- und Wasserinstallationen		gl				
T8	Ausstattung und Geräte		gl				
	Umgebung		m2		74'160		
V	Baunebenkosten	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
V0	Allgemeine Baunebenkosten	1'271'185	%				
V1	Wettbewerbe	1'271'185	%				
V2	Bewilligungen und Gebühren	1'271'185	%	1	12'712		
V3	Vergütungen an Dritte		gl				
V4	Finanzierung ab Baubeginn	1'398'303	%				
V5	Bauherrenleistungen	1'398'303	%				
V6	Vermessung und Vermarchung		gl				
V7	Kunst am Bau		gl				
	Baunebenkosten	1'271'185	%	1	12'712		

WS Heumatt – Teil C "Solarfelder"

W	Honorare	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
W0	Honorare Grundstückserwerb		%				
W1	Honorare Bauvorbereitung	477'025	%	10	47'702		
W2	Honorare Bauwerk	720'000	%	10	72'000		
W3	Honorare Betriebseinrichtung		%	10			
W4	Honorare Betriebsausrüstung		%	10			
W5	Honorare Ausstattung		%	10			
W6	Honorare Umgebung	74'160	%	10	7'416		
	Honorare	1'271'185	%	10	127'118		
X	Uebergangskonten und Unvorhergesehenes	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
X0	Rückstellungen		gl				
X1	Teuerung	1'411'015	%				
X2	Unvorhergesehenes	1'411'015	%	5	70'551		
	Uebergangskonten und Unvorh...	1'411'015		%	5	70'551	
Z	Mehrwertsteuer MWSt	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
Z0	MWSt für Grundstückserwerb		%				
Z1	MWSt für Bauvorbereitung	477'025	%	8	36'254		
Z2	MWSt für Bauwerke	720'000	%	8	54'720		
Z3	MWSt für Betriebseinrichtungen , –ausrüstung		%				
Z4	MWSt für Ausstattung		%				
Z5	MWSt für Umgebung	74'160	%	8	5'636		
Z6	MWSt für Baunebenkosten	12'712	%	8	966		
Z7	MWSt für Honorare	127'118	%	8	9'661		
Z8	MWSt für Uebergangskonten und Unvorhergesehenes	70'551	%	8	5'362		
	Mehrwertsteuer MWSt	1'481'566	%	8	112'599		

Elementbeschreibung

B Bauvorbereitung

- B8 Spezialfundationen und spezielle Bauvorbereitungen
Ausführungsbeschreibung Erstellen von Fundamenten für die Abstützung der Dachkonstruktion entlang der Strasse und auf den überdeckten Parkplätzen.
Erstellen einer Unterkonstruktion, Abdeckung der Dachflächen mit Platten und horizontaler Balkenlage zur Aussteifung und als Teilelement des Kollektors.
Einbau des notwendigen Windverbandes.
Dachfläche 1700 m2
Spengleranschlüsse, Entwässerung über Rinne

C Allgemeines zu Rohbau Gebäude

- C2 Uebrige Gerüste
Ausführungsbeschreibung Montagebühnen

I Installationen und Transportanlagen

- I4 Wasser- und Abwasseranlagen
Ausführungsbeschreibung Spenglerarbeiten; Anschluss Rinnen an Kanalisation
- I5 Spezielle Anlagen
Ausführungsbeschreibung 1700 m2 Hochleistungs-Flachkollektoren mit integriertem Sammelrohr, Horizontalausführung, Spezialanfertigung für grosse Anlagen, Dämmung aus Mineralwolle unter dem Absorber. Abdeckung aus reflektionsarmen Solarglas, Inkl. Verrohrung des Solarfeldes auf 2 Punkte
- I7 Gebäudeautomation
Ausführungsbeschreibung Vorbereitung von Messpunkten für das bauseitige Messkonzept

T Umgebung

- T0 Allgemeine Baustelleneinrichtungen und Gerüste
Ausführungsbeschreibung Baustelleneinrichtung und Gerüste in Zusammenhang mit Solarfeldern/Umgebungsarbeiten
- T3 Ver- und Entsorgungsleitungen im Grundstück
Ausführungsbeschreibung Erschliessungsleitungen zum Pufferspeicher, z.T. oberirdisch wo möglich, z.T. unterirdisch (vorbehaltlich Ausnahmebewilligung Gewässerschutzamt (Glykol)) wo möglich unterirdisch im Schutzrohr geführt.
Anschluss Kanalisation

Ihr Deckblatt

Stammdaten

Projektbezeichnung:	WS Heumatt – Teil D "Infrastruktur"
Projektart:	Neubau
Bauwerksart:	Mehrfamilienhäuser
Funktionale Einheit:	Wohnungen. 140 (in Stück)
Schweizerischer Baupreisindex:	Zuerich, 00.2003, 100.0%
Bauherrschaft:	Amt für Hochbauten der Stadt Zürich 8021 Zürich
Planung:	Zürcher Hochschule Winterthur 8401 Winterthur
Anlagekosten:	166'011
Bauwerkskosten:	116'883
Kurzinfo:	Hydraulische Anpassungen an den Heizungsinstallationen innerhalb der zu sanierenden Gebäude Geringe Anpassungen an bestehenden Heizkörpern Energetische Abtrennung, sep. Messung "Schulhaus/Kindergarten" Geringe Anpassungen am hydraulischen System in den Unterstationen der Wohnhäuser (Ziel = tiefe Rücklauftemperaturen) Anpassungen am Zirkulationssystem der Brauchwarmwassererwärmer (Ziel=tiefe Rücklauftemperaturen)

WS Heumatt – Teil D "Infrastruktur"

Grundmengen		Menge	MEH	Anlage	Bauwerk
GSF	Grundstücksfläche.		m2		
GGF	Gebäudegrundfläche.		m2		
GF	Geschossfläche.		m2		
NGF	Nettogeschossfläche.		m2		
KF	Konstruktionsfläche.		m2		
HNF	Hauptnutzfläche.		m2		
NNF	Nebennutzfläche.		m2		
VEF	Verkehrsfläche.		m2		
EBF	Beheizte Fläche		m2		
BOT	Bodenplattenfläche		m2		
AWF	Aussenwandfläche		m2		
DAF	Dachfläche		m2		
DWF	Aussenwand- und Dachfläche.		m2		
AGF	Aussen-Geschossfläche.		m2		
GV	Gebäudevolumen SIA 416		m3		
RI	Rauminhalt SIA 116		m3		
BUF	Bearbeitete Umgebungsfläche.		m2		
Wohnungen.		140	St	1'186	835
Makroelemente		Menge	MEH	Kennwert	Betrag
MA	Rohbau Gebäude bis OK		m2		
	Bodenplatte				
MB	Aussenwände		m2		
MC	Dächer		m2		
MD	Uebriger Rohbau		m2		
ME	Haustechnik		m2		116'550
MF	Ausbau		m2		333
					116'883
Elementgruppen		Menge	MEH	Kennwert	Betrag
A	Grundstück		m2		
B	Bauvorbereitung		m2		
C	Allgemeines zu Rohbau Gebäude		m2		
D	Rohbau Gebäude bis		m2		
	Oberkante Bodenplatte				
E	Rohbau Gebäude oberhalb		m2		
	Bodenplatte				
I	Installationen und		m2		111'000
	Transportanlagen				
M	Ausbau Gebäude		m2		5'883
P	Bauliche Betriebseinrichtungen		m2		
Q	Betriebsausrüstung		m2		
R	Ausstattung		m2		
T	Umgebung		m2		
V	Baunebenkosten	116'883	%		
W	Honorare	116'883	%	20	23'377
X	Uebergangskonten und	140'260	%	10	14'026
	Unvorhergesehenes				
Z	Mehrwertsteuer MWSt	154'286	%	8	11'726
					166'011

Elemente

A	Grundstück	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
A0	Erwerb und Nebenkosten		m2				
A1	Ver- und Entsorgung des Grundstück		m				
A2	Erschliessung des Grundstück durch Verkehrsanlagen		m2				
A3	Finanzierung vor Baubeginn		%				
A4	Betriebsaufwand und –ertrag		gl				
A5	Bestandesaufnahmen		m2				
	Grundstück		m2				
B	Bauvorbereitung	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
B0	Gemeinsame Baustelleneinrichtungen	116'883	%				
B1	Rodungen, Abbrüche und Demontagen		gl				
B2	Definitive Anpassungen bestehender Bauwerke		gl				
B3	Definitive Anpassungen bei Umgebung und Erschliessung		gl				
B4	Provisorische Bauwerke		gl				
B5	Provisorische Anpassungen bestehender Bauwerke		gl				
B6	Provisorische Anpassungen bei Umgebung und Erschliessung		gl				
B7	Provisorische Massnahmen Baugrube		gl				
B8	Spezialfundationen und spezielle Bauvorbereitungen		gl				
	Bauvorbereitung		m2				
C	Allgemeines zu Rohbau Gebäude	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
C0	Allgemeine Baustelleneinrichtungen		%				
C1	Fassadengerüste		m2				
C2	Uebrige Gerüste		m2				
	Allgemeines zu Rohbau Gebäu...		m2				
D	Rohbau Gebäude bis Oberkante Bodenplatte	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
D0	Baugrubenaushub		m3				
D1	Hinterfüllungen		m3				
D2	Fundamente und Bodenplatten		m2				
D3	Kanalisationen im Gebäude		m				
	Rohbau Gebäude bis Oberkant...		m2				

WS Heumatt – Teil D "Infrastruktur"

E	Rohbau Gebäude oberhalb Bodenplatte	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
E0	Decken, Treppen und Balkone		m2				
E1	Dächer		m2				
E2	Stützen		m				
E3	Aussenwände zu Untergeschossen		m2				
E4	Aussenwände zu Erd- und Obergeschossen		m2				
E5	Fenster, Aussentüren und -tore		m2				
E6	Innenwände (Rohbau)		m2				
E7	Ergänzende Leistungen	111'000	%				
	Rohbau Gebäude oberhalb Bod...		m2				
I	Installationen und Transportanlagen	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
I0	Starkstromanlagen		m2		15'000		
I1	Telekommunikations- und Sicherheitsanlagen		m2		5'000		
I2	Heizungsanlagen		m2		85'000		
I3	Luft- und Kältetechnische Anlagen		m3				
I4	Wasser- und Abwasseranlagen		St		6'000		
I5	Spezielle Anlagen		gl				
I6	Transportanlagen		St				
I7	Gebäudeautomation		m2				
I8	Gasanlagen		m2				
	Installationen und Transpor...		m2		111'000		
M	Ausbau Gebäude	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
M0	Allgemeine Ausbaurbeiten Gebäude	5'550	%	6	333		
M1	Trennwände und Innentüren		m2				
M2	Schutzelemente		gl				
M3	Bodenbeläge		m2				
M4	Wandbekleidungen		m2				
M5	Deckenbekleidungen		m2				
M6	Einbauten und Grünanlagen (Gebäude)		gl				
M7	Klein- und Haushaltsküchen		St				
M8	Ergänzende Leistungen	111'000	%	5	5'550		
	Ausbau Gebäude		m2		5'883		
P	Bauliche Betriebseinrichtungen	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
P0	Allgemeine Baustelleneinrichtungen		%				
P1	Starkstromanlagen		gl				
P2	Telekommunikations- und Sicherheitsanlagen		gl				
P3	Heizungsanlagen		m2				
P4	Lufttechnische Anlagen		m3				
P5	Wasser- und Abwasseranlagen		gl				
P6	Spezielle Anlagen		gl				
P7	Transportanlagen		St				

WS Heumatt – Teil D "Infrastruktur"

P8	Ergänzende Leistungen		%				
	Bauliche Betriebseinrichtun...		m2				
Q	Betriebsausrüstung	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
Q0	Apparate		gl				
Q1	Feste Ausrüstung		gl				
Q2	Produktionsanlagen		gl				
Q3	Spezielle Inbetriebsetzung		gl				
Q4	Energieversorgung		gl				
Q5	Steuerungs- und		gl				
	Sicherheitsanlagen						
Q6	Transportmittel		gl				
	Betriebsausrüstung		m2				
R	Ausstattung	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
R0	Allgemeine Möbel		gl				
R1	Nutzungsspezifische Möbel		gl				
R2	Geräte		gl				
R3	Beleuchtungskörper		gl				
R4	Beschilderung		gl				
R5	Kleininventar		gl				
R6	Textilien		gl				
R7	Verbrauchsmaterial		gl				
R8	Künstlerischer Schmuck	116'883	%				
	Ausstattung		m2				
T	Umgebung	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
T0	Allgemeine Baustelleneinrichtungen und Gerüste		%				
T1	Terraingestaltung		m3				
T2	Umgebungsbauwerke		gl				
T3	Ver- und Entsorgungsleitungen im Grundstück		m				
T4	Grünflächen		m2				
T5	Hartflächen		m2				
T6	Einfriedungen (Umgebung)		m				
T7	Elektro- und Wasserinstallationen		gl				
T8	Ausstattung und Geräte		gl				
	Umgebung		m2				
V	Baunebenkosten	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
V0	Allgemeine Baunebenkosten	116'883	%				
V1	Wettbewerbe	116'883	%				
V2	Bewilligungen und Gebühren	116'883	%				
V3	Vergütungen an Dritte		gl				
V4	Finanzierung ab Baubeginn	140'260	%				
V5	Bauherrenleistungen	140'260	%				
V6	Vermessung und Vermarchung		gl				
V7	Kunst am Bau		gl				
	Baunebenkosten	116'883	%				

WS Heumatt – Teil D "Infrastruktur"

W	Honorare	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
W0	Honorare Grundstückserwerb		%				
W1	Honorare Bauvorbereitung		%				
W2	Honorare Bauwerk	116'883	%	20	23'377		
W3	Honorare Betriebseinrichtung		%	10			
W4	Honorare Betriebsausrüstung		%				
W5	Honorare Ausstattung		%				
W6	Honorare Umgebung		%	10			
	Honorare	116'883	%	20	23'377		
X	Uebergangskonten und Unvorhergesehenes	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
X0	Rückstellungen		gl				
X1	Teuerung	140'260	%				
X2	Unvorhergesehenes	140'260	%	10	14'026		
	Uebergangskonten und Unvorh...	140'260	%	10	14'026		
Z	Mehrwertsteuer MWSt	Menge	MEH	Kennwert	Betrag	EGM	FQ
Z0	MWSt für Grundstückserwerb		%				
Z1	MWSt für Bauvorbereitung		%				
Z2	MWSt für Bauwerke	116'883	%	8	8'883		
Z3	MWSt für Betriebseinrichtungen , –ausrüstung		%				
Z4	MWSt für Ausstattung		%				
Z5	MWSt für Umgebung		%				
Z6	MWSt für Baunebenkosten		%	8			
Z7	MWSt für Honorare	23'377	%	8	1'777		
Z8	MWSt für Uebergangskonten und Unvorhergesehenes	14'026	%	8	1'066		
	Mehrwertsteuer MWSt	154'286	%	8	11'726		

Elementbeschreibung

I Installationen und Transportanlagen

- | | | |
|----|---|--|
| I0 | Starkstromanlagen
Ausführungsbeschreibung | Anpassung Kraft und Wärmeinstallationen |
| I1 | Telekommunikations- und Sicherheitsanlagen
Ausführungsbeschreibung | Installationen zu Regelgeräten wo Anpassungen nötig |
| I2 | Heizungsanlagen
Ausführungsbeschreibung | Anpassung von Unterverteilungen und Leitungen,
Neue Energieübertragungstauscher wo nötig, Anpassung
Regelorgane wo nötig.
Anpassungen für Messkonzept nicht inbegriffen |
| I4 | Wasser- und Abwasseranlagen
Ausführungsbeschreibung | Anpassungen an Heizungsanlagen |

M Ausbau Gebäude

- | | | |
|----|--|---|
| M0 | Allgemeine Ausbauarbeiten Gebäude
Ausführungsbeschreibung | Baureinigung |
| M8 | Ergänzende Leistungen
Ausführungsbeschreibung | Nebenarbeiten zu Gebäudeinstallationen: Aussparungen,
Spitz- und Zuputzarbeiten, Sockel, Beihilfen, Baureinigung |

Zusammenstellung der in Frage kommenden Kollektorfelder

Siehe Disposition der Hauptkomponenten der Solaranlage Masstab 1:1000

Kollektorfeld über Parkplatz West (F)

Dieses Kollektorfeld befindet sich über dem vorgesehenen Aushubspeicher (A). Auf dem Speicher soll wieder ein Parkplatz erstellt werden, der nun neu mit Kollektorfeldern überdacht werden soll. Die vorhandene Grundfläche, welche aus Beschattungsgründen nach Osten und Süden gewisse Einschränkungen aufweist und nach Westen durch die Baugrenze limitiert wird, dürfte eine nutzbare Grundfläche von max. 22m Breite und 50 m Länge ergeben. Das Gelände ist nach Süden leicht ansteigend (ca. 6.2°/°). Auf dieser Fläche könnten z. B. 5 Kollektorfelder von 6 x 22m errichtet werden (Bruttofläche 660 m²), was mit einem Ausnutzungsfaktor von 0.84 rund 540m² Absorberfläche ergibt.

Die Ausrichtung dieser Flächen ist entweder nach Süden möglich (Variante A), denkbar ist aber auch eine Ausrichtung nach SSW, welche sich der Schwandenholzstrasse anpasst (Variante B). Durch die Anordnung nach SSW liessen sich die Beschattungsverluste durch das Langhaus im östlichen Bereich des Kollektorfeldes reduzieren und damit der Solarertrag erhöhen. In Variante B könnten ebenfalls max. 5 Felder mit den Bruttomassen 6x22 erstellt werden. Neben den hier vorgeschlagenen grossflächigen Kollektordächern sind selbstverständlich auch andere Konzepte bezüglich des Kosten Nutzen Verhältnisses und der gestalterischen Aspekte zu prüfen.

Die Neigung der Kollektoren richtet sich nach der Länge der verwendeten Elemente. Bei Elementen von 6m Länge wird vorzugsweise eine Neigung von 20 bis 25 ° gewählt, bei kürzeren Elementen kann die Neigung bis 40 ° gewählt werden.

Installierbare Brutto- / Absorberfläche, Variante A und B geschätzt: 660 m² / 540 m²

< Kollektorfelder über Parkplätze Ost (H+J) und Mitte (G)

Die Parkplatzfelder Mitte und Ost könnten entweder als eine Fläche mit 13 -15m Spannweite oder z. B. in einer Ausführung mit 2 Feldern à 6-8 m Tiefe über dem Garagenvorplatz und der eigentlichen Garage ausgeführt werden. Die Kollektorneigung sollte 20 ° nicht unterschreiten.

Nettoabsorberfläche Parkplatzfeld H (Ost): $(15 \times 40) \times 0.84 = 504 \text{ m}^2$

Nettoabsorberfläche Parkplatzfeld J (Ost): $(15 \times 18) \times 0.84 = 227 \text{ m}^2$, Baugenoss.

Nettoabsorberfläche Parkplatzfeld G (Mitte): $(15 \times 50) \times 0.84 = 630 \text{ m}^2$

< Kollektorfelder an der Südfassade Langhaus und Kurzhaus (E).

Vom Kosten-/Nutzenverhältnis günstig. Der Gesamtertrag pro m² und Jahr wird gegenüber den obigen Feldern auf ca. 60 % sinken, dafür ist der Ertrag im Winterhalbjahr höher.

Die 2x110m² Wandflächen ergeben eine äquivalente Nettoabsorberfläche von ca. 120 m². Auf Wunsch des Bauherren werden diese Flächen vorerst nicht berücksichtigt.

< Kollektoren auf dem Langhaus und Kurzhaus (D)

Sollten grundsätzlich möglich sein, wenn die Stahlbetondecke die Last aufnehmen kann. Vorteilhaft zur Verankerung sind Wannen, die mit Kies gefüllt werden. Die Felder werden üblicherweise ca. 1.5m vom Dachrand abgesetzt. Mehrkosten verursacht hier die etwas aufwendigere Verrohrung. Um unnötige Schnittstellen mit der konventionellen Sanierung zu vermeiden, werden diese Felder vorerst nicht in Betracht gezogen.

Zusammenstellung der voraussichtlich maximal installierbaren Absorberflächen:

Parkplatz Ost (Feld H)	504 m ²	
Parkplatz Ost (Feld J)	227m ²	(Baugenossenschaft)
Parkplatz Süd (Feld G)	630 m ²	
Parkplatz West (Feld F, Variante B, 5 Felder)	540 m ²	

Total ohne Feld Baugenossenschaft:	ca.	1674 m²
Total mit Feld Baugenossenschaft:	ca.	1900 m²

Scuola Universitaria Professionale
della Svizzera Italiana

Dipartimento
Ambiente
Costruzioni e
Design

Laboratorio
Energia
Ecologia
Economia

c.p.
CH-6952 Canobbio

Da
Telefono
E-mail

Dr. Daniel Pahud
+41 91 935 13 53
daniel.pahud@dct.supsi.ch

OGGETTO Solar heating system with seasonal heat store at Heumatt

TITOLO

**Central Solar Heating Plant with a Seasonal
Storage (CSHPSS) at Heumatt, Zürich Seebach
Analysis and design by dynamic system simulations**

COMMITTENTE ZHW – Zürcher Hochschule Winterthur
Postfach 805
CH – 8401 Winterthur

ESTENSORE RAPPORTO Dr. Daniel Pahud, SUPSI – DACD – LEEE

LUOGO E DATA Lugano/Trevano, 3 ottobre 2003
Heumatt-final-report.doc

Table of content

1. Introduction and objective of the study	3
2. System layout and control strategy	4
3. Variant “Hochhaus”	8
4. Variant “Hochhaus + Kurzhaus”	17
5. Rules of thumb for sizing the Heumatt CSHPSS.....	26
6. Optimal system design and sensitivity to some parameters.....	27
7. References.....	37

1. Introduction and objective of the study

In the Heumatt area (Zurich Seebach), three buildings of flats will be retrofitted (Hochhaus, Kurzhaus and Langhaus). In the framework of this project, a Central Solar Heating Plant with a Seasonal Storage (CSHPSS) is studied with the objective to halve the remaining heating demand.

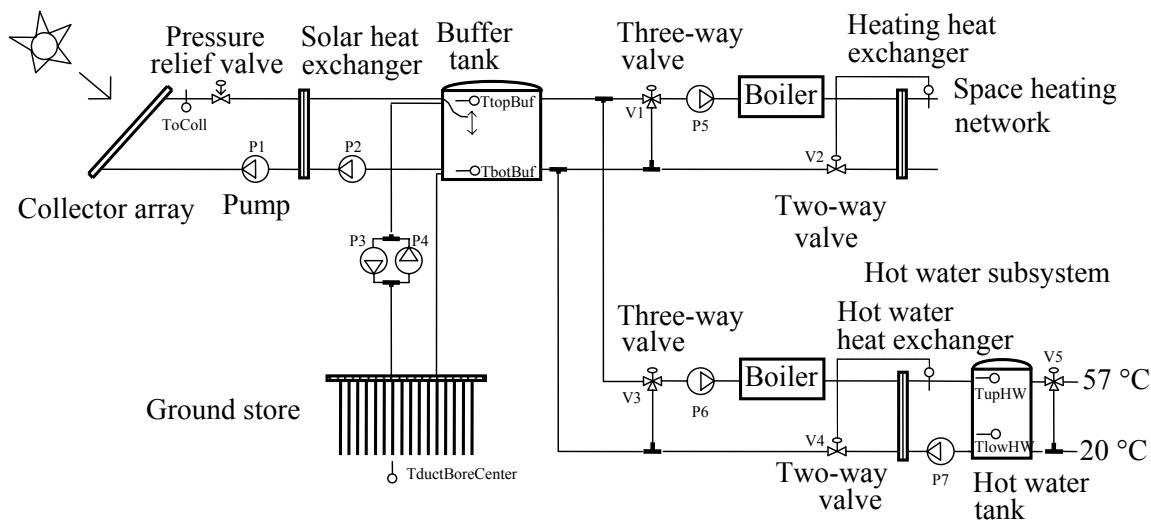
This report gives a synthesis of the main results obtained during the course of the Heumatt CSHPSS's system analysis and study. The results are presented from the most recent to the early ones.

The main objective of the study is to establish a dynamic model the whole system and simulate the thermal performances to optimally size the main components.

The system design and control strategy is explained in chapter 2. Chapters 3 and 4 contain the CSHPSS design results and thermal performances of the variant "Hochhaus" and "Hochhaus + Kurzhaus" for a solar fraction of 50%. Thumb of rules are given in chapter 5, based on the two previous variants (chapter 3 and 4). Finally, chapter 6 presents the optimization results performed on the largest variant (Hochhaus + Kurzhaus + Langhaus). Sensitivities to some parameters are also shown.

2. System layout and control strategy

The system layout is shown in figure 2.1. All the main subsystems (the collector array, the ground store, the space heating heat distribution and the hot water distribution) are connected to the water buffer store. In this way each subsystems can be operated independently with optimum conditions. This also make the system control simpler and easier to understand and implement. For simplification, only one collector subsystem and one hot water subsystem are represented. The collector subsystem is comprised of the collector array, the solar heat exchanger, the pressure relief valve and the pump P1. The hot water subsystem is comprised of the hot water tank, the hot water heat exchanger, the two-way valve V4 and the pump P7. The collector and hot water subsystems are decentralised and several of those can be connected in parallel, depending on the number of houses or block of houses which have a collector array and a hot water subsystem. In practice, hot water is prepared at the place where it is used. The system layout corresponds to a system with a 6-pipes heat distribution network (2 for the collector arrays, 2 for space heating and 2 for hot water).



TtopBuf:	fluid temperature at the top of the buffer tank
TbotBuf:	fluid temperature at the bottom of the buffer tank
TductBoreCenter:	ground temperature in the immediate vicinity of a borehole at the centre of the ground store
ToColl:	outlet fluid temperature from the collector array
TductIn:	inlet fluid temperature in the ground heat exchanger
TductOut:	outlet fluid temperature from the ground heat exchanger
TupHW:	water temperature of the hot water tank at 70% of its height
TlowHW:	water temperature of the hot water tank at 15% of its height

Figure 2.1: Layout and temperature sensors for system control

Collector array control

An on/off controller with dead-band temperature differences controls the two pumps of the collector subsystem. Two fluid temperatures are compared. The collector fluid temperature at the outlet pipe position and the water temperature at the bottom of the buffer store are chosen. The flow rate in the collectors is set to a constant value ($0.007 \text{ kg/s per m}^2$ of collector area) when available solar gains are collected. The flow rate on the buffer side of the solar heat exchanger is set to the same value when solar heat can be transferred to the buffer store. A pressure relief valve limits the outlet fluid temperature from the solar collectors to 100°C . The pipe position of the entering water in the buffer store is variable. The pipe position is adjusted so that the local buffer store temperature and the incoming water temperature are as close as possible. In other terms, a stratified charge of the buffer store is performed.

- ON/OFF controller for the collector pumps P1 and P2:
 $TH = T_{\text{Coll}}$ $(TH - TL) > 14 \text{ K}$ \Rightarrow collector pumps P1 and P2 ON
 $TL = T_{\text{botBuf}}$ $(TH - TL) < 2 \text{ K}$ \Rightarrow collector pumps P1 and P2 OFF
- Constant flow rate for the P1 and P2 pumps:
 $\text{flow} = 0.007 (\text{kg/m}^2\text{s}) \times \text{COAREA} (\text{m}^2) \times 3600 (\text{s/h})$
 COAREA is the collector area.
- Stratified charge of the buffer store:
 variable inlet pipe position of the collector flow circuit. The fluid enters the buffer store at the level where the store temperature is the closest to the incoming fluid temperature.

Ground store control

The operation of the two ground store pumps is controlled with on/off controllers. Only one pump can be run at a time, depending on the loading or unloading operation mode of the ground store. The flow rate is adjusted to preserve as much as possible the vertical temperature stratification in the buffer store. In the loading mode, heat is transferred from the buffer store to the ground store. Water is taken at the top of the buffer store, pushed through the ground heat exchanger and re-enters at the bottom of the buffer store. In the unloading mode, the other pump is used, resulting in reverse fluid circulation. In this operation mode, heat is transferred from the ground store to the buffer store.

Ground store loading mode

Two ON/OFF controllers are used. The pump is operated only if the two controls are ON.

- First ON/OFF controller for the ground store loading pump P3:
 $TH = T_{\text{topBuf}}$ $(TH - TL) > 5 \text{ K}$ \Rightarrow ground loading pump ON
 $TL = T_{\text{ductBoreCenter}}$ $(TH - TL) < 1 \text{ K}$ \Rightarrow ground loading pump OFF
- Second ON/OFF controller for the ground store loading pump P3:
 $TH = T_{\text{topBuf}}$ $(TH - TL) > 2 \text{ K}$ \Rightarrow ground loading pump ON
 $TL = 60^\circ\text{C}$ $(TH - TL) < 0 \text{ K}$ \Rightarrow ground loading pump OFF

- Variable flow rate control
 $T_{ductOut} = T_{botBuf}$, but with the following three constraints:
 - $dT_{in-out} = T_{ductIn} - T_{ductOut} \geq 3 \text{ K}$
 - IF $flow\ rate < flow\ min$ THEN $flow\ rate = 0 \text{ kg/h}$ (pump OFF)
 $flow\ min = 100 \text{ kg/h}$
 - IF $flow\ rate > flow\ max$ THEN $flow\ rate = flow\ max$
 $flow\ max = 0.007 \text{ (kg/m}^2\text{s)} \times COAREA \text{ (m}^2\text{)} \times 3600 \text{ (s/h)}$
 $COAREA$: total collector area
 as a result, $T_{ductOut} \leq T_{botBuf}$ when the pump is ON.

Ground store unloading mode

Only one ON/OFF controller is used.

- ON/OFF controller for the ground store unloading pump P4
 $TH = T_{ductBoreCenter}$ $(TH - TL) > 1 \text{ K} \quad \Rightarrow$ ground unloading pump ON
 $TL = T_{topBuf}$ $(TH - TL) < 0 \text{ K} \quad \Rightarrow$ ground unloading pump OFF
- Variable flow rate control
 $T_{ductOut} = T_{topBuf}$, but with the following three constraints:
 - $dT_{out-in} = T_{ductOut} - T_{ductIn} \geq 3 \text{ K}$
 - IF $flow\ rate < flow\ min$ THEN $flow\ rate = 0 \text{ kg/h}$ (pump OFF)
 $flow\ min = 100 \text{ kg/h}$
 - IF $flow\ rate > flow\ max$ THEN $flow\ rate = flow\ max$
 $flow\ max = 0.007 \text{ (kg/m}^2\text{s)} \times COAREA \text{ (m}^2\text{)} \times 3600 \text{ (s/h)}$
 $COAREA$: total collector area
 as a result, $T_{ductOut} \geq T_{topBuf}$ when the pump is ON.

Heat distribution control

Space heating energy and hot water energy are delivered by two separate distribution networks which are directly connected to the buffer store. The following description is valid for each distribution network. The three-way valve permits the disconnection of the heat distribution subsystem from the solar part of the system, when the fluid temperature at the top of the buffer store is lower than the return fluid temperature from the heat exchanger. The inlet temperature on the primary side of the heat exchanger can not fall below a value which is shifted by some Kelvins (set to 5K) relative to the requested outlet fluid temperature on the secondary side. If necessary, the boiler is used to raise the fluid temperature to the desired value. The heat exchanger is a counter-flow heat exchanger whose UA-value depends on the maximum heat rate to be transferred and also on the above mentioned temperature shift. The two-way valve, controlled by the forward fluid temperature on the secondary side of the heat exchanger, reduces the flow rate on the primary side as much as possible, thus making the lowest return fluid temperature to the buffer store possible. The maximum flow rate on the primary side of the heat exchanger must be greater than the maximum value on the secondary side. The pump is switched off if the heat demand is null.

Space heating heat distribution

- Space heating boiler
If necessary, the boiler raises the incoming fluid temperature from pump P5 to $(T_{set} + 5K)$. T_{set} is the desired forward fluid temperature in the space heating distribution network. T_{set} depend on the outdoor air temperature.
- Space heating flow rate control on the primary side
The flow rate is adjusted by the two-way valve so that the forward fluid temperature in the distribution network corresponds to T_{set} .

Hot water heat distribution

- Hot water boiler
If necessary, the boiler raises the incoming fluid temperature from pump P6 to $(57^{\circ}\text{C} + 5K = 62^{\circ}\text{C})$.

Each hot water subsystem comprises a hot water heat exchanger, a hot water tank, a pump (P7), a two-way valve (V4) and a three-way valve (V5). This latter ensures that the distributed hot water temperature does not exceed 57°C . It could be avoided in practice, as the water temperature in the hot water tank is already controlled (58°C). Only one hot water subsystem is simulated.

- Variable flow rate control on the primary side
The flow rate is adjusted by the two-way valve (V4) so that the outlet fluid temperature on the secondary side of the heat exchanger is equal to 58°C .
- Flow rate control on the secondary side (pump P7)
The flow rate may have two values. The low value corresponds, with a temperature difference of hot and cold water of $37K$ ($57^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}$), to the average heat rate required for the heating of hot water during the year. The high flow rate value is set to twice the low value.

The flow rate is controlled by two temperature sensors in the hot water tank (T_{upHW} and T_{lowHW}). T_{upHW} and T_{lowHW} are water temperatures measured at respectively 70% and 15% of the tank height.

The flow rate control is performed as shown in figure 2.2.

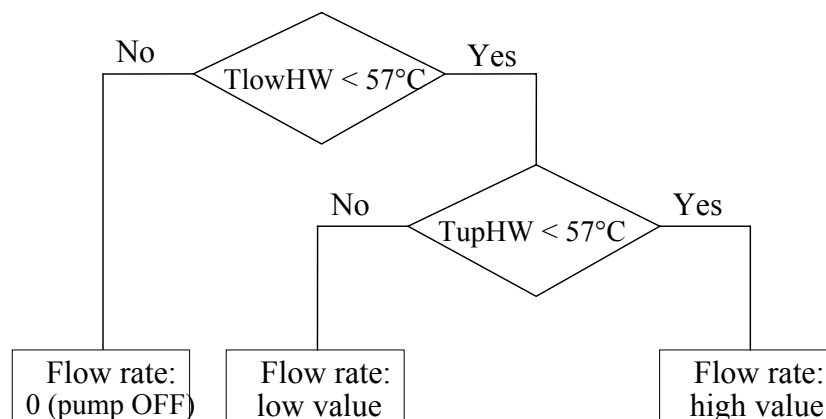


Figure 2.2: Schematic presentation of the procedure followed for the control of the pump P7

3. Variant “Hochhaus”

The CSHPSS is designed for the “Hochhaus” alone. The annual heating demand amounts to only **406 MWh/year** (64% space heating and 36% domestic hot water). The buffer store volume has an optimal value if comprised between 60 to 100 litres per square meter of collector area (see chapter 6). A value of 80 litre/m² is fixed. Losses in the collector array pipe connections is taken into account with an additional value added to the collector loss factor. Losses in the distribution system are estimated to be 1% of the annual heat distributed and is included in the heat load. The pipe connection losses between the buffer water store and the seasonal ground store are simulated with two pipe components. All the system parameters are listed at the end of this chapter. An optimal system that fulfill the following conditions is simulated.

OPTIMUM DESIGN REQUIREMENTS

The optimum system dimensions have to meet the following requirements:

- Solar fraction of at least 50%
- Maximum inlet fluid temperature in buffer store < 95 °C
- Maximum ground temperature in the centre part of the ground store < 75°C

The pipe arrangement in the ground store is rectangular and fixed to 0.35 x 0.7m. With this setting, the second condition is always met if the third one is met. The third condition is necessary for a long life time of the pipes in the ground store. It imposes a minimum ground store volume to be fulfilled. It is also an advantage for the collector array which will never overheat during normal operation.

COST DATA

SUBSYSTEM COST	Parameter value
Solar collectors	610 CHF/m ²
Buffer store	710 CHF/m ³
Ground store	120 CHF/m ³

Annuity factor for collector subsystem: **0.10** (life time of 25 years)

Annuity factor for the two storages: **0.09** (life time of 40 years)

PARAMETER VARIATION

The scaling factor for the parameter variation is the collector area.

- collector area (absorber area): 700 – 800 – 900 m²
- ground store: 4 – 4.5 – 5 m³/m²

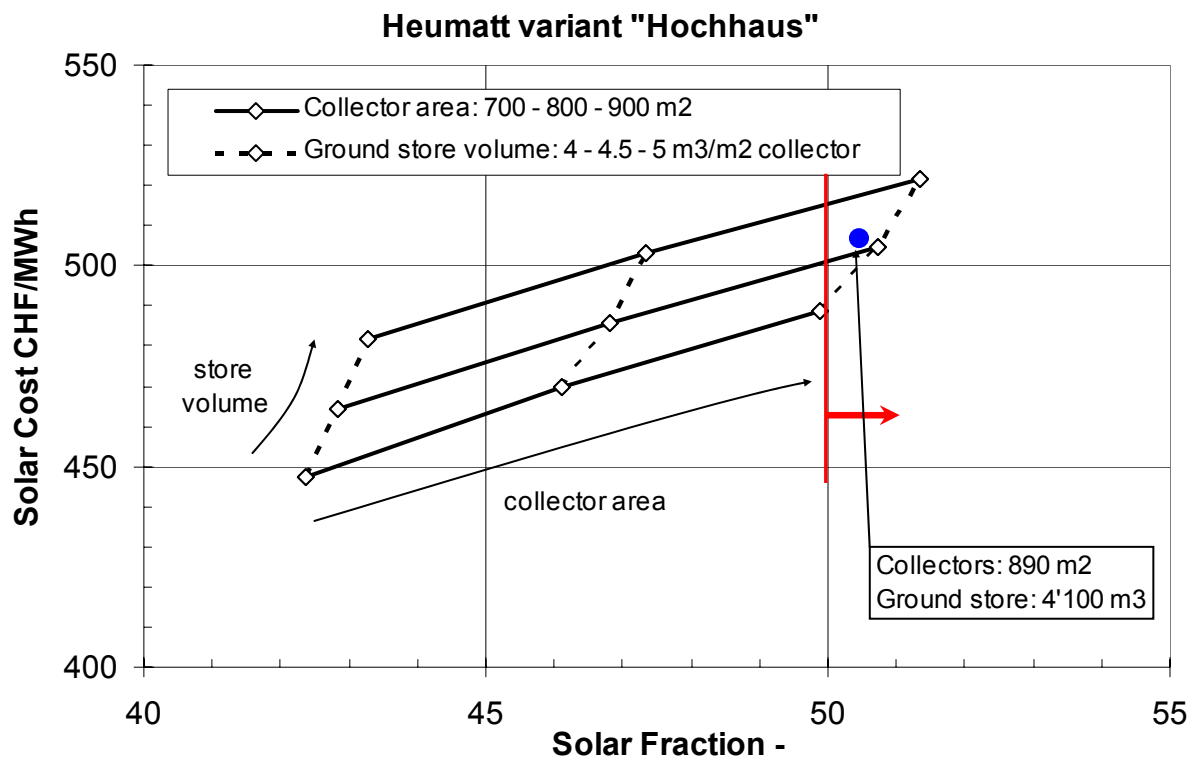


Figure 3.1: Solar cost of the simulated systems in relation to the solar fraction for the "Hochhaus" variant

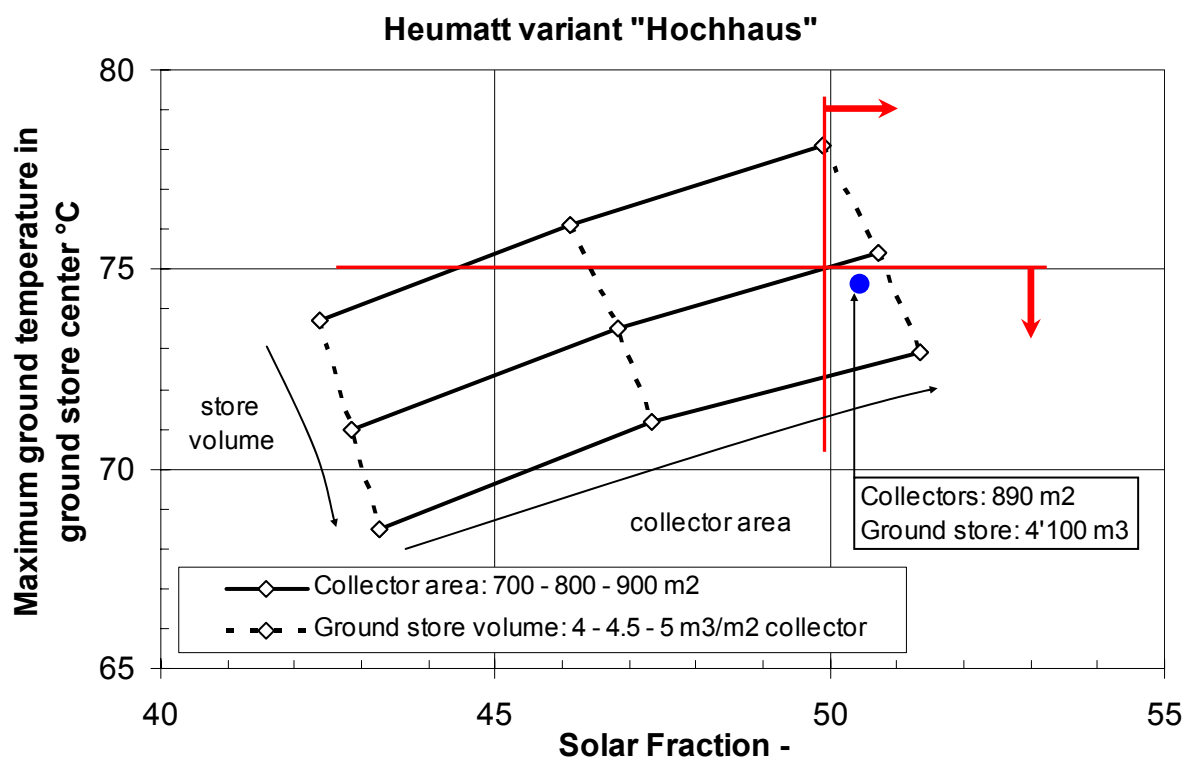


Figure 3.2: Maximum ground temperature in ground store center of the simulated systems in relation to the solar fraction for the "Hochhaus" variant.

An system that fulfils the requirements is shown with the circle on the two previous graphs. The system dimensions and performances are:

- | | | |
|--|----------------------|-------------------------------------|
| • Collector area | 890 m ² | 2.2 m ² /MWh annual load |
| • Buffer store volume | 71 m ³ | 80 litre/m ² |
| • Ground store volume | 4'100 m ³ | 4.6 m ³ /m ² |
| • Ground store vertical extension | 8.4 m | |
| • Total pipe length | 17'000 m | 18.8 m/m ² |
| | | |
| • Solar fraction | 50.5 % | |
| • Annual solar heat | 205 MWh | |
| • Solar cost | 506 CHF/MWh | |
| | | |
| • Ground store cost | 496 kCHF | 45 % |
| • Buffer cost | 51 kCHF | 5 % |
| • Collector cost | 543 kCHF | 50 % |
| • Total cost | 1'090 kCHF | 100 % |
| | | |
| • Ground store fraction (the 12 th year of operation) | | 22 % |
| • Buffer store fraction (the 12 th year of operation) | | 29 % |
| | | |
| • Annual solar collector efficiency | | 33 % |
| • Annual ground store efficiency | | 54 % |

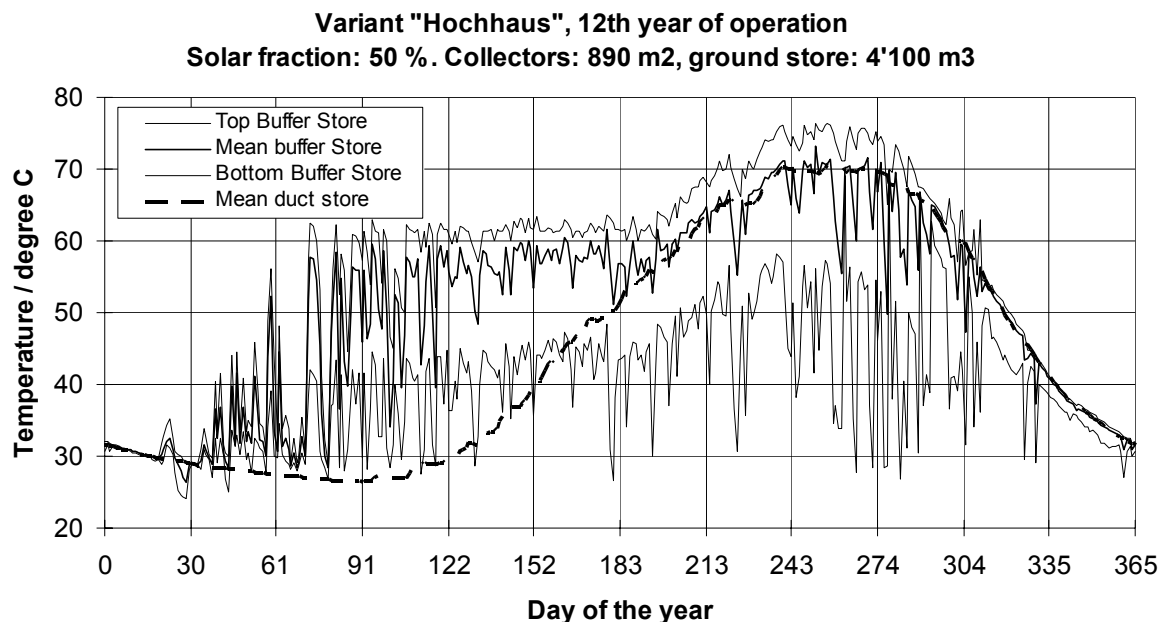


Figure 3.3: Evolution of the stores' temperatures for the "Hochhaus" variant.

SYSTEM PARAMETERS FOR THE “HOCHHAUS” VARIANT

Hochhaus, annual heat demand: 406 MWh/year, 64% space heating, 36% hot water, including 1% distribution losses

WEATHER DATA AND COLLECTOR ARRAY:			Parameter value
Location: Opfikon	latitude		47.3°
	altitude		450 m
	Swiss coordinate X		686 km
	Swiss coordinate Y		254 km
Horizon	constant		22°
Collector plane:	azimuth		30° West
	slope		22°
Monthly outside air temperature and global radiation in collector plane (with horizon), as calculated with Meteonorm (version 4.0)			
January	-0.1 °C	18 kWh/m ²	
February	0.3 °C	45 kWh/m ²	
March	4.7 °C	84 kWh/m ²	
April	8.0 °C	110 kWh/m ²	
May	12.6 °C	142 kWh/m ²	
June	15.5 °C	147 kWh/m ²	
July	18.8 °C	166 kWh/m ²	
August	18.1 °C	144 kWh/m ²	
September	14.4 °C	102 kWh/m ²	
October	9.7 °C	58 kWh/m ²	
November	4.0 °C	21 kWh/m ²	
December	1.4 °C	11 kWh/m ²	
Year	9.0 °C	1'048 kWh/m ²	
Collector type			Cobra Soltop (LTS 436)
Total area (referred to the absorber area): (m ²)			800 ?
Average transmittance-absorptance product: (-)			0.83
Overall loss coefficient (W/m ² K) collector ⁽¹⁾			3.69
(W/m ² K) pipe connections ⁽²⁾			0.24
Quadratic dependence of loss coefficient (W/m ² K ²)			0.009
Heat capacity (kJ/m ² K) collector			7
(kJ/m ² K) pipe connections ⁽³⁾			10
Incidence angle modifier (-) (bo in 1 - bo (1/cosθ - 1)) ⁽⁴⁾			0.1
Specific mass flow rate (kg/sec /m ² of collector area)			0.007
Heat carrier fluid in collectors: density: kg/m ³			1'050
specific heat: kJ/kgK			3.8

⁽¹⁾ local value of the collector loss coefficient. If we assume a constant loss coefficient, the overall loss coefficient is equal to F'UL and the average transmittance-absorptance product to F'(τα)_n

⁽²⁾ estimated for an average distance of 150 m from the collector fields to buffer store, average pipe loss factor of 0.4 W/mK and a collector field of 500 m².

⁽³⁾ estimated for an average distance of 150 m from the collector fields to buffer store, a fluid velocity of about 1 m/s in the steel connecting pipes and a collector field of 500 m².

⁽⁴⁾ bo is adjusted so that IAM = 0.94 for θ = 50°

Hochhaus, annual heat demand: 406 MWh/year

SHORT-TERM WATER BUFFER STORE:	Parameter value
Unloading controller (ground store); temperature difference (return fluid temperature from ground store - buffer store top temperature) pump ON (K)	1
pump OFF (K)	0
Unloading flow rate: variable minimum flow rate (kg/h): maximum flow rate:	100 nominal flow rate in collec- tors
Flow adjusted within given limits so that: T _{ductOut} - T _{ductIn} > 3 K temperature stratification in buffer tank is not destroyed	

GROUND HEAT STORAGE	Parameter value
Volume: (m ³)	4'000 ?
Vertical extension: (m)	8.4
Pipe spacing (m) horizontal spacing x vertical spacing	0.35 x 0.7
Number of 160m long pipes	128
Distance between ground surface and top store: (m)	1
Insulation: location:	top and sides
thermal conductivity λ (W/mK)	0.075
thickness top	0.5 m with $\lambda = 0.075$ W/mK
thickness side	0.4 m with $\lambda = 0.080$ W/mK
equivalent thickness (top and side) with form effect (m) ⁽¹⁾	0.30
location:	bottom
thermal conductivity (W/mK)	0.08
thickness bottom	0.4 m with $\lambda = 0.080$ W/mK
equivalent thickness (bottom) with form effect (m) ⁽¹⁾	0.80
Ground inside the store	
thermal conductivity: (W/mK) ⁽²⁾	1.87
volumetric heat capacity: (MJ/m ³ K)	2.4
Ground outside the store	
thermal conductivity: (W/mK)	2.9
volumetric heat capacity: (MJ/m ³ K)	2.2
Initial store and ground temperature: (°C)	10
Ground heat exchanger:	
heat carrier fluid:	water
pipe material	PEXC⁽⁴⁾
pipe outer diameter (mm)	20
thermal resistance from fluid to earth: (K/(W/m)) ⁽³⁾	0.15

⁽¹⁾ takes into account the form difference (and thus surface envelope) of the real storage with the simulated one (vertical cylinder). The form of the real storage is, for the first 2.4 m depth, a pyramid trunk with a slope of 45°. It lays on top of an inverted pyramid trunk (with a slope of 45°) for the remaining 6 m of the store vertical extension).

⁽²⁾ ground thermal conductivity of 2 W/mK in storage volume. The corrected value of 1.87 W/mK takes into account the rectangular arrangement of the pipes in the real store (0.35 x 0.7m).

⁽³⁾ conservative value only if Reynold number greater than 2300.

⁽⁴⁾ thermal conductivity of the pipe material (polyethylene XC): 0.35 W/mK.

Hochhaus, annual heat demand: 406 MWh/year, 64% space heating, 36% hot water, including 1% distribution losses

PIPES BETWEEN BUFFER STORE AND GROUND STORE	Parameter value
Connexion distance between buffer and ground store (m)	160
Internal diameter of one pipe (m) ⁽¹⁾	0.11
Loss factor of one pipe (W/K per linear m)	0.3
Ground temperature around pipes: sinusoidal temperature variation of period 1 year that is calculated for a depth of 1 meter from the ground surface .	2.4 °C Februar 15.6 °C August

⁽¹⁾ allows a flow rate of 29 m³/h that could be obtained with 1'200 m² of collector area and a fluid velocity inferior to 1 m/s in the connecting pipes.

LOAD SUBSYSTEMS	Parameter value
<u>Space heating distribution:</u>	
Variable flow rate component:	
maximum flow rate (kg/h):	6'000
(maximum flow rate in the space heating distribution network)	
Inlet fluid temperature, hot side: (boiler used if necessary). Temperature difference with the prescribed forward fluid temperature in distribution network (cold side of heat exchanger) (K)	+5
Load heat exchanger: (counter-flow)	
UA-value per annual MWh heat load (W/K /MWh)	130
<u>Hot water distribution:</u>	
Variable flow rate component:	
maximum flow rate (kg/h):	4'000
(maximum flow rate in the hot water distribution network)	
Inlet fluid temperature, hot side: (boiler used if necessary). Temperature difference with the prescribed forward fluid temperature in distribution network (cold side of heat exchanger) (K)	+5
Hot water heat exchanger: (counter-flow)	
UA-value per annual MWh hot water load (W/K /MWh)	70
Hot water tank (m ³ /(MWh/an))	0.007
Hot water pump: controlled by top and bottom water temperatures in hot water tank	recharge of water tank with a low flow during a long time

Hochhaus, annual heat demand: 406 MWh/year, 64% space heating, 36% hot water, including 1% distribution losses

Space heating heat demand

The forward and return fluid temperature in the distribution network are determined in relation to the outdoor air temperature. They are specified for two different outdoor air temperatures (T_{aCold} and T_{aFcte}). They are interpolated in-between with a straight line (see Pahud, 1996, p. 67). The temperature loss from the central station to the house sub-station is assumed to be 3 K when $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ outside and decreases linearly to 0 K when $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ outside. The temperature loss is thus 0.9 K when it is $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ outside.

1. T_{aCold} : outdoor air temperature below which the forward and return fluid temperatures in the distribution network are constant [$^{\circ}\text{C}$]
2. T_{aCold} : **$-8\text{ }^{\circ}\text{C}$**
3. T_{fCold} : forward fluid temperature corresponding to T_{aCold} [$^{\circ}\text{C}$]
 T_{fCold} : **$53\text{ }^{\circ}\text{C}$** ($50\text{ }^{\circ}\text{C}$ in house sub-station)
4. T_{rCold} : return fluid temperature corresponding to T_{aCold} [$^{\circ}\text{C}$]
 T_{rCold} : **$34.5\text{ }^{\circ}\text{C}$**
5. T_{aFcte} : outdoor air temperature over which the forward fluid temperature is constant [$^{\circ}\text{C}$]
 T_{aFcte} : **$12\text{ }^{\circ}\text{C}$**
6. T_{fFcte} : forward fluid temperature corresponding to T_{aFcte} [$^{\circ}\text{C}$]
 T_{fFcte} : **$32.4\text{ }^{\circ}\text{C}$** ($31.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ in house sub-station)
7. T_{rFcte} : return fluid temperature corresponding to T_{aFcte} [$^{\circ}\text{C}$]
 T_{rFcte} : **$26\text{ }^{\circ}\text{C}$**
8. T_{aRhot} : outdoor air temperature over which the return fluid temperature is constant [$^{\circ}\text{C}$]
 T_{aRhot} : **-**
9. T_{rRhot} : return fluid temperature corresponding to T_{aRhot} [$^{\circ}\text{C}$]
 T_{rRhot} : **-**

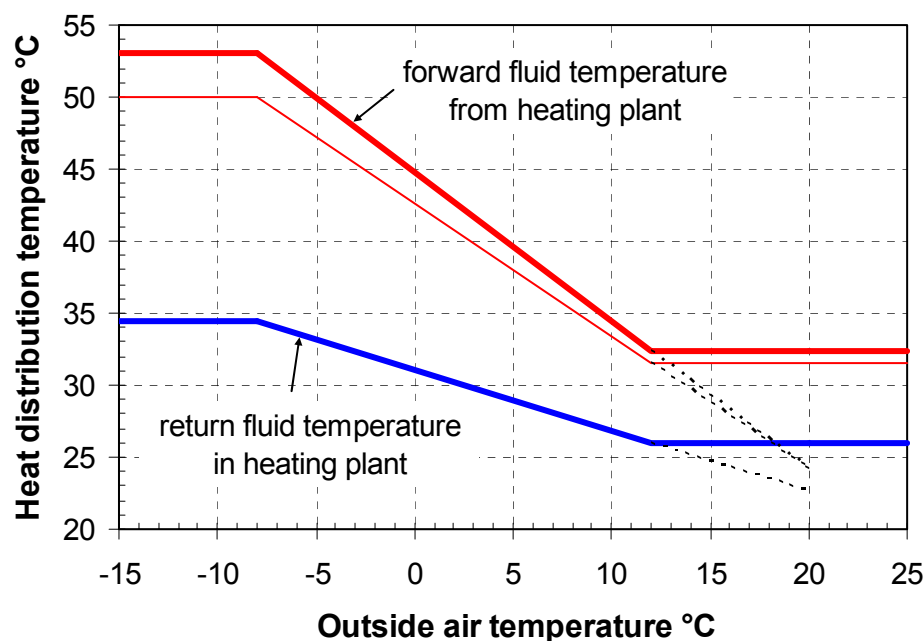


Figure 3.4: Forward and return fluid temperatures in the space heating distribution.

Total annual energy demand for heating:

258 MWh		(261 MWh with 1% heat distribution losses)	
Monthly heat demand:		Monthly outside temp.	Global horizontal (horizon)
January:	60 MWh	-0.1 °C	19 kWh/m ²
February:	43 MWh	0.3 °C	34 kWh/m ²
March:	34 MWh	4.7 °C	72 kWh/m ²
April:	11 MWh	8.0 °C	103 kWh/m ²
May:	1 MWh	12.6 °C	135 kWh/m ²
June:	0 MWh	15.5 °C	143 kWh/m ²
July:	0 MWh	18.8 °C	158 kWh/m ²
August:	0 MWh	18.1 °C	132 kWh/m ²
September:	0 MWh	14.4 °C	89 kWh/m ²
October:	12 MWh	9.7 °C	48 kWh/m ²
November:	37 MWh	4.0 °C	20 kWh/m ²
December:	60 MWh	1.4 °C	14 kWh/m ²
		Year: 9.0 °C	964 kWh/m ²

Hot water heat demand

Return cold water temperature: **20 °C**
 Hot water temperature: **57 °C** (55 °C in house sub-station)

Total annual energy demand for hot water:

143 MWh **(145 MWh with 1% heat distribution losses)**

4. Variant “Hochhaus + Kurzhaus”

The CSHPSS is designed for the two buildings “Hochhaus” and “Kurzhaus”. The annual heating demand amounts to **652 MWh/year** (66% space heating and 34% domestic hot water). The buffer store volume has an optimal value if comprised between 60 to 100 litres per square meter of collector area (see chapter 6). A value of 80 litre/m² is fixed. Losses in the collector array pipe connections is taken into account with an additional value added to the collector loss factor. Losses in the distribution system are estimated to be 1% of the annual heat distributed and is included in the heat load. The pipe connection losses between the buffer water store and the seasonal ground store are simulated with two pipe components. All the system parameters are listed at the end of this chapter. An optimal system that fulfill the following conditions is simulated.

OPTIMUM DESIGN REQUIREMENTS

The optimum system dimensions have to meet the following requirements:

- Solar fraction of at least 50%
- Maximum inlet fluid temperature in buffer store < 95 °C
- Maximum ground temperature in the centre part of the ground store < 75°C

The pipe arrangement in the ground store is rectangular and fixed to 0.35 x 0.7m. With this setting, the second condition is always met if the third one is met. The third condition is necessary for a long life time of the pipes in the ground store. It imposes a minimum ground store volume to be fulfilled. It is also an advantage for the collector array which will never overheat during normal operation.

COST DATA

SUBSYSTEM COST	Parameter value
Solar collectors	610 CHF/m ²
Buffer store	710 CHF/m ³
Ground store	120 CHF/m ³

Annuity factor for collector subsystem: **0.10** (life time of 25 years)

Annuity factor for the two storages: **0.09** (life time of 40 years)

PARAMETER VARIATION

The scaling factor for the parameter variation is the collector area.

- collector area (absorber area): 1'100 – 1'200 – 1'300 – 1'400 m²
- ground store: 4 – 4.5 – 5 m³/m²

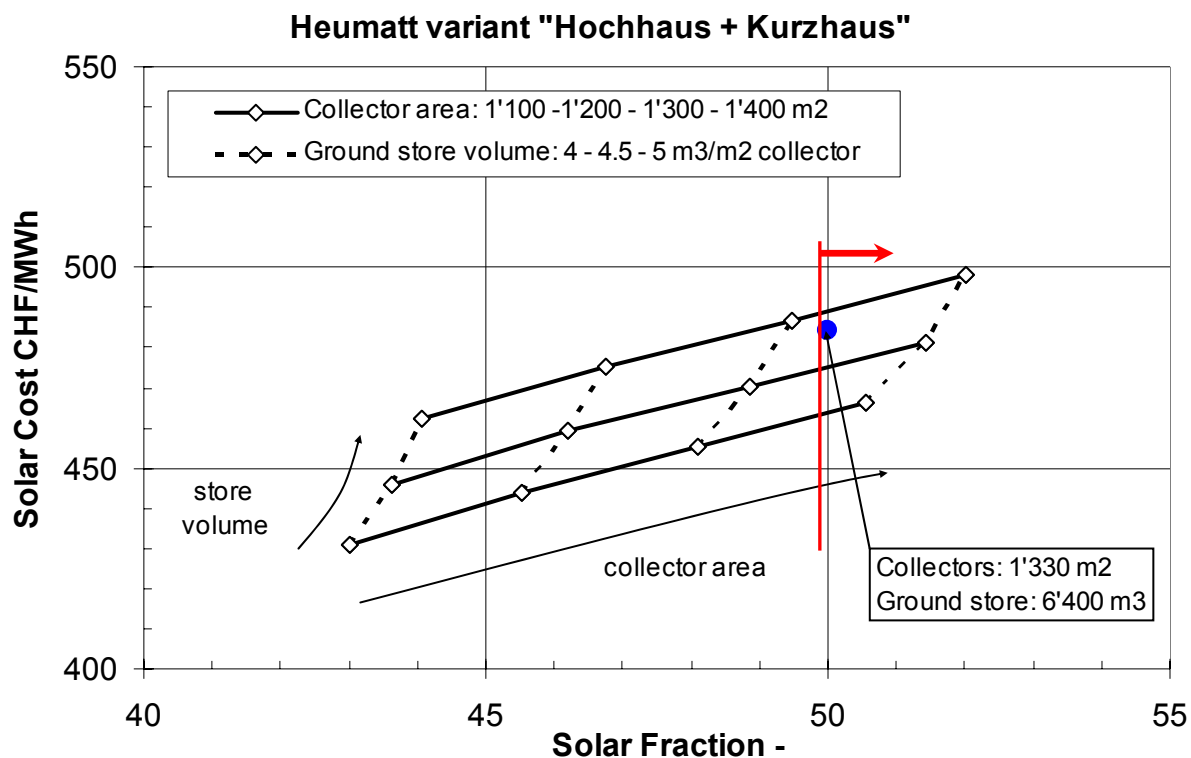


Figure 4.1: Solar cost of the simulated systems in relation to the solar fraction for the "Hochhaus + Kurzhaus" variant.

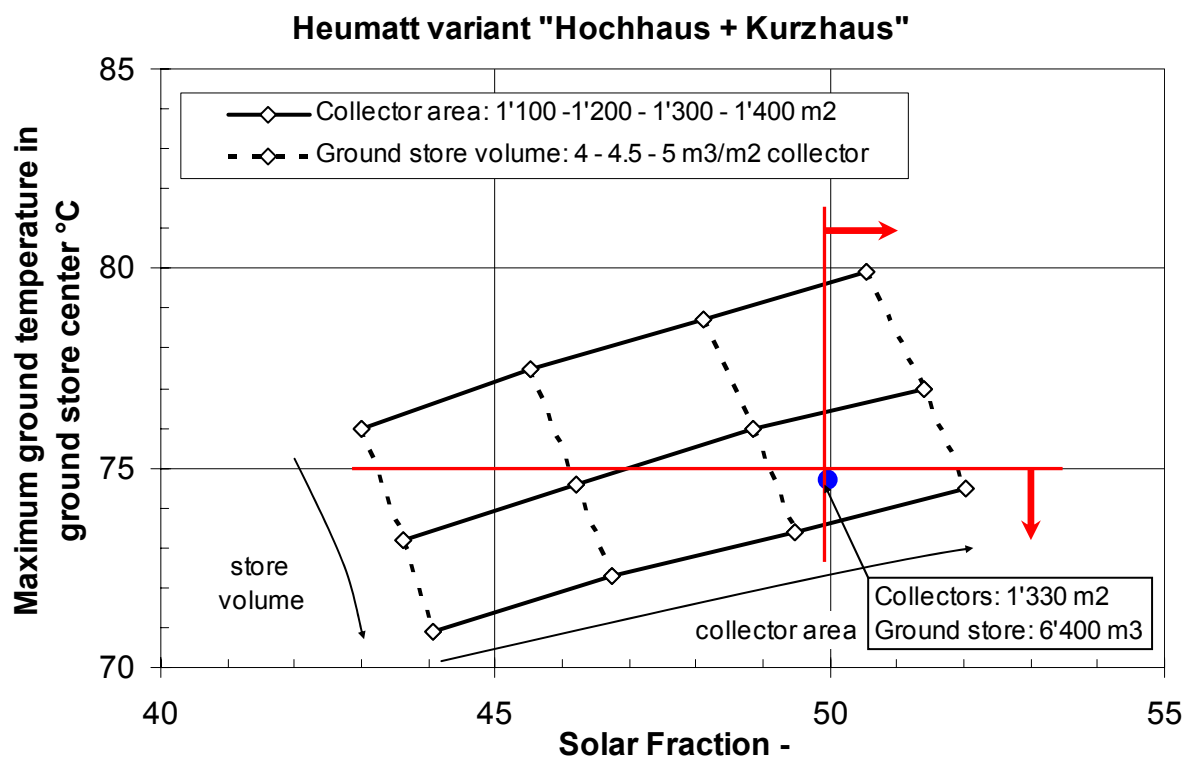


Figure 4.2: Maximum ground temperature in ground store center of the simulated systems in relation to the solar fraction for the "Hochhaus + Kurzhaus" variant.

An system that fulfils the requirements is shown with the circle on the two previous graphs. The system dimensions and performances are:

• Collector area	1'330 m ²	2.0 m ² /MWh annual load
• Buffer store volume	106 m ³	80 litre/m ²
• Ground store volume	6400 m ³	4.8 m ³ /m ²
• Ground store vertical extension	8.4 m	
• Total pipe length	26'000 m	19.6 m/m ²
• Solar fraction	50.0 %	
• Annual solar heat	326 MWh	
• Solar cost	484 CHF/MWh	
• Ground store cost	775 kCHF	47 %
• Buffer cost	76 kCHF	4 %
• Collector cost	810 kCHF	49 %
• Total cost	1'660 kCHF	100 %
• Ground store fraction (the 12 th year of operation)		22 %
• Buffer store fraction (the 12 th year of operation)		28 %
• Annual solar collector efficiency		33 %
• Annual ground store efficiency		58 %

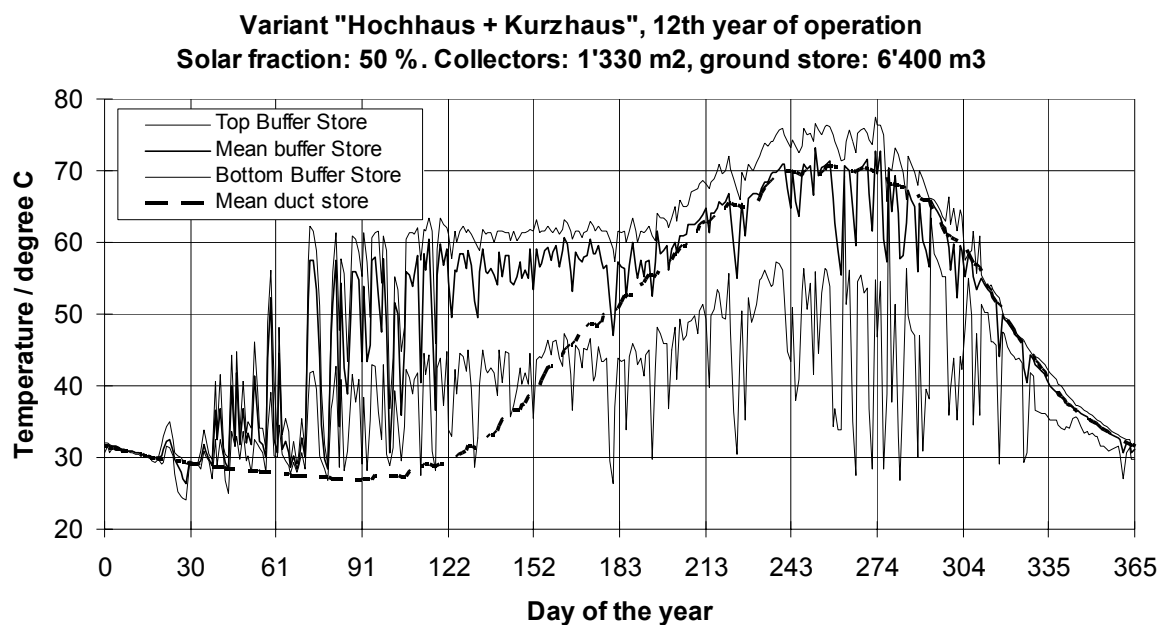


Figure 4.3: Evolution of the stores' temperatures for the "Hochhaus + Kurzhaus" variant.

SYSTEM PARAMETERS FOR THE “HOCHHAUS + KURZHAUS” VARIANT

Hochhaus + Kurzhaus, annual heat demand: 652 MWh/year, 66% space heating, 34% hot water, including 1% distribution losses

WEATHER DATA AND COLLECTOR ARRAY:			Parameter value
Location: Opfikon	latitude		47.3°
	altitude		450 m
	Swiss coordinate X		686 km
	Swiss coordinate Y		254 km
Horizon	constant		22°
Collector plane:	azimuth		30° West
	slope		22°
Monthly outside air temperature and global radiation in collector plane (with horizon), as calculated with Meteonorm (version 4.0)			
January	-0.1 °C	18 kWh/m ²	
February	0.3 °C	45 kWh/m ²	
March	4.7 °C	84 kWh/m ²	
April	8.0 °C	110 kWh/m ²	
May	12.6 °C	142 kWh/m ²	
June	15.5 °C	147 kWh/m ²	
July	18.8 °C	166 kWh/m ²	
August	18.1 °C	144 kWh/m ²	
September	14.4 °C	102 kWh/m ²	
October	9.7 °C	58 kWh/m ²	
November	4.0 °C	21 kWh/m ²	
December	1.4 °C	11 kWh/m ²	
Year	9.0 °C	1'048 kWh/m ²	
Collector type			Cobra Soltop (LTS 436)
Total area (referred to the absorber area): (m ²)			1'300 ?
Average transmittance-absorptance product: (-)			0.83
Overall loss coefficient (W/m ² K) collector ⁽¹⁾			3.69
(W/m ² K) pipe connections ⁽²⁾			0.24
Quadratic dependence of loss coefficient (W/m ² K ²)			0.009
Heat capacity (kJ/m ² K) collector			7
(kJ/m ² K) pipe connections ⁽³⁾			10
Incidence angle modifier (-) (bo in 1 - bo (1/cosθ - 1)) ⁽⁴⁾			0.1
Specific mass flow rate (kg/sec /m ² of collector area)			0.007
Heat carrier fluid in collectors:	density: kg/m ³		1'050
	specific heat: kJ/kgK		3.8

⁽¹⁾ local value of the collector loss coefficient. If we assume a constant loss coefficient, the overall loss coefficient is equal to F'UL and the average transmittance-absorptance product to F'(τα)_n

⁽²⁾ estimated for an average distance of 150 m from the collector fields to buffer store, average pipe loss factor of 0.4 W/mK and a collector field of 500 m².

⁽³⁾ estimated for an average distance of 150 m from the collector fields to buffer store, a fluid velocity of about 1 m/s in the steel connecting pipes and a collector field of 500 m².

⁽⁴⁾ bo is adjusted so that IAM = 0.94 for θ = 50°

Hochhaus + Kurzhaus, annual heat demand: 652 MWh/year

SHORT-TERM WATER BUFFER STORE:	Parameter value
Unloading controller (ground store); temperature difference (return fluid temperature from ground store - buffer store top temperature) pump ON (K)	1
pump OFF (K)	0
Unloading flow rate: variable minimum flow rate (kg/h): maximum flow rate:	100 nominal flow rate in collec- tors
Flow adjusted within given limits so that: T _{ductOut} - T _{ductIn} > 3 K temperature stratification in buffer tank is not destroyed	

GROUND HEAT STORAGE	Parameter value
Volume: (m ³)	6'000 ?
Vertical extension: (m)	8.4
Pipe spacing (m) horizontal spacing x vertical spacing	0.35 x 0.7
Number of 160m long pipes	128
Distance between ground surface and top store: (m)	1
Insulation: location:	top and sides
thermal conductivity λ (W/mK)	0.075
thickness top	0.5 m with $\lambda = 0.075$ W/mK
thickness side	0.4 m with $\lambda = 0.080$ W/mK
equivalent thickness (top and side) with form effect (m) ⁽¹⁾	0.30
location:	bottom
thermal conductivity (W/mK)	0.08
thickness bottom	0.4 m with $\lambda = 0.080$ W/mK
equivalent thickness (bottom) with form effect (m) ⁽¹⁾	0.80
Ground inside the store	
thermal conductivity: (W/mK) ⁽²⁾	1.87
volumetric heat capacity: (MJ/m ³ K)	2.4
Ground outside the store	
thermal conductivity: (W/mK)	2.9
volumetric heat capacity: (MJ/m ³ K)	2.2
Initial store and ground temperature: (°C)	10
Ground heat exchanger:	
heat carrier fluid:	water
pipe material	PEXC⁽⁴⁾
pipe outer diameter (mm)	20
thermal resistance from fluid to earth: (K/(W/m)) ⁽³⁾	0.15

⁽¹⁾ takes into account the form difference (and thus surface envelope) of the real storage with the simulated one (vertical cylinder). The form of the real storage is, for the first 2.4 m depth, a pyramid trunk with a slope of 45°. It lays on top of an inverted pyramid trunk (with a slope of 45°) for the remaining 6 m of the store vertical extension).

⁽²⁾ ground thermal conductivity of 2 W/mK in storage volume. The corrected value of 1.87 W/mK takes into account the rectangular arrangement of the pipes in the real store (0.35 x 0.7m).

⁽³⁾ conservative value only if Reynold number greater than 2300.

⁽⁴⁾ thermal conductivity of the pipe material (polyethylene XC): 0.35 W/mK.

Hochhaus + Kurzhaus, annual heat demand: 652 MWh/year, 66% space heating, 34% hot water, including 1% distribution losses

PIPES BETWEEN BUFFER STORE AND GROUND STORE	Parameter value
Connexion distance between buffer and ground store (m)	160
Internal diameter of one pipe (m) ⁽¹⁾	0.11
Loss factor of one pipe (W/K per linear m)	0.3
Ground temperature around pipes: sinusoidal temperature variation of period 1 year that is calculated for a depth of 1 meter from the ground surface .	2.4 °C Februar 15.6 °C August

⁽¹⁾ allows a flow rate of 29 m³/h that could be obtained with 1'200 m² of collector area and a fluid velocity inferior to 1 m/s in the connecting pipes.

LOAD SUBSYSTEMS	Parameter value
<u>Space heating distribution:</u>	
Variable flow rate component:	
maximum flow rate (kg/h):	10'000
(maximum flow rate in the space heating distribution network)	
Inlet fluid temperature, hot side: (boiler used if necessary). Temperature difference with the prescribed forward fluid temperature in distribution network (cold side of heat exchanger) (K)	+5
Load heat exchanger: (counter-flow)	
UA-value per annual MWh heat load (W/K /MWh)	130
<u>Hot water distribution:</u>	
Variable flow rate component:	
maximum flow rate (kg/h):	6'000
(maximum flow rate in the hot water distribution network)	
Inlet fluid temperature, hot side: (boiler used if necessary). Temperature difference with the prescribed forward fluid temperature in distribution network (cold side of heat exchanger) (K)	+5
Hot water heat exchanger: (counter-flow)	
UA-value per annual MWh hot water load (W/K /MWh)	70
Hot water tank (m ³ /(MWh/an))	0.007
Hot water pump: controlled by top and bottom water temperatures in hot water tank	recharge of water tank with a low flow during a long time

Hochhaus + Kurzhaus, annual heat demand: 652 MWh/year, 66% space heating, 34% hot water, including 1% distribution losses

Space heating heat demand

The forward and return fluid temperature in the distribution network are determined in relation to the outdoor air temperature. They are specified for two different outdoor air temperatures (T_{aCold} and T_{aFcte}). They are interpolated in-between with a straight line (see Pahud, 1996, p. 67). The temperature loss from the central station to the house sub-station is assumed to be 3 K when $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ outside and decreases linearly to 0 K when $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ outside. The temperature loss is thus 0.9 K when it is $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ outside.

1. T_{aCold} : outdoor air temperature below which the forward and return fluid temperatures in the distribution network are constant [$^{\circ}\text{C}$]
2. T_{aCold} : **$-8\text{ }^{\circ}\text{C}$**
3. T_{fCold} : forward fluid temperature corresponding to T_{aCold} [$^{\circ}\text{C}$]
 T_{fCold} : **$53\text{ }^{\circ}\text{C}$** ($50\text{ }^{\circ}\text{C}$ in house sub-station)
4. T_{rCold} : return fluid temperature corresponding to T_{aCold} [$^{\circ}\text{C}$]
 T_{rCold} : **$34.5\text{ }^{\circ}\text{C}$**
5. T_{aFcte} : outdoor air temperature over which the forward fluid temperature is constant [$^{\circ}\text{C}$]
 T_{aFcte} : **$12\text{ }^{\circ}\text{C}$**
6. T_{fFcte} : forward fluid temperature corresponding to T_{aFcte} [$^{\circ}\text{C}$]
 T_{fFcte} : **$32.4\text{ }^{\circ}\text{C}$** ($31.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ in house sub-station)
7. T_{rFcte} : return fluid temperature corresponding to T_{aFcte} [$^{\circ}\text{C}$]
 T_{rFcte} : **$26\text{ }^{\circ}\text{C}$**
8. T_{aRhot} : outdoor air temperature over which the return fluid temperature is constant [$^{\circ}\text{C}$]
 T_{aRhot} : **-**
9. T_{rRhot} : return fluid temperature corresponding to T_{aRhot} [$^{\circ}\text{C}$]
 T_{rRhot} : **-**

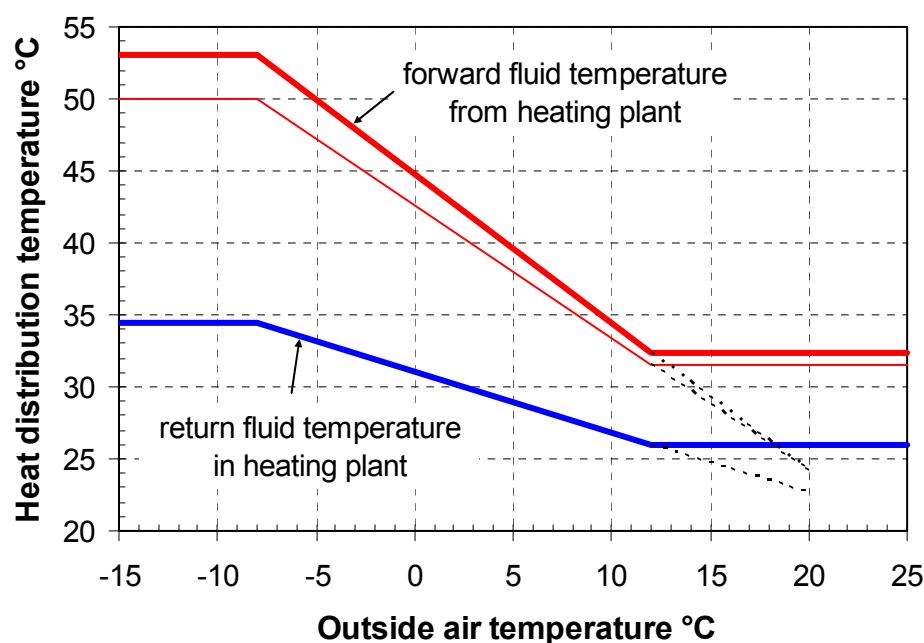


Figure 4.4: Forward and return fluid temperatures in the space heating distribution.

Total annual energy demand for heating:

427 MWh		(432 MWh with 1% heat distribution losses)	
Monthly heat demand:		Monthly outside temp.	Global horizontal (horizon)
January:	96 MWh	-0.1 °C	19 kWh/m ²
February:	71 MWh	0.3 °C	34 kWh/m ²
March:	57 MWh	4.7 °C	72 kWh/m ²
April:	21 MWh	8.0 °C	103 kWh/m ²
May:	3 MWh	12.6 °C	135 kWh/m ²
June:	0 MWh	15.5 °C	143 kWh/m ²
July:	0 MWh	18.8 °C	158 kWh/m ²
August:	0 MWh	18.1 °C	132 kWh/m ²
September:	0 MWh	14.4 °C	89 kWh/m ²
October:	22 MWh	9.7 °C	48 kWh/m ²
November:	61 MWh	4.0 °C	20 kWh/m ²
December:	96 MWh	1.4 °C	14 kWh/m ²
Year:		9.0 °C	964 kWh/m ²

Hot water heat demand

Return cold water temperature: **20 °C**

Hot water temperature: **57 °C** (55 °C in house sub-station)

Total annual energy demand for hot water:

219 MWh **(221 MWh with 1% heat distribution losses)**

5. Rules of thumb for sizing the Heumatt CSHPSS

The system parameters of the two optimal systems found in chapter 3 and 4 can be expressed in terms of annual heating energy unit and collector area unit. They are:

Variant	Hochhaus	Hochhaus + Kurzhaus
Annual heat load	406 MWh	652 MWh
Solar fraction	50 %	50 %
Collector area ⁽¹⁾ per MWh annual load	2.2 m ² /MWh	2.0 m ² /MWh
Buffer store volume per m ² collector area	80 litre/m ²	80 litre/m ²
Ground store volume per m ² collector area	4.6 litre/m ²	4.8 litre/m ²
Total pipe length per m ² collector area	18.8 m/m ²	19.6 m/m ²
Annual solar collector efficiency	33 %	33 %
Annual ground store efficiency	54 %	58 %

⁽¹⁾ absorber area

For another system similar to Heumatt (same heat load with similar temperature levels in the heat distribution, same weather conditions, same solar fraction), these parameters can be used for a quick estimation of the system size. Note that the system thermal performances are improving with a larger system, and consequently change the rules of thumb. The variant “Hochhaus + Kurzhaus + Langhaus”, initially simulated to determine optimal system parameters (see chapter 6), can not be directly compared to these two variants due to some differences in the system simulation. For example, the heat losses between the buffer store and the ground store were not simulated.

6. Optimal system design and sensitivity to some parameters

The CSHPSS is designed for the three buildings “Hochhaus”, “Kurzhaus” and “Langhaus”. The annual heating demand amounts to **986 MWh/year** (67% space heating and 33% domestic hot water, including 3% distribution heat losses). Slightly different parameters respectively to the variant “Hochhaus” and “Hochhaus + Kurzhaus” are set for the ground store insulation and collector pipe losses. The greatest difference comes probably from the pipes losses between the buffer store and the ground store that are not simulated in this case. These differences may slightly influence the thermal performances of the system but not the optimal system design parameters.

The simulation where performed with the following subsystem costs. The ground store cost depend on the total pipe length of the ground heat exchanger.

SUBSYSTEM COST	Parameter value
Solar collectors	610 CHF/m²
Buffer store	710 CHF/m³
Ground store (correspond to 120 CHF/m ³ with a store volume of 8'000 m ³ and a total pipe length of 28'600 m)	112.5 CHF/m³ + 2.1 CHF/m
Annuity factor for collector subsystem:	0.10 (life time of 25 years)
Annuity factor for the two storages:	0.09 (life time of 40 years)

Parameter variation simulated

The scaling factor for the parameter variation is the collector area:

collector area (absorber area):	1'600 – 1'700 – 1'800 m ²
buffer store:	60 – 80 – 100 – 120 litre/m ²
ground store:	4 – 5 – 6 m ³ /m ²
pipe length in ground store:	12 – 16 – 20 m/m ²

Optimal parameter value

An optimal parameter value is determined in a “solar cost” – “solar fraction” diagram. An optimal value is found for a given solar fraction. A parameter has an optimal value when the parameter variation curve presents a minimum relatively to the “expansion path”, which is the curve “solar cost – solar fraction” for the optimal systems (the best curve (or lowest curve) that could be obtained in the diagram). The slope of the collector area curve is a good indication of the slope of the expansion path and can be used for it. The optimal parameter value is optimal when the distance to the lowest collector area curve is minimum.

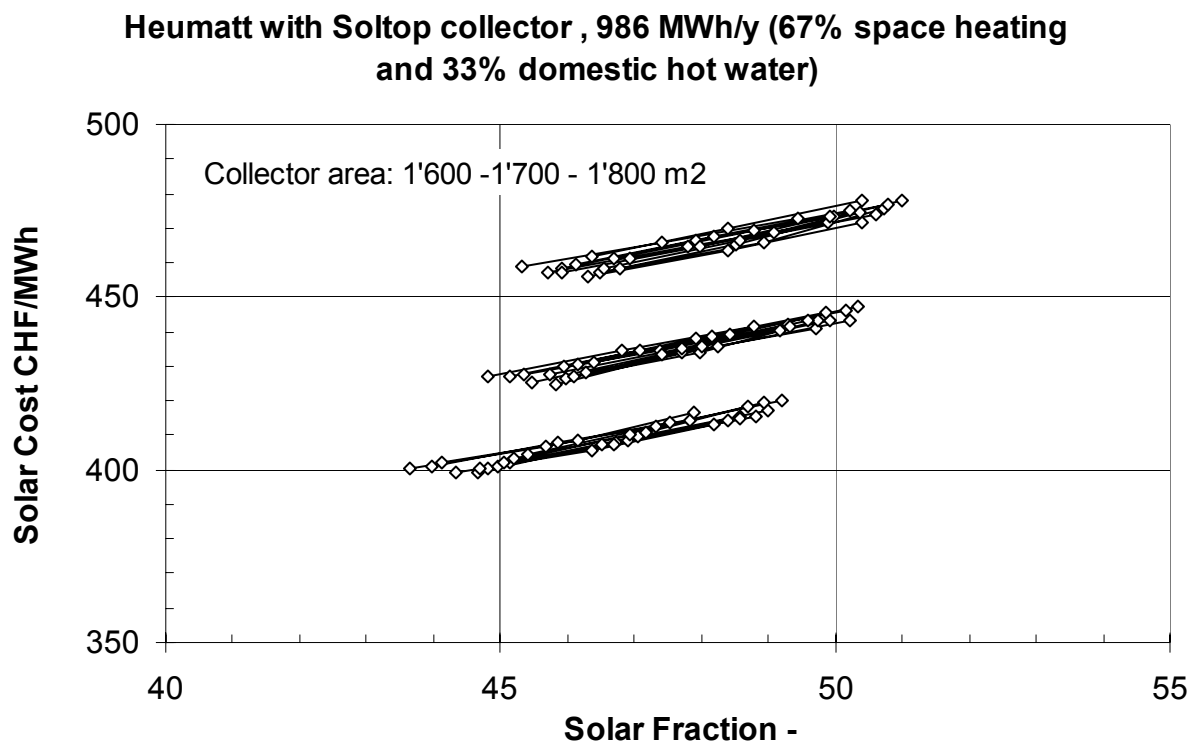


Figure 6.1: Collector area curves in the diagram “solar cost” – “solar fraction” for the variant “Hochhaus + Kurzhaus + Langhaus”.

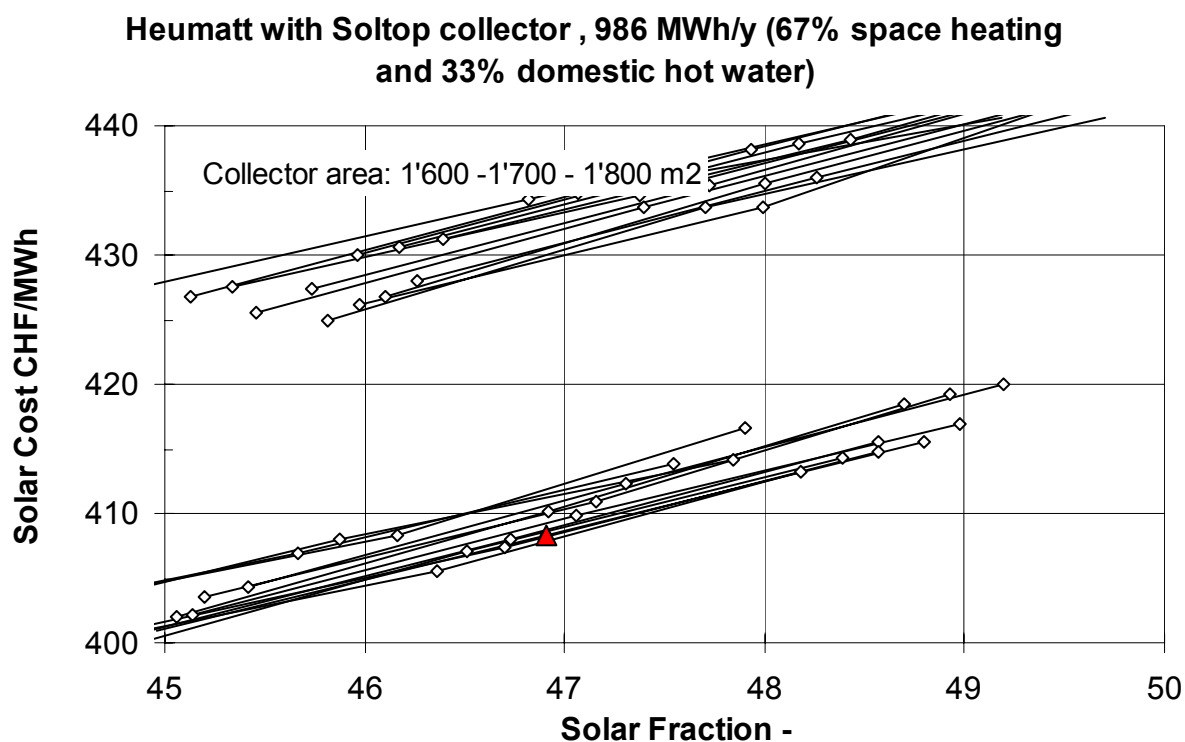


Figure 6.2: Zoom in the collector area curves.

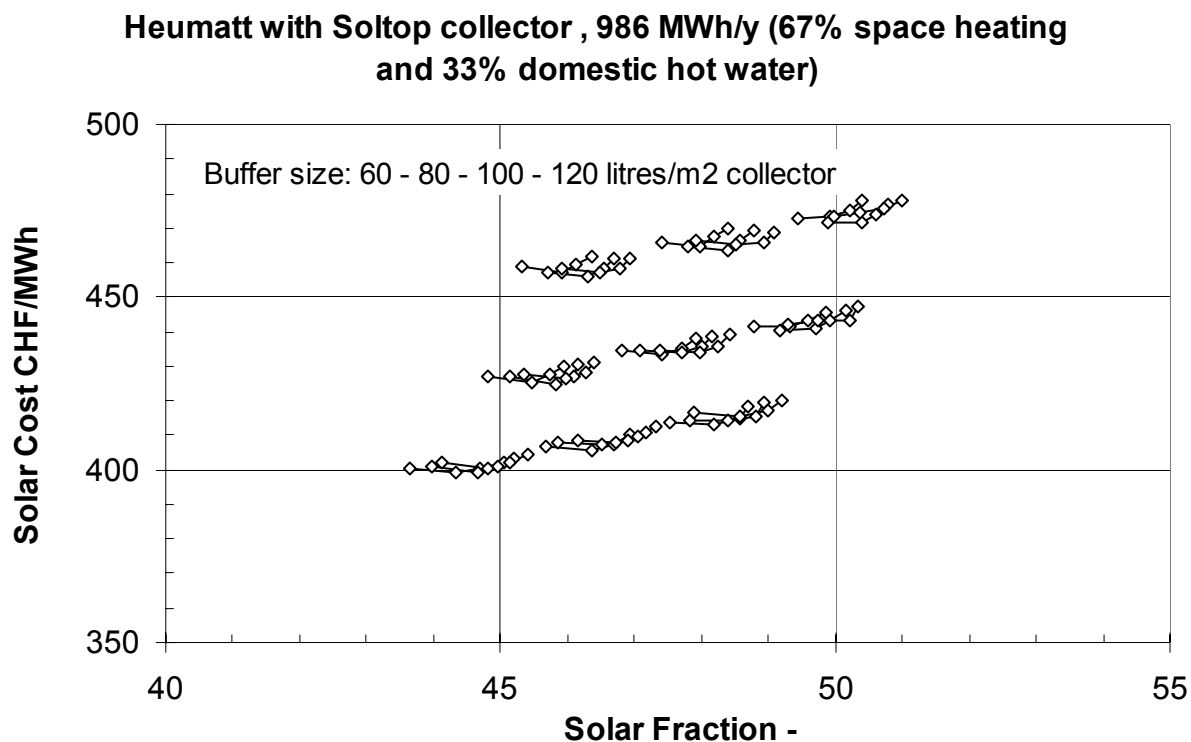


Figure 6.3: Buffer store volume curves in the diagram “solar cost” – “solar fraction” for the variant “Hochhaus + Kurzhaus + Langhaus”.

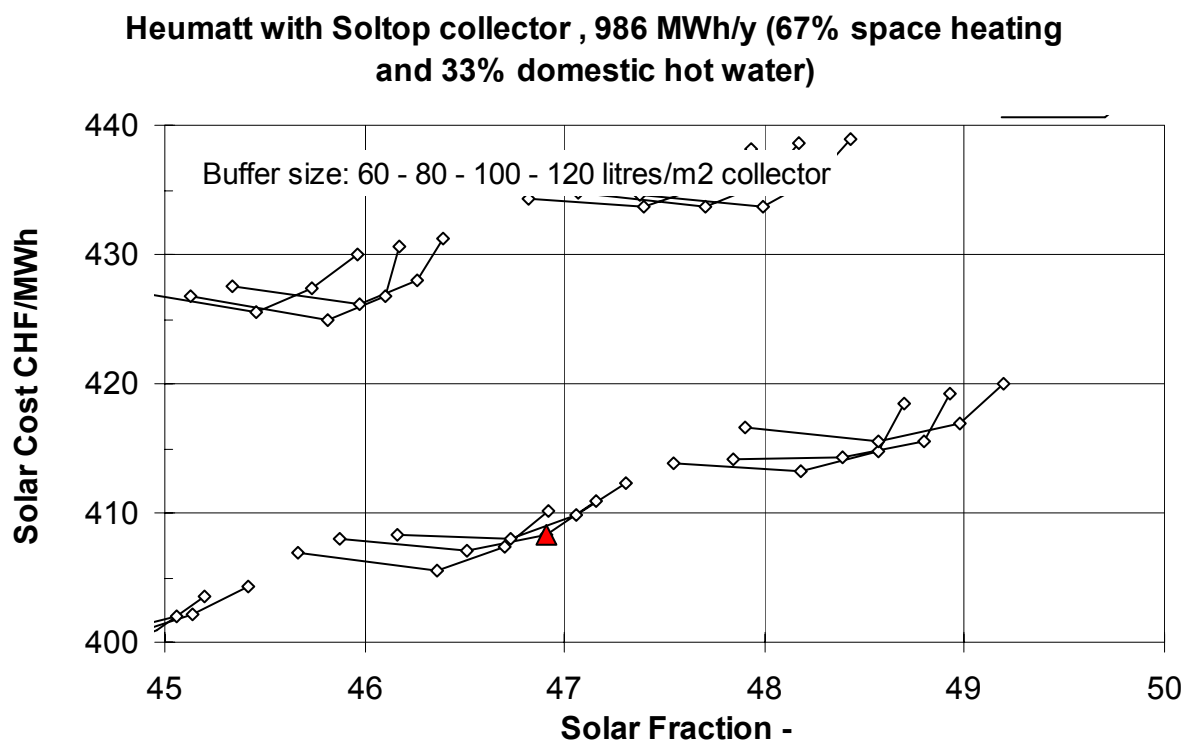


Figure 6.4: Zoom in the buffer store volume curves.

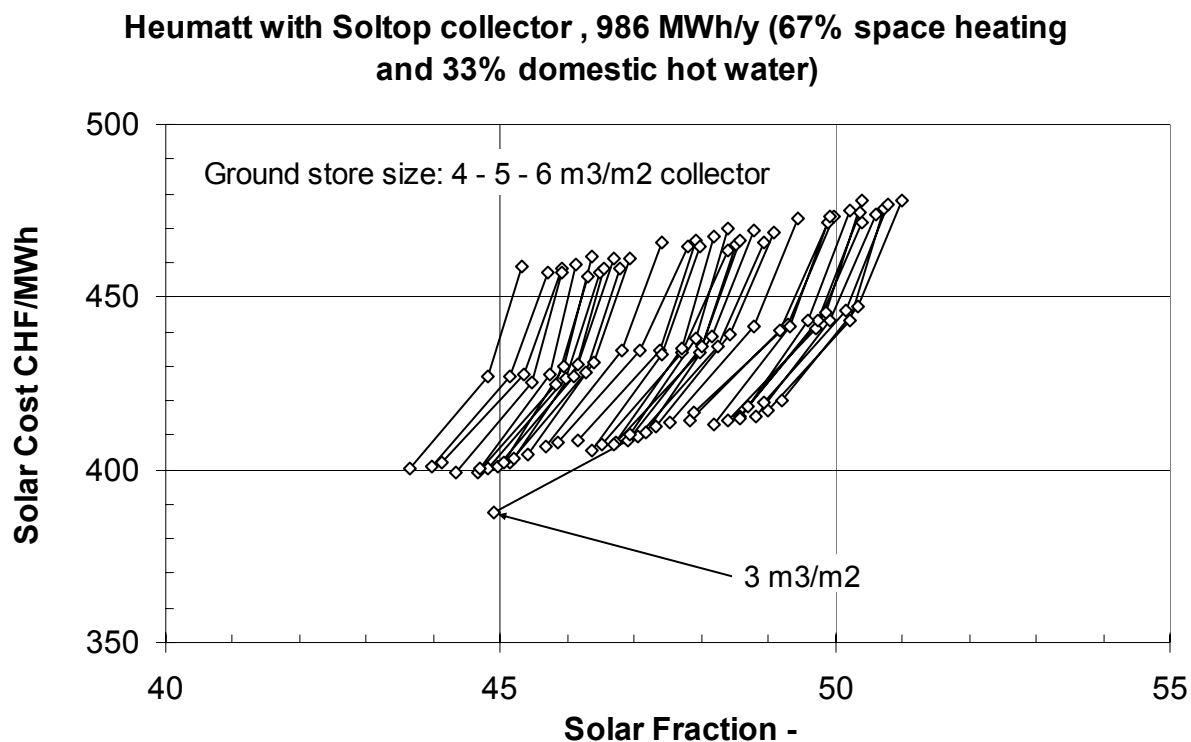


Figure 6.5: Ground store volume curves in the diagram “solar cost” – “solar fraction” for the variant “Hochhaus + Kurzhaus + Langhaus”.

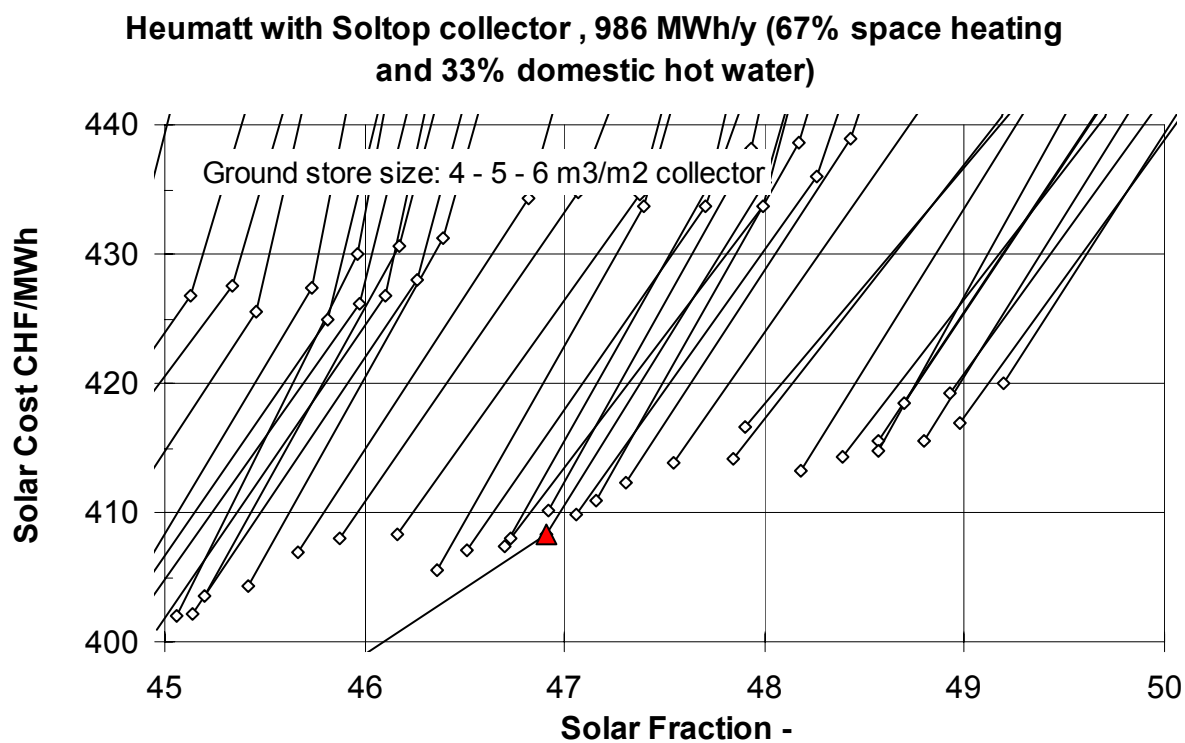


Figure 6.6: Zoom in the ground store volume curves.

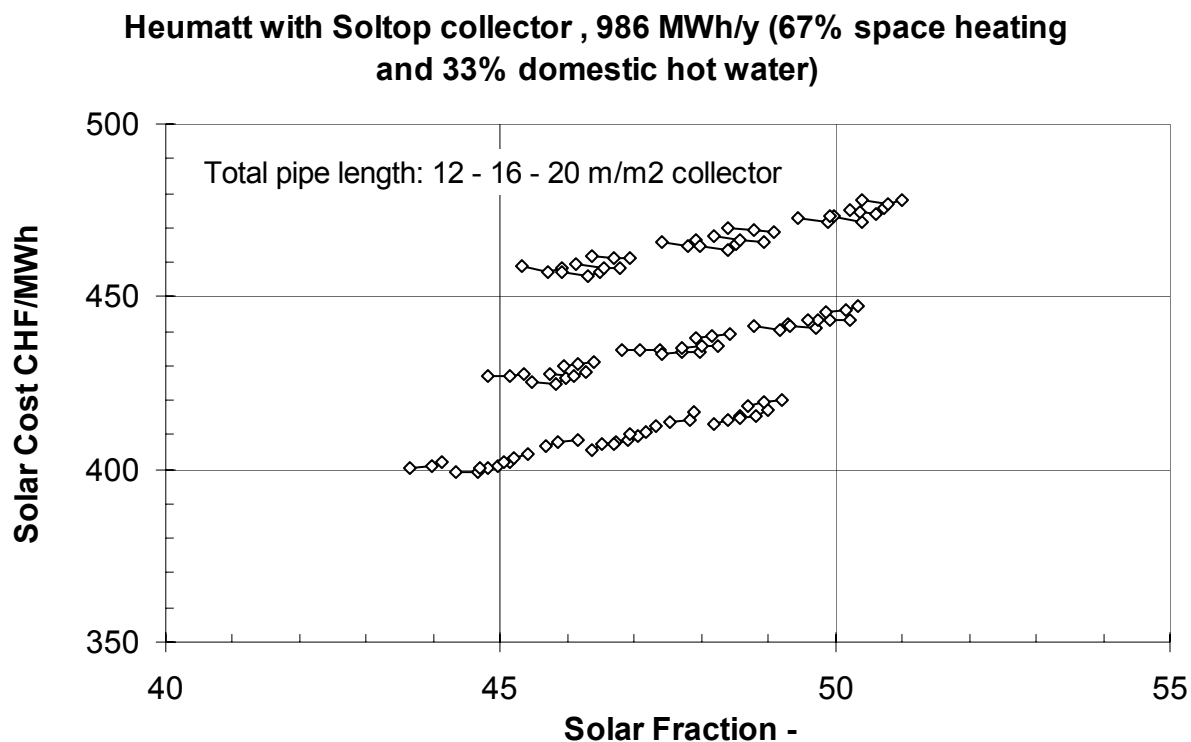


Figure 6.7: Ground store pipe length curves in the diagram “solar cost” – “solar fraction” for the variant “Hochhaus + Kurzhaus + Langhaus”.

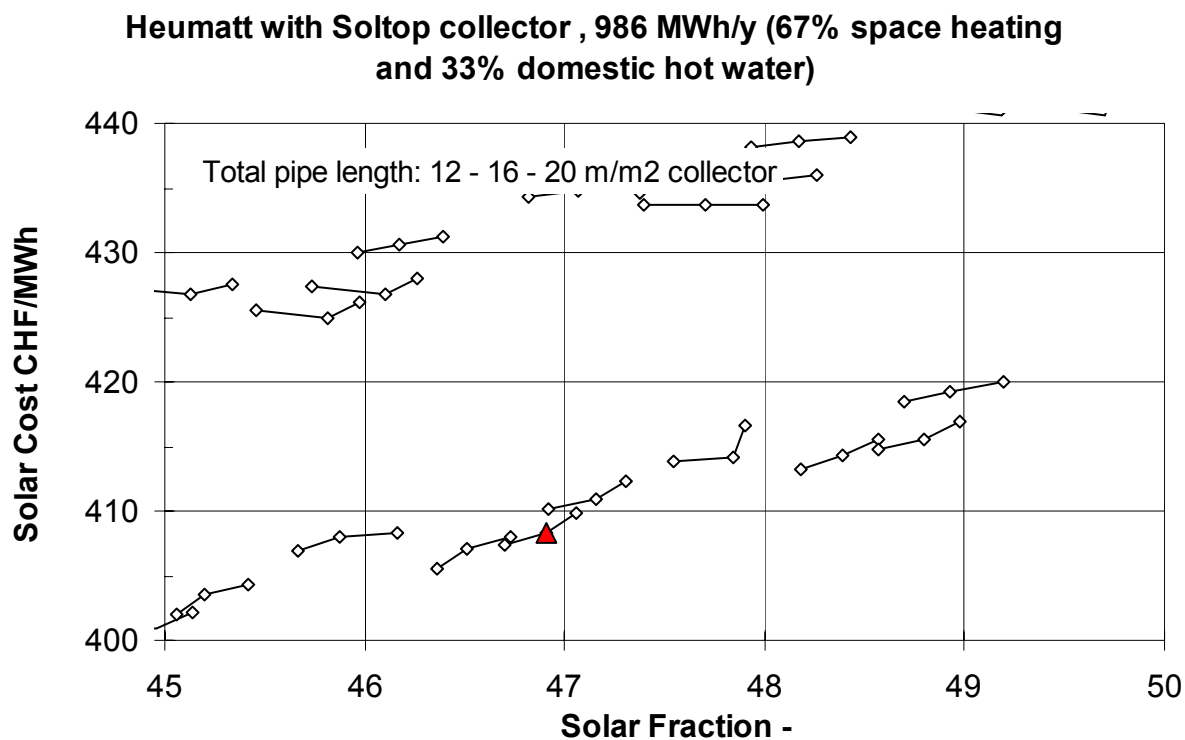


Figure 6.8: Zoom in the ground store pipe length curves.

Collector area

- The solar cost increases with the collector area. The maximal area at disposition for the collectors limits the solar fraction.

Buffer store volume

- An optimal buffer store volume is found for 80 – 100 litres per m² of collector area.

Ground store volume

- The ground store volume does not present an optimal value in the varied range. In figure 6.5, a smaller ground store volume would still lower the solar cost. However, the decrease of the solar fraction has to be compensated by a larger collector area. The optimum system design would lead to a large collector area relatively to the ground store volume. The consequence is a high temperature in the collectors and the store, which may be a cause of technical problems (too high temperature for the pipes in the ground store, or even evaporation of the heat carrier fluid in the collector absorbers).

Ground store pipe length

- Sensitivity to the pipe length is weak in the varied range. The optimal value lies between 16 – 20 m/m² of collector area.

A simulation of this system without ground store reduces the solar fraction to 31%. Overheating problems in the collector field during summer are important.

The **system shown with the triangle** in figure 6.2, 6.4, 6.6 and 6.8 has the following characteristics:

• Collector area	1'700 m ²	1.7 m ² /MWh annual load
• Buffer store volume	170 m ³	100 litre/m ²
• Ground store volume	6800 m ³	4.0 m ³ /m ²
• Ground store vertical extension	8.4 m	
• Total pipe length	27'200 m	16 m/m ²
• Solar fraction	46.9 %	
• Annual solar heat	460 MWh	
• Solar cost	408 CHF/MWh	
• Maximum temperature in collectors	98.9 °C	
• Ground store cost	822 kCHF	42 %
• Buffer cost	121 kCHF	6 %
• Collector cost	1'037 kCHF	52 %
• Total cost	1'980 kCHF	100 %
• Ground store fraction (the 12 th year of operation)		19 %
• Buffer store fraction (the 12 th year of operation)		28 %
• Annual solar collector efficiency		32 %
• Annual ground store efficiency		67 %

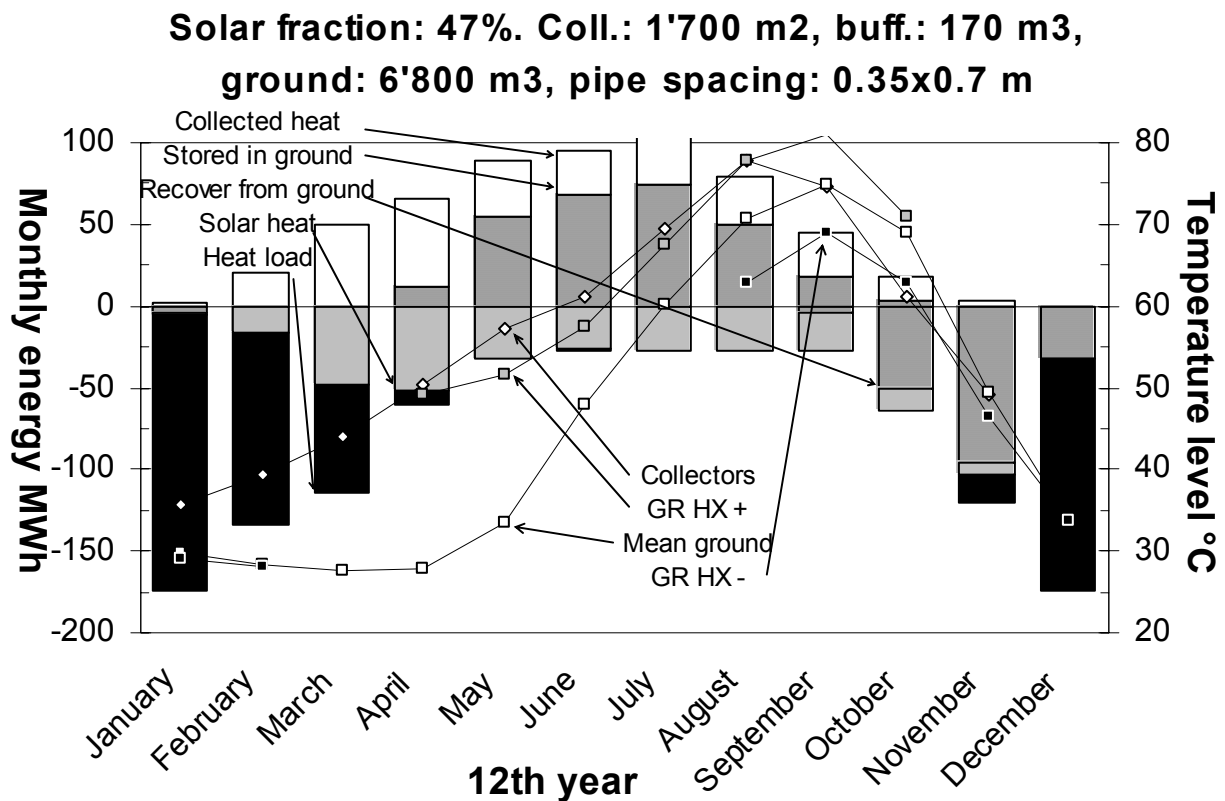


Figure 6.9: Monthly heat balance of the system and temperature levels (variant “Hochhaus + Kurzhaus + Langhaus”). GR HX: fluid temperature in the GRound Heat eXchanger when loading (+) or unloading (-) the ground store.

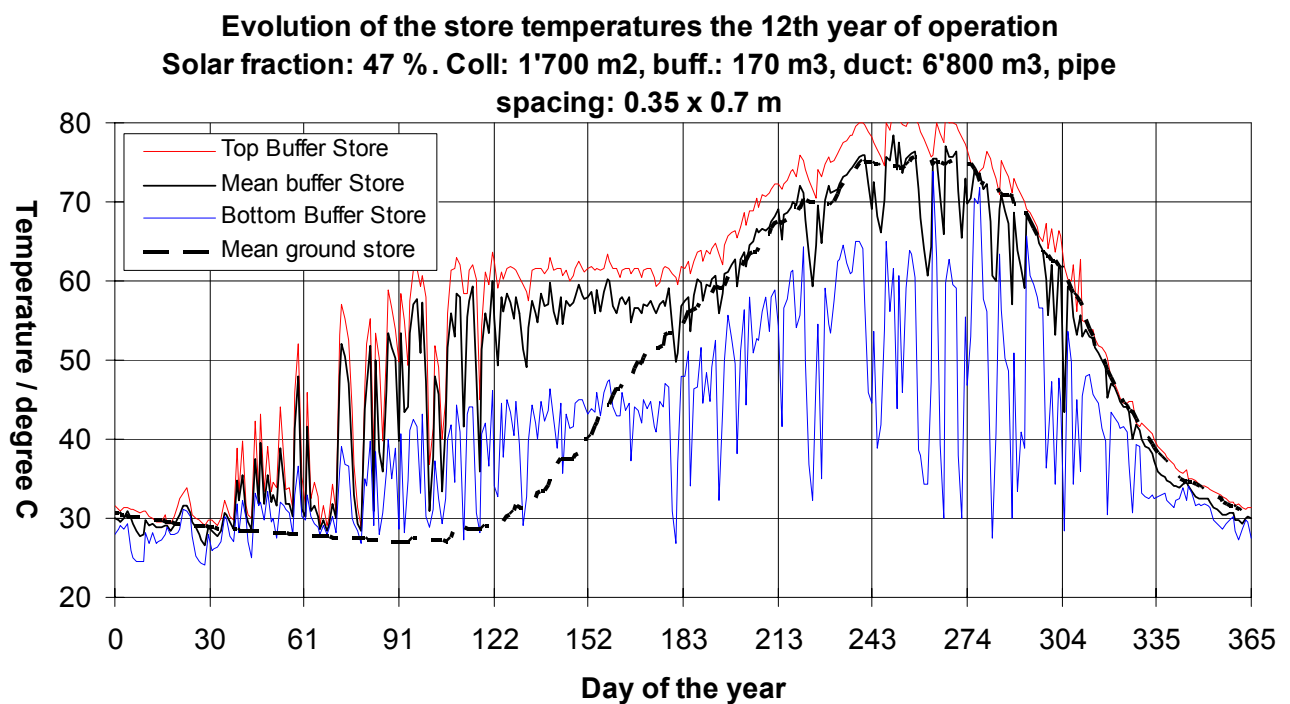


Figure 6.10: Store temperature evolution the 12th year of operation (variant “Hochhaus + Kurzhaus + Langhaus”).

SENSITIVITY TO GROUND STORE COST

The cost of the ground storage is **halved**. It is set to 60 CHF/m³ instead of 120 CHF/m³.

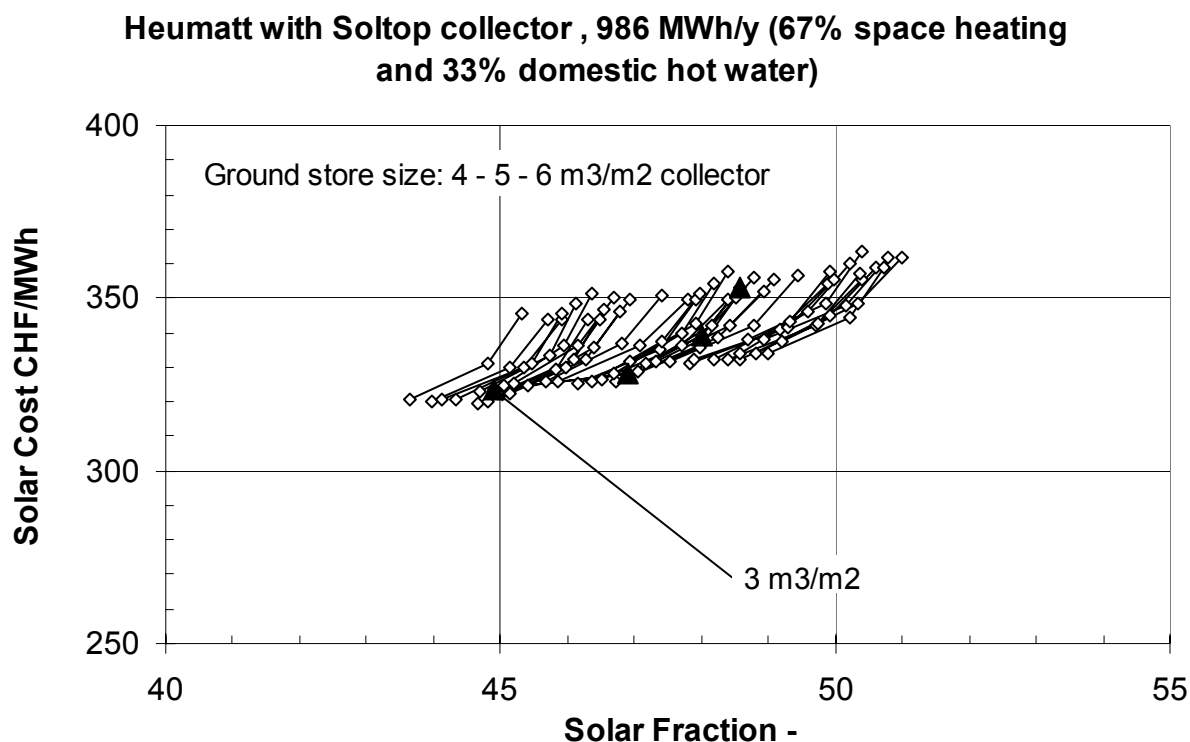


Figure 6.11: Ground store volume curves in the diagram “solar cost” – “solar fraction” for a “twice-cheaper” ground store.

In this case, the curves are not as steep as before. An optimal value of 4 m³/m² of collector is found. The optimal pipe length is also longer.

SENSITIVITY TO SUBSYSTEM COSTS

A **low** cost variant and a **high** cost variant are defined to investigate the sensitivity of the optimal system design to the relative cost of the subsystems.

The low cost variant is defined by costs used so far:

SUBSYSTEM COST – LOW COST VARIANT	Parameter value
Solar collectors	610 CHF/m ²
Buffer store	710 CHF/m ³
Ground store (correspond to 120 CHF/m ³ with a store volume of 8'000 m ³ and a total pipe length of 28'600 m)	112.5 CHF/m ³ + 2.1 CHF/m

The high cost variant is defined by higher subsystem costs. The specific buffer store cost is much higher than the other subsystem costs (more than 4 times larger than in the low cost variant, whereas the collector and ground store costs are about 1.5 higher than those in the low cost variant).

SUBSYSTEM COST – HIGH COST VARIANT	Parameter value
Solar collectors	900 CHF/m²
Buffer store	3'000 CHF/m³
Ground store (correspond to 187 CHF/m ³ with a store volume of 8'000 m ³ and a total pipe length of 28'600 m)	169 CHF/m³ + 5 CHF/m

Parameter variation simulated

The scaling factor for the parameter variation is the collector area. Additional system simulations were performed to find out optimal parameter values for the high cost variant. They are systems having a buffer store volume of 20 and 40 litre/m², and a ground store volume of 3 m³/m².

Low cost variant

Heumatt with Soltop collector , 986 MWh/y (67% space heating and 33% domestic hot water)

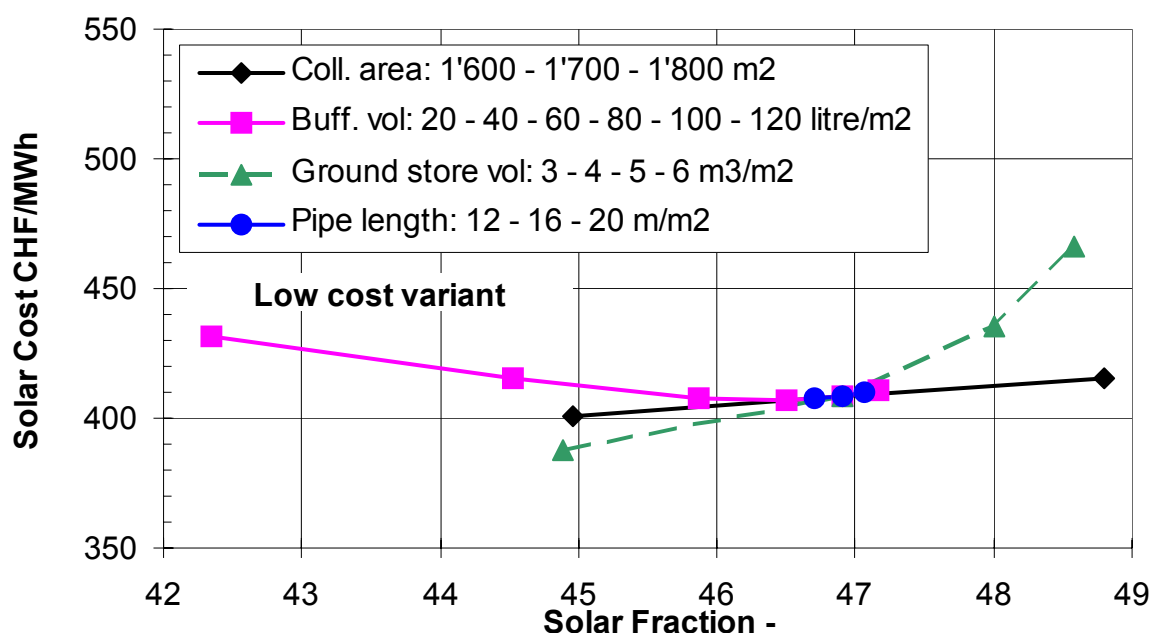


Figure 6.12: Parameter curves in the diagram “solar cost” – “solar fraction” for the low cost variant.

High cost variant

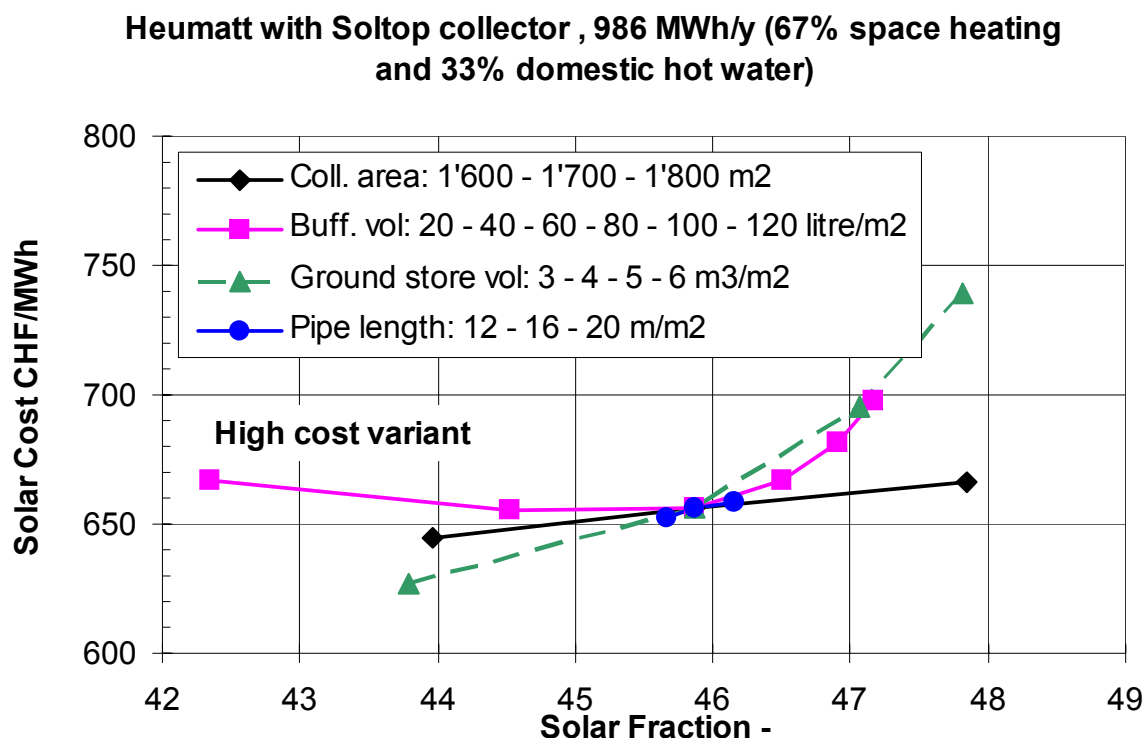


Figure 6.13: Parameter curves in the diagram “solar cost” – “solar fraction” for the high cost variant.

Due to the relatively higher buffer store cost, the optimal buffer store volume is smaller than that for the low cost variant: 60 litre/m² instead of 100 litre/m². As a result, taking into account the costs variations, an optimal buffer store volume would lie between **60 to 100 litre/m²**.

A smaller ground store volume (3 m³/m²) would still make a slightly lower solar cost, but would create overheating problems in the collector field. The sensitivity to the pipe length is also weak. Setting 16m/m² for the pipe length, the pipe length optimisation has a second order influence both on the solar cost and the solar fraction.

SENSITIVITY TO THE TYPE OF COLLECTOR

Another type of flat plate collector has been simulated. The main differences are summarised in the following table, including the change in the solar fraction.

Collector average transmittance-absorptance product	0.805 -	(-3%)
Collector overall loss coefficient (for $\Delta T = 40$ K)	4.46 W/m ² K	(+10%)
Solar fraction	42.2%	(-10%)

SENSITIVITY TO THE RETURN FLUID TEMPERATURE OF THE HEAT DISTRIBUTION

The return fluid temperature is also an important parameter. A simulation with a return fluid temperature in the space heating distribution network of **28 °C instead of 35 °C at -8°C** outside showed that the solar fraction was increased by about 5%. It was equivalent to about **200 m² of additional collectors** (increase of 10% of the collector area).

7. References

D. PAHUD (1995) Development of System Simulation Tools of Central Solar Heating Plants with a Seasonal Duct Store in The Ground. Department of Mathematical Physics, Lund Institute of Technology, Lund, Sweden.

D. PAHUD (1996) Simulation of Central Solar Heating Plants Using a Duct Store: an Application for Switzerland. Swiss grant Nr: 8220 – 042846. Department of Mathematical Physics, Lund Institute of Technology, Lund, Sweden.

D. PAHUD (1998) Simulation dynamique en régime transitoire de systèmes de chauffage solaires avec stockage saisonnier de chaleur dans le terrain, rapport intermédiaire de juin 1998, EPFL - LASSEN, Switzerland.

D. PAHUD (1999) Central Solar Plant with a Seasonal Duct Storage. Dynamic Thermal Simulations of the Overall System, intermediate report E1 to the final report E Gesamtsystemoptimierung, septembre 1999, EPFL - LASSEN, Switzerland.

W. DUBACH, H. FUCHS, P. HARTMANN, H. JUZI, H. WANNER, R. WELLAUER and D. PAHUD (1999) Saisonale Speicherung von Sonnenenergie im Erdboden zur Wärmeversorgung von grösseren Überbauungen. Schlussbericht, BFE-Project 18'543, Bern, Schweiz.

P. HARTMANN, H. JUZI, W. DUBACH, H. FUCHS, H. WANNER, R. WELLAUER and D. PAHUD (2000) Sommersonne für den Winter speichern – ein Traum ? Schweizer Ingenieur und Architekt n°14, 7.4.2000, pp. 304 – 308.

D. PAHUD (2000) Central Solar Heating Plants with Seasonal Duct Store and Short Term Water Store: Design Guidelines Obtained by Dynamic System Simulations. Solar Energy, Elsevier Science Ltd, Vol. 69, No 6, pp. 495-509.

Riskobeurteilung nach Systemgruppen für die Solaranlage mit Saisonspeicher, Wohnsiedlung Heumatt / Zürich Seebach

Systembereich < Solaranlage >

Rev. 3 / 6. Juni 2003

W : Wahrscheinlichkeit des Eintreffens

A : Auswirkung bei Eintreffen des Ereignisses

k = klein

m = mittel

g = gross

Beurteilung Gesamtrisiko:

P = durch Planung verringerbares Risiko;

E = entscheidungswirksames Risiko;

N = nichtrelevantes Risiko

kK = Risiko mit kleineren Kostenfolgen

gK = Risiko mit grösseren Kostenfolgen

	Risikoereignis	Konsequenzen	techn. Risiko		finanz. Risiko		Umfeld Risiko		Gegenmassnahme	Beurteilung Gesamt-Risiko
			W	A	W	A	W	A		
1	installierbare Absorberfläche kleiner als angenommen	solare Deckung ungenügend	k	m					Ueberprüfen der Lieferantenangebote durch U. Frei, alternative Stao. Suchen	P
2	Beschattung ungünstiger als angenommen (Friedhof Bäume)	solarer Ertrag kleiner	k	k					Horizont wurde gemessen, Friedhofverwal und Baugenossenschaft konsultieren	P
3	Degradation Kollektoreffizienz	geringerer solarer Ertrag	k	m					Referenzen der Anbieter verlangen, nur erprobte Produkte einsetzen	P
4	Lebensdauer der Kollektoren kleiner als 25 Jahre	kürzere Amortisationsdauer			k	m			Nur geprüfte Kollektortypen einsetzen Referenzen beachten	P / gK
5	Baugenossenschaft verweigert Kooperation	solare Deckung wird kleiner, ev. zus. Kosten			m	m			alternative Standorte für Solarfelder suchen (Studienauftrag)	P
6	Erdspeicher steht im Sommer nicht zur Verfügung	Ueberhitzung Kollektorfeld	k	m					Redundanz Zirkulationspumpen, zusätzl. Gegenmassnahmen planen	P / kK
7	Stagnation im Kollektorfeld wegen Stromausfall	Ueberhitzung Kollektorfeld	k	m					Notstromversorgung, ev. Drainback -System	P / gK
8	Stagnation im Kollektorfeld bei Ausfall Zirkulationspumpe	Ueberhitzung Kollektorfeld	k	m					2x100% Pumpen vorsehen, Redundanz	P / kK
9	undichte Kollektorverbindungen	reduzierte Verfügbarkeit	m	m					vebindungsarmes, optimiertes System vorziehen, Herstellergarantie verlangen	P
10	andere Leckagen im Kollektorkreis	Glykolschäden, Stagnation	m	m					geeignete Sensoren einbauen, Herstellergarantie verlangen	P
11	Wasser-Glykol Verbindungsleitungen, keine Genehmigung	Spezialleitungen erforderlich			k	k			optimale Lösung in Detailplanung ermitteln	P / gK
12	Sturm, Hagelschlag, mutwillige Beschädigung	Ersatz			k	g			Versicherungsschutz abklären geprüfte Kollektoren einsetzen	P / gK
13	Mieter wollen mehrheitlich billige, ungedeckte Parkplätze	geringere Mietzinseinnahmen			m	g			Information und Motivation der Mieter	E / gK

Systembereich < Aushubspeicher >

Rev. 3 / 6. Juni 2003

W : Wahrscheinlichkeit des Eintreffens

A : Auswirkung bei Eintreffen des Ereignisses

k = klein

m = mittel

g = gross

Beurteilung Gesamtrisiko:

P = durch Planung vermeidbares Risiko;

E = entscheidungswirksames Risiko;

N = nichtrelevantes Risiko

kK = Risiko mit kleinen Kostenfolgen

gK = Risiko mit grösseren Kostenfolgen

	Risikoereignis	Konsequenzen	techn. Risiko		finanz. Risiko		Umfeld Risiko		Gegenmassnahme	Beurteilung Gesamt-Risiko
			W	A	W	A	W	A		
1	Grundwasserdruck hoch bedingt kleinere Speicherhöhe	grössere Speicherverluste	k	k					Ueberprüfung durch Tiefbauexperte wurde bereits durchgeführt	P
2	Böschungswinkel < 45 °	mehr Aushub, gröss. Speicherfläche	k	k					Ueberprüfung durch Tiefbauexperte, bereits erfolgt	P / kK
3	PEXc WT - Rohre werden beim Einbau beschädigt	verkleinerte WT-Fläche	g	k					Kapazitätsreserve einbauen, Qualitätskontrollen, Druckprobe lagenweise	P
4	Lebensdauer der PEXc Wärmetauscherrohre < 50 Jahre	Amortisierungsdauer reduziert	k	m					Testergebnisse verlangen und überprüfen Druck und Temp. im Speicher überwachen	P
5	Sauerstoffbremse der PEXc-Rohre bei hohen Temp. ungenügend	Korrosion von Anlagekomponenten	m	m					Entgasungseinrichtung einbauen und/oder hydraulische Trennung mittels WT	P / kK
6	hydraulische Abdichtung wird beschädigt -> undicht	geringere Speicherkapazität	m	k					Qualitätskontrolle bei Einbau, Nachspeise-Einrichtung vorsehen	P
7	thermische Langzeitstabilität der hydraulischen Abdichtung ungenügend	geringere Speicherkapazität	m	m					Ueberprüfen Testergebnisse durch EMPA, Experten	P
8	Schaumglasschotter "versäuft" im Grundwasser	höhere Speicherverluste	k	m					Drainageeinrichtung einplanen, Qualitätsüberwachung bei Einbau durchführen	P
9	Verdichtung des Erdreichs beim Wiedereinfüllen ungenügend	Senkungen Parkplatz Beschädigung WT	m	g					Bauüberwachung, Garantie von Tiefbau-Firma verlangen, flexible Rohranschlüsse	P
10	Austrocknen des Erdreichs im Speicher	reduzierte Speicherkapazität	k	k					Nachspeise-Einrichtung vorsehen	P
11	Nutzung Carport West erschwert wegen Niveaueinhebung	Benutzerkomfort reduziert	k	k					Sicherstellen der Nutzung mit Studienauftrag	P
12	Austrocknen des Erdreichs oberhalb Speicher ausserhalb Parkplatzzone	Bewirtschaftung reduziert	m	k					Gegenmassnahmen planen	P
13	Keine Genehmigung für Speicher ausserhalb Parkplatz	erhöhte Invest. Kosten			k	g				E / gK

m = mittel

g = gross

N = nichtrelevantes Risiko

gK = Risiko mit grösseren Kostenfolgen

[illegible]

Risikobeurteilung nach Systemgruppen für die Solaranlage mit Saisonspeicher, Wohnsiedlung Heumatt / Zürich Seebach

Systembereich < Wärmeeinheit/Pufferspeicher > W : Wahrscheinlichkeit des Eintreffens

Rev. 3 / 6. Juni 2003

A : Auswirkung bei Eintreffen des Ereignisses

k = klein

m = mittel

g = gross

Beurteilung Gesamtrisiko:

P = durch Planung vermeidbares Risiko;

E = entscheidungswirksames Risiko;

N = nichtrelevantes Risiko

kK = Risiko mit kleinen Kostenfolgen

gK = Risiko mit grösseren Kostenfolgen

[illegible]

[illegible]

Risikobeurteilung Solaranlage mit Saisonspeicher Heumatt

Zusammenfassung

Die Risikobeurteilung wurde durchgeführt mit Einbezug des gesamten Beurteilungsteams und zusätzlicher Experten (J.C: Hadorn, Lemon Consult GmbH, Hr.Kälin)

Sie umfasste das Gesamtsystem und die folgenden Systembereiche :

- Solaranlage
- Aushubspeicher
- Wärmezentrale, Pufferspeicher
- Warmwasserversorgung
- Raumheizung.

Die Bewertung erfolgte bezüglich des technischen, finanziellen und „Umfeld“-Risikos und beurteilt die Risikowahrscheinlichkeit und die Auswirkungen beim Eintreffen eines Ereignisses.
(vgl. die Legende am Kopf der Teilblätter).

Für die Schlussdiskussion wurde folgende Zusammenfassung herausgezogen :

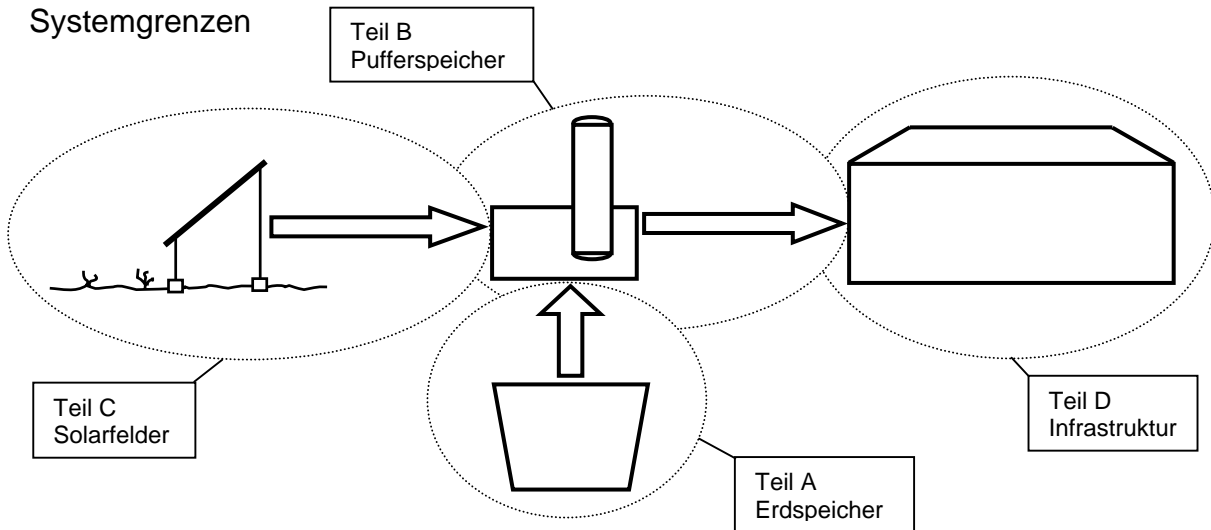
- Sehr viele Risikosituationen können durch Massnahmen bei der verfeinerten Planung gemildert oder sogar unwirksam gemacht werden.
- Wenige Risiken sind nicht relevant
- Einige Risiken sind entscheidungswirksam für ein weiteres Voranschreiten oder Stoppen.
Diese Risiken sind nachstehend nochmals aufgelistet :

Entscheidungswirksame Risiken:

- Keine Bewilligung für den Bau des Aushubspeichers erhältlich
- Aushubspeicher darf nicht (kaum) neben dem Parkplatz West erstellt werden
- Mieter wollen lieber billige Parkplätze als die teureren überdachten Parkplätze mieten
- Bundesfinanzierung fällt aus oder wird stark geschmälert
- Die Finanzierung eines verbleibenden Restbetrages ist nicht zu finden

Kostenschätzung nach EKG (+/- 20%)

Systemgrenzen



Kostenzusammenstellung nach EKG (Elementkostengliederung)

	A	B	C	D	
	Erdspeicher	Pufferspeicher	Solarfelder	Infrastruktur	Total
A Grundstück	Fr.	Fr. 1'800	Fr.	Fr.	Fr. 1'800
B Bauvorbereitung	Fr. 40'552	Fr. 18'000	Fr. 477'025	Fr.	Fr. 535'577
C Allgemeines zu Rohbau	Fr. 3'354	Fr.	Fr. 12'000	Fr.	Fr. 15'354
D Rohbau bis ok Bodenplatte	Fr. 111'800	Fr. 33'500	Fr.	Fr.	Fr. 145'300
E Rohbau oberhalb Bodenplatte	Fr.	Fr. 41'331	Fr.	Fr.	Fr. 41'331
I Haustechnik	Fr.	Fr. 180'625	Fr. 708'000	Fr. 111'000	Fr. 999'625
M Ausbau	Fr.	Fr. 19'900	Fr.	Fr. 5'883	Fr. 25'783
P Bauliche Betriebseinrichtungen	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.
Q Betriebsausrüstung	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.
R Ausstattung	Fr.	Fr. 1'000	Fr.	Fr.	Fr. 1'000
T Umgebung	Fr. 920'100	Fr. 78'100	Fr. 74'160	Fr.	Fr. 1'072'360
V Baunebenkosten	Fr.	Fr. 14'526	Fr. 12'712	Fr.	Fr. 27'238
W Honorare	Fr. 107'581	Fr. 65'578	Fr. 127'118	Fr. 23'377	Fr. 323'654
X Reserven	Fr.	Fr. 45'436	Fr. 70'551	Fr. 14'026	Fr. 130'013
Z Mehrwertsteuer 7.6%	Fr. 89'937	Fr. 37'985	Fr. 112'599	Fr. 11'726	Fr. 252'247
Anlagekosten inkl. MwSt (ohne Landerwerb)	Fr. 1'273'323	Fr. 537'782	Fr. 1'594'165	Fr. 166'011	Fr. 3'571'281