

Wasserdurchströmtes Glas

Dietrich Schwarz beschäftigt sich seit 1994 im Rahmen seiner Tätigkeit als Architekt intensiv mit Fragen des Energiehaushaltes von Gebäuden. Dabei sind drei Häuser entstanden, die auf eindruckliche Art diese Forschungsarbeit dokumentieren. Zurzeit arbeitet er an einem Projekt über wasserdurchströmte Glaselemente – an der idealen Glasfassade, einer polyvalenten Wand.

«Die Polyvalente Wand funktioniert wie die Haut eines Chamäleons, die sich ständig anpasst, um im Innern die bestmöglichen Bedingungen zu erzielen. Eine solche Wand, die als ein multifunktionales Element wirkt und gleichzeitig Absorber, Reflektor, Filter und Übertragungsmechanismus ist, erfordert dezentrale mikrologische und sensorische Knotenpunkte in Verbindung mit einem Steuerungsprozessor, der über die notwendigen Informationen über Einsatzpläne, Gewohnheiten und Umweltwünsche der Benutzer verfügt. Auf diese Weise können die Gebäudenutzung, die Leistung der Gebäudehaut und die äusseren und inneren Umweltbedingungen optimiert werden, um die günstigste Energiebilanz und den grössten Komfort zu gewährleisten – ein sich ständig weiterentwickelndes kybernetisches System.»¹ Mike Davies

Herr Schwarz, Sie haben sich seit Mitte der Neunzigerjahre intensiv mit der Frage des Energiehaushaltes von Gebäuden beschäftigt. In dieser Zeit sind drei Gebäude entstanden. Alle drei Bauten nutzen die Energie der Sonne auf unterschiedliche Weise. Die Mittel, mit denen Sie dies erreichen, sind immer dieselben: Transparente Wärmedämmung (TWD), Absorber, Speicher und Überhitzungsschutz. Welche Erkenntnisse haben Sie aus diesen drei Projekten gewonnen?

Ausgehend vom «Freiburger Haus» des Fraunhofer Instituts in Freiburg i.Br. habe ich mit den beteiligten Wissenschaftlern zusammen die Konstruktion verbessert (Bilder 1/2). Gewisse Elemente wurden übernommen, so die wabenförmige TWD, andere Komponenten wie der absorbierende Schwarzanstrich wurden durch einen selektiven Absorber aus schwarz verchromtem Chromstahlblech ersetzt, wobei kurzwellige Sonnenlicht-Strahlung absorbiert und langwellige Wär-

mestrahlung reflektiert wird. Dadurch konnte der Wirkungsgrad der Fassade um 50% gesteigert werden. Ein weiterer Punkt, der mich gestört hat, ist der Überhitzungsschutz mit Stoffstoren oder opaken, fest montierten Beschattungssystemen. Wir haben zwischen TWD und Absorber eine Luftschicht eingeführt und in der Fassade oben und unten mechanisch angetriebene Lüftungsklappen vorgesehen. Sind die Klappen geöffnet, tritt Luft in den unteren Öffnungen ein, wird durch die bis zu 100°C heissen Absorberbleche erwärmt und beschleunigt. Die Luft steigt; es entsteht eine laminare Strömung, ein linearer Luftkeil ohne Verwirbelungen. Absorber und Speicher sind entkoppelt. Die Energieübertragung ist unterbunden. Sind die Klappen geschlossen, werden Absorber und Speicher wieder über das Luftpolster miteinander verbunden.

Welche Konsequenzen haben sich aus diesem Projekt ergeben? Sichtbeton ist ein schönes Material. Wasser als Speichermedium ist jedoch das weitaus bessere Material. Deswegen entstand die Vorstellung eines geschosshohen Aquariums. Damit könnte die Speicherfähigkeit im Vergleich zum Beton um 50% erhöht werden. Im nächsten Projekt konnte diese Idee aus Kostengründen nicht weiterverfolgt werden. Wir haben erkannt, dass die relevanten physikalischen Werte einer TWD, der U-Wert und der G-Wert, auch mit dem Isolierglas erreicht werden können. Da Isolierglas im Vergleich zur TWD erheblich günstiger ist, haben wir beschlossen, mit Isolierglas zu arbeiten. Wir haben die TWD als Raum, als Wintergarten ausgebildet, der zum Haus und nach aussen mit Isoliergläsern abgetrennt ist (Bilder 3/4). Dies steht auch in Zusammenhang mit dem Ort, der Lage an einem Südhang mit Aussicht. Eine Speicherwand hätte die Aussicht beeinträchtigt. Der Wintergarten ist so konzipiert, dass im Sommer die Wohnräume beschattet werden, während im Winter das Licht bis ins Gebäudeinnere eindringt. Das Sonnenlicht wird dabei durch den Beton-Holz-Verbundboden absorbiert und gespeichert. Dadurch wird der Energiefluss nicht mehr in der Fassade selbst kontrolliert. Um die Überhitzung der Innenräume zu verhindern, wird einfach das äussere Isolierglas geöffnet. Dieses Haus wurde mit minimalem Aufwand gebaut. Dach und Boden wurden gleich betrachtet wie die Wände und sind mit 40cm Zellu-

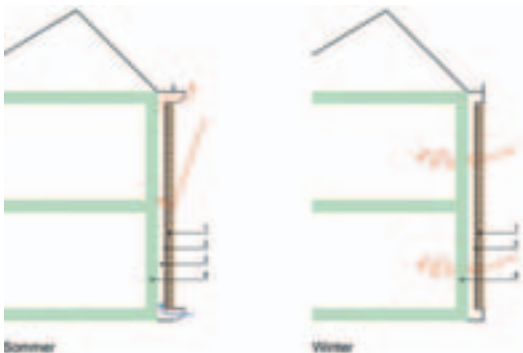
1

Die zweigeschossigen Fassaden der 1996 fertig gestellten Büro- und Wohnhäuser I in Domat / Ems bestehen aus transparenter Wärmedämmung (TWD), einem quer zur Fassade angeordneten Röhrensystem aus Kunststoff. Dahinter ist auf der Südfassade ein 10 cm tiefer Luftraum angeordnet. Als Absorber folgt dann ein schwarz verchromtes Blech und dahinter als Wärmespeicher Sichtbetonscheiben. Die Überhitzung wird durch die Belüftung des Luftzwischenraumes zwischen transparenter Wärmedämmung und Absorberblech unterbunden (Bild: Grazia Ike-Branco)

2

Haus I in Domat / Ems, 1996, Schema:

1. Transparente Wärmedämmung: Waben aus Polykarbonat
2. Absorber: Blech, schwarz verchromt
3. Sonnenschutz: Luftraum mit Lüftungsclappen
4. Speicher: Sichtbetonwand



losefasern gedämmt. Auf eine Dampfsperre und eine Winddichtung wurde verzichtet. Wir haben 2 auf 6m grosse Holzplatten zu Kästen zusammengebaut. Die Elementstösse sind als Schwalbenschwanzverbindungen ausgebildet. Durch die Eigenlast werden die Elemente aneinander gepresst. Gleichzeitig dient diese Verbindung als Entspannungsraum. Aussen und innen wurden Kompribänder und aussen zusätzlich eine Gummilippe angebracht. Die geforderte Dichtigkeit des Passivhaus-Standards wurde so ohne Aluminiumklebebänder erreicht.

Dann kam das Wohnhaus in Ebnat-Kappel, das immer noch kein Aquarium ist.

In einer Ausstellung hatten wir ein Isolierglas gesehen, das mit Wasser durchströmt ist. Wasser besitzt nicht nur eine gute Speicherfähigkeit, sondern auch die

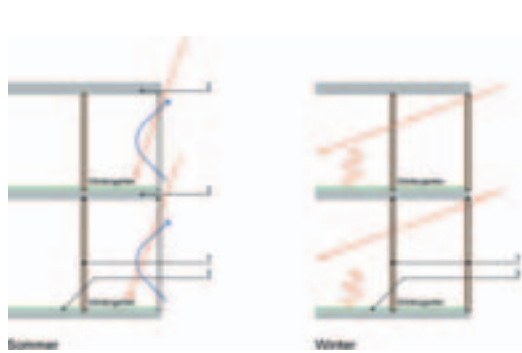
3

Im Wohnhaus II in Gelterkinden, das 1999 fertig gestellt wurde, ist die transparente Wärmedämmung (TWD) als Raum in Form eines gegen Süden ausgerichteten Wintergartens ausgebildet. Hier dient eine Beton-Holz-Verbunddecke als Absorber bzw. Speicher. Im Sommer liegen die Innenräume im Schatten, zudem kann die äussere Verglasung geöffnet werden, um eine Überhitzung zu vermeiden (Bild: Dietrich Schwarz)

4

Haus II in Gelterkinden, 1999, Schema:

1. Transparente Wärmedämmung: Isolierverglasung aussen; Isolierverglasung innen
2. Sonnenschutz: Eigenverschattung der Böden
3. Absorber / Speicher: Beton-Holz-Verbundboden

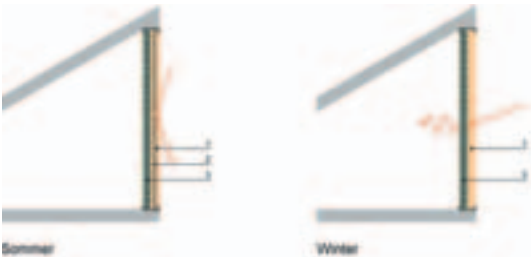


Eigenschaft, dass es fließt. Ein dynamischer Speicher hat eine ganz andere Qualität als ein statischer Speicher. Man kann Energie von A nach B transportieren. Eine weitere faszinierende Eigenschaft des Wassers ist, dass es infrarotabsorbierend ist, das heisst, dass 50% der Solarstrahlung in einem hochtransparenten Material absorbiert wird. Es handelte sich um ein Isolierglas mit innen liegender wasserführender Schicht. Die Idee war, das Licht eintreten zu lassen, die Energie zu absorbieren, mit der wasserführenden Schicht abzuführen und im Winter zu nutzen. Was bei dieser Anordnung fehlte, war der Überhitzungsschutz. Zuerst dachte ich, man müsste die Schichten umdrehen und die wasserführende Schicht vielmehr als Sonnenschutz einsetzen denn als Kollektor. Dann entstand die Idee, aus einer wasserführenden Schicht zwei zu machen, ein Zwillingsglas, und den Zwischenraum zwischen den beiden

Im Wohnhaus III in Ebnat-Kappel aus dem Jahr 2000 sind transparente Wärmedämmung (TWD), Absorber, Speicher sowie Überhitzungsschutz erstmals in einem kompakten transluzenten Fassadenelement vereint. Hinter einem Isolierglas sind mit Paraffin gefüllte Elemente angeordnet. Das Paraffin schmilzt bei Zimmertemperatur und speichert dabei Wärme, welche bei der Umkehr des Vorganges wieder freigesetzt wird (Bild: Frédéric Comtesse)

Haus III in Ebnat-Kappel, 2000, Schema:

1. Transparente Wärmedämmung: 3fache ESG-Isolierverglasung
2. Sonnenschutz: Prismenglas innen liegend
3. Absorber / Speicher: Paraffinelemente; ESG innen (Latentspeicherwand, PCM)



wasserführenden Schichten als isolierende Gaskammer zu konzipieren. So ist damals die Idee einer idealen Glasfassade entstanden. Sie ist durchsichtig. Sie kann die solare Energieeinstrahlung von aussen nach innen und die Transmissionsverluste von innen nach aussen nicht nur kontrollieren, sondern auch voll kompensieren. Das heisst, ich kann die innere Oberflächentemperatur vollständig konditionieren. Es gibt keine Asymmetrien mehr im Raum. Glücklicherweise konnte im letzten Jahr hierfür ein Forschungsprojekt vom Bundesamt für Bildung und Wissenschaft gestartet werden, zusammen mit der ETH Zürich und der EPF Lausanne, im Rahmen des EU-Projektes COST C13. Für die hydraulischen Belange konnte das Fraunhofer Institut gewonnen werden. Man kann diese Wand als Kollektor oder genauso gut als Heiz- oder Kühlkörper betrachten oder einfach als flüssigkeitsdurchströmte Glasfassade. Die Solareinstrahlung kann damit von der besonnten Seite des Hauses auf die beschattete Seite transportiert werden. Es ging nun darum, die Flüssigkeit zu verdunkeln, einzufärben. Anfänglich haben wir mit Pigmenten gearbeitet, die ausfiltriert werden sollten. Dann hat

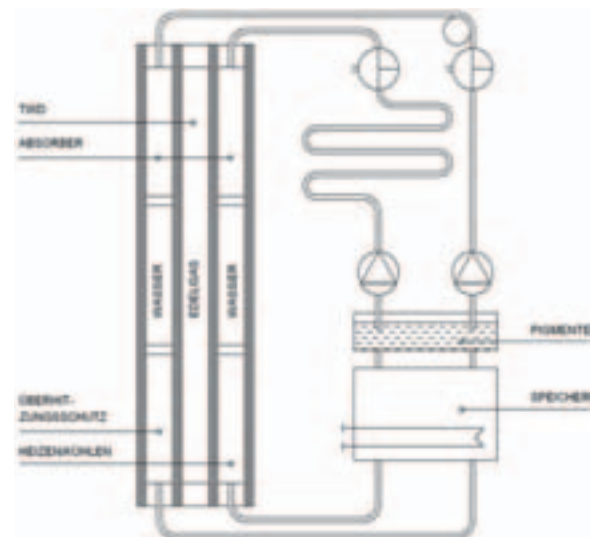
sich aber herausgestellt, dass der Wasserkreislauf durch den hohen Widerstand der Filteranlagen sehr viel Energie braucht. Im Moment suchen wir hydrophobe, das heisst wasserabstossende Flüssigkeiten, die einfacher ausgetauscht werden können. Die Fassade eines Gebäudes wird sich verändern, sie wird dunkler und heller. Das System ist völlig unabhängig von der Klimazone. Es eignet sich im Gegensatz zu passiven Systemen auch für die Wüste und den Polarkreis.

Was geschieht mit der überschüssigen Energie aus dem Kreislauf?

Wir denken daran, die überschüssige Energie für adiabatische Kühlsysteme, die mit thermischer Energie Kühlmaschinen betreiben, zu nutzen. So kann die Wärme des äusseren Kreislaufs zur Kühlung des inneren genutzt werden.

Seit 1997 beschäftigen Sie sich mit diesen wasserdurchströmten Fassadenelementen, einem aktiven System. Nun haben Sie aber im Jahr 2000 in Ebnat-Kappel ein Haus gebaut, für das Sie eine so genannte Latentspeicherwand entwickelt haben, ein passives System. Wie geht das zusammen?

Mir war immer klar, dass es Jahre dauern wird, bis dieses aktive System funktioniert. Dann erfuhr ich von einer Forschungsarbeit der Empa über Salzhydrate als Speichermedium. Es ging darum, Materialien zu finden, die bei Raumtemperatur schmelzen und durch den Enthalpiesprung Energie aufnehmen bzw. wieder abgeben können. In diesem Bereich speichert das Material zehnmal mehr Energie. Die ersten Elemente bestanden aus Glasbausteinen, die mit Salzhydraten gefüllt waren. Die Herstellungskosten waren aber viel zu hoch. Mit einer Firma haben wir an einer Isolierverglasung gearbeitet, die mit Paraffin gefüllt werden sollte. Beim Verkleben der Isoliergläser sind dann Schwierigkeiten aufgetaucht, weil das Paraffin die Klebefugen zersetzt hat. Wir haben dann das Paraffin in Hohlformen aus Polypropylen abgefüllt und so ein



Flüssigkeitsdurchströmte Glasfassade, Schema

Bauelement entwickelt, das gleichzeitig Speicher und Absorber ist. Das Paraffin nimmt Energie auf, schmilzt dabei und gibt die Energie wieder ab. Diese Wärme ist nicht nur physisch spürbar, sondern auch sichtbar, da sich die Lichtdurchlässigkeit beim Schmelzen erhöht. Das passive System ist somit gleichzeitig interaktiv. Ein vorgelagertes Prismenglas schützt im Sommer vor Überhitzung. Die steil einfallende Sonneneinstrahlung wird auf der flachen Seite vollständig reflektiert. Mit einem G-Wert von 10% ist das Prismenglas vergleichbar mit einem konventionellen Sonnenschutz. Die innere Oberflächentemperatur schwankt im Sommer lediglich um 2°C.

Wie geht es weiter?

Bis jetzt sind lauter Unikate entstanden. Eigentlich ist erst jetzt die Geburtsstunde eines industriellen Produkts erreicht. Wir haben dazu dieses Jahr ein Start-up-Unternehmen zur Vermarktung unserer Produkte gegründet.

Ist Energieeinsparung einfach weniger attraktiv als Energiegewinn?

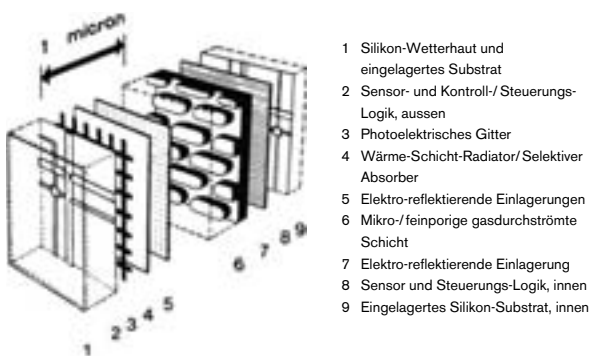
Energieeinsparung ist sicher weniger aufregend. Doch Sparen ist notwendig. Dazu zählt auch die ökonomische Komponente. Holz ist ein idealer Baustoff, wenn es um hohe Dämmstärken geht bei minimaler grauer Energie. Das Haus in Ebnet-Kappel, das ein Nullenergiehaus ist, das sogar mit Fotovoltaik den Eigenbedarf an elektrischer Energie deckt, weist 10% Mehrkosten gegenüber konventioneller Bauweise auf. Für ein Passivhaus rechne ich mit 5% Mehrkosten.

Wie ist Ihre Einschätzung der «polyvalenten Wand» von Mike Davies, die als utopische Vision 1981 publiziert wurde? Sie zeigt, dass am Anfang immer der Gedanke steht. Mike Davies hat ihn schon sehr differenziert ausformuliert. Die Faszination der dünnen Schichten ist heute mit den wärmeunempfindlichen amorphen Siliziumschich-

ten der Fotovoltaik Elemente durchaus denkbar. Faszinierend ist, dass der Artikel bereits 1981 geschrieben wurde. Heute, im Jahr 2004, gibt es diese Wand immer noch nicht. Das Wichtige ist, dass in der äusseren Schicht Solarstrahlung in Strom umgewandelt wird. Dahinter wird die dabei entstehende thermische Energie in einer gasdurchströmten Schicht abgeführt. Die polyvalente Wand erzeugt also beides: Wärme und Strom. Sie überträgt das Prinzip der Wärme-Kraft-Kopplung in die Fassade. Wir arbeiten an diesem Thema. Ich möchte dazu aber noch nichts sagen. Es ist denkbar.

Die polyvalente Wand erzeugt nicht nur Strom und Wärme, sondern sie wird automatisch über Sensoren und auch manuell durch die Benutzer der Gebäude gesteuert. Es ist ein Bild einer Fassade, in der Wand und Fenster aufgehoben sind. Es gibt die polyvalente Wand, die Fenster und Wand verbindet. Das heisst, es entsteht ein völlig neuer architektonischer Ausdruck. «Eine Wand für alle Jahreszeiten» hat Mike Davies seine polyvalente Wand genannt.

Ich glaube auch, dass flüssigkeitsführende Glasfassaden, wie ich sie vorher beschrieben habe, dieselben Ziele verfolgen. Man muss sich einfach bewusst sein, wenn das, was in dieser Fassade geschieht, energetisch relevant sein soll, wenn die Fassade im Sommer vor Überhitzung schützen und im Winter Wärme generieren soll, so braucht es eine übergeordnete Steuerung. Da kann der Mensch nur beschränkt eingreifen. Mit innen liegenden Vorhängen oder Storen können die Räume individuell verändert werden. Diese Massnahmen haben gestalterische Qualitäten, sind aber energetisch nicht relevant. Ich habe mir die Frage verschiedentlich gestellt: Wie sieht das perfekte Glashaus aus, in einer idealistischen Art betrachtet, mit einer Fassadenstärke von fünf bis sechs Zentimetern als einzige Schicht, die uns von der natürlichen Umwelt zur klimatisierten künstlichen Welt, in der ich stehe, trennt. Das will ich damit auch sagen: Mit dieser Forschung machen wir noch keine Architektur. Wir wetzen nur die Messer. Das ist es.



- 1 Silikon-Wetterhaut und eingelagertes Substrat
- 2 Sensor- und Kontroll-/ Steuerungs-Logik, aussen
- 3 Photoelektrisches Gitter
- 4 Wärme-Schicht-Radiator/ Selektiver Absorber
- 5 Elektro-reflektierende Einlagerungen
- 6 Mikro-/ feinporige gasdurchströmte Schicht
- 7 Elektro-reflektierende Einlagerung
- 8 Sensor und Steuerungs-Logik, innen
- 9 Eingelagertes Silikon-Substrat, innen

8

Die polyvalente Wand, 1981, Mike Davies, Eine Wand für alle Jahreszeiten, Arch+, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Nr. 104, 1990, S. 51

Dietrich Schwarz, dipl. Arch. ETH SIA, schwarz@schwarz-architektur.ch
Zurzeit arbeitet Dietrich Schwarz an einem Forschungsprojekt des Bundesamtes für Bildung und Wissenschaft über wasserdurchströmte Glasfassaden zusammen mit der ETH Zürich und der EPF Lausanne. Er hat in diesem Jahr eine eigene Firma, GlassX, gegründet und ist Dozent für Solararchitektur an der Accademia di architettura di Mendrisio.

Anmerkungen

- 1 Mike Davies: Eine Wand für alle Jahreszeiten. Arch+, Zeitschrift für Architektur und Städtebau, Nr. 104, 1990, S. 49.
- 2 Laminar: gleichmässig, schichtweise gleitend.
- 3 Adiabatisch: (nicht hindurchtretend), ohne Wärmeaustausch, ein Gas adiabatisch verdichten.