

SOLARARCHITEKTUR MIT LUFTHEIZSYSTEMEN

Arch. Dipl. Ing. Sture Larsen
 Erlachstrasse 25, A-6912 Hörbranz
www.solarsen.com
 email: larsen@larsen.at



Haus Hrach, Vlbjg.

1 Einleitung

1.1 Wieso Luftheizsysteme und Solararchitektur?

Ein Großteil der solaren Luftheizsysteme unterscheidet sich von anderen Solaranlagen, indem sie in hohem Maße in die baulichen Maßnahmen integriert sind. Dies bedingt, daß der Architekt mehr Verantwortung für das Energiekonzept tragen muß, als er gewohnt ist. Im Gegenzug müssen Sonderfachleute ein besonderes Verständnis für die Architektur und für die Konstruktion haben.

1.2 Rückblick

Zu Beginn der 80er-Jahre war die Nutzung der Sonnenenergie vorwiegend auf die Applikation von Anlagen, die weitgehend unabhängig von der Gebäudeplanung waren, beschränkt (aktive Anlagen mit Wasserkollektoren). Diese geräteorientierte Nutzung der Sonnenenergie führte oft zu aufwendigen, technischen Anlagen, während das Potential der passiven Nutzung sowie der energetischen Gebäudeoptimierung zu wenig Beachtung fand. Bei der Angabe von Statistiken über die Sonnenenergienutzung wurde die passive Nutzung der Sonnenenergie im baulichen Bestand nicht erwähnt, höchstens als mögliche Lösung am Rande des Geschehens. Der Begriff "Solararchitektur" wurde aufgrund der zu geringen Anzahl von Bauten mit einer hohen Deckung der Raumerwärmung durch Sonnenenergie nicht ausreichend definiert. Es fehlten ausreichend viele Beispiele, bei denen die Sonnenenergienutzung mit einem minimalen Aufwand an Technik und einer optimierten, energetischen Gebäudeplanung in einer Symbiose zum Ausdruck kamen. Es mußte erst bewiesen werden, daß Sonnenenergienutzung auch mit wenig Aufwand im mitteleuropäischen Klima möglich ist.



Rohbau



Kollektormontage



Wintergarten



Haus Blum, Vlbg.



Im Wintergarten Haus Blum

1.3 Passiv-hybride Solararchitektur

Passive und passiv-hybride Solararchitektur mit Luftkollektoren und Geröllspeicher kannte man aus den USA und aus einigen seltenen europäischen Beispielen. Passiv-hybride Solararchitektur impliziert die Bewegung von Luft für den Transport von Sonnenenergie. Das Wort "hybrid" wurde verwendet um das Wort "aktiv" bei der Anwendung eines Ventilators zu umgehen. Es ging um Lösungen, die darauf zielten das Gebäudedesign in den Vordergrund des energetischen Konzeptes zu stellen und mit wenig technischem Gerät auszukommen.

1.4 Haus Hrach

Ein solches Gebäude war mein erstes Solarhaus, das Haus Hrach, fertiggestellt 1985, in der nebelreichen Rheintalebene nahe Bregenz. Es war das erste Haus Österreichs mit einem solaren Luftkollektor und einer Energiekennzahl für Raumwärme von nur 15 kWh/m² (EBF) pro Jahr.

Die Doppel- und Mehrfachnutzung von solar genutzten Bauelementen war ein wesentliches Kriterium für die Optimierung und die Vermeidung von Kosten. Das solare Luftsystem kommt mit sehr wenig technischer Unterstützung aus. Der Ventilator wird mittels Differenzsteuerung ($T_{[Koll]}$ und $T_{[Speicher]}$) automatisch betrieben. Das Messergebnis des Winters 87/88 ergaben einen zusätzlichen Verbrauch von 2.020 kWh für Raumwärme, und 127 kWh Strom für den Ventilatorbetrieb des Luftkollektors. Die Brutto-Baukosten inklusive Planung, Systementwicklung, allen Anschlußkosten sowie der Küchenmöblierung betragen ATS 2.100.000,-, exkl. Eigenleistungen.

1.4.1 Systembeschreibung Haus Hrach

- Geschlossener Ladekreislauf: Luftkollektor zu Geröllspeicher (ungedämmt im EG).
- Entladung durch Strahlungswärme über Speicher-Behälterwände sowie über die Erdgeschoßdecke (als Zusatzoption).
- Zusatzheizung: Kachelofen.
- Warmwasser: Vorwärmung über Geröllspeicher.
- Luftkollektor: Fläche 52 m², Neigung, 60 Grad; Konstruktion: Einfachverglasung, hinterströmte Alu-Blechabsorber selektiv; Luftrate: 2.700 m³/h.
- Geröllspeicher: Inhalt: 12,4 m³ in zwei Blöcken; Lufteintrittsfläche 5,3 m²; vertikaler Luftstrom.
- Weitere Speicherreserven in Hypokaustendecke über EG und Fundamentplatte mit Wärmedämmung nach unten.



Haus Flatz, Vlbg.



Schule Dafins, Vlbg.



Schweizer Berge im Luftkollektor



Haus Frei, Vlbg.



Am Balkon, Haus Frei, Vlbg.

1.5 Entwicklung / Folgeprojekte

Es folgten an die 20 eigenen Projekte, vorwiegend Einfamilienhäuser, aber auch eine Schule, zwei Werkhallen mit Luftkollektoren und Speicherung in Geröllspeichern und/oder Hypokausten. Bis auf wenige Ausnahmen besaßen alle Luftsysteme geschlossene Kreisläufe, benutzten nur einen Ventilator für den Ladekreis und Strahlungswärme für die Verteilung.

1.6 Gebäudesimulationen

Als sehr nützlich erwies sich das instationäre Gebäude-Simulationsprogramm "SPIEL" (Solar Passive Integrated Energy Language), womit ich die eigenen Projekte berechnen konnte. So war es möglich ein Gebäude zu optimieren, die Energiekennzahl vorauszusagen und thermische Komfortanalysen der Räume durchzuführen. Dies erwies sich später als sehr wertvoll, als ich den Vorschlag einbrachte, Jahresenergiekennzahlen als Kriterium für eine erhöhte Wohnbauförderung zu verwenden. 1990 wurde der vom Vorarlberger Energiesparverein ausgearbeitete Förderungsmodus, "Vorarlberger Energiesparhaus", eingeführt.

2 Gebaute Beispiele

Detaillierte Informationen befinden sich im "Solar Air Systems – Built Examples".

Siehe auch www.SoLarsen.com für gebaute Beispiele und relevante Links.

2.1 Haus Frei

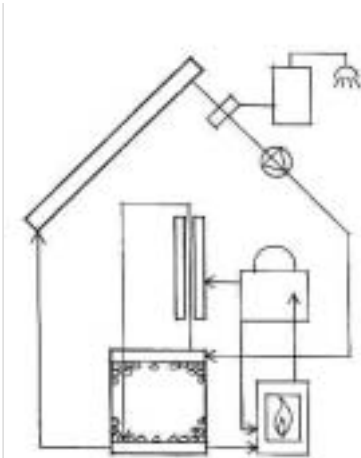
2.1.1 Projektbeschreibung

Hier wurden mit der bisher bewährten Mischbauweise, hoher Wärmedämmung, Außenwänden aus Holz und schwere Massen im Inneren des Hauses das geschlossene Zweikreissystem erweitert. Die Zusatzheizung, ein Holzofen im KG, liefert bei Bedarf Warmluft per Thermosiphon an das Hypokaustensystem. Bisherige Erfahrungen: geringer Heizenergieverbrauch trotz hoher Raumtemperaturen (kein Sparverhalten der Bewohner).

2.1.2 Systembeschreibung

Geschlossener Ladekreislauf: Luftkollektor zu Speicher (gedämmt im KG).

Entladung über Hypokaustensystem, Thermosiphon.



Systemschema



Ansicht Wintergarten, Frei



Abmauerung horiz. Speicher



Blick aus dem Wohnraum, Frei



Haus Peter, Vlbj.

Geröllspeicher: Block 1, senkrecht; Block 2 waagrecht.
 Weitere Speicherreserven im Hypokaustensystem.
 Zusatzheizung: Holzfeuerung im KG, Ofenkörper im EG, wahlweise Weitergabe der ofenerwärmten Luft an das Hypokaustensystem.
 Warmwasser: Wärmetauscher (Luft zu Wasser) im Ladekreislauf mit ganzjährigem Betrieb. Auch bei Sommerentlüftung des Kollektors.
 Der Wintergarten hat einen vom Hauptsystem unabhängigen Speicher für den Temperatursgleich.

2.1.3 Integration der Heizung in das solare Luftsystem

Die Anwendung des solaren Entladekreises für die Verteilung von Zusatzwärme funktioniert in dieser Konstellation besonders gut. Allerdings erfordert sie einen sensiblen Umgang mit allen Planungskriterien. Vor allem sind eine einfache Luftführung und geringe Luftwiderstände lebenswichtig. Für ein sehr verzweigtes Strangschemata eignet sich Wasser, ist aber ungeeignet für Luft.

2.1.4 Messergebnisse

Energiekennzahl für Heizung 17,6 kWh/m²

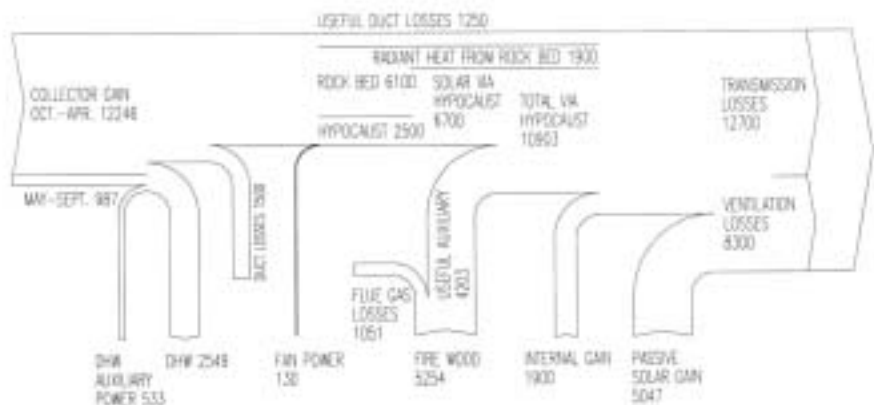


Abb.1 – Energiefluß Okt. – April (Warmwasser ganzjährig)

Beachtenswert ist der geringe Aufwand für den Ventilatorantrieb des Systems. Der Verbrauch für ein Saison beträgt 130 kWh. Die Aufnahmeleistung beträgt 190W.

2.2 Weitere gebaute Beispiele

Die folgende Auswahl gebauter Beispiele sind im "Solar Air Systems – Build Examples" der IEA Task 19 im Detail behandelt: Marosica Mehrfamilienhaus, the Summer-House Package, Wohnblock in Göteborg von Christer Nordström, Mätzler Garage, Bombardier inc. factory, US Army hangar.



Haus Peter



Kollektordetail, Haus Peter, Vlbg.



Spiegelungen im Kollektor, Peter



Das OKA Haus der Zukunft, OÖ



Haus Lobo, Vlbg., im Sommer

3 IEA Task 19, Solar Air Systems

3.1 Aufgabe

Die Aufgabe der Task 19 war es, das vorhandene Wissen über solare Luftheizsysteme und eine Auswahl der bisher realisierten Beispiele zu erfassen und gesammelt zu publizieren. Die meisten Bauten wurden gemessen und für die unterschiedlichsten Systeme wurden Berechnungs- und Auslegungsverfahren entwickelt bzw. neu aufbereitet. Die Endprodukte der Task 19 sind drei Publikationen, erhältlich beim Verlag James and James in London.

3.2 Publikationen

Solar Air Systems – "Built Examples", 1999
Solar Air Systems – "Product Catalogue", 1999
Solar Air Systems – "A Design Handbook", 2000
(voraussichtlich im Herbst 2000 erhältlich)
bei <http://www.jxj.com>

3.2.1 Gebaute Beispiele

Das Buch "Build Examples" erfaßt insgesamt 35 realisierte Beispiele bestehend aus Einfamilienhäusern, Mehrfamilienhäusern, Schulen, Kindergärten, Sporthallen, Industriebauten und einem Bürogebäude.

3.2.2 Produktkatalog

Das "Product Catalogue" beinhaltet sechs Kapitel über die wichtigsten Bestandteile eines solaren Luftsystems sowie eine Handvoll Prospekte über ausgewählte Produkte.

3.2.3 Das Handbuch

Das "Design Handbook" beinhaltet spezifische Richtlinien und Berechnungsmethoden für die jeweiligen Systemen und Komponenten.

3.3 Struktur – Systeme / Komponenten

Der Hervorhebung von System- vor Komponententypen kommt eine besondere Bedeutung zu. Aufgrund des hohen Maßes an baulicher Integration schien es sinnvoller System und Gebäude als ein Ganzes zu sehen. Für die Komponenten gelten auch unterschiedliche Regeln in Abhängigkeit davon in welchem System sie eingesetzt werden. Die Systemklassifizierung der Task 19 besteht aus 6 Kategorien, sie ist das Ergebnis aus einer langen Diskussion aller Teilnehmer und führt als gemeinsamer



Haus Lobo im Winter



Kollektormontage



Bäume im Luftkollektor



Haus Kopf, Vlbj.



Montage, Haus Kopf

Faden durch alle drei Publikationen.

Systemtypen

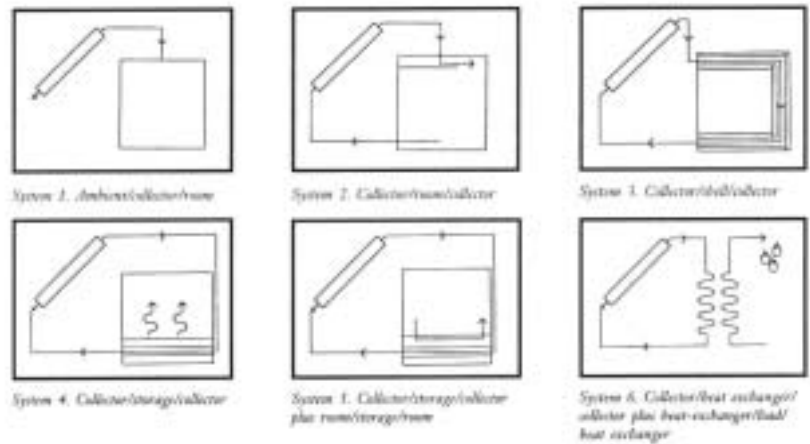


Abb. 2 – Die sechs Systemtypen des IEA Task 19

System 1

beinhaltet Systeme mit solarer Frischluffterwärmung. Die Beispiele reichen von Ferienhäusern bis zu großindustriellen Anlagen.

System 2

beinhaltet Systeme mit einer einfachen Zirkulation zwischen Kollektor und Raum und retour. Zwischen Kollektor und Raum wird oft eine Speichermasse in Form einer Hohldecke verwendet.

System 3

befaßt sich mit Systemen, welche die solar erwärmte Luft in eine doppelschalige Wand schickt. In einem Sanierungsprojekt eines Wohnblocks von Arch. Christer Norström in Göteborg sind die Wirkungsweise dieses Systems am besten zu erkennen.

System 4

umfaßt alle Systeme, die mit solar erwärmter Luft konstruktive Speichermassen erwärmen, sodass die Wärme zeit verzögert über Strahlung aus Boden- oder Wandflächen abgegeben wird. Eine Sonderform des Systems 4 befindet sich in den meisten meiner Häuser. Hier wird durch die Anwendung eines Geröllspeichers die Verteilung in den Hypokausten verbessert. Der ökonomische Vorteil ist, daß auf ein separates Heizungssystem verzichtet werden kann.



Haus Kopf



Haus Kopf



Haus und Garage Mätzler



Haus Weppner, Berlin



Haus Hofmann



Haus Hofmann

System 5:

Hier wird ein Speicher, meistens ein Geröllspeicher, mit solar erwärmter Luft erhitzt. Die Wärmeentnahme erfolgt indem Luft aus dem Speicher in den Raum geführt wird. Dazu gehören zwei Typen, eine mit minimalem technischem Aufwand und eine andere wo ein Luftkollektor und ein Geröllspeicher ein herkömmliches amerikanisches Luftheizsystem unterstützen.

System 6

befaßt sich mit der Anwendung von Luftkollektoren in Zusammenhang mit einer Wärmeverteilung mit Wasser, dazwischen ein Wärmetauscher.

Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung und Erdregistern wie sie in "Passivhausern" angewendet werden, waren nicht Thema der Task 19.

3.4 Komponenten

Komponenten wie Luftkollektoren, Fensterkollektoren, unverglaste Kollektoren, Hypokausten, Geröllspeicher usw. werden in eigenen Kapiteln behandelt (siehe Publikationen der Task 19 für nähere Details). Die höchst unterschiedliche Anwendung von Komponenten sieht man an Hand der folgenden Beispiele.

3.4.1 Kollektoren

3.4.1.1 Einfach verglaste, hinterströmter Absorber

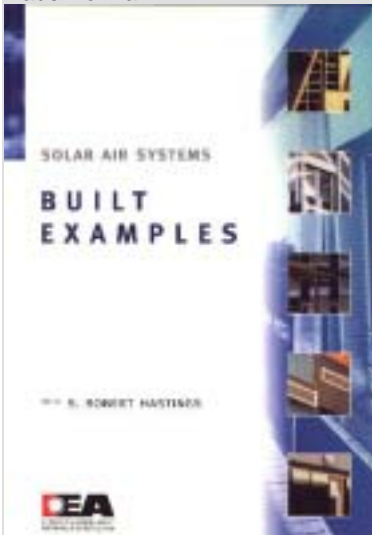
Der am häufigsten angewendete Typ ist der hinterströmte, einfach verglaste Absorber. Mein erster Prototyp aus dem Jahr 1983 war mit dem Kollektor der Firma Grammer identisch. Der Luftkollektor am ersten Solarhaus wurde in Anlehnung an einem dänischen Versuchskollektor aus 1982). Der Absorber bestand aus zwei Flachblechen verbunden mit einem Trapezblech in der Mitte. Ab dem zweiten Haus bestand der Absorber nur aus einem selektiv beschichteten Trapezblech.

3.4.1.2 Solarwall, ein Sonderfall

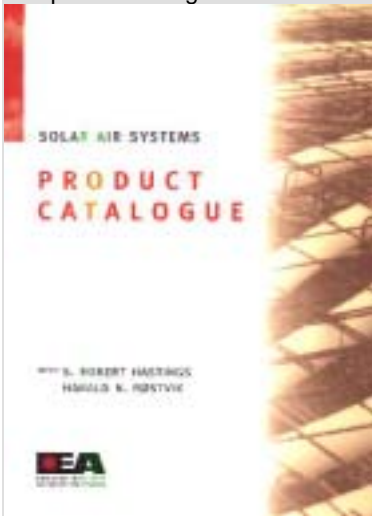
Der effizienteste Absorber – Solarwall - hat ein ungewöhnliches aber höchst erfolgreiches Konzept (<http://www.solarwall.com>) von John Hollick. Sein unverglaster Kollektor besteht aus perforiertem Aluminiumblech und wird sowohl als Fassadenmaterial als auch für die Sonnenenergiegewinnung verwendet. Die idealen Bauten für Solarwall sind Fabrikshallen mit Lüftungsbedarf. Durch die perforierte Blechfassade wird



Haus Hofmann



Beispielsammlung der Task 19



Produktkatalog der Task 19

nach innen Frischluft angesaugt. Dies bewirkt, daß die Luft durch das von der Sonne erwärmte Blech erwärmt wird, aber auch während die Sonne nicht scheint gibt es einen Energiespareffekt. Die Transmissionsverluste der Wand werden von der einströmenden Luft eingefangen und zum beheizten Raum zurückgebracht. Die normal wärmegeämmte Wand bekommt einen U-Wert von annähernd $0 \text{ W/m}^2\text{K}$, auch in der Nacht wenn die Anlage in Betrieb ist. Seine Kunden sind Ford (Autos), Bombardier (Flugzeuge), US Army (Hangaren) und die Inder sollen damit schon Tee trocknen. Bei einigen Anwendungen gibt es so gut wie keine Amortisationszeit; es rentiert sich sofort weil die Kosten so gering sind.

3.4.2 Geröllspeicher

Steinspeicher als Speichermedium für Sonnenenergie spielt eine besondere Rolle in der Entwicklung der solaren Luftheizsysteme. Steine sind relativ billig, haben eine große Wärmeübertragungsfläche und ermöglichen eine Speichertemperatur bis zu ca. 60°C ohne Überhitzungserscheinungen im Raum. Die Funktion des Geröllspeichers variiert stark in Abhängigkeit der Anwendung.

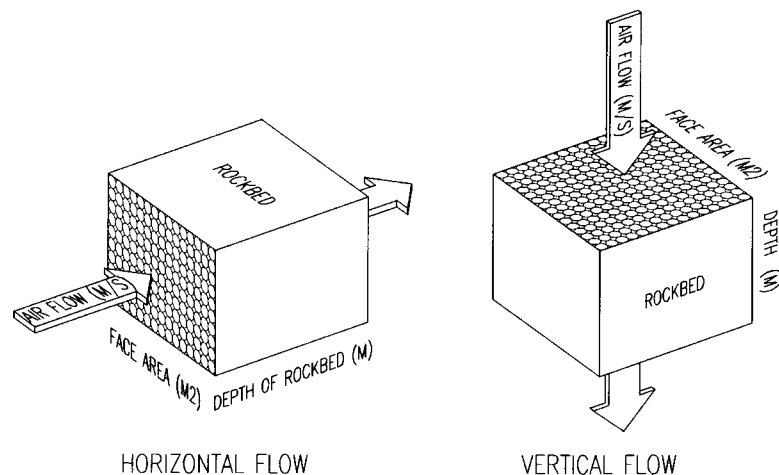


Abb. 3 – Die Geometrie eines Geröllspeichers, horizontal/vertikale Anordnung



Handbuch der IEA Task 19



Abb. 4 – Die Anordnung im Gebäude

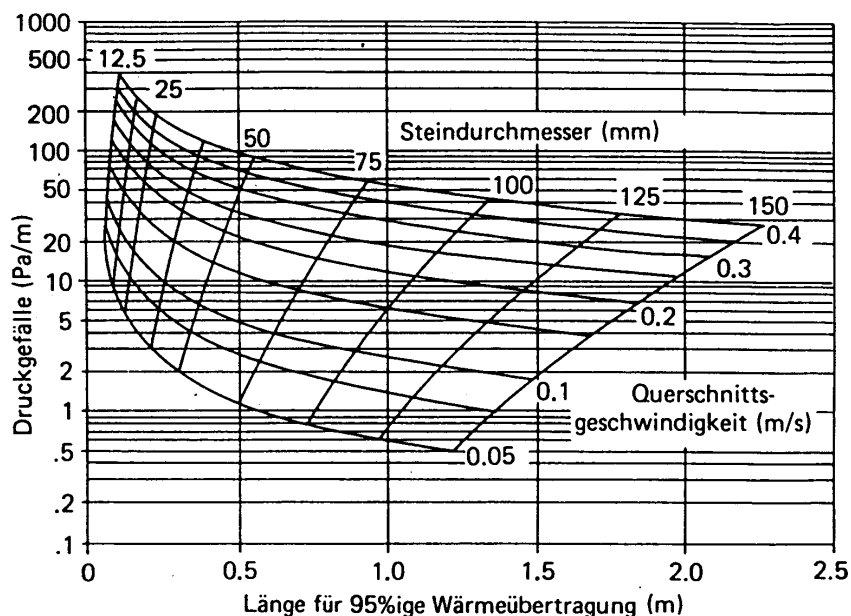


Abb. 5 – Nomogramm zur Bestimmung von Steingröße und Druckverlust im Geröllspeicher (Balcomb)

Die Berechnungsmethode für die Dimensionierung eines Geröllspeichers ist für alle Anwendungstypen gleich. Die Kriterien für die Dimensionierung, sind aber je nach Anwendungstyp verschieden (siehe Design Handbook, Task 19).

3.4.3 Hypokausten

Hypokausten sind Hohlkonstruktionen, die mittels durchströmender Luft solar erwärmt werden. Hypokausten sind wirksame Kurzzeitspeicher sofern sie eine "schwere" speicherfähige Konstruktion besitzen. Eine hohe Speicherfähigkeit des Hypokaustensystems vereinfacht das Regelungssystem der Anlage. Es stehen mehrere Konstruktionen und Luftströmungskonzepte zu Verfügung.

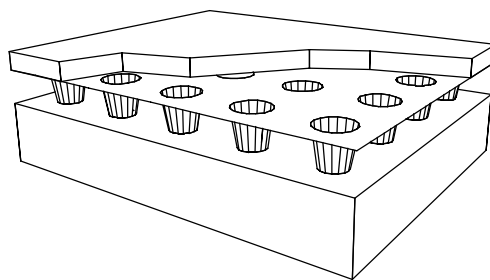


Abb. 6 – Hypokauste aus "Harbola" Hohlraumboden
www.harbola.de



Abb. 7 – Hohldecken aus Beton

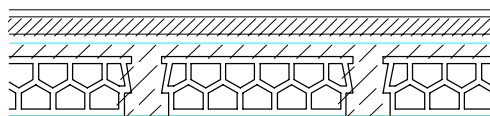


Abb. 8 – Fertigteildecke System "Spannton"

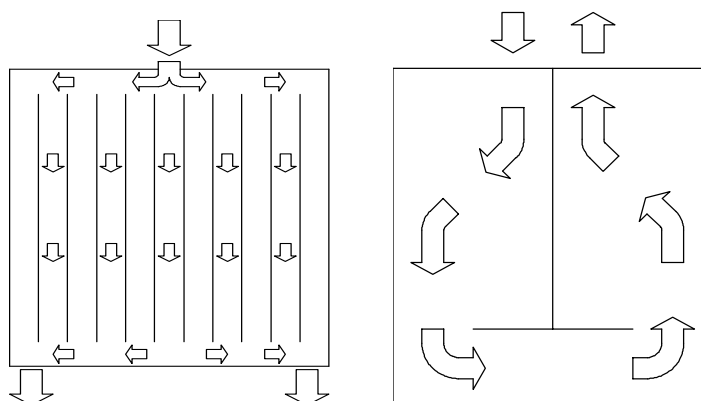
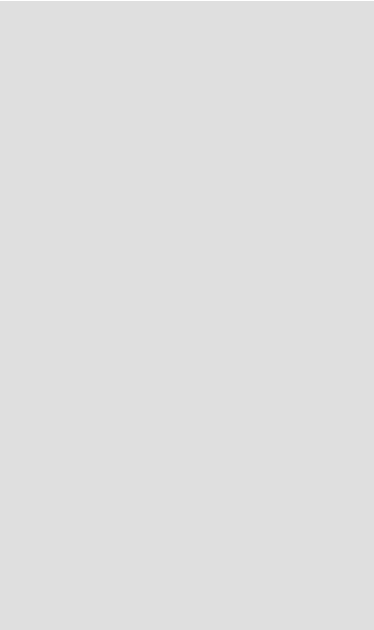


Abb. 9 – Uni-directionale Hypokausten, Diagonalverteilung

Abb. 10 – Schleifenanordnung mit "Harbola" spart
 Luftkanäle

4 Literatur

- [1] Robert S. Hastings, „Solar Air Systems Design-Handbook“, James and James-Verlag, 35-37 William Road, London NW1 3ER, ISBN 1 873936 86 9
- [2] Robert S. Hastings, Harald N.Røstvik, „Solar Air Sytsems – Product Catalogue“, James and James-Verlag, 35-37 William Road, London NW1 3ER
- [3] Robert S. Hastings, „Solar Air Systems – Built examples“, James and James-Verlag, 35-37 William Road, London NW1 3ER ISBN 1 873936 85 0
- [4] Balcomb, J. Douglas., Jones, R. W. (ed.): "Passiv Solar Design Handbook. Volume III: Passiv Solar Design Analysis and Supplement. American Solar Energy



Society, ® Inc. Publications Office: 110 W. 34th St., New York 10001. ISBN 0-89553-124-0.

- [5] "Solararchitektur mit Luftheizsystemen", Tagungsbeitrag "Solar Konkret", Symposium für den Wohnbau, 1. & 2. Juni 1995, Krems
- [6] "Solar Air Heated Buildings", Working document, International Energy Agency, Task 19, Forschungsstelle Solararchitektur, ETH Zürich, 1992
- [7] "Sonnenklar Solar: die neue Generation von Sonnenhäusern", Kolb, B., 1990, Blokverlag, München
- [8] "Ergebnisse von Messungen zur Sonnenenergienutzung in einem Einfamilienhaus, Larsen, S., Vorarlberger Kraftwerke AG, 1989, Bregenz
- [9] "Bauen und Wohnen mit der Sonne, Band 1: Solararchitektur", Kräutler, W., Larsen, S., 1988, Energiesparverein Vorarlberg, Dornbirn