

SOLARARCHITEKTUR

VON DER KURIOSITÄT ZU NOTWENDIGEN ENERGIEEFFIZIENTEN GEBÄUDEN



Bildrechte: Wisconsin State Historical Society

Bild 1: Howard Sloan House I, 1940

Mit einem weltweiten Verbrauch von rund 40 Prozent der Primärenergie trägt der Gebäudesektor wesentlich zur Beschleunigung von Klimaveränderungen bei. Die Ende September 2013 im UNO-Klimareport vorgestellten Ergebnisse belegen, dass die Maßnahmen zur Verringerung von CO₂-Emissionen sehr viel schneller wirksam werden müssen, wenn eine Erderwärmung um weitere fünf Grad Celsius in diesem Jahrhundert aufgehalten werden soll. Das bedeutet für den Gebäudesektor, dass die Energieperformance von Gebäuden unter der Verwendung Erneuerbarer Energien, sehr viel flächendeckender wirksam werden muss.

Hätte das Bewusstsein für die umweltfreundliche Energieleistung von Gebäuden in der Architektur des 19. und 20.

Jahrhunderts nicht weitgehend gefehlt, wäre aufgrund der bereits seit Jahrzehnten vorliegenden Lösungsansätze die nachhaltige Gebäudeperformance bereits eine Selbstverständlichkeit und Billionen Tonnen fossiler Brennstoffe wären nicht verbrannt worden. Eine Erklärung, warum die Kommerzialisierung solcher Häuser in großem Stil in den USA nicht gelang, obwohl diese bereits vor der Energiekrise in den 1970er Jahren bekannt waren, ist nach Reyner Banham die, dass Gebäude lange Zeit nur nach ihrer äußeren Form bewertet wurden. Architektur ist früher wie heute eine Gradwanderung zwischen Überleben und Komfort. Der ästhetische Anblick von Gebäuden hatte Jahrzehnte lang Vorrang vor deren eigentlichem Nutzen. Heute haben nachhaltige Bauten das Vorurteil überwunden und die

Menschheit erkennt, dass nicht alles, was machbar ist auch Sinn macht.

Die Historie der Solararchitektur, die in ihrem Ursprung rein passiv und ohne mechanische Zusätze funktioniert, zeigt, dass energieeffiziente Bestrebungen seitens der Architektur und der Ingenieurwissenschaften stets vorhanden waren und seit fast einem Jahrhundert mit funktionierenden Beispielen aufweist. Auch lagen den USA und Deutschland im Zusammenhang mit der Umnutzung großer Kasernenareale konkrete Berechnungen über den Nutzen der Solararchitektur vor. Angesichts der dafür aufgewendeten Forschungsgelder in den 1940er bis 1970er Jahren in den USA und seit den 1970er Jahren auch in Deutschland, verwundert, dass das flächendeckende Voranbringen solcher Baukonzepte, früher wie heute, vorwiegend von engagierten Experten und Privatpersonen betrieben wird. Warum sich gut funktionierende und ästhetische Gebäudekonzepte nur in kleiner Anzahl von einigen Hundert realisieren ließen, zwischenzeitlich sind das einige Tausend – und wie diese konzipiert und weiterentwickelt wurden, diskutiert dieser Beitrag. Die Aufmerksamkeit gilt dabei vor allem den ersten Solarhäusern aus den USA, orientiert an einer aktuellen historischen Aufarbeitung von Professor Anthony Denzer. Die Vielzahl historischer deutscher Solarhäuser und aktuell realisierter bioklimatischer Gebäude, die durch

Solararchitektur

Zu beachten ist, dass heute allgemeinsprachlich unter Solararchitektur die Anbringung einer PV- oder Solarthermie Anlage verstanden wird.

Tatsächlich aber, beschäftigt sich Solararchitektur mit der baulichen Gestaltung von Gebäuden, für die passive Nutzung der Sonnenenergie zur Wärmegewinnung. **Passive Solarnutzung** ist eine gewinnoptimierte Strategie, des Prinzips des Auffangens der Sonnenenergie durch die Aktivierung von Speichermassen in Form von Feststoffen (Mauern, Wände, Böden, das Dach) und Flüssigkeiten (z.B. Dachpool, Speichertank). Als Kollektoren für das Einlassen bzw. Auffangen der Sonnenstrahlung dienen Fenster, Glasflächen, und Wintergärten. Als passiv werden diese Prozesse deshalb bezeichnet, weil sie rein durch den architektonischen Gebäudeentwurf und das verwendete Ma-

terial erfolgen. Die gespeicherte Wärme wird nachts abgegeben und ggf. in Wassertanks gespeichert. Passive Solarhäuser haben die Herausforderung zu lösen, dass diese morgens kühl und am späten Nachmittag oft sehr warm sind. Die Vermeidung von Wärmeverlusten erfolgt durch die Dämmung von Wänden, Fenstern und Dächern. Heute erreichen diese Konzepte bereits eine passive Reduzierung des Energieverbrauchs von ca. 50 Prozent. Die **aktive Solarnutzung** erweitert die Nutzung dieser physikalischen Prinzipien und ist auf ein Wärmetransportsystem angewiesen. Meist verschließt diese Anwendung das Gebäude nach Süden. Teilweise resultiert daraus eine zur passiven Solarnutzung völlig konträre Architektur. **Hybride Systeme** unterstützen die passive Wärmegewinnung mechanisch, mit energieeffizienten Low-Tech-Systemen und ergänzen meist die Stromproduktion für

das Gebäude. Alle drei Ansätze müssen die Herausforderung der individuell notwendigen Verschattung, Kühlung, Belichtung und Belüftung von Räumen, sowie der Speicherung von Wärme lösen.

Bis heute ist der Begriff Solararchitektur nicht eindeutig definiert. Gerhard Schuster, der sich mit der Historie der Solararchitektur wissenschaftlich auseinandergesetzt hat, schlägt folgende Definition vor: Solararchitektur ist das Resultat der Fähigkeit, Gebäude zu schaffen, welche mit adäquatem thermischem Komfort für die Benutzer, mit möglichst kleinem Heizenergiebedarf und keinem Kühlenergiebedarf und unter Berücksichtigung der täglichen und jahreszeitlichen äußeren Klimabedingungen des Gebäudestandorts und mit Einbeziehung des Energiepotenzials des passiven Anteiles der solaren Strahlungskraft dauerhaft betrieben werden können.

ihre nachhaltige Leistungsfähigkeit überzeugen, sei gewürdigt, jedoch aus Platzgründen hier nicht näher beschrieben.

Solarhäuser

Dass Gebäude mit Hilfe der Sonne sehr gut passiv erwärmt und vor der Hitze geschützt werden können, beschrieb bereits Sokrates in der Antike. Auch die Lehm-bauarchitektur in Syrien ist ein Beispiel dafür, wie Naturgesetzte in Verbindung mit der Sonnenenergie für die Heizung und Speicherung von Energie in Gebäuden verwendet wird. Sehr gut illustriert sich das an den sog. Bienenstock-Lehm-bauten. Solche und vor allem islamische Bauten und deren Funktionsprinzip werden seit rund 30 Jahren von Experten analysiert, unter Weiterentwicklung und unter Adaption der verwendeten Prinzipien auf heutige, zeitgemäße Bauten und Nutzeranforderungen.

Howard Sloan Haus von Fred und William Keck, 1940, USA

Rund 2500 Jahre nach Sokrates etablierte der amerikanische Architekt Fred Keck der sich selbst als Ingenieur bezeichnete, unter Mitwirkung seines Bruder William, das passive Solarhaus „Howard Sloan House I“ in Chicago, Illinois in den USA (s. Bild 1) und prägte damit die Begriffe „Solarhaus“ und „Solararchitektur“, ohne diese Begriffe konkreter zu definieren. Bekannt wurde Fred Keck zunächst durch die Entwicklung zweier Glashäuser, dem „House of Tomorrow“, ein dreigeschossiges, sich nach oben hin satellitenartig verjüngendes 12-eckiges Glasgebäude, entstanden anlässlich der Weltausstellung in Chicago 1933 und dem 1934 folgende „Cristal House“, ebenfalls ein Glashaus. Während der Fertigstellung und im Anschluss erfuhr Keck die Effekte der Sonnenwirkung. Noch bevor der Heizofen in das „House of Tomorrow“ eingebaut werden konnte, war das Gebäude durch die Sonneneinstrahlung gewärmt und die Überhitzung des Bauwerks war beeindruckend. Keck realisierte schnell die Nachteile von Glashäusern und entwickelte das Solarhaus als Antithese zum Archetypus des Glashauses. Das „Howard Sloan House“ nutzt die Wirkung der Sonneneinstrahlung optimal und erreicht eine Energieeinsparung/Jahr von 20 Prozent. Das nach Süden ausgerichtete Haus hatte eine Länge von rund 100 Meter in linearer Bauweise mit auf einer Ebene gelegenen, nach Süden ausgerichteten Räumen. Zudem war es mit einer großzügigen Südverglasung, die seitliche Lüftungslamellen enthält und einem Dach, das im Winter das Sonnenlicht tief in die Räume führt, und im Sommer auf dem Dach hält, so dass die Innenräume

kühler und verschattet sind, ausgestattet. Keck betrachtet bereits damals die Behandlung der Fenster als dem Ausblick dienend und hielt andere Öffnungen für die Belüftung für notwendig, wie das z.B. auch Le Corbusier sah, der ein Fenster als alleinig für den Zweck gemacht verstand des Ausblicks und der Belichtung.

In den Folgejahren experimentierte der Amerikaner an der Optimierung dieses Solarhauses und an der Entwicklung von Umwelttechnologien, die dessen Effizienz und Wohnqualität steigerten. U.a. entstand so ein Verschattungssystem zur Vermeidung der Überhitzung der Räume in den späten Nachmittagsstunden, für die er Holzflügelwände mit vertikalen Holzlamellen verwendete. Bereits 1942 integrierte er in das „Howard Sloan House II“ ein wassergeführtes Solares-Fußbodenheizsystem auf isoliertem Grund, und baute dreifach-isolierverglaste Fenster ein (sog. „triple thermopanes“). Sloan II erreichte damit bereits eine 40 prozentige Energieeinsparung im Gebäudebetrieb/Jahr. Das Sloan House erlangte in den USA kanonische Bedeutung und Keck vertrieb in Kooperation mit einer Firma das Solarheizsystem („RadianTile“-System – Strahlungswärme-Fliesen-System). Insgesamt baute Keck an die 100 solcher Häuser, u.a. in der Meadowbrook Village und dem nicht vollendeten Solar Park. Der Urtyp des Solarhauses im Chicagoer Vorort Glenview wurde der Öffentlichkeit für Besichtigungen geöffnet und das schicke Haus verzeichnete hohe Besucherzahlen (laut Angaben Kecks an einem Tag über 1.700, im Vierteljahr rund 5.000 Besucher). Das Heizsystem wurden in den Fachzeitschriften als einzigartig bezeichnet, wobei Keck darauf hinwies, dass dessen Ursprung in der Antike liegt und die Kecks durch das Fußbodenheizsystem der Kathedrale in Liverpool aus dem Jahre 1904 darauf aufmerksam wurden. Die Nutzung der Wassergeführten-Fußbodenheizung mit dem Heißblutprinzip wurde damals aufgrund des Eisen und Kupfermangels nach dem Krieg in den USA empfohlen und Keck wurde rasch als Experte für

solche Systeme bekannt. Bereits damals benannte er wesentliche Richtlinien: Die Bodentemperatur sollte nicht mehr als 85 °F (29,4 °C) betragen, woraus eine Lufttemperatur von 67–70 °F resultiert (19,4 °C–21,1 °C); eine wesentliche Voraussetzung ist ein massiver, gefliester Holraumboden, der wegen des möglichen Wärmeverlustes in das Erdreich unterseitig isoliert werden soll. Keck beschrieb bereits das Problem der Verzögerungszeiten und der notwendigen, vorausschauenden Kontrolle der Heizung. Allerdings forschte er nicht an Lösungen dafür. Den Glasanteil seiner Solarhäuser verringerte er im Laufe der Zeit auf 27–35 Prozent. Bereits 1941–1942 begleitete eine wissenschaftlich Studie des Temperaturverhaltens und den Energieverbrauch von realisierten Häusern. Kecks Solarhäuser gelten als Archetypus des passiven Solarhauses. Er prägte die Solarhausbewegung maßgeblich. Experten weisen darauf hin, dass es noch heute sinnvoll ist, Kecks Solarhauskonzepte zu studieren.

Harry Thomason Solaris Haus mit passivem Solarthermie Heizsystem, 1959 USA

Es entstanden in den Folgejahren verschiedenste Typen von Solarhäusern. Auch Universitäten und Forschungsinstitute wie z.B. das MIT (Massachusetts Institute of Technology) entwickelte drei Haus-Prototypen, die die Moderne Architektur wesentlich prägten. Die Position und Bedeutung dieser universitären Experten bezeichnete George Löf, der einige geförderte Solarhausprojekte plante, auf einem Kongress 1973 als fulminant und vorrangig, was zu Kritik an solchen staatlich geförderten Projekten innerhalb der Solarhausbewegung führte, weil diese die Fragen der Verschattung, Kühlung und Heizung nicht optimal lösten und meist für die Realisierung im Alltag zu teuer waren. Harry Thomason, ein Patentanwalt des Pentagon, der selbst Solarhäuser entwickelte und dabei stets seine Unabhängigkeit betonte, nahm dabei eine Außenseiterrolle ein. Sein Hauptverdienst ist

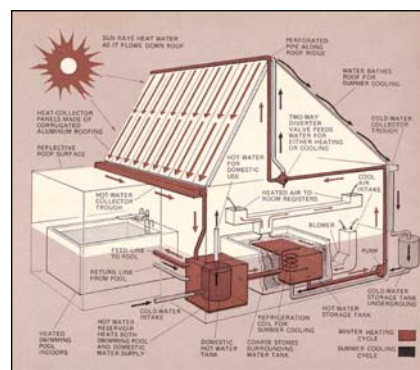


Bild 2: Solaris House I, Harry Thomason, 1959, rechts: Schema des Heizsystems

die Entwicklung des „Solaris“ Solarhauses mit integriertem passiv-solarthermischem Heiz- und Kühlsystem, das maßgeblich über ein aus geschwärztem Aluminium bestehenden gewellten Dach funktioniert, über welches sich das herabfließende Wasser erwärmt, über eine Auffangrinne in einen Wassertank geführt und im Heizsystem des Hauses verteilt wird (s. Bild 2). Solaris I-III galten als kostengünstige effiziente Low-Tech-Gebäude, die 95–98 % des Heizbedarfs deckten, in einer Gegend, mit 42 % Sonneneinstrahlung. Architekturästhetisch standen diese in starker Kritik. Thomason betonte stets deren gutes Funktionieren. Sein Antagonismus mit der Ingenieursgesellschaft der USA gipfelte 1973 auf dem besagten Kongress, indem er die Meinung George Löfs über die Bedeutung der universitären Solarhausentwicklung als „Quatsch“ und „Papperlapapp“ bezeichnete und die Funktionsmängel solcher Projekte betonte. Er forderte, dass das von Löff entwickelte und realisierte „Denver Haus“ von der Liste der Solarhäuser gestrichen wird, weil es den Hauptteil der benötigten Energie nicht durch Sonnenenergie generiere. Auch hier wird die fehlende Definition dessen, was unter einem Solarhaus zu verstehen ist deutlich. Thomason und der Architekt Baer entwickelten und bauten als Privatakteure mehr und vor allem erschwinglichere und funktionsfähigere Solarhäuser als die Universitäten, und das ohne Regierungszuschüsse.

Schisma zwischen Architekten und Ingenieuren

In der Folge zeichnete sich in den USA ein deutliches Schisma zwischen Architekten und Ingenieuren ab. Eine Erklärung, warum die Kommerzialisierung dieser erfolgreichen Häuser in den USA so langsam vorankam, liefert Reyner Banham, der den Siegeszug der Solararchitektur vorhersagte, in seiner Rede über Architektur: „Die Tatsache, dass diese Prognose heute nicht zutrifft kann nur damit erklärt werden, dass Gebäude nach ihrer äußeren Form bewertet werden und nicht als komplex funktionierendes System, das bewohnbare Umgebungen darstellt“. (in: Antony Denzer, 2013: Solar House, S. 50). Heute, im Jahr 2013 weisen Experten für integrales Gebäudedesign darauf hin, dass die Kluft zwischen Architekten und Ingenieuren durch deren engere Zusammenarbeit überwunden werden muss. Architekten tragen für passive und bioklimatische Gebäudekonzepte eine wesentliche Verantwortung, da die energetische Leistungsfähigkeit von Gebäuden von der Gebäudeform, Ausrichtung und -hülle bestimmt wird. Das 1981 in den USA gegründete in-

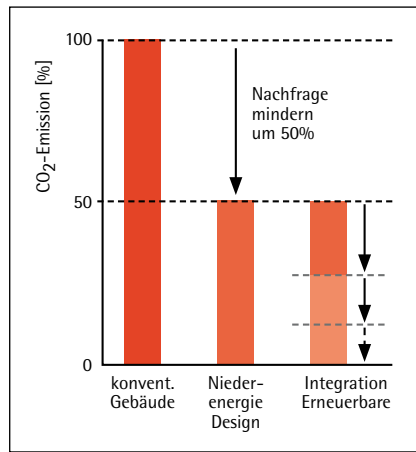


Bild 3: Effizienzpotentiale im Gebäudedesign

- 1: Halbierung des Energieverbrauchs;
- 2: Verdoppelung der Energieeffizienz;
- 3: Halbierung der Carbon-Intensität des Gebäudes in der Versorgung;
- 4: Verhaltens- und Kontrollveränderungen.

Merkmale des passiven Niederenergie Designs: Erneuerbare Energien; verteiltes Energiekonzept (Nutzung mehrerer Energiequellen); Energiespeicherung im Gebäude durch die Gebäudemasse; *Heizen mit der Sonne:* passives Solarsystem; *Kühlen mit dem Wind:* natürliche Belüftung; Persönliche Kontrolle des Innenraumklimas; Zurück zur Strahlungskühlung und -heizung, weg von luftgeführten Systemen. www.hw.ac.uk

ternationale Netzwerk PLEA (passive low energy architecture) engagiert sich weltweit für die Entwicklung solcher Gebäude mit regionalen Materialien und unter der Berücksichtigung kultureller Besonderheiten und der Nutzung regenerativer Energien. Das Netzwerk besteht aus namhaften Architekten des nachhaltigen Bauens und Wissenschaftlern, die die passive Gebäudeklimatisierung durch die Nutzung natürlicher, physikalischer Prinzipien im nachhaltigen Gebäudebau erforschen und weiterentwickeln. Aufgrund der heute zur Verfügung stehenden Möglichkeit der digitalen Simulation von Gebäudeentwürfen entstehen leistungsfähige und ästhetische Bauten, mit teilweise ganz neuer Formensprache. Von PV- und Solarthermie-Technologien fordern diese Experten deren ästhetische Transformation für deren hochwertigere Integration in Gebäudedesigns.

Industrielle Revolution – Moderne Architektur – Passivhaus

Die konstante Weiterentwicklung der Nutzung von Sonnenenergie wurde nach 2500 Jahren erst durch die industrielle Revolution unterbrochen, durch die Gebäude mit mechanischen Haustechnik Lösungen wie Klimaanlage und Zentralheizungen, betrieben und gespeist mit fossilen Brennstoffen, dominiert wurden. Angesichts des Atomzeitalters entstand eine Gleichgültigkeit der modernen Architektur für den Gebäudeenergieverbrauch. Nicht verschattete und deshalb mechanisch klimatisierte Glashäuser, dünne Betonwände ohne Wärmedämmung und wenig oder gar nicht gedämmte Dächer sind Resultate der Architekturepoche der 1940er bis 1960er Jahre, deren energetische Sanierung heute nachgeholt werden muss. Die Ölkrise 1973 rief das fehlende Energie-Bewusstsein und den nachhaltigen Umgang mit Energie wieder wach. Nach dem Energiefiasco galt Solararchitektur als eine gangbare Alternative. Allerdings meist als das Prinzip von „Masse

unter Glas“, u.a. nach Vorbild der MIT Solarhaus-Prototypen, dem Credo der folgenden Architektur-Epoche, verstanden. Die intelligente Nutzung solcher Konzepte, mit dafür notwendigen Verschattungs- und Belüftungsmaßnahmen entwickelte sich erst im Zusammenhang mit nachhaltigen Bürotürmen und Großgebäuden in den 1980er Jahren weiter. Nach anfänglichen Misserfolgen mit natürlich klimatisierten Großgebäuden, wurden diese Bauten – auch aufgrund der immer fundierter vorliegenden wissenschaftlichen Ergebnisse über die Anwendung der Prinzipien, der Platzierung und Größe von Öffnungen, der Segmentierung thermischer Auftriebe in hohen Bürogebäuden und der Etablierung und intelligenten Nutzung der Doppelfassade etc. – immer leistungsfähiger. Mit dem RWE Turm in Essen realisierte der Architekt Christoph Ingenhoven das erste ökologische Hochhaus in Deutschland. Ein großflächig verglaste, kreisrunder Büroturm mit Doppelfassade, durch die ein natürliches Belüftungssystem wirkt, das als „Fischmaul-Lüftung“ bezeichnet wird. Schmale Schlitze in der Fassade auf allen Geschossebenen, saugen durch den Schornsteineffekt Luft aus dem Zwischenraum der Doppelfassade an und führen die Abluft darüber ab. Inzwischen haben sich solche Gebäudefunktionen zu Standards entwickelt, die ständig weiterentwickelt werden. Dieser umweltfreundlichen und energieeffizienten Entwicklung der architektonischen Befähigung von Gebäuden kam eine technologische Entwicklung zunächst entgegen: Die Kommerzialisierung von PV- und Solarthermie Anlagen, die zunächst andere bauliche Anforderungen eines Gebäudes in den Vordergrund rückten. Dachneigung und verfügbare Dachflächen mit Südausrichtung waren zwei Jahrzehnte wegweisend für den architektonischen Entwurf. Die Technologien konkurrierten um die Dachflächen. Heute werden solche Gebäudekonzepte als Integrales

Gebäudedesign bzw. „Bioklimatische Gebäudekonzepte“ entwickelt, die die passive Klimatisierung befähigen und regenerative Energien-Technologien im Verbund mit weiteren Möglichkeiten zur Energie- Warmwasser- und Heizenergieproduktion nutzen. Dach-Fassaden und Innenraumbegrünungen nehmen in der Solararchitektur eine wichtige Rolle ein und sind als natürliche Klimaanlage zu verstehen. Sie verschatten, kühlen und verbessern die Raumluft.

Theater der Girls High School in Nottingham, UK

Integrales Gebäudedesign mit leistungsfähiger natürlicher Belüftung und Belichtung sowie eigener Energieproduktion gewährleistet ein in den Betriebs- und Umweltkosten positives Gebäude. Das energieautarke Gebäude produziert Strom und Warmwasser mit PV- und Solarthermie Aufdachanlagen. Heizwärme wird mit einer Erdwasserwärmepumpe generiert, die Regenwasserrückgewinnungsanlage stellt Brauchwasser zur Verfügung. Das bioklimatische Design entwickelte der langjährige gleichnamige Experte und Gebäudedesignberater Brian Ford, Professor am Lehrstuhl für Architektur und gebaute Umwelt der Universität Nottingham in Kooperation mit marsh grochowski Architekten, Nottingham.

Solarhaus überwindet Nachteile von Passivhäusern: Bio-Solar-Haus, Karl Becher, St. Alban, Deutschland

Entwickelt hat das Bio-Solar-Haus vor rund 20 Jahren Dipl. Ingenieur Klaus Becher als seinen persönlichen Ruhesitz. Er wollte ein Haus, welches energieeffizient ist, keine Folgekosten verursacht und ein gesundes Raumklima aufweist. Aufgrund seiner Berufserfahrung als technischer Leiter wusste er, dass Maschinen Kosten verursachen, gewartet, repariert und ausgetauscht werden müssen und das Leben in einer beatmeten Plastiktüte, wie er herkömmliche Passivhäuser mit Lüftungsanlagen und Wärmedämmung bezeichnet, behagte ihm nicht. Für diese Schwächen des Passivhauses entwickelte er Lösungen, die sich physikalische Prinzipien zunutze machen.

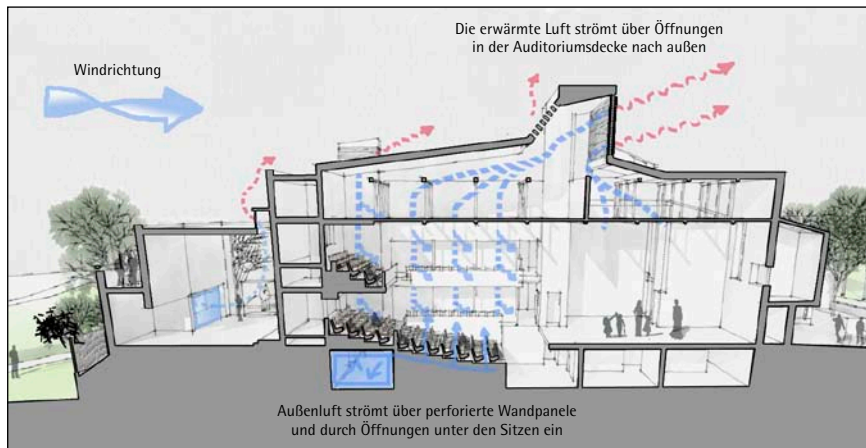


Bild 4: Schematische Darstellung des architektonisch befähigten passiven Belüftungskonzepts des Auditoriums

„Haus in Haus“-Prinzip und für Wasserdampf diffusionsoffene Wände

Das „Haus in Haus“-Prinzip mit möglichst kleiner Fläche (der stahlgetragenen Außenhaut im Verhältnis zu Gebäudemasse des Innenhauses), hat im Urtyp seitlich gerundete Außenwände. Heute favorisieren viele Kunden die kubische, unauffälligere Bauweise. Das Innenhaus, aus mit Zellulose wärmedämmten Holzwänden, die die Wärme im Haus halten, jedoch für die in einem durchschnittlichen Haushalt täglich entstehenden rund sieben Liter Wasserdampf diffusionsoffen sind, hat in der Urform einen abgeflachten Dachfirst, der eine passive Solarthermieanlage in Form von Kautschuk-Absorbtionsschläuchen beherbergt, die das dort entstehende warme Wasser als Flächenheizung durch das Gebäude führen und in einem 1.000 Liter Tank bei 50–60 °C speichern. Der Energieverbrauch des Hauses liegt in etwa bei einem Drittel des Verbrauchs eines herkömmlichen Passivhauses. Becher nennt das das Gore-Tex-Prinzip. Der Wasserdampf diffundiert dabei als trockenes Gas in die durch Sonnenstrahlung erwärmte Luftschicht zwischen Innen- und Außenhaus. Schäden durch Tauwasserausfall sind somit konstruktiv ausgeschlossen. Der Wasserdampf verlässt anschließend durch seinen natürlichen Auftrieb (nur halb so schwer wie Luft) das Haus über eine Membran ins Freie. Durch die trans-

parenten Dachanteile und einen Wintergarten wird das Außenhaus durch Sonnenenergie passiv erwärmt, wie auch das Wasser in den Absorptionsschläuchen. Ein wassergeführter Holzofen im Wintergarten dient der zusätzlichen Wärmeproduktion, wenn der Wärmeverrat der Sonne nicht ausreicht. Dieses wirkungsvolle natürliche Prinzip trägt Gerüche, die zum größten Teil an den Wasserdampf gebunden sind, nach außen. Dies bestätigt auch die Frau des Geschäftsführers der Bio-Solar GmbH, die seit 16 Jahren in einem solchen Haus wohnt: Scharf angebratenes riecht nicht im Haus und der Spiegel im Badezimmer läuft nicht mehr an.

Weiterführende Informationen

- A. S. Denzer: Solarhouse history blog: <http://solarhousehistory.com/blog>
- A. S. Denzer, 2013: The Solar House. Pioneering Sustainable Design. Rizzoli Verlag, New York.
- PLEA – Passive Niederenergie Architektur: www.plea-arch.org
- Gerhard Schuster: Geschichte der Solararchitektur S.68-80: <http://alexandria.tue.nl/extra2/200413104.pdf>

ZUR AUTORIN:

► **Elke Kuehnle**
Journalistin, Umwelt-, Organisationspsychologin M.A., München
elke.kuehnle@gmail.com



Bild 5: Niedrige Betriebskosten, kaum Folgekosten

PV-Stromproduktion mit Aufdachanlage oder Freiflächenkollektoren, Begrünung des Hausdachs reguliert die Überhitzung; Regenwasserrückgewinnung für Brauchwasserbedarf; 320 individuell gestaltete Häuser wurden realisiert. Der Heizenergiebedarf liegt bei 10–25 kWh/(m²·a), mit einem Primärenergiebedarf von < 10 kWh/(m²·a). Das Gebäude ist CO₂-neutral.