Bauen mit der Sonne - Solarer Direktgewinn

Facharbeit - Baubiologie / Bauökologie - Winter 2008/2009

Daniel Huber, vorderes Zihl 5, 5712 Beinwil am See

Inhalt

1. Vorwort / Einleitung 2

2. Kleine Geschichte des solaren Bauen 4

2.1 Erste Zeugen der solaren Architektur 4
2.2 Sonnenstädte 4
2.3 Antike bis zur industriellen Revolution 6
2.4 Die Energiekrise und die Alternativen 7
2.5 Beispielhafte Bauwerke von 1940 - 2007 8

3. Konzepte von Sonnenhäusern 12

3.1 Verschiedene Architekturkonzepte - ein Ziel 12
3.2 Das Dämmungsprinzip 12
3.2 Das Haus als Sonnenkollektor (Direktnutzungskonzept) 12
3.3 Die Massewand als Sonnen-energiespeicher (Trombe-Wand) 13
3.4 Das Kollektor-Speicher-Konzept (Luft oder Wasserkollektor) 13
3.5 Das Raumzonen-Haus 14
3.6 Das Haus im Glashaus 14

4. Standort und die Form 16

4.1 Standort 16
4.3 Sonnengeometrie und Beschattung 16
4.2 Windschutz 16
4.4 Optimierung des Oberflächen-Volumen-Verhältnisses 18

5. Funktionsweise des solaren Direktgewinns (direct gain) 20

5.1 Ein einfacher Vorgang der Sachkenntnis erfordert 20
5.2 Speichermechanismen und die Lenkung der Energieflüsse 20
5.3 Merkpunkte betreffend Primärspeicher (Absorberböden und -wände) 21
5.4 Die sekundären Speichermassen 22
5.5 Anforderungen an die Benutzer 24
5.6 Optimierung der Südverglasung und Speichermasse 25
5.7 Zusatzbemerkungen zu den Speichermaterialien 27

6. Gläser für den solaren Direktgewinn 28

6.1 Die Verglasung der Zukunft 28
6.2 Fensterrahmen und Glasverbund 28
6.3 Kennwerte von Verglasungen 29

7. Gedanken zur Deckung des Restwärmebedarfs 30

7.1 Die Art der Wärmeverteilung 30

8. Zusammenfassung 32

9. Schlusswort 34

9.1 Wohnvorstellung und Lebensstil 34
9.2 Komfort und Gesundheit 34

10. Literaturverzeichnis und Quellenangaben 36

11. Anhang 38

Europäische Charta für Solarenergie in Architektur und Stadtplanung
Arbeitsblatt Sonnenbahnen- und Beschattungsdiagramm

1. Vorwort / Einleitung

Bei meinem eigenen Haus, das ich nach dem Besuch des Fachkurses Baubiologie/ Bauökologie geplant und gebaut habe, probierte ich möglichst viele Themen der Baubiologie/ Bauökologie umzusetzen. Ein zentrales Thema für mich war die Reduktion des Energieverbrauchs des Gebäudes beim Betrieb, sowie der Erstellung. Das Gebäude sollte ein Passivhaus werden ohne konventionelle Heizung. Es ist Minergie-P zertifiziert. Das Energiekonzept für den Betrieb des Hauses habe ich mit Andrea Rüedi, Baubiologe und Energiekonzepter, aus Chur erarbeitet. Das Konzept basiert auf dem solaren Direktgewinn. Entgegen der Logik des konventionellen Bauens mit mehr Technik und mehr Wärmedämmung den Energieverlust physikalisch rein an der Gebäudehülle zu drosseln, versucht der solare Direktgewinn das Gebäude als dynamisches System zu behandeln und mit der Physik bis in das Innerste des Gebäudes zu wirken. Dieser natürliche Vorgang, der mittels einfachster Kontrollmechanismen die verfügbaren Mittel mit Geschick und Intelligenz zu nutzen versteht, hat mich begeistert. Um meine beim Planen und Bauen erworbenen Erkenntnisse zu vertiefen und weiterzugeben, habe ich dazu Daten und Fakten gesammelt und in dieser Arbeit vereint.

Abb 0: Solares Direktgewinnhaus Zihl, Beinwil am See

2. Kleine Geschichte des solaren Bauen

2.1 Erste Zeugen der solaren Architektur

Die passive solare Architektur ist nicht neu, sie wird in allen Teilen der Erde schon seit Jahrtausenden angewandt. Für die namenlosen Architekturen der vergangenen Jahrhunderte war die Optimierung des Energiehaushaltes der menschlichen Behausung eine Frage des Überlebens. Damals kannte man den Begriff „Energie“ wie die ihm zugrunde liegenden physikalischen Gesetzmässigkeiten nicht. Während in einigen Regionen der Welt durch einigermassen „vernünftiges“ Bauen weder Heizung noch Kühlung gebraucht wurde (und wird), war die Energiebeschaffung in nördlichen Breiten unseres Kontinentes stets mit grossen Mühen verbunden, weshalb Bauformen, Klima und körperliches Wohlbefinden eng miteinander verknüpft waren. Die klimatischen Vorteile eines Standortes wurden von den Baumeistern der Gebäude sorgfältig abgewogen und es wurde in der Regel darauf geachtet, dass schon frühe Morgensonne die Behausung erwärmen konnte.

Gesicherte Energieversorgung durch Landwirtschaft und Handel waren der zentrale Faktor bei der Entwicklung früher Städte. Sonne, Wind und Wasser waren ihre stadtplanerischen Leitprinzipien. Eine enge Abhängigkeit von einer genau abgestimmten Wechselwirkung zwischen dem menschlichen Handeln und der Natur war allen frühen Siedlungsformen – unabhängig von der jeweiligen Klimazone – gemein. Viele Kulturen entwickelten aus der Erkenntnis der Abhängigkeit von der solaren Einstrahlung grosse Bauten als Tempel zur Anbetung dieser „Gottheit“. In der Sonnenanbetung manifestierte sich ein universales Prinzip. (*Abb 1, 2*)

Abb 1: Rekonstruktion einer Kreisgrabenanlage (Ringgrabenanlage) in Heldenberg (Österreich). Die um 5000 v. Chr. entstandenen Kreisgrabenanlagen bestehen aus ein bis drei kreisförmigen oder elliptischen Gräben von 40 bis 300m Durchmesser. Die Hauptachsen folgen einer astronomischen Ausrichtung und es handelt sich um regelrechte Kalenderbauten, die nach der Sonne ausgerichtet sind , so dass man den Tag der Sommer- oder Wintersonnenwende feststellen konnte.

Abb 2: Sonnenpyramide Teotihuacán, México (100 n. Chr.)

2.2 Sonnenstädte

Es gibt schon frühe Zeugen der passiven Solarnutzung. In Harrapa (im Grenzgebiet zwischen dem heutigen Indien und Pakistan) lässt sich aus den Ruinen ableiten, dass schon um 4000 v. Chr. die Sonnenenergie bewusst und gezielt genutzt wurde. Die Ausrichtung der Gebäude belegt, dass die Erbauer sehr genau wussten, mit welcher Lage und Ausrichtung möglichst viel Sonnenwärme eingefangen werden konnte (*Abb 3*).

Ein Beispiel in Europa ist die Griechische Stadt Olynthus auf der Halbinsel Chalkidike aus dem 5. Jahrhundert v. Chr. (*Abb 4*). Griechenland steckt zu dieser Zeit in einer „Energiekrise“, das Brennholz wurde immer knapper und teurer. Es wurde die verglaste Südfläche mit weitüberstehendem Vorbau entwickelt.

Abb 3: Visualisierung der Stadt Harappa anhand der vorgefundenen Fundamente (4000 v. Chr.)

Abb 4: Steinfundamente der Stadt Olynthus (500 v. Chr.)

Sokrates beschrieb dies so: „In Häusern, die nach Süden blicken, dringt die Sonne im Winter durch die Vorhalle bis in die Wohnräume vor und wärmt sie. Im Sommer jedoch hält das Dach der Vorhalle die Sonne ab und spendet kühlen Schatten.“ Die massigen Mauern und die dicken dunklen Platten des Steinfussbodens saugten sich tagsüber mit Sonnenwärme voll und strahlten diese Nachts wieder ab - der solare Direktgewinn war erfunden (Abb 5). Ausserdem wurde die Stadt so angelegt, dass sie möglichst viel Sonnenenergie nutzte. An einem Südhang liefen sechs Querstrassen in Ost-West-Richtung, die Wohnhäuser standen so nach Süden ausgerichtet. Diese Solararchitektur setzt voraus, dass die Sonneneinstrahlung auf das Gebäude nicht behindert wird. Dieser Grundsatz wurde beim Bau von Olynthus durch ein Gesetz geschützt, das besagte, dass kein Haus einem anderen vor der Sonne stehen dürfe, auch nicht vor der tiefsten Wintersonne. Das „Recht“ auf Sonne wurde festgeschrieben.Innerhalb nur eines Jahrzehnts setzte sich der neue Baustil bis in die fernste Kolonie durch.

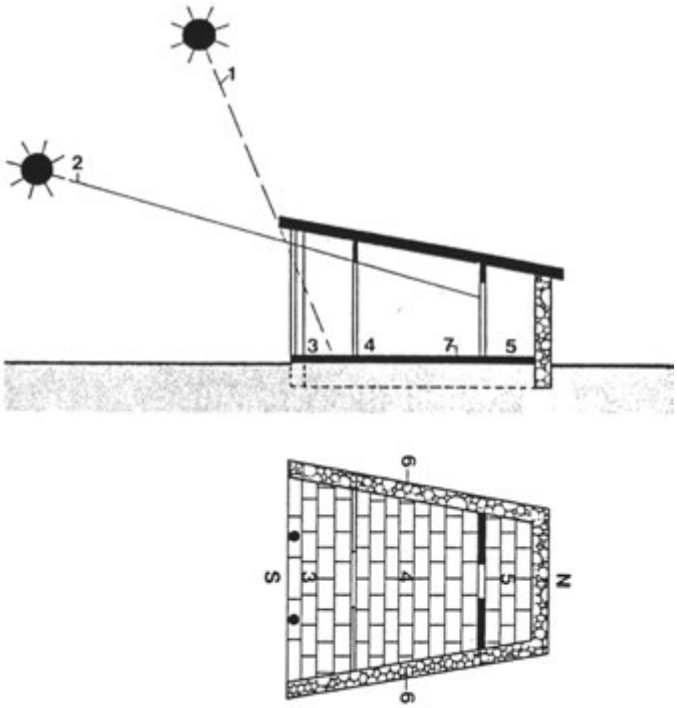


Abb 5: Haus des Sokrates, Längsschnitt und Grundriss
1 Sonneneinstrahlung Sommer
2 Sonneneinstrahlung Winter
3 Terrasse / Vorplatz
4 Wohnraum
5 Vorratsraum gleichzeitig Pufferraum
6 Massive Wände für die Wärmespeicherung
7 Steinboden, zugleich Wärmespeicher

Eine weitere griechische Stadt wird immer wieder zitiert. Es ist dies Priene, an der Westküste Kleinasiens. Sie wurde 400 v. Chr. angelegt und zeichnet sich durch eine konsequente solare städtebauliche Struktur aus. Ihre Grundrisse verfolgten umfassend den solararchitektonischen Ansatz und waren alle in gleicher Weise angelegt und auf die Sonne ausgerichtet (Abb 6,7,8).

Abb 6: Perspektive der Stadt Priene

Abb 7: Ruine von Priene (400 v. Chr.)

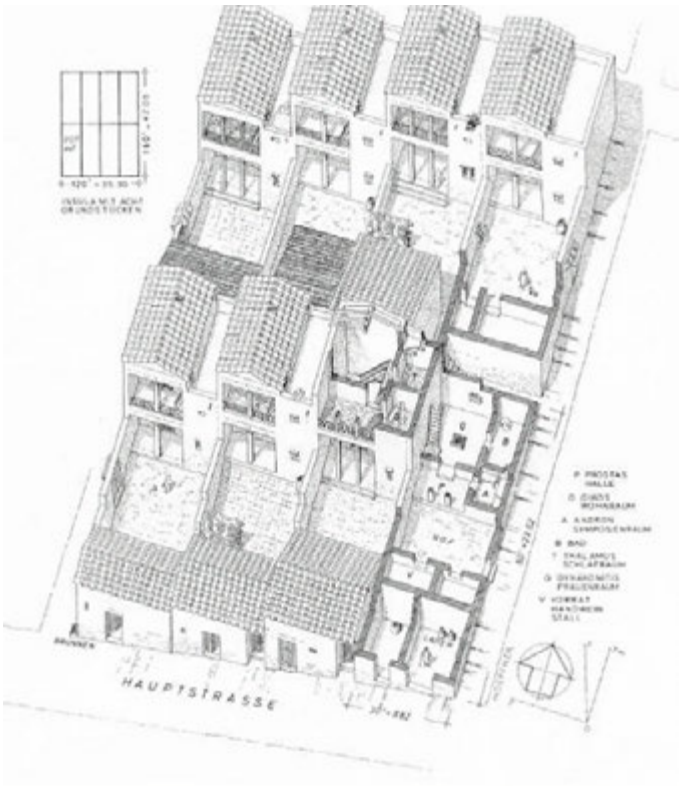


Abb 8: Häuserzeile von Priene

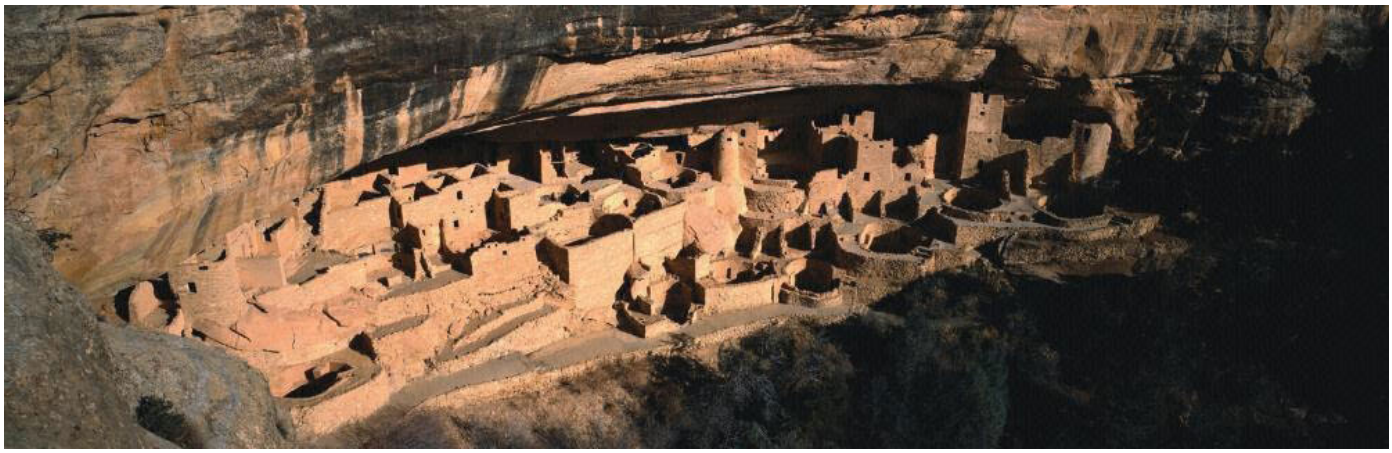


Abb 9: „Cliff-Dwelling“ Siedlung der Anasazi (ca. 700 n. Chr.)

Aus dem alten Rom ist ein Urteil überliefert, wonach der Klage des Besitzers eines Wintergartens gegen die Errichtung eines schattenwerfenden Gebäudes stattgegeben wurde. Der römische baumeister Vitruv erklärte in seinem zehnbändigen Werk „De Architectura Libri Decem“: „Um die richtigen Pläne für Häuser entwerfen zu können, müssen wir zuerst die Länder und Klimata erforschen, in denen sie stehen sollten“ und riet weiter: „Es ist offensichtlich, dass beim Entwurf der Häuser auf die verschiedenartigen Klimazonen Rücksicht genommen werden muss.“

Ähnliche Entwicklungen gab es um dieselbe Zeit in China und später bei den Naturvölkern Amerikas. Im Südosten der Vereinigten Staaten. Im Vierländereck von Arizona, New Mexico, Utah und Colorado, das im grossen Ganzen eine Hochwüste war, befand sich der Lebensraum der Anasazi. Die Temperaturen schwankten von 40 Grad Celsius im Sommer und minus 30 Grad Celsius im Winter. Die „Cliff-Dwellings“ der Anasazikultur (ab 700 n. Chr.) stellten grosse Siedlungen dar. Diese wurden unter überhängenden Felsen errichtet um in den wolkenlosen Winternächten die Wärmeabstrahlung zu verhindern und die Gebäude vor Tauniederschlägen zu schützten. Dicke, wärmespeichernde Wände aus Stein und Lehm absorbierten hier die winterliche Sonnenstrahlung, speicherten sie und temperierten dadurch nachts den Innenraum. Im Sommer wurde durch die Vordachwirkung der Höhenklippensiedlungen diese abgeschattet und mit der aufsteigenden Thermik durchlüftet. Im 13. Jahrhundert brach diese Kultur plötzlich zusammen, die Siedlungen wurden schlagartig verlassen und damit ging auch das Wissen um diese Architektur verloren (Abb 9,10).

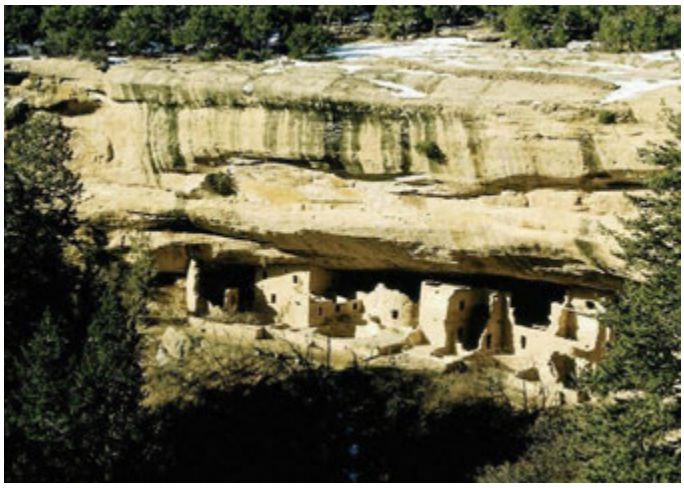


Abb 10: „Cliff-Dwelling“ Siedlung der Anasazi (ca. 700 n. Chr.)

2.3 Antike bis zur industriellen Revolution

Die Zeit von der Antike bis zur industriellen Revolution hat in Europa vor allem in Sakralbauten ihre solare Ausprägung gefunden. Viele Beispiele aus diesen Epochen demonstrieren, wie mit Hilfe der Sonnenenergie nicht nur ein angenehmes Raumklima, sondern vor allem grandiose Lichteffekte erzielbar sind. Die Ausrichtung der Kirchen zur Sonne gab den Gläubigen die Möglichkeit das „himmlische Licht“ zu empfinden. Die damals entwickelten Methoden der Glasbearbeitung lassen gotische Kirchen und Kathedralen in einem „neuen Licht“ erstrahlen. „Das theatralisch inszenierte Sonnenlicht löst die Schwerkraft der Wände auf.“ (Abb 11)

Abb 11: Lichtdurchfluteter Raum: Chor des Vetisdoms in Prag (1344 n. Chr.)

Durch die Renaissance wurde das Wissen der Antike über die Möglichkeiten der Sonnenenergie, der Einsatz von Licht und die Offenheit in die Europäische Baukunst eingebracht (Abb 12). Im Barock wurde das Sonnenlicht für theatralische und dramatische Effekte genutzt.

Die gesamte europäische Architekturgeschichte stellt sich als ein zunehmend bewusster Umgang der Baumeister und der Gesellschaft mit der Sonnenenergie dar. Die Behaglichkeitskriterien wurden über den gesamten Zeitraum konstant gesteigert und jede Epoche erschuf neue Qualitätssprünge ihrer Bauwerke. Zwar waren viele architektonische Errungenschaften den Regierenden vorbehalten und erst in späteren Generationen auch für breitere Bevölkerungsschichten adaptierbar, doch gerade diese Vorbildwirkung war und ist von großem Wert für die Entwicklung der Solararchitektur hin zum Standard, den sie heute bereits erreicht hat.

Abb 12: Villa Rotonda (Andrea Palladio, 1571)

Diese konstante Entwicklung wurde erst durch die industrielle Revolution, die eigentlich eine Energierevolution war, unterbrochen oder zumindest massiv beeinflusst. Kohle und Koks waren als erste genutzte fossile Energieträger ökonomischer einsetzbar als die bis dahin übliche Holzkohle. Die Dampfmaschine wurde durch diese Energieträger möglich und stieß die Türe zur industriellen Serienproduktion weit auf. Viele neue Technologien ermöglichten den Architekten und Ingenieuren die menschlichen Dimensionen und Maßstäbe scheinbar mühelos zu überwinden. Die Architektur begann sich zunehmend der Technologie zu unterwerfen. Die scheinbar unbegrenzt verfügbare Energie und in ihrem Schlepptau die technologischen Entwicklungen riefen einen Fortschrittsglauben hervor, der den regierenden Gruppen die Augen vor den negativen Folgen der industriellen Revolution verschloss. Der Reichtum, der durch die Ausbeutung der Bodenschätze für wenige Regionen der Erde möglich wurde, begünstigte jedoch nicht alle Bewohner dieser Regionen in gleicher Weise. Große Bevölkerungsteile litten unter schlechten Wohnverhältnissen und lebten in Armut. Als erste Antwort dieser Umstände kann wohl Ebenezer Howards Garden-City-Bewegung angesehen werden, die wieder eine Rückkehr zu einer ländlichen und naturverbundenen Lebensform propagierte. Dort wurden die beinahe schon in Vergessenheit geratenen Konzepte einer nach der Sonne orientierten Architektur aufgegriffen (*Abb 13*).

Abb 13: Gartenstadt Letchworth England (Barry Parker & Raymond Unwin, 1903)

2.4 Die Energiekrise und die Alternativen

Ende der sechziger, Anfang der siebziger Jahre entflammte mit zunehmender Verteuerung der Energie und Überwindung der „Energiekrise“ eine Diskussion über Alternativen zu den gängigen Energieformen. Die Baubiologie als Reformbewegung im Bauwesen fand hier ihre erste breite Basis und die von einzelnen Persönlichkeiten vorgetragenen Zweifel an der bestehenden Energiesituation wurden hier erstmals umfassender aufgegriffen. Die Sonne rückte in den Mittelpunkt der Überlegungen, seit diesem Zeitpunkt gibt es eine immer grösser werdende Gruppe von Architekten, die sich diesem Thema annehmen. Aus dem Fundus der Pioniere und Selbstbaugruppen entwickelte sich - auch unter dem Aspekt von Versuch - Irrtum - Methoden - ein heute ansehnlicher Bereich von Dienstleistern, Produzenten und Handwerker, die an der Umsetzung solarer Ideen und Konstruktionen arbeiten.

Die „offizielle Geburt“ der „Solararchitektur“ fand in der Breite der Architekturdiskussion und ihrer Geschichte erst in der jüngsten Vergangenheit statt. Das Manifest der „Europäischen Charta für Solarenergie in Architektur und Stadtplanung“ wurde von der READ-Gruppe 1996 veröffentlicht.
Seine wesentlichsten Passagen hier in Kürze:
(der volle Text ist im Anhang zu finden)

Präambel

„...Ein verantwortlicher Umgang mit der Natur und die Nutzung des unerschöpflichen Energiepotenzials der Sonne müssen Grundvoraussetzung für die Gestaltung der gebauten Umwelt werden. In diesem Zusammenhang ist die Rolle der Architektenschaft als verantwortlicher Profession von weitreichender Bedeutung. Sie muss erheblich mehr als bisher entscheidenden Einfluss auf die Konzeption und die Disposition von Stadtstrukturen, Gebäuden, die Verwendung der Materialien und Systemkomponenten und damit auch auf den Energieverbrauch nehmen. Das Ziel zukünftiger Arbeit muss deshalb sein, Stadträume und Gebäude so zu gestalten, dass sowohl Ressourcen geschont als auch erneuerbare Energien – speziell Solarenergie – möglichst umfassend genutzt werden, wodurch die Fortsetzung der genannten Fehlentwicklungen vermieden werden kann. Zur Durchführung dieser Forderungen sind die derzeit bestehenden Ausbildungsgänge, Energieversorgungs-systeme, Finanzierungs- und Verteilungsmodelle, Normen und Gesetze den neuen Zielsetzungen anzupassen.“

2.5 Beispielhafte Bauwerke von 1940 - 2007

1940 M.I.T. Solar House #1, Cambridge, USA

Das experimentelle „Zweiraumhaus“ ist das erste das ganze Jahr mit Sonnenenergie beheizte Gebäude. Ein Swimmingpoolgrosser Wassertank unter dem Gebäude speichert ausreichend Warmwasser um durch den oft bewölkten Winter zu heizen.

Abb 14: M.I.T Solar House #1

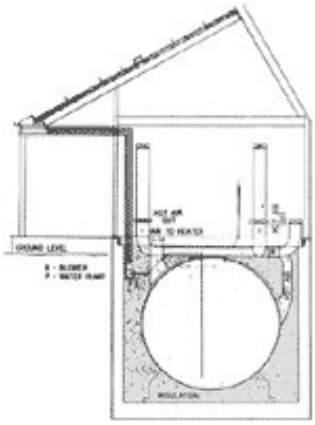


Abb 15: Querschnitt mit Speicher

1956 Bridgers-Paxton Office Building, Albuquerque, USA

Frank Bridgers baut das erste solare Bürogebäude. Es wurde von Sonnenkollektoren mit gedämmtem Wasserpufferspeicher beheizt. Er dachte dabei weniger an die Umwelt, sondern daran, die Kosten für die steigenden Energiepreise zu senken und damit Geld zu sparen.

Abb 16: Bridgers-Paxton Office Building

1958 Energiesparhaus in Wavre, Belgien (Francois Massau)

Noch bevor die Wichtigkeit des Themas Energie ins öffentliche Bewusstsein gelangt, baut Francois Massau ein revolutionäres Energiesparhaus. Er setzt einen kreisrunden 130 m2 grossen Bungalow auf zwei Schienenringe, so dass sich der ganze Bau, mittels eines kleinen Motors im Keller, um einen stabilen Kern in der Mitte drehen kann: Ein Haus, das dem Lauf der Sonne folgen kann. Das eckige Dach steht dabei fest auf quaderförmigen Säulen. Massau will damit seiner schwerkranken Frau helfen, die die Sonne liebt. Indem er ausserdem die Mauern gut dämmt und doppelverglaste Fenster nutzt, erwärmt sich das Innere sogar in den Übergangszeiten auf 22 °C - ganz ohne Heizung.

Abb 17: Energiesparhaus in Wavre

1967 geodätischer Dome in Montreal, Kanada (Buckminster Fuller)

Ein weiterer Vorreiter des energieoptimierten Bauens ist Buckminster Fuller, der Erfinder der geodätischen Dome, bei denen die Aussenfläche um 38 % kleiner ist als die eines quaderförmigen Gebäudes gleicher Grundfläche. Die Aussenfläche der Dome besteht aus Dreiecksflächen und ist desshalb besonders stabil. 1991 werden in den USA bereits 1‘500 Ökodome verkauft - und die bretonische Firma Domespace bietet sogar eine Version an, die auf Kugellagern dem Lauf der Sonne entsprechend gedreht werden kann (Rotation bis 330°).

Abb 18: Ökodome der Firma Domespace

1971 Zome Home, Corrales, USA

Eine gedämmte Bienenwabenkonstruktion aus Aluminium macht das Haus leicht, aber trotzdem stabil. Gedämmte Oblichter werden am Tag geöffnet um Licht um Wärme herein zu lassen und schliessen automatisch wenn nachts die Temperaturen absinken. Eine im Süden aufgehängte „Wassertankwand“ mit 20 Tonnen Wasser speichert die Wärme und wird ebenfalls nachts geschlossen.

Abb 19: Zome Home

1976 Unite One, Santa Fe, USA

Gut gedämmte Aussenwände und massive Lehmwände im Innern halten die Temperaturen in diesem Gebäude stabil. Ein Wintergarten als Sonnenkollektor erntet Licht und Wärme.

Abb 20: Unite One

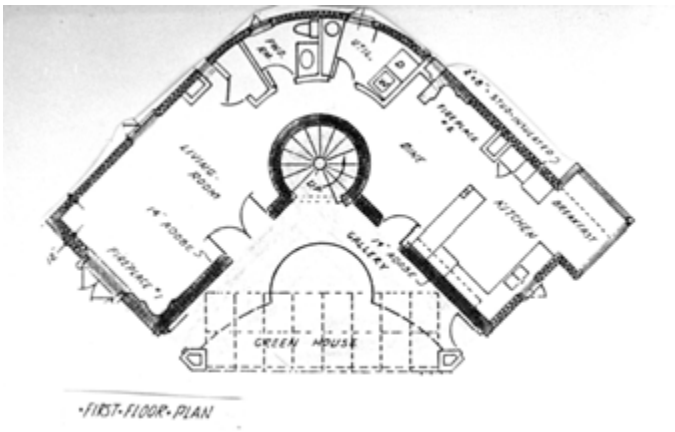


Abb 21: Unite One Grundriss

1981 Wohnprojekt Wintergasse 53, Pukersdorf, Österreich (Georg W. Reinberg)

Das Projekt entstand aus einer Initiative von Familien. Eine alternative Architektur, baubiologische Materialien und die passive Solarnutzung über Wintergärten zeichnen die beiden Gebäude aus. Sie öffnen sich nach Süden und sind gegen Norden mit einem begrünten Pultdach verschlossen. Das Projekt selbst war einer der Ausgangspunkte für eine führende Position Österreichs im solaren Bauen in den 90er Jahren.

Abb 22: Wohnprojekt Wintergasse

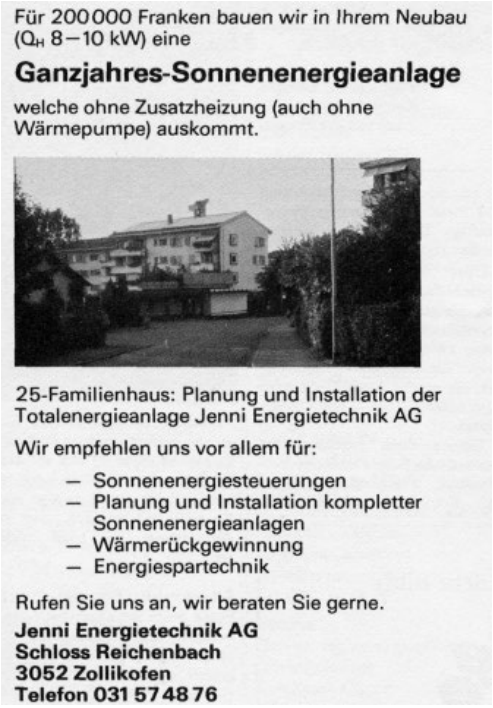
1984 Rocky Mountain Institute (RMI), Colorado, USA (L. Hunter Sheldon; Amory Lovins)

Das erste vollbiologische Bürohaus der Welt, steht auf 2200 Metern Höhe, in einem Gebiet, wo die Aussentemperaturen bis auf minus 44 °C absinken können und nur 52 Tage im Jahr frostfrei sind. Der Südliche Gebäudekomplex des Hauptquartiers in Snowmass ist als Passivgebäude gebaut, so dass selbst im Winter allein durch die Sonne und die Körperwärme der Angestellten im Innnebereich noch angenehme Temperaturen herrschen und selbst subtropische Pflanzen wachsen können. Der Ofen wird nur selten benutzt.

Abb 23: Rocky Mountain Institute (RMI)

1989 Ganzjährig durch die Sonne beheiztes Haus, Oberburg, Schweiz (Jenni Energie Technik AG)

Angefangen hat es mit einem Inserat in der Zeitschrift der Schweizerischen Vereinigung für Sonnenenergie 1982. Die Jenni Energietechnik AG pries darin an, dass sie eine Sonnenheizung (Sonnenkollektoren und Wasserspeicher) für ein rein solar beheiztes Einfamilienhaus bauen könne. Der Bekanntheitsgrad der Firma wurde massiv gesteigert. Es wurden aber keine Kunden gefunden, so ergriff man die Möglichkeit, selbst ein derartiges Haus zu bauen. Die Erreichung des Ziels war viel einfacher als angenommen. So wurde am 31. Januar 1990 mit einem Teil des zuviel eingespeicherten Warmwassers ein 25 m3 grosses Aussenschwimmbad aufgeheizt und ein Badespektakel veranstaltet.


Für 200 000 Franken bauen wir in Ihrem Neubau (Q_H 8–10 kW) eine

Ganzjahres-Sonnenenergieanlage

welche ohne Zusatzheizung (auch ohne Wärmepumpe) auskommt.

25-Familienhaus: Planung und Installation der Totalenergieanlage Jenni Energietechnik AG

Wir empfehlen uns vor allem für:

- Sonnenenergiesteuerungen
- Planung und Installation kompletter Sonnenenergieanlagen
- Wärmerückgewinnung
- Energiespartechnik

Rufen Sie uns an, wir beraten Sie gerne.

Jenni Energietechnik AG
Schloss Reichenbach
3052 Zollikofen
Telefon 031 57 48 76

Abb 24: Inserat Jenni Energietechnik

Abb 25: Jenni Energietechnik

1994 Baumhaus Heliotrop, Freiburg, Deutschland (Rolf Disch)

Das Haus des Architekten Rolf Disch erzeugt mit seiner Solarstromanlage gleich fünfmal so viel Energie, wie die Bewohner benötigen: ein Baumhaus, das sich der Sonne nachdreht - oder aber ihr den gut geschlossenen Rücken zuwendet. Je nachdem, ob gerade kalter Winter ist, in dem man sich die Sonnenwärme ins Haus holen will, oder heißer Sommer, in dem die Bewohner den Schatten suchen.

Abb 26: Baumhaus Heliotrop

1994 Solarpassive Null-Heizenergie-Häuser, Trin, Schweiz (Andrea Gustav Rüedi)

Die ersten solaren Direktgewinnhäuser in der Schweiz ohne Zusatzheizung. Die voll verglaste Südfassade (46 m2) ist nicht nur attraktiv für die Bewohner, sie stellt auch das zentrale Element zur Beheizung der rund 200 m2 grossen Wohnfläche des Hauses dar. Die Sonnenenergiespeicherung erfolgt rein passiv in der 221 Tonnen umfassenden Baumasse des Gebäudes. Diese Masse ist nötig, damit das Gebäude nach mehreren Tagen ohne Sonne - und bei minus Temperaturen aussen - noch akzeptable Raumtemperaturen halten kann.

Abb 27: Solarpassive Null-Heizenergie-Häuser

2000 Solarhaus III Ebnat-Kappel, Schweiz (Dietrich Schwarz)

Die Südfassade besteht aus einer transluzenten Solarspeicherwand mit Paraffin als PCM (Phase Change Material). Wegweisend ist dieser Latentspeicher. Er hat die Eigenschaft, dass das eingeschlossene Material, in diesem Fall ein spezielles Paraffin, bei Raumtemperatur schmilzt und gefriert. Die solare Energie lädt zuerst die Speichermasse auf, bevor die thermische Energie als angenehme Strahlungswärme mit einer Phasenverschiebung an den Innenraum abgegeben wird. Sämtliche Wohnräume sind unmittelbar zu diesen Solarwänden angeordnet. Durch das Aufspannen des Innenraumes, mit einem Pultdach nach Süden, vergrössert sich die solare Gewinnfläche.

Abb 28: Solarhaus III

2006 Forum Chriesbach (EAWAG), Dübendorf Schweiz (Bob Gysin)

Das Forum Chriesbach hat weder eine konventionelle Heizung noch eine aktive Kühlung. Es ist sehr gut gedämmt und verfügt über ein ausgeklügeltes Lüftungssystem. Die anfallende Wärme von Personen, Arbeitshilfen, Beleuchtung und Sonnenstrahlung genügt in der Regel, um eine angenehme Raumtemperatur zu erhalten. Das Gebäude ist ein kompakter Körper mit einem Atrium, welches Tageslicht in das Gebäude lässt und gleichzeitig der sommerlichen Nachtauskühlung dient. Die Fluchtbalkone tragen die prägenden blauen Glaslamellen, die dem Sonnenstand nachgeführt werden und abhängig von der Jahreszeit beschatten oder Licht durchlassen.

Abb 29: Forum Chriesbach

2007 Green Offices, Givisiez, Schweiz (Conrad Lutz)

Das „Green Offices“ ist ein Bürogebäude, das in Bezug auf Ressourcen- und Energieverbrauch und dem konsequenten Einsatz von natürlichen Baustoffen absolut überzeugt. Das Gebäude ist nicht nur während der Nutzung energiesparend, sondern war es auch in der Bauphase. Das Regenwasser wird gesammelt und für das Händewaschen, sowie das Spülen des Geschirrs in der Cafeteria und die Gartenbewässerung verwendet. Installation von Trocken-WC‘s - 100% biologisch abbaubar.

Abb 30: Green Offices

3. Konzepte von Sonnenhäusern

3.1 Verschiedene Architekturkonzepte - ein Ziel

Die nachfolgend dargestellten Architekturkonzepte illustrieren, dass es nicht einen, nämlich den besten Weg zum energiegerechten Haus gibt, sondern dass je nach Bedürfnislage und Projektteam das Optimum anders aussieht: Der einfach renovierte Altbau der von seinen Bewohnern bewusst im Minimalkonfortbereich betrieben wird, mit unbeheizten Schlafzimmern und Einzelofen in der Stube, mag schlussendlich weniger Energie verbrauchen, als das raffinierte, automatisch auf 20°C thermostatisierte Luftkollektorhaus. Die verschiedenen Haustypen sind Resultate von grundlegend unterschiedlicher Architekturauffassung und das Bemühen um ein energieoptimales Verhalten führt daher zu unterschiedlichen Lösungen.

3.2 Das Dämmungsprinzip

Prinzip:
Eine konsequente Wärmedämmung der Gebäudehülle vermindert die Wärmeverluste so stark, dass mit minimalem Aufwand geheizt werden kann. Da die Fenster mehr Wärme ableiten, als die anschliessenden Wandflächen, wird die Fensterfläche unabhängig von der Orientierung, auf das wohnhygienische Mindestmass reduziert, auch wenn dadurch die Sonneneinstrahlung ebenfalls verringert wird.

Beurteilung:
Kleine Verluste - kleine Sonneneinstrahlungsgewinne: Je kälter und sonnenärmer das Klima, desto mehr zahlt sich dieses Prinzip aus. Das Dämmungsprinzip ist für die Architekten und die Bewohner ziemlich „narrensicher“ in Bezug auf die energetischen Resultate: Für den Architekten entfallen schwierige Dimensionierungsprobleme (Verglasung, Speicher) unter Berücksichtigung instationärer Vorgänge, und der Bewohner muss sich nicht speziell nach dem Energieverhalten des Hauses richten. Auf wenig Sympathie stösst die Abschottung von der Aussenwelt (Fenstergrössen, Luftwechsel). Von begnadeten Solararchitekten werden solche Bauten gerne als „Polystyrol-Iglus“, „Thermosflaschen“ oder „Thermosarg“ belächelt.

3.2 Das Haus als Sonnenkollektor (Direktnutzungskonzept)

Prinzip:
Durch eine grosszügig verglaste Südfassade wird die Sonnenstrahlung hereingelassen. Die materialtechnischen Eigenschaften von Glas bewirken, dass die Sonnenenergie nicht einfach wieder als Wärme nach draussen abgestrahlt oder als Warmluft weggeführt werden kann. Die restliche Gebäudehülle ist gut gedämmt und genügend Speichermasse sorgt für ein ausgeglichenes Temperaturverhalten.

Beurteilung:
Ziemlich problemlos können dem Haus grosse Einstrahlungsenergien zugeführt werden. Es ist aber nicht einfach, während der Sonnenscheindauer im Überfluss gelieferte Energie (vor allem im Herbst und Frühling) irgendwo einzuspeichern (Böden, Wände), damit nicht eine momentane Raumluftüberhitzung eintritt und die Wärme weggelüftet werden muss. Die Wärme soll ja abends und nachts wieder langsam an den Raum abgegeben werden, um die Wärmeverluste durch die Gebäudehülle auszugleichen und damit die Raumtemperatur erhalten bleibt.
Die Gestaltung eines Hauses, so dass es als Ganzes sich im Klima wie ein Kollektor verhält, der in seinem Innern behagliche Existenzbedingungen aufweist, erfordert vom Architekten spezielle Sachkenntnis. Vom Bewohner muss eine gewisse Partizipation erwartet werden können: Die Sonneneinstrahlung darf nicht ungebührlich abgedeckt werden (Vorhänge, Verschmutzung) und die Absorberflächen (Boden) dürfen nicht mit Möbeln und Teppichen abgedeckt werden.

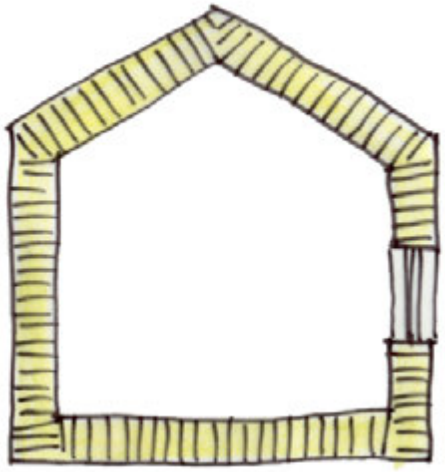


Abb 31: Das Dämmungsprinzip

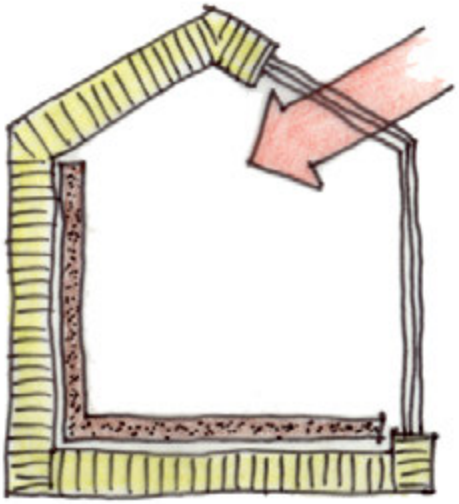


Abb 32: Das Haus als Sonnenkollektor

3.3 Die Massewand als Sonnenenergiespeicher (Trombe-Wand)

Prinzip:
Die einfallende Sonnenstrahlung wird auf einer dunkel beschichteten, massiven Fassadenwand in Wärme umgesetzt (absorbiert). Die Fassade ist verglast, damit die Wärme nicht ungehindert wieder als Infrarotstrahlung an die Umwelt abgestrahlt werden kann. Durch die massive Wand wird die Wärme mit gewünschtem zeitlicher Verzögerung an den Raum abgegeben. Nord, Ost- und Westwände, sowie Dach und Boden sind gut gedämmt, damit möglichst wenig Wärme verloren geht. Die Methode wurde zuerst von Michel Trombe in Südfrankreich angewendet. Seit einiger Zeit wird das Konzept der Speicherwände mit verbesserten Materialien direkt innerhalb der Verglasung angewandt. Es kommen sogenannte Phase Change Materials (PCM) zum Einsatz. Diese PCM sind Substanzen, die durch gezieltes Aufschmelzen und Erstarren bei einer definierten Temperatur (Wärme-) Energie aufnehmen bzw. abgeben (z.B. Salzhydrate).

Beurteilung:
Die Umsetzung der Strahlung in Wärme geschieht nicht im Raum selbst, sondern auf der raumabgewandten Seite der Massenwand. Dadurch wird das Problem der Raumüberhitzung bei Sonnenschein entschärft (Hauptproblem beim Direktnutzungskonzept). Die warme Oberfläche der Massenwand verliert dafür allerdings permanent Wärme an die kalte Verglasung und damit an die Umwelt.
Die Strahlungsaufnahme und -umsetzung kann gut optimiert werden: es können gut geeignete Speichermaterialien gewählt werden (Beton, Wasserkanister, PCM). Bei unserem (nicht sehr günstigen) Verhältnis von Sonneneinstrahlung zur Kälte des Aussenklimas wird die Massenwand interessant, wenn die Verluste mit hochwärmegedämmten Verglasungen minimiert werden können.

3.4 Das Kollektor-Speicher-Konzept (Luft oder Wasserkollektor)

Prinzip:
Der dunkle, verglaste Absorber (kann auch eine Wand sein, bei Luft kann es auch ein System ohne Glas sein) wird gut gedämmt, damit wenig Wärme nach aussen fliessen kann. Das über der Absorberfläche sich erwärmende Medium (Wasser oder Luft) transportiert die Energie in einen Speicher, von wo es abgekühlt wieder in den Kollektor gelangt.

Beurteilung:
Je kälter und je sonnenärmer das Klima ist, desto mehr drängt sich der Gedanke auf, die verfügbare Energie mit Hilfe eines Kollektors in einem Speicher bis zur Verwendung zu lagern. Das Kollektor-Konzept erlaubt es, ein bezüglich Energieverluste sehr gut gedämmtes Haus zu bauen und diesem über einen leistungsfähigen Kollektor noch Wärme zuzuführen. Grundsätzlich kann der Speicher an einem beliebigen Ort stehen. Die Oekonomie der Wärmetransporte und die Nutzung der Speicherabwärme legt eine kompakte Aggregation dieser Elemente allerdings nahe. Die grösse des Speichers legt fest, für welchen Zeitraum ein Gebäude über Energiereserven verfügt. Saisonale Speicher verfügen über die Energie für eine ganze Heizperiode.

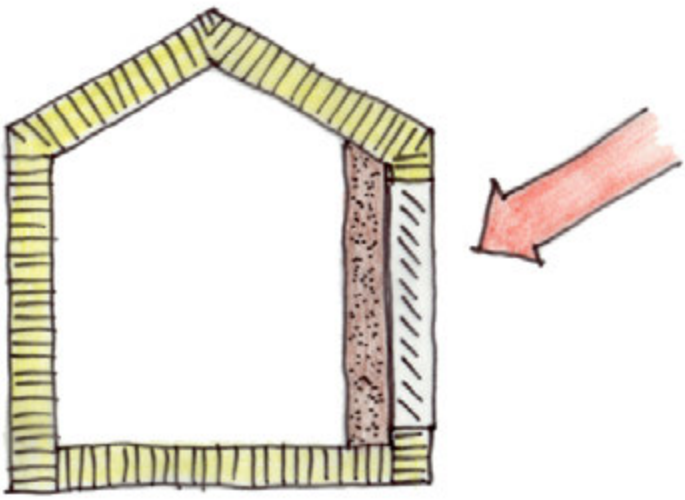


Abb 33: Die Massewand als Sonnenenergiespeicher

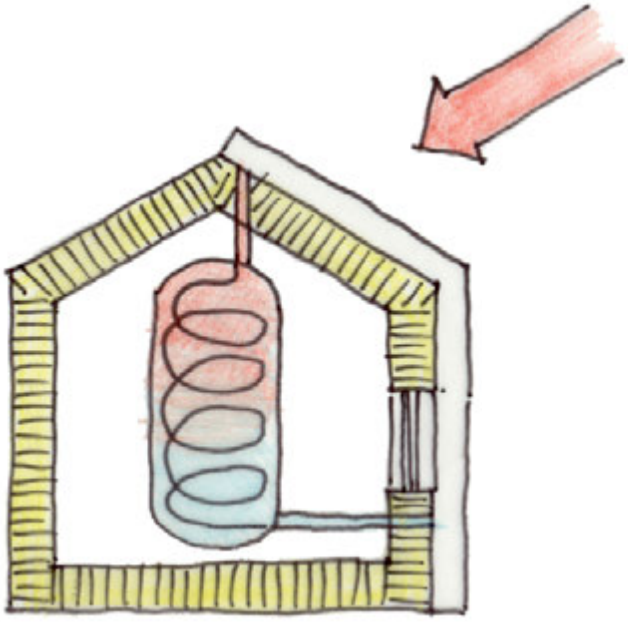


Abb 34: Das Kollektor-Speicher-Konzept

3.5 Das Raumzonen-Haus

Prinzip:
Der vollbeheizte Hausteil ist umgeben von unbeheizten Räumen (Keller, Estrich, Abstellraum, Garage, Loggia, Wintergarten u.s.w.), welche als dämmende Pufferzonen wirken. Ein südseitiger Wintergarten kann bei Sonnenschein sogar der warmen Kernzone Wärme abgeben.

Beurteilung:
Die Wärmeverluste sind proportional dem Temperaturgefälle. Es ist folglich sinnvoll, die wärmsten Räume im Zentrum zusammenzufassen und kältere Zonen darum herum zu gruppieren. Die Wirksamkeit darf aber nicht überschätzt werden.
Die kalten Pufferräume sind oft von der warmen Kernzone her zugänglich (Estrichtüre, Korridor, Kellertüre). Dies birgt die Gefahr in sich, dass die Pufferräume durch offenstehende Türen mit viel Energie mitbeheizt werden.
Die thermische Leistungsfähigkeit sinkt rapide mit zunehmendem Luftwechsel im Pufferraum. Das Luftvolumen des Pufferraumes wirkt dann immer weniger als dämmendes Luftpolster, weil es ja ständig durch kalte Frischluft ersetzt wird. Dies ist ein Prinzip, das sehr gut bei Umbauten oder Umnutzungen verwendet werden kann.

3.6 Das Haus im Glashaus

Prinzip:
Im Glashaus herrscht ein zwar stark mit der Sonnenstrahlung schwankendes, insgesamt aber doch relativ mildes Klima. Wenn ein (weitgehend ungedämmtes) Haus im Glashaus aufgebaut wird, enthält dieses Gebäude genügend Masse, um Temperaturschwankungen auszugleichen und insgesamt mit wenig Zusatzenergie zu funktionieren.

Beurteilung:
Wie bei kaum einem anderen Energienutzungsprinzip wird hier die Frage des Lebensstils angesprochen. Die innenklimatischen Bedingungen sind reizvoll im eigentlichen Wortsinn: grosse Temperatur-, Feuchtigkeits- und Helligkeitsschwankungen prägen den Tages- und Jahresablauf.
Ob das Haus im Glashaus wirklich mit sehr wenig Heizenergie auskommt, wird wesentlich davon abhängen, ob grosse Temperaturschwankungen (z.B. 14 bis 28 °C) zugelassen werden.
Selbstverständlich spielen auch die klimatischen Gegebenheiten des Standortes (Sonnenstundenanzahl, Aussentemperatur) und die Verglasung (U- und G-Wert) wichtige Rollen. Ebenfalls ein Prinzip, das gut bei Umbauten (z.B. erhaltenswerte Fassaden) verwendet werden kann.

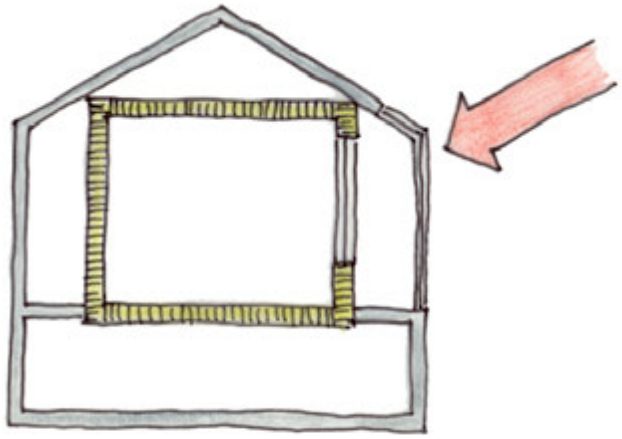


Abb 35: Das Haus im Haus Prinzip

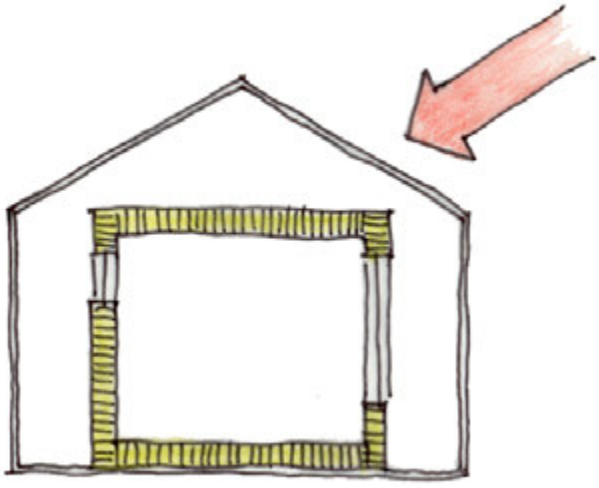


Abb 36: Das Haus im Glashaus Prinzip

4. Standort und die Form

4.1 Standort

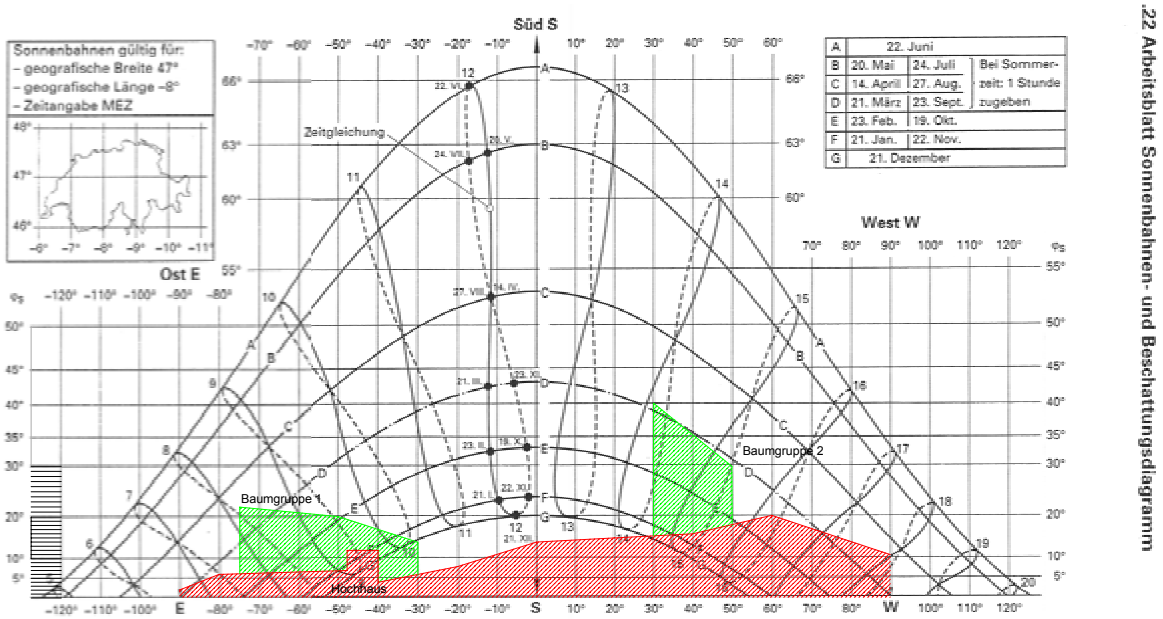
Die Möglichkeiten, den Standort des Hauses nach energetischen Kriterien zu wählen, dürfte angesichts der Realitäten am Baulandmarkt sehr bescheiden sein. Hingegen können die vorgegebenen, standortabhängigen Klimadaten, insbesondere Häufigkeit und Verteilung der Sonneneinstrahlung, das Gestaltungskonzept des Hauses massgeblich beeinflussen. Häufige Morgennebel können beispielsweise bewirken, dass von Süd-Südwest oder Südwest mehr Energie eingestrahlt wird als von Süden, was bei der Orientierung des Gebäudes berücksichtigt werden kann (Abb 38-46).

4.3 Sonnengeometrie und Beschattung

Auf konzeptioneller Stufe geht es darum, die Beschattung des Gebäudes im Winter möglichst gering zu halten. Der Gebäudestandort und eventl. sogar die Lage einzelner Fenster oder anderer Sonnenstrahlugsempfänger kann mittels verschiedener Hilfsmittel bezüglich Beschattung bewertet werden. Es geht in dieser Phase darum, durch geschickte Anordnung und Konzeption des Baukörpers ein Maximum an Sonnenstrahlung auf den Bau auftreffen zu lassen. Je nach meterologischen Daten wird eine derartige Untersuchung sich im endgültigen Projekt niederschlagen. Beispielsweise wird das Wissen um häufige Morgennebel und eine Beschattung durch Nachbargebäude um die Mittagszeit bewirken, dass Südwest zur energetischen Hauptorientierung wird, weil die verbleibenden Sonnenstunden sich am Nachmittag häufen. Die Beherrschung der Sonnengeometrie muss zum Rüstzeug des Architekten gehören, obwohl sich die Resultate am konkreten Bau nur in versteckter Weise manifestieren: Erst dem aufmerksamen Bewohner wird auffallen, dass Vordachlänge und -form sowie Fenstergrösse, - anordnung und -orientierung in einer Weise auf den Raum und insbesondere auf die zu speichernden Bauteile abgestimmt sind, dass die Sommersonne kaum direkt in den Raum scheint, die Wintersonne aber möglichst den ganzen Tag unbehindert eintreten kann. Dazu genügt es nicht, sich nach dem Sonnenstand der Mittagssonne im Dezember zu richten, sondern es müssen geeignete Hilfsmittel eingesetzt werden, mit denen die ganze Sonnengeometrie berücksichtigt werden kann. Mit Hilfe eines Kompasses und einer Vorlage des Beschattungsdiagramms (ein leeres Exemplar befindet sich im Anhang) können direkt auf dem Grundstück die Daten aufgenommen und ein „Sonnenhorizont“ aufgezeichnet werden (Abb 37).

4.2 Windschutz

Lohnt es sich, durch künstliche Massnahmen das Mikroklima zu beeinflussen (Hecken, Bäume und Erdwälle als Windschutz Abb 46)? Bei undichten Bauten kann sicher der Luftwechsel durch Windschutzmassnahmen positiv beeinflusst werden, was für den Energieverbrauch merkliche Konsequenzen hat. Bei dichten und hochwärmegedämmten Bauten muss man sich im Klaren sein, dass mit Windschutzmassnahmen lediglich der konvektive Wärmeübergang an der Gebäudehülle vermindert werden kann, was in Relation zum ohnehin bestehenden Wärmedurchgangswiderstand der Wärmedämmschicht ein winziger Effekt ist. Es gibt jedoch auch sehr gute nicht-energetische Gründe für Windschutzmassnahmen (Garten-/ Aussenklima, Verminderung der Schlagregenbeanspruchung u.s.w.).



Horizontaufnahme vom 14. November 2008
Höhe: gewachsenes Terrain / Lage: Mitte Südfassade
Andrea Rüedi / Daniel Huber

Abb 37: Beispiel eines Sonnenbahnen- und Beschattungsdiagramms

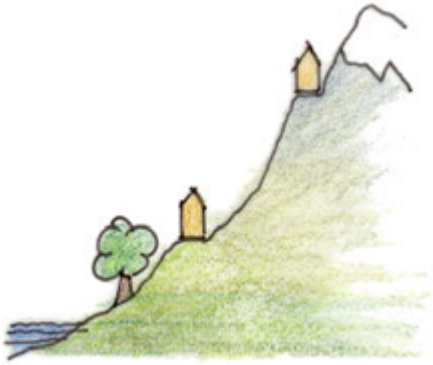


Abb 38: Höhenlage über Meer

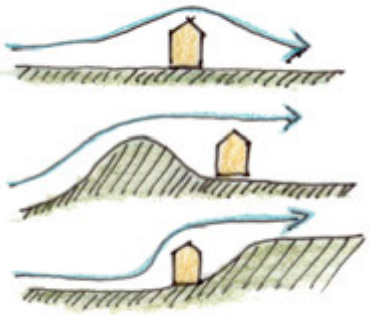


Abb 41: Windexposition

Abb 44: Beschattung

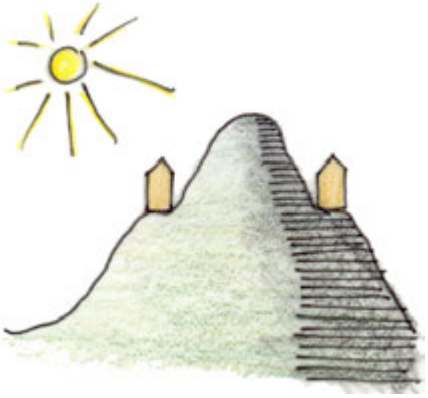


Abb 39: Orientierung

Abb 42: Wassernähe

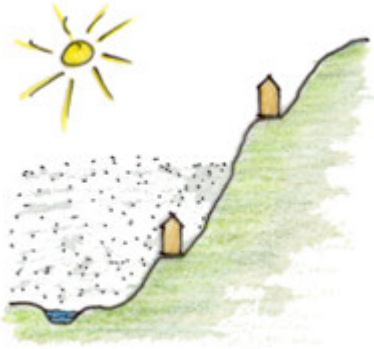


Abb 45: Bewölkung, Nebel

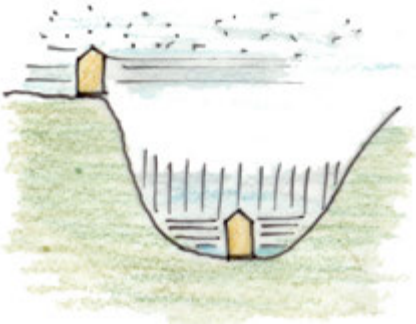


Abb 40: Bodenbeschaffenheit (Wärmeschichtung)

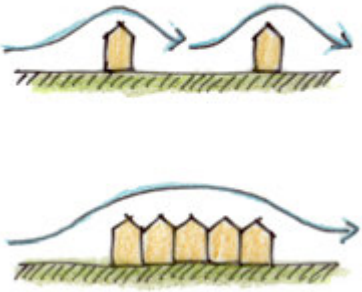


Abb 43: Siedlungsstruktur

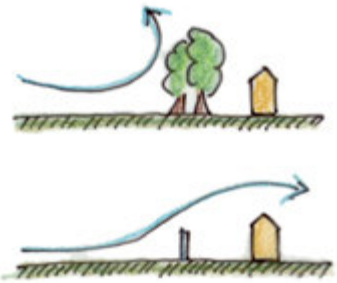


Abb 46: Windschutzmassnamen, Vorbauten

4.4 Optimierung des Oberflächen-Volumen-Verhältnisses

Das Verhältnis von Gebäudehülle zu beheiztem Volumen kann je nach Entwurf auch innerhalb gleicher Gebäudekategorien (Einfamilien-, Mehrfamilien-, Geschäftshäuser u.s.w.) um bis zu 100% schwanken und dementsprechend schwankt auch der Energieverbrauch. Die energetisch optimale Form des Baukörpers wird ausser vom Oberflächen- Volumen- Verhältnis noch durch die Haupt - Einstrahlungsrichtung beeinflusst.

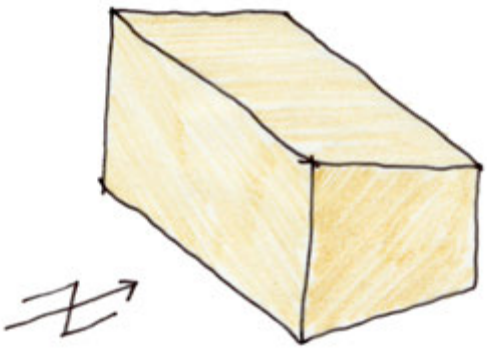


Abb 47: Optimale Form (Ausgangsform Quader)

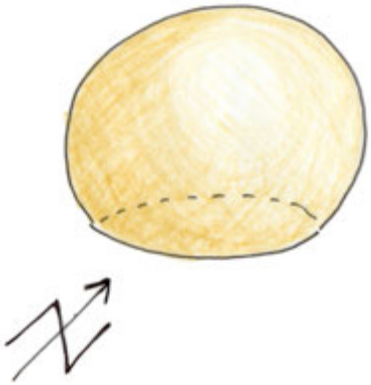


Abb 48: Optimale Form (Ausgangsform Kugel)

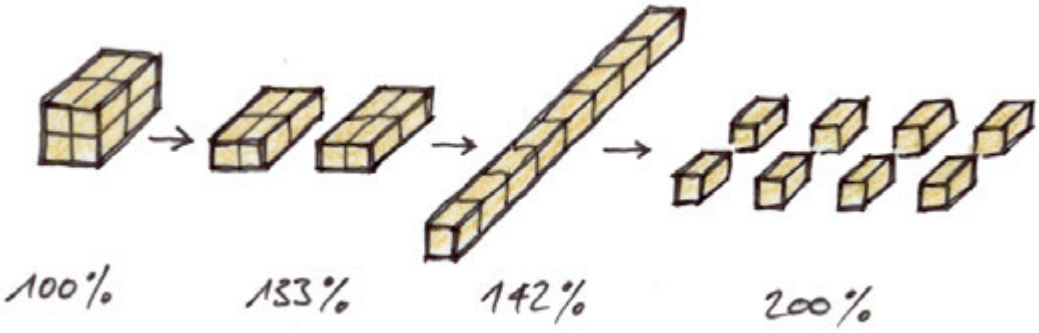


Abb 49: Gleiches Volumen grössere Oberfläche

5. Funktionsweise des solaren Direktgewinns (direct gain)

5.1 Ein einfacher Vorgang der Sachkenntnis erfordert

Im Kapitel 2 wurden verschiedene Grundkonzepte für Sonnenhäuser erläutert. In der Praxis weisen die Bauten meistens Komponenten von zwei oder mehreren Typen auf. Gerade in einem gemässigten Klima ist es auch energetisch sinnvoll, unterschiedliche Konzepte zu verkoppeln. Nachstehend soll der Vorgang des solaren Direktgewinns genauer betrachtet werden. Denn nur mit vertiefter Fachkenntnis der Vorgänge des Direktgewinns können die einzelnen Bauteile auf die Funktion der optimierten Energiegewinnung dimensioniert werden.

5.2 Speichermechanismen und die Lenkung der Energieflüsse

Bei der Strahlungsnutzung durch die Fenster (Direktnutzungskonzept) findet die Energieverwertung in folgenden Stufen statt (Abb 50).

Die Sonne bescheint eine innere Raumoberfläche (meist Teile des Bodens) während mehreren Stunden. Je nach Helligkeit der Oberfläche wird ein mehr oder weniger grosser Anteil der Globalstrahlung (im wesentlichen Licht) diffus in den Raum reflektiert. Der Rest wird absorbiert und in Wärme umgesetzt. Ein Teil dieser Wärme kann in den Bauteil eindringen, was als primäre Speicherung bezeichnet werden kann. Weil dieser Vorgang aber mit einer Erhöhung der Oberflächentemperatur verbunden ist, entstehen primäre Speicherverluste (infolge erhöhter Temperaturabstrahlung und konvektiver Übergangserwärmung der lokalen Raumluft. Die primären Speicherverluste und die reflektierte Globalstrahlung werden in einem sekundären Einspeicherungsvorgang von den nicht direkt sonnenbeschienen Bauteilen zum Teil aufgenommen. Ein kleiner Teil der Globalstrahlung wird schliesslich direkt durch das Fenster wieder nach aussen geworfen, und ein Teil der Wärme wird sekundär in die Verglasung eingespeichert und erhöht ebenfalls die direkten Systemverluste. Zur kritischen Grösse in diesem System wird dabei die Tatsache, dass der Schritt von den primären Speicherverlusten zu der sekundären Einspeicherung über die (vom Bewohner empfundene) Raumtemperatur geht. (Die Raumtemperatur ist das Mittel aus Raumlufttemperatur und umgebender Oberflächentemperaturen und stellt ein gutes Mass für die empfundene Temperatur dar.) Dies führt schliesslich dazu, dass überschüssige Energie nur noch bei unzumutbar hohen Raumtemperaturen abgespeichert werden kann, bzw. dass diese Wärme eben weggelüftet wird.

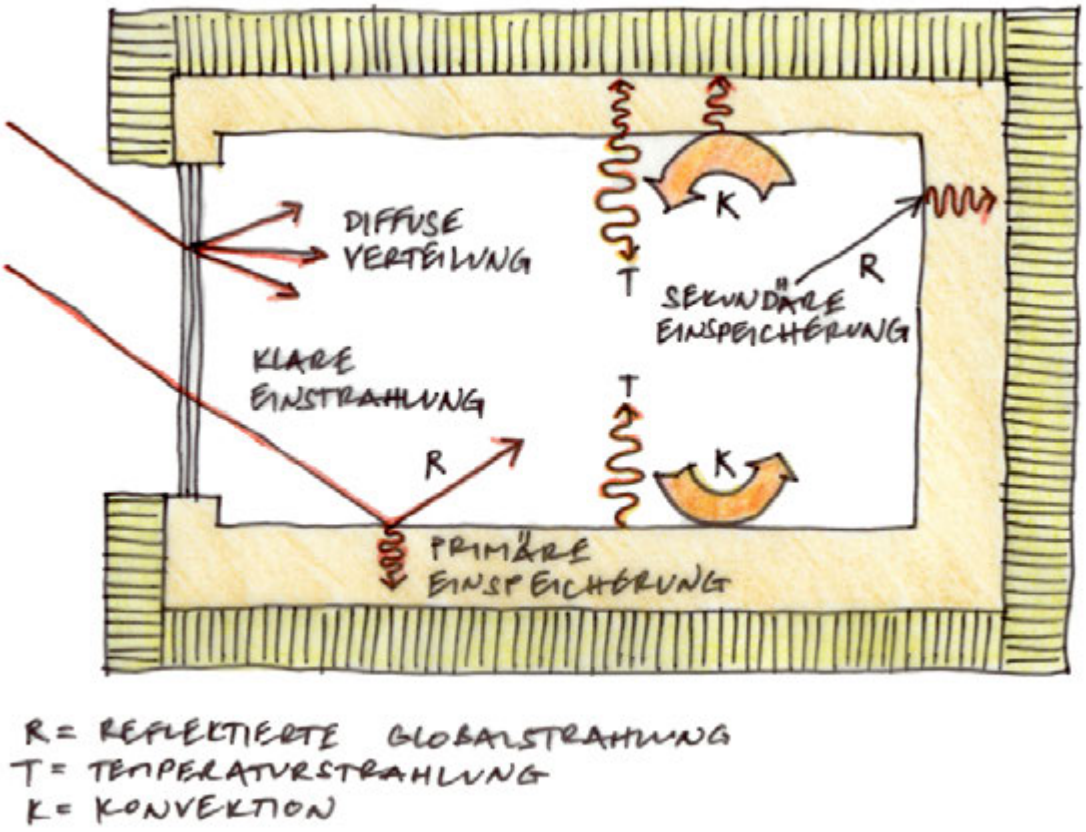


Abb 50: Speichermechanismen beim Direktgewinn

Diese insgesamt komplexen Vorgänge lassen sich nicht befriedigend optimieren, indem einfach die sonnenbeschienene Fläche als schwarzer Steinplattenboden ausgebildet wird. Vielmehr sollen alle Komponenten dieses Speichermechanismus optimiert und aufeinander abgestimmt werden.
Der zentrale physikalische Vorgang, der die Optimierung der Speicherung bestimmt, ist die dynamische Wärmeeindringung. Je besser sie klappt, desto geringer werden die primären und sekundären Speicherverluste. Die Wärmeeindringung hängt nicht nur von der Wärmespeicherkapazität des Materials ab, sondern verbessert sich mit zunehmendem Wert für die Wurzel aus dem Produkt aus Wärmespeicherfähigkeit, Dichte und Wärmeleitfähigkeit (Formel Abb 53). Je kleiner die Wärmeeindringzahl ist desto stärker erwärmt sich die Oberfläche und gibt entsprechend mehr Energie als primäre Speicherverluste an den Raum ab.

Abb 51: Speicherdecke mit aufgelagerten Kalksandsteinplatten / raumhohe Türe zur Verteilung der erwärmten Luft / massive Innenwände als Speichermasse

$$d_{act} = \sqrt{\frac{\lambda * t}{\rho * c}}$$

Abb 52: Berechnungsformel für die Aktive Dicke von Baustoffen

$$b = \sqrt{\lambda * \rho * c}$$

Abb 53: Berechnungsformel für das Wärmeeindringvermögen

λ = spezifische Wärmeleitfähigkeit [W/mK]
ρ = spezifische Dichte [kg/m^3]
c = spezifische Wärmekapazität [Wh/kg]
c*ρ= spezifische Wärmeleitfähigkeit [Wh/m^{3}K]
b = Wärmeeindringvermögen [Wh$^{1/2}$/m^{3}K]
d_{act}= Aktive Dicke des Bauteils [m]
t = Zeit [h]

Die Wärmeleistung, die in den Boden eingespiesen werden kann, nimmt mit der Wurzel der Zeit ab (Formel Abb 52), d. h. dass dementsprechend auch die Verluste mit der Zeit zunehmen. Im ersten Moment, wenn die Strahlung auf den kalten Boden (Raumtemperatur) trifft, kann die ganze absorbierte und in Wärme umgewandelte Globalstrahlung vom Boden aufgenommen werden. Je nach Materialeigenschaft (Wärmeeindringzahl) erhöht sich dann die Oberflächentemperatur (und damit die Verluste an den Raum) unterschiedlich schnell. Bei Holz ist nach einigen Minuten der Verlustanteil grösser als die eingespeicherte Energie. Aber auch ein dunkler Beton- oder Steinplattenboden muss nach ein bis zwei Stunden erhebliche Energieanteile an den Raum abgeben. Man muss sich vergegenwärtigen, dass im primären Speicherbereich (sonnenbeschienene Boden und Wandzonen) enorme Energiedichten auftreten, in Relation zum Heizwärmebedarf eines gut gedämmten Hauses, so dass die unvermeindlichen Verluste an den Raum rasch zu Überwärmung führen können.

5.3 Merkpunkte betreffend Primärspeicher (Absorberböden und -wände)

Die Wärmeeindringzahl sollte möglichst gross sein. Bei geschichteten Böden (oder Wandkonstruktionen) gilt dies umso dringlicher für jede Schicht, je näher diese an der Oberfläche ist. Mit einem Teppich (kleine Wärmeeindringzahl) kann der Wärmespeichereffekt des besten Steinbodens weitgehend zerstört werden.
Je kleiner die Wärmeeindringzahl und je grösser die Südfenster, desto kritischer wird das Problem der Übererwärmung. Es kann sinnvoll sein, bewusst die Absorbtion der Globalstrahlung klein zu halten und sie diffus (ohne Raumerwärmung) an die sekundäre Speichermasse zu reflektieren. Eine helle Oberfläche am Boden kann in diesem Fall zu einem besseren Ausnützungsgrad der Sonne führen, weil sie weniger zur Übererwärmung führt und die Globalstrahlung nichtumgewandelt den Sekundärspeichern zuführt. Decken und Wände sollten dann nicht allzu hell sein, damit nicht schliesslich der Anteil reflektierter Globalstrahlung aus dem Fenster zu gross wird. Diese Gefahr ist relativ gering, auch ein sogenannt „helles und freundliches“ Zimmer wirft allenfalls 15 bis 20% der Globalstrahlung durch die Fenster zurück. Aus denselben Gründen ist es auch nicht notwendig, sich bei eigentlichen Absorberoberflächen (Steinplatten, Beton u.s.w.) für eine triste schwarze Oberfläche zu entscheiden, ein beliebiger dunkler Farbton dürfte ein gutes thermisches Verhalten des Gesamtsystems gewährleisten.

Eine grosse Wärmeeindringzahl bedeutet auch eine gute Wärmeableitung aus dem Fuss. Auch ein 25°C warmer Betonboden fühlt sich kalt an, weil dem 30°C warmen Fuss effizient Wärme entzogen wird. Wo dies vom Bewohner als gewichtiger Nachteil eingeschätzt wird, ist es möglicherweise sinnvoller, einen gezielten Kompromiss einzubauen (Linoleum auf Beton), als nachträglich den Bewohner Teppiche auf die Absorberfläche auslegen zu lassen.

5.4 Die sekundären Speichermassen

Die Energie, die direkt vom Fenster als Reflexion oder Abwärme des sonnenbeschienenen Absorberbodens in den hinteren Teil des Raumes oder an die Decke gelangt, trifft dort auf genau die gleichen Einspeicherungscharakteristika wie im Bereich der primären Absorption und Einspeicherung. Allerdings trifft die Energie in sehr viel geringerer Leistungsdichte auf Wand- und Deckenoberflächen. Maximal dürften dies im ersten Moment vielleicht 40 W/m2 sein, wenn die Wand und Deckenmaterialien noch kühl, der Raum und (Absorber-) Bodenoberfläche aber schon massiv aufgeheizt sind. Mit zunehmender Erwärmung der obersten Materialschicht sinkt auch hier die Aufnahmefähigkeit rasch ab. Bei Wärmedämmstoffen findet dieser Prozess im wesentlichen in der ersten Viertelstunde statt. Nachher dringt relativ konstant nur noch wenig Wärme in das Material ein. Bei Beton und Kalksandstein geht dieses Absinken langsamer vor sich und die Aufnahmefähigkeit bleibt relativ hoch entsprechend der grossen Wärmeeindringzahl.

Jedes Speichermaterial hat somit eine optimale Dicke. Es muss darauf geachtet werden, dass die Bauteile dieser Dicke entsprechend eingesetzt werden, damit die „Temperaturwelle“ und mit ihr der Wärmestrom nicht die Schicht frühzeitig durchlaufen hat. Wo dies der Fall ist, „füllt“ sich der Bauteil zwar auch weiterhin mit Wärme. Die Eindringung wird aber noch stärker abgebremst, weil die Wärme hinten durch Wärme oder Luft „gestaut“ wird. Vernünftigerweise kann angenommen werden, dass die sekundären Speicheroberflächen während vier bis maximal acht Stunden vom Raum her Wärme aufnehmen müssen. Nachher soll die Wärme ja wieder an den sich auskühlenden Raum abgegeben werden. Die Dicke der Materialschicht, die überhaupt während dieser 4 bis 8 Stunden Einspeicherung aktiv „mitmacht“, kann mittels folgender Beziehung grob abgeschätzt werden:

Die aktive Dicke sagt aber nichts über die Qualität des Materials als Speichermedium aus. Das Beispiel Polystyrol macht dies deutlich: Innerhalb von acht Stunden partizipiert eine dicke Schicht (20cm) am temperaturgeschehen. Im Polystyrol werden aber die Temperaturänderungen mit dermassen wenig Wärme verursacht, dass der Speichereffekt minimal ist (Die Wärmeeindringzahl beträgt nur etwa einen Sechzigstel derjenigen von Beton).

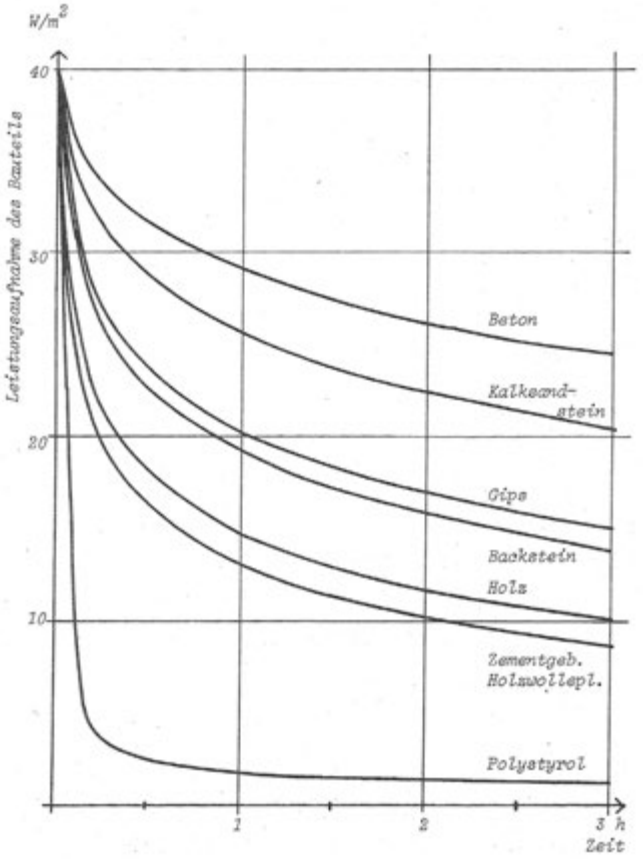


Abb 54: Approximative maximale Leistungsaufnahme von Baumaterialien, die als sekundäre Speichermassen wirken (Raumtemperatur anfänglich 5-7° über der Oberflächentemperatur der betreffenden Wand oder Decke.

	Wärmeleitzahl λ (W/mK)	Volumen-spezifische Wärme ρ*c (Wh/m^{3}K)	Aktive Dicke d_{act} = Wurzel((λ/ρ * c)t) t = 4h	 t = 8h	Wärme-eindringzahl b=Wurzel($\lambda*\rho$*c) (Wh$^{1/2}$/m^{2}K)
Beton	1.8	700	10.1	14.3	35
Kalksandstein	1.0	470	9.2	13.0	21.6
Gips	0.58	280	9.1	12.9	12.7
Backstein	0.44	290	7.8	11.0	11.3
Holz	0.15	350	4.1	5.9	7.2
Polystyrol	0.04	7.6	14.5	20.5	0.6

Abb 55: Baustoffkenngrössen für das Speicherverhalten

Für die Optimierung der sekundären Speichermassen lassen sich also folgende Merkpunkte zusammenstellen:

Ein möglichst „schwerer“ Innenausbau ist anzustreben. Meist wird bei der energetischen Beurteilung von Gebäuden abgeklärt, ob eine schwere oder leichte Bauweise vorliegt. Dies ist aber ein nur bedingt taugliches Kriterium. Entscheidend für das thermische Verhalten sind in erster Linie die oberflächennahen 5 bis 10 cm der Bauteile, wo die Temperaturschwankung am grössten ist und demzufolge am meisten Wärme eingespeichert wird. (Dieses Verhalten wird allerdings günstig beeinflusst, wenn hinter der Oberflächenschicht das schwere Material weitergeht und sie nicht gedämmt ist). Bei schwerer Bauweise ist also darauf zu achten, dass die Bauteile nicht gerade in der Oberflächenschicht entwertet werden (durch Teppiche, Holztäfer, untergehängte Decken u.s.w.). Bei Leichtbauweise sollte wenigstens ein möglichst massiver Innenausbau eingesetzt werden. 8 cm Gips als innere Wandverkleidung kann schon sehr effizient die Nachmittagswärme bis tief in den Abend übertragen. Nahezu optimal sind Vormauerungen aus 10 bis 12 cm Kalksandstein oder Lehm. Zwischenwände werden in der Regel von zwei Seiten „geladen“, sie sollten daher nach Möglichkeit noch dicker sein.
Eine möglichst grosse Oberfläche, die als Sekundärspeicher wirkt ist erwünscht! Die Speicheraufnahmeleistung steigt direkt proportional mit der Oberfläche der Bauteile die als Speicher wirken. Je grösser die Oberfläche (und je besser die Wärmeeindringzahl) desto seltener tritt der Fall ein, dass die Raumtemperatur an der oberen Komfortgrenze anstösst und umso besser wird die Sonneneinstrahlung ausgenützt. In der Praxis wird es kaum realistisch sein, aus diesem Grund mehr Zwischenwände einzubauen oder deren Abwicklung extra gross zu halten. Hingegen verändert der Spielraum hinsichtlich Raumtiefe und Grundrissorganisation die Oberfläche bereits beträchtlich. Durch offene Grundrissgestaltung kann auch versucht werden, südabgewandte Regionen des Hauses in die Sekundärspeicherung einzubeziehen.

Abb 57: Holzbalkendecke vor, während und nach der Verlegung der Kalksandsteinplatten

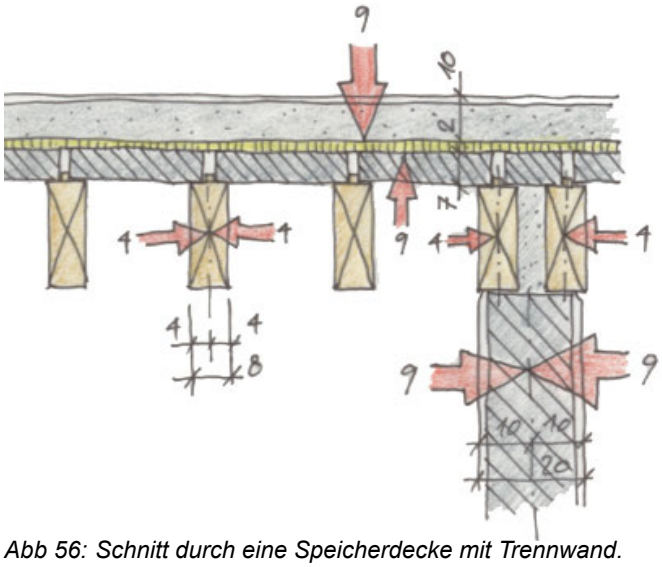


Abb 56: Schnitt durch eine Speicherdecke mit Trennwand. Auf den Balken liegen Kalksandsteinplatten als Speichermasse. Durch diese Konstruktion wird versucht eine möglichst grosse Oberfläche mit geeigneten Speichermaterialien zu bilden. Am besten eignen sich Bauteile, die mit der ganzen Masse am Speichervorgang partizipieren (also z. B. von zwei seiten Wärme aufnehmen: Holzbalken 8cm, von jeder Seite 4). Die Zahl hinter den roten Pfeilen kennzeichnet die Eindringtiefe der Wärme in die Materialien (in cm).

Abb 58: Vergrösserung der Oberfläche durch einen noch engeren Balkenabstand und Zwischenräume an der Wand

5.5 Anforderungen an die Benutzer

Die optimale Funktion des Direktgewinns hängt unter anderem vom Benutzer ab. Deshalb werden an die Bewohner von Direktgewinnhäusern einige Anforderungen gestellt.

November - März:
Der Sonnenschein muss ungehindert (ganze Raumtiefe) ins Haus eindringen können (kein Sonnenschutz, keine Vorhänge). Optimal für die Sonnenenergienutzung ist es, wenn man so wenig wie möglich innere Beschattungen benutzt. Zweifellos gibt es Situationen in denen das im Winter tief eindringende Sonnenlicht störend erscheint. Zur teilweisen Beschattung sollen innere Vorhänge benutzt werden. Diese sollten gegen Aussen eine schwarze oder dunkle Farbe aufweisen, sodass das eindringende Licht nicht wieder nach aussen reflektiert wird.
Der dunkle Vorhang erzeugt Warmluft, welche wiederum der Raumheizung zu gute kommt. wenn man helle Vorhänge bevorzugt, kann man von November bis Februar mittels Klettbändern schwarze, dünnere Stoffbahnen fensterseitig vorhängen.
Man sollte dafür sorgen, dass sich die entstehende Warmluft nicht zwischen Vorhang und Fenster aufstaut (z.B. 3cm Luftschlitz zwischen Vorhangbrett und Vorhang-oberkante).
An einem Schönwettertag müssen Raumlufterwärmungen von 5 Grad über der derzeitigen, durchschnittlichen Baumassentemperatur akzeptiert werden.
Um eine längere Schlechtwetterperiode zu bestehen sollte das Haus 2-4 Grad über der persönlich tolerierten Mindesttemperatur gehalten werden.
(z.B. Minimaltemp. 19°C+4°=23°C). Eine höhere Baumassentemperatur bei längeren Schönwetterperioden wird durch erhöhtes Lüften vermieden.

Rest der Heizperiode:
Man kann das Überangebot von Sonnenwärme genissen!

Hochsommerperiode:
Tagsüber sollten alle Fenster möglichst geschlossen bleiben. Sämtliche äusseren Beschattungen müssen wenn nötig verwendet werden. Nachts sollten möglichst viele Fenster geöffnet werden und mittels Querlüften mit der kühlen Nachtluft die Baumasse ausgekühlt werden.

Abb 59: Das Vordach beschattet im Sommer und lässt die tiefstehende Wintersonne ins Gebäude

Abb 60 &
Abb 61: Beschattung mit Vordach und vorgelagerten Lamellenstoren (geöffnete Stellung ausreichend)

5.6 Optimierung der Südverglasung und Speichermasse

Approximative Absobtions- und Speicherberechnung (ausgeführte Variante)

Bauteil	Oberfläche in m2	Absorbtionsleistung in W/m2	Absobtionsleistung in W	Temperaturspanne in K	Eindringtiefe in m	Volumengew. kg/m3 in kg/m3	Spez. Wärme in Wh/kgK	Speicherenergie in Wh
Holz: Decke	117	12	1404	3	0.04	475	0.6	4001
Holz: Wände	127	12	1524	3	0.03	475	0.6	3258
Holz: M.Holzwand	32	12	384	3	0.04	475	0.6	1094
Holz: Schrankflächen	13	8	104	3	0.02	475	0.6	222
Gips:		17	0	3	0.09	1000	0.22	0
Backstein:		16	0	3	0.08	1100	0.26	0
Kalksandstein + Lehmputz:	28	23	644	3	0.09	1800	0.26	3538
Beton: UB + Kalksandsteinplatte	98	26	2548	3	0.09	2400	0.3	19051
Boden Primärzuschlag	20	60	1200					
Beton:		26	0	3	0.1	2400	0.3	0
Summe Absorbtionsleistung			**7808**					

	Süd-Fensterfläche in m2	Sonnestrahlung in W/m2	Dez.-Leistungsang. in W
Sonnenleistung	18.6	400	**7440**

Energieinnhalt der aktiven Masse bei 3K Temperaturunterschied **31165**

Schlechtwettersicherheit bei Durchschnittstemp. im Jan. ohne Solargewinne	Transm.wärmeverl in W/d	Lüftg.wärmeverl in W/d	Gewinne oh. Solar in W/d	Tagesbedarf in W
Schlechtwettersicherheit: 1.20 Tage	23000	6000	3000	**26000**

Approximative Absobtions- und Speicherberechnung (möglichst grosse Fenster)

Bauteil	Oberfläche in m2	Absorbtionsleistung in W/m2	Absobtionsleistung in W	Temperaturspanne in K	Eindringtiefe in m	Volumengew. kg/m3 in kg/m3	Spez. Wärme in Wh/kgK	Speicherenergie in Wh
Beton: Decke	117	26	3042	3	0.1	2400	0.3	25272
Lehmstein: Aussenwandverkleidung	119	23	2737	3	0.09	1800	0.3	17350
Holz: M.Holzwand	32	12	384	3	0.04	475	0.6	1094
Holz: Schrankflächen	13	8	104	3	0.02	475	0.6	222
Gips:		17	0	3	0.09	1000	0.22	0
Backstein:		16	0	3	0.08	1100	0.26	0
Kalksandstein + Lehmputz:	28	23	644	3	0.09	1800	0.26	3538
Beton: UB + Kalksandsteinplatte	98	26	2548	3	0.09	2400	0.3	19051
Boden Primärzuschlag	20	60	1200					
Beton:		26	0	3	0.1	2400	0.3	0
Summe Absorbtionsleistung			**10659**					

	Süd-Fensterfläche in m2	Sonnestrahlung in W/m2	Dez.-Leistungsang. in W
Sonnenleistung	26	400	**10400**

Energieinnhalt der aktiven Masse bei 3K Temperaturunterschied **66528**

Schlechtwettersicherheit bei Durchschnittstemp. im Jan. ohne Solargewinne	Transm.wärmeverl in W/d	Lüftg.wärmeverl in W/d	Gewinne oh. Solar in W/d	Tagesbedarf in W
Schlechtwettersicherheit: 2.38 Tage	25000	6000	3000	**28000**

Approximative Absobtions- und Speicherberechnung (kleine Fensterflächen)

Bauteil	Oberfläche in m2	Absorbtionsleistung in W/m2	Absobtionsleistung in W	Temperaturspanne in K	Eindringtiefe in m	Volumengew. kg/m3 in kg/m3	Spez. Wärme in Wh/kgK	Speicherenergie in Wh
Holz: Decke	117	12	1404	3	0.04	475	0.6	4001
Holz: Wände	136	12	1632	3	0.09	475	0.6	10465
Holz: M.Holzwand	32	12	384	3	0.04	475	0.6	1094
Holz: Schrankflächen	13	8	104	3	0.02	475	0.6	222
Gips:		17	0	3	0.09	1000	0.22	0
Backstein:		16	0	3	0.08	1100	0.26	0
Holz: Wände (Ersatz KS)	28	12	336	3	0.04	475	0.6	958
Teppich: Boden	98	0	0	0				0
Boden Primärzuschlag	20	0	0					
Beton:		26	0	3	0.1	2400	0.3	0
Summe Absorbtionsleistung			**3860**					

	Süd-Fensterfläche in m2	Sonnestrahlung in W/m2	Dez.-Leistungsang. in W
Sonnenleistung	9	400	**3600**

Energieinnhalt der aktiven Masse bei 3K Temperaturunterschied **16741**

Schlechtwettersicherheit bei Durchschnittstemp. im Jan. ohne Solargewinne	Transm.wärmeverl in W/d	Lüftg.wärmeverl in W/d	Gewinne oh. Solar in W/d	Tagesbedarf in W
Schlechtwettersicherheit: 0.70 Tage	21000	6000	3000	**24000**

Anhand der nebenstehenden Berechnungen soll versucht werden, mittels eines Beispiels die Zusammenhänge zwischen Südfensterflächenanteil und Speichermasse aufzuzeigen. Es handelt sich dabei um prinzipielle Zusammenhänge. In Wirklichkeit wird das thermische Geschehen in komplexer Wechselwirkung geprägt von hunderten von Einflussgrössen.

Grundsätzlich sollen die Summe der Absorbtionsleistung des Gebäudes grösser oder minimal gleich gross sein, wie die im Dezember mögliche Sonnenleistung über die Südverglasung. Somit muss man bei einer grösseren Verglasung auch die innere Speichermasse vergrössern um einer Überhitzung des Gebäudes vorzubeugen. Zusätzlich verändern sich die Transmissionswärmeverluste, da die Fenster einen schlechteren U-Wert aufweisen als die Wand.

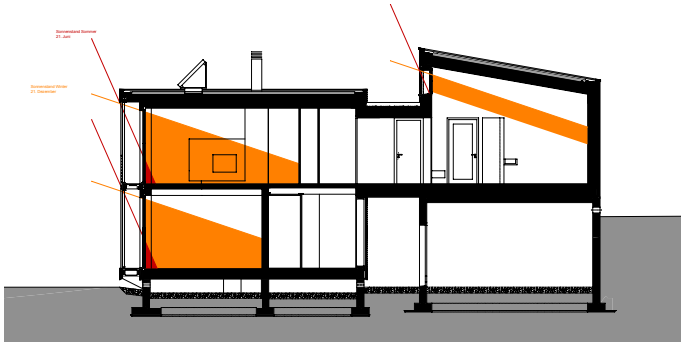


Abb 62: Schnitt mit Sonneneinstrahlung
21. Juni (rot) und 21. Dezember (orange)
ein Mittelwert davon wird zur Bestimmung der Fläche des Primärspeicherzuschlags des Bodens verwendet.

Grosse Südfensterflächen haben folgende Vor- und Nachteile:

+ Grössere solare Gewinne möglich.
+ In Verbindung mit der grösseren Speichermasse eine bessere Schlechtwettersicherheit.

- Mehrkosten durch Fenster und Speichermaterial
- Grössere Transmissionswärmeverluste

Kleine Südfensterflächen haben folgende Vor- und Nachteile:

+ Kleinere Transmissionswärmeverluste.
+ Günstiger, da weniger Material und Fenster.

- kleinere solare Gewinne
- schlechtere Schlechtwettersicherheit

Es soll ein Optimum zwischen den finanziellen und gestalterischen Möglichkeiten und der gewünschten Unabhängigkeit von einem Heizsystem gefunden werden. Dabei kann eine volle Deckung des Wärmebedarfs durch Direktgewinne nur mit einem enormen finanziellen Aufwand erreicht werden.

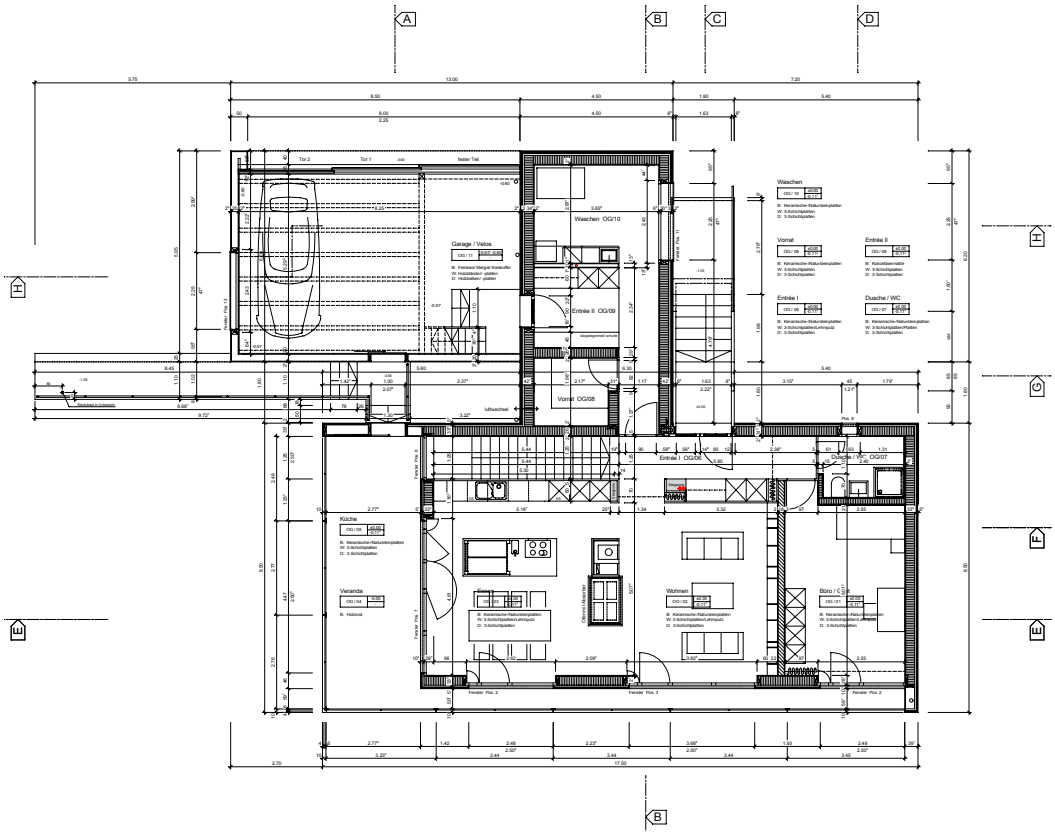


Abb 63: Grundriss ausgeführte Variante

5.7 Zusatzbemerkungen zu den Speichermaterialien

Bei der Wahl der Speichermaterialien sollten nicht nur die Grundeigenschaften zur Speicherfähigkeit ausschlaggebend sein. Viele baubiologische Materialien wie Holz und Lehm haben neben der Speicherfähigkeit der Wärme auch noch weitere gute Eigenschaften bezüglich Raumklima und Feuchtigkeitshaushalt.

Wenn man ein energiesparendes Gebäude plant, ist es auch notwendig die bereits in den Baustoffen vorhandene Primärenergie zu betrachten. Vergleicht man die Primärenergie von Lehm (30 kWh/m3 und 1800 kg/m3) mit der von Beton (2700 kWh/m3 und 2400 kg/m3) enthält der Beton 90 mal mehr Primärenergie als Lehm. Also sind Speichermaterialien zu wählen, welche möglichst wenig Primärenergie pro Masse enthalten, trotzdem ein gutes Speichervermögen aufweisen und wenn möglich noch Raumklimaverbessernde Eigenschaften aufweisen. (Abb 64 - 68).

Abb 65: Lehmvollstein
Primärenergie: 30 kWh/m3
Rohdichte: 1800 kg/m3
Wärmespeicherzahl s: 500 Wh/m3K
Wärmeeindringzahl b: 21.33 Wh1/2/m2K
Wasseraufnahmekapazität w: 30 kgm2h0,5
Dampfdiffusionswiederstand: 5-10 µ

Abb 66: Kalksandstein
Primärenergie: 435 kWh/m3
Rohdichte: 1800 kg/m3
Wärmespeicherzahl s: 470 Wh/m3K
Wärmeeindringzahl b: 20.87 Wh1/2/m2K
Wasseraufnahmekapazität w: 2-3 kgm2h0,5
Dampfdiffusionswiederstand: 15-20 µ

Abb 67: Holz
Primärenergie: 470 kWh/m3
Rohdichte: 600 kg/m3
Wärmespeicherzahl s: 350 Wh/m3K
Wärmeeindringzahl b: 6.75 Wh1/2/m2K
Wasseraufnahmekapazität w: 2-3 kgm2h0,5
Dampfdiffusionswiederstand: 40 µ

Abb 64: Polystyrol (kein geeignetes Speichermaterial!)
Primärenergie: 695 kWh/m3
Rohdichte: 30 kg/m3
Wärmespeicherzahl s: 7.6 Wh/m3K
Wärmeeindringzahl b: 20.5 Wh1/2/m2K
Wasseraufnahmekapazität w: 3 kgm2h0,5
Dampfdiffusionswiederstand: 20-150 µ

Abb 68: Beton
Primärenergie: 2700 kWh/m3
Rohdichte: 2400 kg/m3
Wärmespeicherzahl s: 640 Wh/m3K
Wärmeeindringzahl b: 37.41 Wh1/2/m2K
Wasseraufnahmekapazität w: 1,1 kgm2h0,5
Dampfdiffusionswiederstand: 70-150 µ

6. Gläser für den solaren Direktgewinn

6.1 Die Verglasung der Zukunft

Die solare Architektur der Zukunft wird nicht unwesentlich davon geprägt sein, in welchem Masse die Glasindustrie ihre Entwicklungsziele nach tiefen U-Werten bei gleichzeitig guter Sonnenstrahlungsdurchlässigkeit und hoher Farbneutralität erreicht. Heute sind Verglasungen erhältlich mit einem g/U - Quotienten von 1,0 und mehr (also U=0.5 Wm2K, g=0.5). Derartige Verglasungen weisen unter durchschnittlichen Klimabedingungen des schweizerischen Mittellandes selbst bei schlechtem Ausnutzungsgrad der eingestrahlten Sonnenenergie noch an der Nordfassade eine positive Energiebilanz auf. Eine weitere Verbesserung dieser Werte ermöglicht einen noch höheren Wirkungsgrad des solaren Direktgewinns. Im Moment sind zwei sich konkurrenzierende Verglasungsarten für das solare Bauen im Handel. Die bekanntere ist die 3-fach Isolierverglasung. Dabei werden drei Glasscheiben mit zwei Zwischenräumen verwendet (Abb 65). Das zweite System stammt aus den USA und verwendet an Stelle der mittleren Scheibe eine aufgespannte Kunststofffolie (Abb 64). Während die solare Dreifachverglasung momentan noch sehr grössenlimitiert, relativ dick und schwer ist, erhält man das Folienglas in grösseren Abmessungen (besseres Rahmen zu Glas Verhältnis) und die Stegbreite entspricht einer gängigen Zweifachverglasung was sich positiv auf das Gewicht auswirkt. Es muss von Fall zu Fall entschieden werden, welche Verglasung mit welchem Fenstertyp sich am besten eignet.

6.2 Fensterrahmen und Glasverbund

Ca. 20-30 % der Fläche eines Fensters werden vom Rahmen beansprucht. Die wärmetechnische Optimierung hört deshalb nicht beim Glas auf. Der Fensterrahmen wird also zur Schwachstelle der Gebäudehülle. Vor allem auf besonnten Seiten, wo die transparente Fläche auch bei schlechtem U-Wert wegen der Sonneneinstrahlung eine wesentlich bessere Energiebilanz erzielt als die nichttransparente Rahmenkonstruktion. Die Konsequenz ist, dass der Rahmenanteil minimiert oder sogar weggelassen wird und möglichst grossformatige Verglasungen (gutes Verhältnis Rahmenanteil zu Glas) verwendet werden (Abb 66, 67).

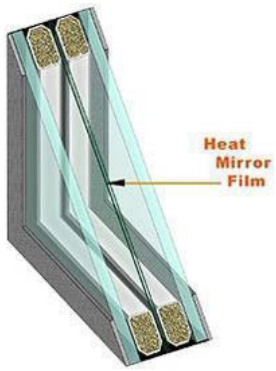


Abb 69: links, Schema Folienverglasung
Abb 70: rechts, Fenster mit Dreifachverglasung

Abb 71: Dreifachverglasung Fensterflügel ohne Aussenrahmenanteil

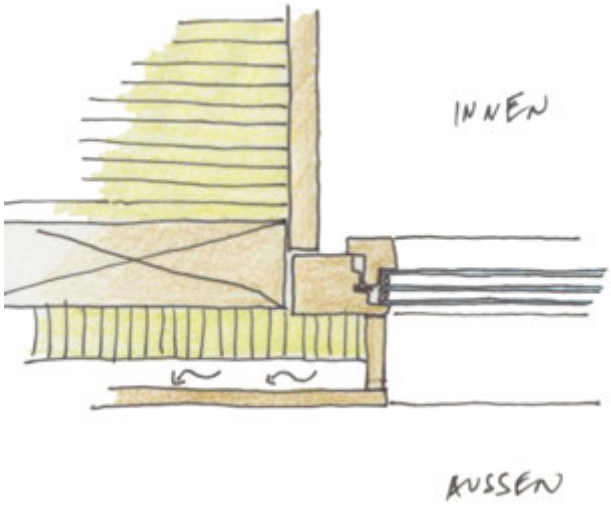


Abb 72: Schema der Position eines solaren Südfensters: Der Fensterrahmen ist von aussen fast nicht zu sehen. Der Flügel hat aussen gar keinen Rahmenanteil. Die äussere Leibung wird auf das Minimum reduziert um die Beschattung zu reduzieren.

6.3 Kennwerte von Verglasungen

Verglasungstyp	max. Grössen	Elementdicke	Gesamtenergie-durchlassgrad	U-Wert Glas
	cm	mm	g	U
Einfachverglasung	ca. 600 * 321	2-19	ca. 0.86	>5
Zweifachverglasung	ca. 600 * 321	18-22	ca. 0.77	ca. 2.95
3-fach Verglasung				
Silverstar Solar Enplus 7	250 * 130	36	0.53	0.5
Insulight Therm Triple G (P)	250 * 180	36	0.55	0.5
Panitherm Max	600 * 321	36	0.60	0.5
Foliengläser				
Heat Mirror Therm Typ 6653	400*200	28	0.53	0.6

Abb 73: Kennwerte von Verglasungen
Alle dreifachverglasten Fenster mit U-Wert 0.5 haben im Scheibenzwischenraum Kryptongas. Dieses ist momentan auf dem Weltmarkt teuer (und damit auch die Verglasungen), da nicht ausreichend produziert wird. Die meisten Hersteller können ihre Fenster auf Anfrage auch individuell zusammenstellen, das bedeutet, dass ein grösserer g-Wert und auch andere U-Werte möglich sind. Der g-Wert wird mit der Verwendung von Klargläser (Klarglas enthält einen sehr niedrigen Eisenoxidanteil) erhöht, wie das im Sonnenkollektorbau schon heute gängig ist. Diese Gläser sind teurer, deshalb ist der Kosten - Nutzen Faktor bei jedem Objekt neu zu bewerten.

7. Gedanken zur Deckung des Restwärmebedarfs

Für eine totale energetische Autarkie des Hauses muss in unserem Klima ein relativ hoher Preis bezahlt werden. Die Überbrückung der winterlichen Schlechtwetterperioden ist nur mit enormen Speichern möglich. Ganz davon abgesehen, dass man das System für die längstmögliche Schlechtwetterperiode auslegen muss. Bei der überwiegenden Anzahl aller Bauten geht es deshalb lediglich um die Absenkung des Verbrauchs an Endenergie auf ein bescheidenes Mass, das mit vertretbarem Aufwand erreichbar ist.

Bei energiegerechter Bauweise (gute Wärmedämmung und Berücksichtigung der wichtigsten energie-relevanten Entwurfskriterien) sinkt der spezifische Heizenergieverbrauch enorm. Die einfallende Sonnen-strahlung und kleinere innere Wärmequellen stellen in so einem System sofort erhebliche, an sich erwünschte Störungen dar. Für die Wahl der Heizung für den Restwärmebedarf bedeutet dies aber, dass die rasche Anpassung der Heizleistung zu einer äusserst wichtigen Eigenschaft wird.

7.1 Die Art der Wärmeverteilung

Die Warmwasser-Zentralheizung ist in den letzten Jahrzehnten zum weitaus häufigsten eingesetzten Wärmeverteilungssystem geworden. Immer mehr haben sich in den letzten Jahren dabei die grossflächigen, niedertemperaturigen Systeme, vor allem Bodenheizungen durchgesetzt. Sie bieten in trägen Konstruktionen ein optimales, auf grossflächiger Abstrahlung basierendes Raumklima. Bei hochgedämmten Bauten stellt sich aber vor allem bei Bodenheizungen die Frage der Reaktionsträgheit ziemlich dringlich: Im sieben bis neun Zentimeter starken Unterlagsboden der Bodenheizung lagert genügend Wärme um den Raum mindestens während 8 bis 12 Stunden weiter zu beheizen. Eine Ueberwärmung kann aber durch Abwärmen oder Sonneneinstrahlung bereits nach einer halben Stunde eintreten. Bei leichter Innenbauweise sogar noch wesentlich früher. Man ist in dieser Situation also gezwungen, die im Boden gespeicherte Heizwärme zu einem guten Teil wegzulüften. Heizkörper schneiden in dieser Hinsicht besser ab und sind vor allem auf dieses Ziel hin optimierbar (möglichst grosses Verhältnis von Wärmeabgabeleistung zur Masse des (wassergefüllten) Heizkörpers), sie weisen jedoch den Nachteil auf, dass sie Wandfläche beanspruchen und dadurch unter Umständen die Möblierung erschweren. Ebenfalls interessant sind Wandheizsysteme (Wandheizung und Fussleistenheizung). Diese haben eine dreimal so schnelle Reaktionszeit, wie die Fussbodenheizung. Ebenfalls ist es möglich gar kein „konventionelles“ Heizsystem einzubauen und das Gebäude soweit zu optimieren, dass die benötigte Restwärme mit einem Schwedenofen (der eine sehr schnelle Wärmeabgabe hat) erzeugt werden kann und sich über die Raumhohen Türen via Luft im ganzen Gebäude verteilt.

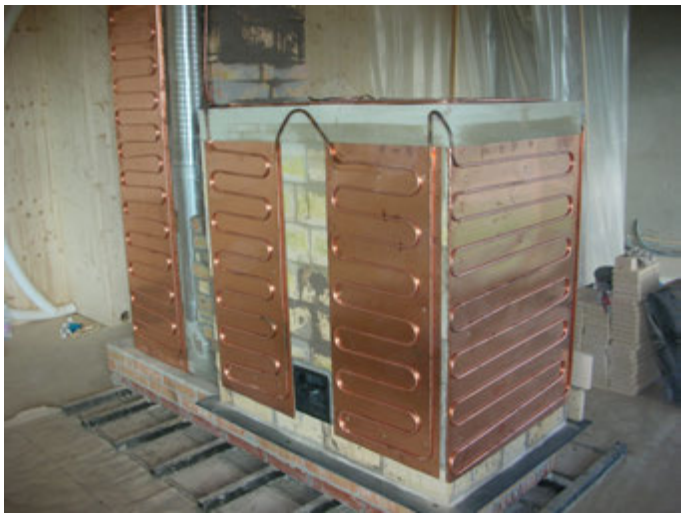


Abb 74: Absorberofen im Bau - Mit den Absorberplatten erzeugt der Grundofen auch Warmwasser

Abb 75: Fertiger Absorberofen mit Lehmputz

Abb 76: Wandheizung mit Lehmputz

8. Zusammenfassung

Im Verlauf der Arbeit wurde mir klar, dass die solare Architektur keine Erfindung unserer Zeit ist, dass das Wissen um das solare Bauen schon Jahrtausende alt ist.

Dabei wird gerade in unserer Zeit der wirkungsvolle Umgang mit den vorhandenen Mitteln wieder topaktuell, das Ende des Energieüberflusses scheint absehbar, der Öl- wie auch der Globalisierungspeak scheint erreicht, selbst das Wirtschaftssystem der Welt kommt an seine Grenzen.

Es scheint wieder wichtig zu werden mit wenig Aufwand / Ressourcen einen möglichst grossen Wirkungsgrad zu erreichen. Bedenkt man jetzt den Wirkungsgrad des solaren Direktgewinns von 80-90% (Im Vergleich dazu erreicht ein Sonnenkollektor einen Wirkungsgrad von 40-60% und das Heizen mit Biomasse einen von 5-6%, [dabei wird der Wirkungsgrad anhand der durch die Sonne anfallenden Energie und deren Ausbeute berechnet]) ist es zwingend notwendig, bei jedem Bauvorhaben, das Heizenergie benötigt, das Gebäude auf den solaren Direktgewinn so weit als möglich zu optimieren. Dieses Vorgehen birgt auch beim Bauen im Bestand ein riesiges Einsparungspotenzial.

Ausserdem ist es wichtig, dass der Bevölkerung bewusst wird, in welchem Überfluss wir leben und welche Verzichte in den nächsten Jahrzenten auf uns zukommen werden. Denn wer jetzt schnell umdenkt und mit der noch vorhandenen Energie Sinnvolles herstellt, wird später davon profitieren können. Es scheint mir nämlich ein Trugschluss, mit den jetzigen Aussichten, unseren sogenannten Komfort wie zum heutigen Zeitpunkt halten zu können.

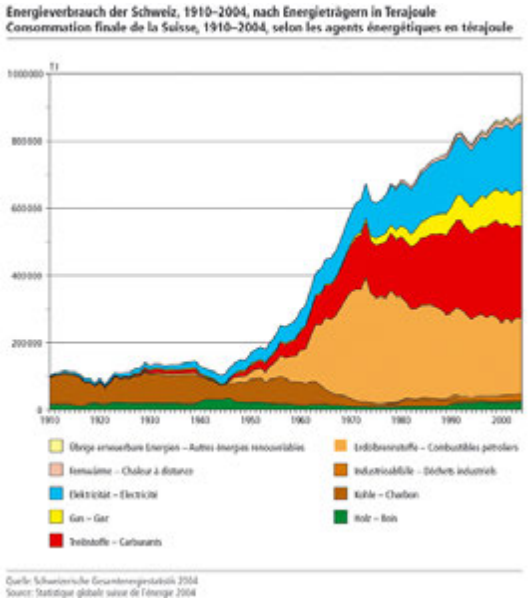


Abb 77: Energieverbrauch der Schweiz 1910-2004

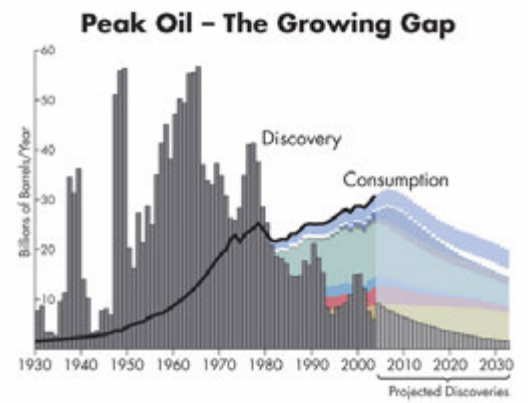


Abb 78: Gegenüberstellung Erdölfunde und Verbrauch

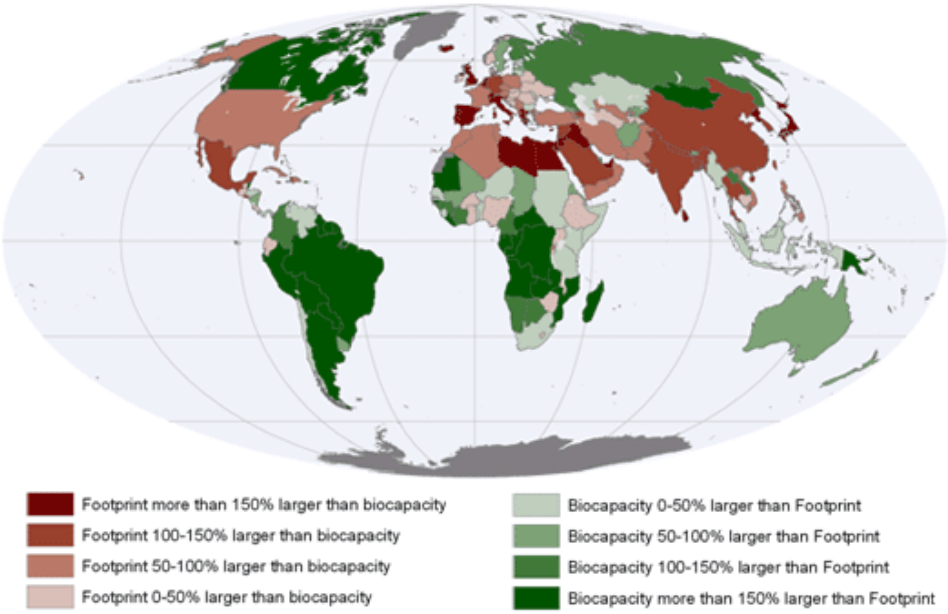


Abb 79: Karte der ökologischen Gläubigerländer (Länder welche über eine grössere Biokapazität verfügen als sie verbrauchen) Heute leben noch 20% der Weltbevölkerung in ökologischen Gläubigerländer. Vor 50 Jahren waren es noch 60%, selbst die USA war damals noch im grünen Bereich.

9. Schlusswort

Es ist ein Anliegen dieser Arbeit eine Auswahl von Ideen, Systemen, Einflussfaktoren und Konzepten im Bereich des Bauens mit der Sonne zu zeigen. Im Schlusswort möchte ich gerne die Techniken baulicher Energieoptimierung aus einer übergeordneten Sichtweise betrachten, um ihren Stellenwert und ihre Relativität zu zeigen.

9.1 Wohnvorstellung und Lebensstil

In den vorgehenden Kapiteln wurde immer wieder, im Text wie auch in den Abbildungen, das Einfamilienhaus bzw. das solare Einfamilienhaus herangezogen. Das Einfamilienhaus ist zwar eine Tendenz im Baugeschehen, ist aber weder typisch für die heutige Wohnstruktur (mehr als die Hälfte aller Haushalte sind in zwei- und Mehrfamilienhäusern) noch als energetisches Optimum anzustreben. Der immer noch von vielen Durchschnittsfamilien gewünschte Wechsel von der Stadtwohnung zum Einfamilienhaus im Grünen hat aus energetischer Sicht eher negative Konsequenzen, auch wenn der Umzug in ein Solarhaus stattfindet. Ebenso negativ ins Gewicht fallen die meist sehr eintönigen und artfremden Umgebungsgestaltungen, welche eine Verminderung der Artenvielfalt auf der bebauten Parzelle mit sich ziehen. Ziel sollte es also sein, nebst einer möglichst grossen Einsparung an Energie vor und bei der Erstellung, wie beim Betrieb des Gebäudes, auch weitere Planungsparameter mit einzubeziehen und damit versuchen den Ort der verändert wird wann immer möglich aufzuwerten. Der Stellenwert bautechnischer Energiesparmöglichkeiten wird durch mehrere Aspekte heutiger Wohntrends relativiert:

Es wird immer mehr (beheizter) Wohnraum pro Bewohner beansprucht. Dies lässt auch bei solaren Bauten den Heizenergiebedarf pro Kopf konstant ansteigen.

Der allgemeine Lebensstil (Ferien mit dem Flugzeug, Konsumation von ausserkontinentalen Produkten, Pendlerverkehr) fällt im Verhältnis zum Energieverbrauch hochgedämmter Bauten wesentlich stärker ins Gewicht.

Die strengeren Energievorschriften für „normale“ Neubauten ergeben, dass die Energieoptimierung eines schon länger bestehenden Gebäudes mit intakter Struktur wesentlich mehr Einsparpotenzial hat, als der Neubau eines Solarhauses.

Wärmedämmende Bauweise und passive Nutzung der Sonnenenergie stellen den technischen Lösungsansatz der Baubranche dar, den Heizenergiebedarf zu senken. Die Rahmenbedingungen sind aber keineswegs unveränderlich, sondern bestehen aus enormen (nichttechnischen) Einsparmöglichkeiten. Bei der Konzipierung energiegerechter Bauten sollte man sich eigentlich auch die Zeit nehmen und die Einflüsse auf den Gesamtenergieverbrauch des betreffenden Haushalts überdenken.

9.2 Komfort und Gesundheit

Der Komfort in Form des Bedürfnis nach einer warmen Wohnstube, so wie es sich heute manifestiert hat soll durchaus hinterfragt werden können. Es entspricht unseren Komfortvorstellungen, möglichst überall gleichmässig beheizte, auf hohem Temperaturniveau (20°C-22°C) thermostatisierte Wohnräume bereitzustellen. Ob dies längerfristig dem menschlichen Wohlbefinden zuträglich ist, muss sehr bezweifelt werden. Wo immer Komfort darin besteht, Körperfunktionen der Technik zu delegieren, folgen gesundheitliche Probleme unweigerlich. „Fahren statt Gehen“ und eben „Raumthermostatisierung statt Körpertemperaturregulierung“ sind Beispiele dazu. Es ist davon auszugehen, dass wir für unser Wohlbefinden eine ständige Stimulation wechselnder klimatischer Reize benötigen. Mit einem derartigen Komfortverständnis wird selbstverständlich erheblich weniger Energie verbraucht, weil die Temperaturzyklen des Tages und des Jahresablaufs in gemilderter Form mitgemacht werden: Auch innerhalb der Wohnung ist eine allzu gleichmässige Temperaturverteilung nicht erstrebenswert. Möglicherweise entspräche eine Beheizungsphilosophie, die sich etwas mehr an traditionellen Bauten orientiert, unseren physiologischen Erfordernissen besser. Das würde bedeuten, dass eine richtig warme Stube vorhanden sein müsste und dass darin sogar ein eigentlicher „Aufwärmplatz“ vorgesehen ist (z.B. Ofen mit Ofenbank). Die Temperatur in den übrigen Zimmern aber würde je nach Aussentemperatur in weiten Bereichen schwanken und im Hochwinter eben bis beispielsweise 10 oder 12°C fallen. Aus heutiger Sicht bedeutet dies Komforteinbusse und Rückschritt. Es wäre aber durchaus denkbar, dass sich diese Ansichten (z.B. im Zuge einer 2000-Watt-Gesellschaft, oder der steigenden Energiepreise) ändern und „unkomfortable“, sparsame Heizsysteme in ähnlichem Mass verlangt werden, wie das Fahrrad als „unkonfortables, aber gesundes Verkehrsmittel“ wieder vermehrt Anklang findet.

10. Literaturverzeichnis und Quellenangaben

Literaturnachweis:

Pinpoint Fakten der Bauphysik zu nachhaltigem Bauen, Keller & Rutz, vdf Hochschulverlag AG

Das wohltemperierte Haus 1, http://www.das-wohltemperierte-haus.info/waer_spei.htm

Das Wohltemperierte Haus 2, http://www.das-wohltemperierte-haus.info/waer_spei2.htm

Anmerkungen zur Geschichte, http://www.passivhaustagung.de/Passivhaus_D/Geschichte_Passivhaus.html

Passive Solar Design, Dr. William J. Makofske August 2004, http://www.authorstream.com/Presentation/Sibilla-45860-Passive-Solar-Design-used-thousands-yearsSouthwest-United-States-Adobe-archite-d-Education-ppt-powerpoint/

SES Report 13, Energiebewusstes Bauen mit dem Klima und der Sonne, schweizerische Energiestiftung (vergriffen)

Bildnachweis:

Abb 1: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/5f/Rekonstruierte_Kreisgrabenanlage2.jpg/799px-Rekonstruierte_Kreisgrabenanlage2.jpg
Abb 2: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/01/Teonate.JPG/800px-Teonate.JPG
Abb 3: http://www.harappa.com/3D/gif/7.gif
Abb 4: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/86/Ancient_Olynthos_Chalkidiki_-_Greece_-_048.jpg/300px-Ancient_Olynthos_Chalkidiki_-_Greece_-_048.jpg
Abb 5: http://www.dena.de/fileadmin/user_upload/Download/Veranstaltungen/2006/09/zh-kongress/TU_Darmstadt_Hegger_Zukunftshaeuser.pdf / Seite 16 bearbeitet
Abb 6: http://www.caida.org/~patrick/pelicano/pelipix/Turkey/tn/20040822-0060-PrieneReconstructed.med.jpg
Abb 7: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/69/Priene_bouleuterion.jpg/800px-Priene_bouleuterion.jpg
Abb 8: Hoepfner, W. & Schwander E. L. 1986, Wohnen in der klassichen Polis 1, Haus und Stadt im klassischen Griechenland, München
Abb 9: http://www.google.ch/images?hl=de&rlz=1B3GGGL_deCH286CH286&q=cliff+dwelling+anasazi&btnG=Bilder-Suche
Abb 10: http://www.google.ch/images?hl=de&rlz=1B3GGGL_deCH286CH286&q=cliff+dwelling+anasazi&btnG=Bilder-Suche
Abb 11: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/71/SaintVitusCathedralPrague.jpg/800px-SaintVitusCathedralPrague.jpg
Abb 12: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/ea/La_Rotonda.jpg/300px-La_Rotonda.jpg
Abb 13: http://media-2.web.britannica.com/eb-media/02/11602-004-2DE929EF.jpg
Abb 14: http://www.artistsdomain.com/dev/eere/web/images/timeline/1940/mitsolar3.jpg
Abb 15: http://www.artistsdomain.com/dev/eere/web/images/timeline/1940/solar3.gif
Abb 16: http://www.artistsdomain.com/dev/eere/web/images/timeline/1950/solarbldg.jpg
Abb 17: http://wissen.spiegel.de/wissen/dokument/64/88/dokument.html?titel=Mal+rechts%2C+mal+links&id=56898846&top=SPIEGEL&suchbegriff=atomium&quellen=&vl=0
Abb 18: http://farm3.static.flickr.com/2002/2425751364_92e8afec43.jpg?v=0
Abb 19: http://www.artistsdomain.com/dev/eere/web/images/timeline/1970/zome.jpg
Abb 20: Markus Steinmann, FHNW Leiter Weiterbildung, St. Jakobs-Strasse 84, CH-4132 Muttenz
Abb 21: Markus Steinmann, FHNW Leiter Weiterbildung, St. Jakobs-Strasse 84, CH-4132 Muttenz
Abb 22: http://www.reinberg.net/projects/1/photos/normal/scan313.jpg
Abb 23: http://www.rmi.org/images/articles/AboutRmi/HqGreeenhouse.gif
Abb 24: http://www.jenni.ch/picture/Heizen%20mit%20Sonne/inserat_kl.jpg
Abb 25: http://www.jenni.ch/picture/Heizen%20mit%20Sonne/Sonnenhaus.jpg
Abb 26: http://www.baunetzwissen.de/imgs/21780949_2a5b830796.jpg
Abb 27: http://www.schweizer-architekten.ch/portal/profile/pics/9640/1587/rueedi-marugg_x4.0.jpg
Abb 28: Solarhaus_III_in_CH-Ebnat-Kappel_2000_.pdf
Abb 29: http://www.wrq.eawag.ch/media/2006/20060901/neubau
Abb 30: Artikel_Green_Office_Buerogebaeude_im_MINERGIE_P_ECO_Standard_energiefachbuch.pdf
Abb 54: SES-Report 13, Schweizerische Energie-Stiftung (vergriffen)
Abb 58: Foto von Michael Schilt, Thun
Abb 59: http://www.minergie.ch/beispiele/images/icons/BE-021-P-2_front.jpg
Abb 64: http://tbn1.google.com/images?q=tbn:A3614Wta1L0IeM:http://www.dewaisol.ch/assets/images/Polystyrol.jpg
Abb 65: http://www.haganatur.ch/produkte/lehmbau/lehm_mauerstein/lehmvollstein240-115-71.jpg

Abb 66: http://www.bieri-baumat.ch/images/content/kalksandstein_g1.jpg
Abb 68: http://www.fh-frankfurt.de/media/fb1/Ansprechpartner/ProfessorInnen_A-Z/Schulz/bohrkern.jpg
Abb 69: http://www.glastech.ch/resources/isolierglaeser2_1.jpg
Abb 70: http://www.proholzfenster.de/typo3temp/pics/07e6717a5a.jpg
Abb 71: http://www.ursulaschwaller.ch/upload/photo/navigation/39_de_ae_large.jpg
Abb76: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/db/Wallheating_pipes_partial_fettled.jpg/450px-Wallheating_pipes_partial_fettled.jpg
Abb 77: http://www.peakoil.ch/d/schweiz/energie-schweiz.gif
Abb 78: http://www.peakoil.ch/d/erdoel/grow_gap.jpg
Abb 79: http://www.footprintnetwork.org/images/article_uploads/debtors-creditors-550.gif

Restliche Abbildungen: Eigene Bilder (Gebäude: solares Direktgewinnhaus Zihl, Beinwil am See)

11. Anhang

Europäische Charta für Solarenergie in Architektur und Stadtplanung

9.22 Arbeitsblatt Sonnenbahnen- und Beschattungsdiagramm

Europäische Charta für Solarenergie in Architektur und Stadtplanung

Präambel

Rund die Hälfte der in Europa verbrauchten Energie dient dem Betrieb von Gebäuden, hinzu kommt der für den Verkehr aufgewendete Anteil in Höhe von über 25%. Für die Bereitstellung dieser Energie werden in großem Umfang nicht wiederbringbare, fossile Brennstoffe verbraucht, die künftigen Generationen fehlen werden. Zu ihrer Erzeugung sind Umwandlungsprozesse erforderlich, deren Emissionen sich nachhaltig negativ auf die Umwelt auswirken. Zudem verursachen rücksichtslose Intensivbewirtschaftung und zerstörerische Rohstoffausbeute sowie ein weltweiter Rückgang der Agrarflächen eine zunehmende Verringerung der natürlichen Lebensräume.

Diese Situation erfordert ein rasches und grundlegendes Umdenken, besonders für die am Bauprozess beteiligten Planer und Institutionen. Ein verantwortlicher Umgang mit der Natur und die Nutzung des unerschöpflichen Energiepotentials der Sonne müssen Grundvoraussetzung für die künftige Gestalt der gebauten Umwelt sein.

In diesem Zusammenhang ist die Rolle der Architektenschaft als verantwortlicher Profession von weitreichender Bedeutung. Sie muß erheblich mehr als bisher entscheidenden Einfluß auf die Konzeption und die Disposition von Stadtstrukturen, Gebäuden, die Verwendung der Materialien und Systemkomponenten und damit auch auf den Energieverbrauch nehmen.

Das Ziel künftiger Arbeit muß deshalb sein, Stadträume und Gebäude so zu gestalten, daß sowohl Ressourcen geschont als auch erneuerbare Energien - speziell Solarenergie - möglichst umfassend genutzt werden, wodurch die Fortsetzung der genannten Fehlentwicklungen vermieden werden kann.

Zur Durchführung dieser Forderungen sind die derzeit bestehenden Ausbildungsgänge, Energieversorgungssysteme, Finanzierungs- und Verteilungsmodelle, Normen und Gesetze den neuen Zielsetzungen anzupassen.

Die Planer

Architekten und Ingenieure müssen in Kenntnis der lokalen Gegebenheiten, der bestehenden Ressourcen und der maßgeblichen Kriterien für die Verwendung von Erneuerbaren Energien und Materialien ihre Projekte entwerfen. Ihre gesellschaftliche Rolle muß angesichts der hier zu übernehmenden Verantwortung gegenüber der nicht unabhängigen Planung von Firmen gestärkt werden. Neue Gestaltungskonzepte sind zu entwickeln, welche die Sonne als Licht- und Wärmequelle bewußt machen, weil allgemeine öffentliche Akzeptanz nur mit bildhaften Vorstellungen vom solaren Bauen zu erreichen ist.

Dies bedeutet:

* Städte, Bauten und ihre Teile müssen als komplexes System von Stoff- und Energieflüssen interpretiert werden.
* Der Einsatz von Umweltenergien muß aus ganzheitlicher Sicht geplant werden. Professionelle Kenntnis aller funktionalen, technischen und gestalterischen Zusammenhänge,

Bedingungen und Möglichkeiten ist Vorraussetzung für das Entstehen von zeitgemäßer Architektur.

* Das umfangreiche, sich ständig erweiternde Wissen über die Bedingungen des Gebäudeklimas, über die technologische Entwicklung der Solartechnik, über die Möglichkeiten der Simulation, Berechnung und Messung muß in übersichtlicher, verständlicher und erweiterbarer Form systematisch dargestellt und verfügbar gemacht werden.
* Schulung und Weiterbildung von Architekten und Ingenieuren müssen in aufeinander abgestimmten Systemen auf unterschiedlichem Niveau unter Einsatz neuer Medien bedarfsbezogen erfolgen. Hochschulen und Berufsverbände sind aufgefordert, entsprechende Angebote zu entwickeln.

Der Bauplatz

Die spezifische lokale Situation, die vorhandene Vegetation und Bausubstanz, die klimatischen und topographischen Gegebenheiten, das Angebot an Umweltenergien, bezogen auf den Zeitraum und die Intensität ihres Wirkens sowie die örtlich gegebenen Einschränkungen müssen als Grundlage der Planung in jedem Einzelfall analysiert und bewertet werden.

Die vor Ort verfügbaren natürlichen Ressourcen, insbesondere Sonne, Wind und Erdwärme, sind für die Konditionierung der Gebäude und die Ausprägung ihrer Gestalt wirksam zu machen.

Die unterschiedlichen vorhandenen oder entstehenden Bebauungsmuster stehen je nach geographischer Lage, physischer Form und materieller Beschaffenheit sowie je nach Nutzungsart in Wechselwirkung mit folgenden unterschiedlichen lokalen Gegebenheiten wie:

* Klimadaten (Sonnenstand, Sonnenverteilung, Lufttemperaturen, Windrichtungen, Windstärken, Zeiträume des Windanfalls, Niederschlagsmengen...)
* Exposition und Ausrichtung von Freiräumen und Geländeoberflächen (Neigung, Form, Relief, Proportion und Maß...)
* Lage, Geometrie, Dimensionen und Masse umgebender Gebäude, Geländeformation, Gewässer und Vegetation (wechselnde Verschattung, Reflexion, Volumen, Emissionen...)
* Thermische Speicher vorhandener

Bodenmassen

* Bewegungsabläufe von Menschen und Maschinen
* Vorhandene Baukultur und architektonisches Erbe

Zur Materialisierung von Gebäuden

Gebäude und umgebende Freiräume sind so zu gestalten, daß für ihre Belichtung, die Gewinnung von Wärme für Heizung und Brauchwasser, für Kühlung, Lüftung und für die Gewinnung von Strom aus Licht möglichst wenig Energie aufgewendet werden muß. Für den verbleibenden Bedarf sind solche Lösungen einzusetzen, die nach den Kriterien einer

Gesamtenergiebilanz dem neuesten Stand der Technik zur Nutzung von Umweltenergien entsprechen.

Bei der Verwendung von Materialien, Konstruktionen, Produktionstechnologien, Transport, Montage- und Demontage von Bauteilen müssen daher auch Energieinhalte und Stoffkreisläufe berücksichtigt werden.

* Nachwachsende, ausreichend verfügbare Rohstoffe und Konstruktionen mit möglichst geringen Inhalten an Primärenergie und grauer Energie sind zu bevorzugen.
* Die Einbindung von Materialien in Stoffkreisläufe, eventuelle Wiederverwendungsmöglichkeit oder umweltverträgliche Entsorgung müssen sichergestellt sein.
* Konstruktionen für Tragwerk und Gebäudehülle müssen dauerhaft sein, um den Aufwand hinsichtlich Material, Arbeit, Energie effizient zu gestalten und den Entsorgungsaufwand gering zu halten. Das Verhältnis von eingebetteter Energie und Dauerhaftigkeit ist zu optimieren.
* Bauteile zur direkten und indirekten (passiven und aktiven) Nutzung von Solarenergie, die sich nach konstruktiven und gestalterischen, modularen und maßlichen Anforderungen zur baulichen Integration gut eignen, sind weiterzuentwickeln und bevorzugt einzusetzen.
* Neue Systeme und Produkte im Bereich der Energie- und Gebäudetechnik müssen auf einfache Weise integriert bzw. gegen bestehende ausgetauscht oder erneuert werden können.

Gebäude im Gebrauch

Gebäude müssen energetisch als Gesamtsysteme verstanden werden, die für unterschiedliche Ansprüche Umweltenergien bestmöglich nutzen. Sie sind als langlebige Systeme zu entwickeln, die auf Dauer geeignet bleiben, wechselnde Nutzungsarten aufzunehmen.

* Funktionen sollen im Grundriß und Schnitt so geordnet sein, daß Temperaturstufen und thermische Zonierung berücksichtigt sind.
* Planung und Ausführung von Gebäudestruktur und Materialwahl müssen so flexibel konzipiert werden, daß spätere Nutzungsänderungen mit geringst möglichem Material- und Energieeinsatz durchgeführt werden können.
* Die Gebäudehülle muß in ihrer Durchlässigkeit für Licht, Wärme, Luft und Sicht veränderbar und gezielt steuerbar sein, damit sie auf die wechselnden Gegebenheiten des lokalen Klimas reagieren kann (Sonnen- und Blendschutz, Lichtumlenkung, Verschattungen, temporärer Wärmeschutz, variable, natürliche Lüftung).
* Ansprüche an den Komfort sollen weitgehend durch die Gestaltung des Gebäudes mittels direkt wirksamer, passiver Maßnahmen erfüllt werden können. Den noch verbleibenden Bedarf für Heizung, Kühlung, Strom, Belüftung und Beleuchtung sollen umweltenergie-nutzende, aktive Systeme decken.

Der Aufwand an Technik und Energie muß der jeweiligen Nutzung der Gebäude angemessen sein. Dementsprechende Anforderungsprofile der unterschiedlichen Nutzungskategorien sind zu überdenken und gegebenenfalls anzupassen. So sind auch Gebäude spezieller Art wie

Museen, Bibliotheken, Kliniken u.a. gesondert zu betrachten, da hier spezifische gebäudeklimatische Anforderungen bestehen.

Die Stadt

Erneuerbare Energien bieten die Chance, das Leben in Städten attraktiver zu gestalten. Für die Infrastruktur der Energieversorgung und des Verkehrs sowie durch die Art der Bebauung ist der Einsatz erneuerbarer Energien zu maximieren. Soweit möglich und sinnvoll, ist bestehende Bausubstanz zu nutzen. Die Verbrennung fossiler Rohstoffe ist drastisch zu reduzieren.

Das Verhältnis von Stadt und Natur ist symbiotisch zu entwickeln. Eingriffe und Veränderungen, die im öffentlichen Raum und an bestehenden Bauten oder durch Neubauten erfolgen, müssen auf die historische und kulturelle Identität des Ortes ebenso bezogen sein, wie auf die geographischen und klimatischen Bedingungen der Landschaft.

Die Stadt muß als langlebiger Gesamtorganismus verstanden werden. Der ständige Wandel in Gebrauch, Technologie und Erscheinungsbild muß möglichst zerstörungsfrei und ressourcenschonend gesteuert werden.

Städte sind gebaute Ressourcen von hohem Primärenergieinhalt. Ihre Quartiere, Bauten und Freiräume, ihre Infrastrukturen, Funktions- und Verkehrsabläufe sind durch laufenden, den natürlichen Erneuerungszyklen folgenden Umbau immer besser in den Gesamthaushalt der Natur einzupassen.

Für die Gestalt der von Menschen geschaffenen Landschafts- und Stadtstrukturen müssen als Umwelt- und als bioklimatische Faktoren bestimmend sein:

* Ausrichtung zur Sonne (Orientierung von Straßen, Gebäudestruktur, Temperaturregelung und Tageslichtnutzung im öffentlichen Raum)
* Topographie (Geländeform, Gesamtexposition, allgemeine Lage)
* Windrichtung und -intensität (Ausrichtung der Straßen, geschützte öffentliche Räume, gezielte Durchlüftung, Kaltluftschneisen)
* Vegetation und Verteilung von Grünflächen (Versorgung mit Sauerstoff, Staubbindung, Temperaturhaushalt, Verschattung, Windbarrieren)
* Hydrogeologie (Bezug zu Wassersystemen)

Städtische Funktionen wie Wohnen, Produktion, Dienstleistungen, Kultur und Freizeit sollen dort, wo dies funktional möglich und sozial verträglich ist, einander zugeordnet werden. So kann der Verkehr von Fahrzeugen reduziert werden. Produktions- und Dienstleistungseinrichtungen können in gegenseitiger Ergänzung intensiver und wirtschaftlicher genutzt werden.

Fahrzeuge, die nicht durch fossile Brennstoffe angetrieben sind, und Fußgänger, müssen in den städtischen Quartieren privilegiert behandelt werden. öffentliche Verkehrsmittel sind zu fördern. Der Stellplatzbedarf ist zu reduzieren, der Treibstoffbedarf zu minimieren.

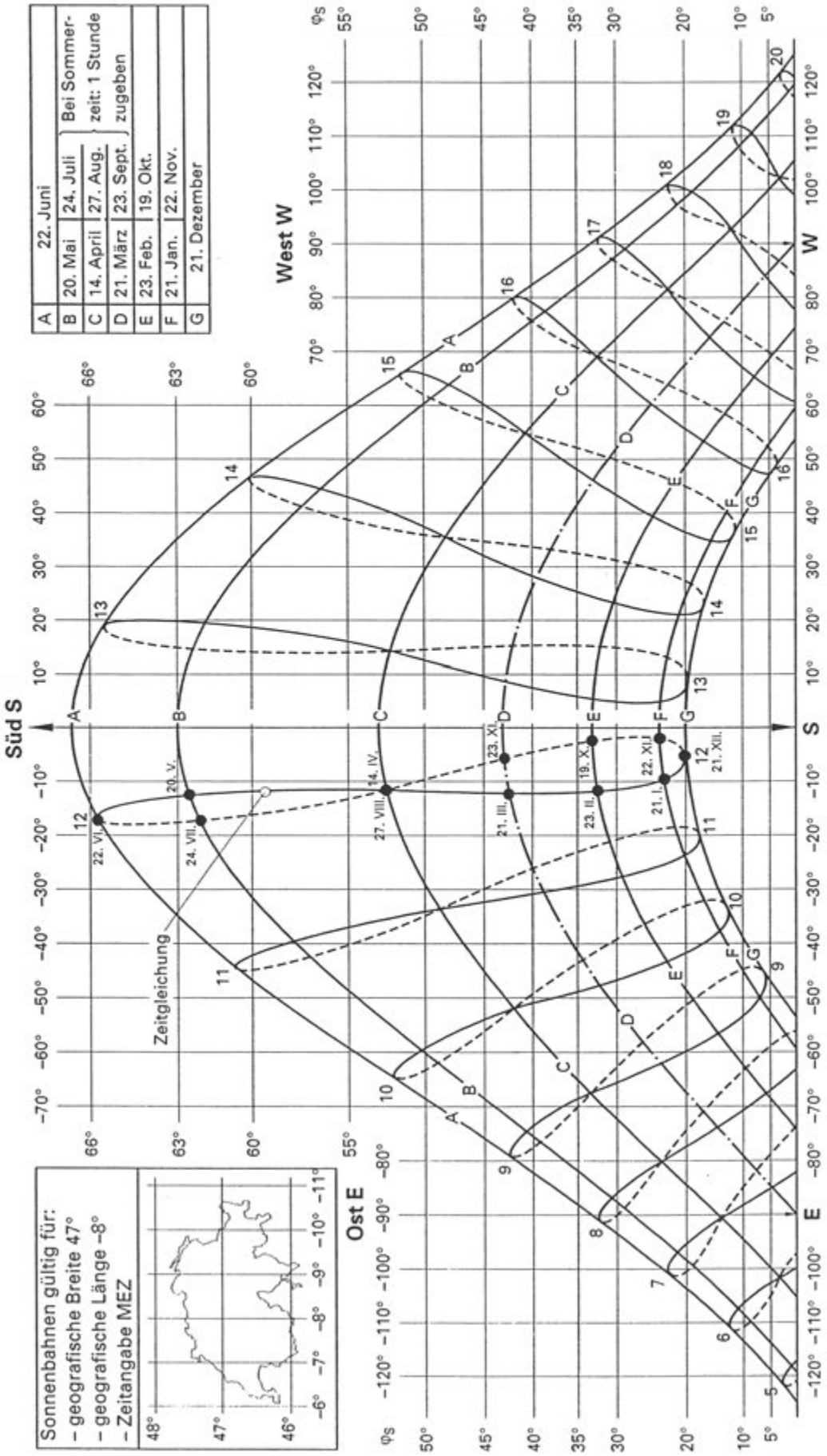
Eine sinnvolle Dichte bei Neuplanungen, die mit dem Boden haushälterisch umgeht, und Nachverdichtungen können den Aufwand an Infrastruktur und Verkehr sowie den Landverbrauch reduzieren. ökologische Ausgleichsmaßnahmen sind vorzusehen.

Bei städtischen Räumen sind solche Mittel einzusetzen, die der Verbesserung des Stadtklimas, der Temperatursteuerung, dem Windschutz und der gezielten Erwärmung bzw. Kühlung von Freiräumen dienen.

Berlin, März 1996

Unterzeichner:
Alberto Campo Baenza, Madrid E
Victor Lûpez Cotelo, Madrid E
Ralph Erskine, Stockholm S
Nicos Fintikakis, Athen GR
Sir Norman Foster, London GB
Nicholas Grimshaw, London GB
Herman Hertzberger, Amsterdam NL
Thomas Herzog, München D
Knud Holscher, Kopenhagen DK
Sir Michael Hopkins, London GB
Francoise Jourda, Lyon F
Uwe Kiessler, München D
Henning Larsen, Kopenhagen DK
Bengt Lundsten, Helsinki FI
David Mackay, Barcelona E
Angelo Mangiarotti, Mailand I
Manfredi Nicoletti, Rom I
Frei Otto, Leonberg D
Juhani Pallasmaa, Helsinki FI
Gustav Peichl, Wien A
Renzo Piano, Genua I
JosÈ M. de Prada Poole, Madrid E
Sir Richard Rogers, London GB
Francesca Sartogo, Rom I
Hermann Schröder, München D
Roland Schweitzer, Paris F
Peter C. von Seidlein, Stuttgart D
Thomas Sieverts, Berlin D
Otto Steidle, München D
Alexandros N. Tombazis, Athen GR

Quelle:
"Solar Energy in Architecture and Urban Planning. Solarenergie in Architektur und Stadtplanung. Energia solare in architettura e pianificazione urbana.".
Prestel Verlag, München; New York 1996.

Der Text wurde im Rahmen eines READ-Projektes, der Europäischen Kommission DG XII, von Thomas Herzog in den Jahren 1994/95 erarbeitet, mit führenden europäischen Architekten diskutiert und im Wortlaut abgestimmt.

9.22 Arbeitsblatt Sonnenbahnen- und Beschattungsdiagramm