

Unterschiedliche Schichten der Erdatmosphäre bei Sonnenuntergang. Gesehen von der STS-127 Besatzung aus dem erdumkreisenden Spaceshuttle Endeavour, Foto: NASA



Günter Pfeifer

# Alles heiße Luft?

Luft, Atem, Leib und Atmosphäre

Man kennt die herablassende Bemerkung „Alles heiße Luft“ – sie steht für etwas, das groß angepriesen wird und dennoch nichts Besonderes ist. Ein Halbsatz für angekündigte Handlungen, die dann doch nicht stattfinden: Gerede ohne Substanz, großspurige, leere Versprechungen. Gleichauf steht das Synonym von „Luft schaffen“ oder „Luft verschaffen“ für Zeit, Platz oder Übersicht gewinnen.

Wenn wir uns mit Luft beschäftigen, geht es auch ums Luftholen. Und wenn jemand nach Luft ringt oder keine mehr bekommt, dann ist Alarm im Gesundheitssystem angesagt, und bildlich gesprochen ist diese Enge auch in der Psychologie vorhanden, wenn jemand so eingeschnürt ist, dass er nach Freiheit dürstet. Das Luftholen jedenfalls ist Teil der Atmung und die Atmung ein Teil der Atmosphäre, die den Menschen umgibt – nur in einer Atmosphäre gesunder Luft gedeiht der Mensch, fühlt sich wohl und bleibt gesund. Atmung, Luft und Klima sind so eng miteinander verknüpft, dass man sich fragen muss, warum dieser Zusammenhang nicht in einem Ganzheitsaspekt betrachtet wird.

Aus den Erinnerungen meiner Kindheit taucht ein Frühbeet auf, das meine Großmutter im Garten hatte. Ein einfacher hölzerner Rahmen um ein, zwei Beete gelegt, auf dem eine gläserne Abdeckung montiert war, aus einem der alten Vorfenster, die im

Winter vor die Wohnzimmerfenster montiert und jetzt aus Altersgründen für derlei Zwecke verwendet wurden. In diesem kleinen Raumgebilde wurden die ersten Setzlinge für Tomaten und Salat und anderes herangezogen. In meiner heimatlichen Kleinstadt gab es einige Gärtnereibetriebe, die einfache Treibhäuser auf dem Gelände stehen hatten, in denen ich mit kindlicher Neugier die vielen Pflanzenarten bewunderte, die in erwärmter Luft heranwachsen und gediehen. Diese gläsernen Stahlgestelle mit den kleinen Glasaufdachungen waren auf einfachste Art konstruiert. Einige Fenster konnte man zur Belüftung ausstellen, die besseren Treibhäuser hatten große Dachlüftungselemente oder die Möglichkeit, an langen Zahnradstangen das ganze Dach anzuheben.

Jedenfalls ist in meinem Empfinden die sehr warme, wenn nicht sogar heiße Luft eingelagert, die in diesen Häusern herrschte. Und das zu Jahreszeiten, in denen man draußen noch mit Wollpullover und Anorak herumlief. Alles heiße Luft also, in der etwas heranwächst und zur Reife gelangt.

Würde jemand dieses uralte Prinzip solarer Energienutzung, seit hunderten Jahren bewährt und immer noch verwendet, abschaffen oder durch eine andere Technik ersetzen wollen? Käme jemand auf die Idee, die Treibhäuser gegen Sonne abzudämmen, um die Pflanzen mit künstlich erwärmter Luft zu versehen? Blumenzüchter in Nizza, Tomatenzüchter in den Niederlanden oder Rosenzüchter in Brasilien – alle würden so eine Idee für absurd und verrückt halten. In diesem Zusammenhang transformiert sich der Satz mit der heißen Luft zu einer anderen, fast transzendenten Bedeutung: Heiße Luft ist das Element des Wachstums, des Werdens und Reifens.

Luftholen, Atmen – dafür gibt es in der japanischen Kultur ein eigenes Zeichen und einen Begriff. Es ist das *Ki*, von dem man sagt: „Es umgibt die Erde. Wenn es sich bewegt, wird es Wind. Wir Menschen atmen es ein und leben. Es ist der Ursprung alles Seienden“ (Zitat aus dem Daijiten, großes Zeichenlexikon, Erstauflage 1932, erweiterte Neuauflage 1965). Das Klima ist der Raum der Begegnung von Mensch und Natur. *Ki* ist die Durchdringung des Atmosphärischen, des Luftigen, und bestimmt die Gestimmtheit des Menschen. Diese leibliche Durchdringung ist mehr als Atmen, es ist die Durchdringung des Gestimmt-seins mit Atmosphäre (Kimura Bin: Zwischen Mensch und Mensch).

Mit Atmosphäre wird in der architektonischen Denkweise die Stimmung von Räumen, eines Gebäudes oder einer Stadt beschrieben. Der Philosoph Gernot Böhme beschreibt in seinem Buch „Anmutungen“ die unterschiedlichen Atmosphären vornehmlich anhand von Lichtstimmung wie der Dämmerung und der Helligkeit. Auffallend ist das Fehlen des eigentlichen Ursprungs, der Atmosphäre, die als Lufthülle um die Erde, von Gasen gebildet, der Ort ist, in dem sich Klima und Wetter bilden. Sie sorgt für den Temperaturausgleich zwischen Äquator und den Polen. Ohne sie wäre es unerträglich heiß oder kalt, und sie schützt überdies vor dem Einfall gesundheitsschädlicher Strahlung. Wir erfahren die klimatischen Atmosphären wie Kühle und Wärme, Feuchtigkeit und Trockenheit, Weichheit und Härte an und in unserem

Leib. Darum ist das Klima in den Räumen des unmittelbaren Lebens, der nach der Kleidung wichtigsten Umhüllung innerhalb des Umfelds Wohnen, die entscheidende Grundlage des Durchdringens und Eingelassenseins mit der Natur. Dies hat nicht nur mit der Übernahme einer bestimmten Art und Weise des Erfahrens und Denkens zu tun. Bereits bevor der Mensch sich klimatisiert, wird ihm so etwas wie eine *Vorbereitetheit* für eine bestimmte Klimatisierung gegeben. Wenn der Mensch seinen Leib bekommt und geboren wird, ist dieser Leib in diesem Sinne bereits Teil des Klimas. Das Klima beeinflusst so die mentale Infrastruktur und die ästhetische Wahrnehmung.

Die Staatsagentur DENA will uns mit Hilfe breit angelegter Werbekampagnen klar machen, dass alles ganz anders herum sein soll. (siehe FAZ Nr. 29 ‚Angriff der Umerzieher‘) Hinter dieser Rabulistik steckt nichts anderes als eine von der Dämmindustrie und -lobby angestrebte Umerziehung zum Energiesparen mit dem Ziel, Häuser mit dicken und dichten Dämmungen zu verpacken. Diese als alternativlos propagierte Methode leidet wie jede andere Art vorweg genommener Feststellungen an der Tatsache, dass einseitige Betrachtungen a priori immer falsch sind. Dass es auch anders geht, soll in dieser Ausgabe von *der architekt* zum wiederholten Male vertieft werden.

*Prof. Dipl.-Ing. Günter Pfeifer (\*1943) ist freier Architekt BDA in Freiburg. Bis zu seiner Emeritierung im Sommer 2012 hatte er an der TU Darmstadt den Lehrstuhl für Entwerfen und Wohnungsbau inne. Seit Sommer 2011 betreibt Günter Pfeifer mit Prof. Dr. Annette Rudolph-Cleff die Fondation Kybernetik – ein Praxislabor der TU Darmstadt und Pool für Nachhaltigkeitsforschung. Günter Pfeifer ist Mitglied des Redaktionsbeirats dieser Zeitschrift.*

Die Luft ist ein Konstrukt, mit dem die Menschen viele heterogene Erfahrungen so geistreich zusammenfassen, dass sie daraus reichen Stoff für ihr Vorhersehen, Planen und Manipulieren gewinnen. Dass sie für diese Synthese keine sinnliche Grundlage haben, hat schon Thomas Hobbes gesehen: „Um die Luft für etwas zu halten, bedarf es der Vernunft. Im Ausgang von welchem Sinn sollten wir denn urteilen, dass Luft besteht, da wir sie doch weder sehen noch hören noch schmecken, noch

leichten Windhauch spüren kann. Zu diesen dynamischen Ereignissen kommen die mehr zuständlichen, atmosphärischen, die uns von frischer und verbrauchter, feuchter und trockener, warmer und kalter Luft sprechen lassen, wo es sich darum handelt, dass wir am eigenen Leib und nur in ihm etwas spüren, das ihn ungegliedert umgibt, aufnimmt und gleichsam überschwemmt. Wenn wir das der Luft zusprechen, unterschlagen wir, dass etwas uns mit sich einnimmt, und schieben dieses Widerfahrende auf einen

spiel Stoß) und Effekt (zum Beispiel Zertrümmerung oder Verschiebung des getroffenen Gegenstandes) unterscheiden lassen; bei der zweigliedrigen (unmittelbaren) Kausalität der Halbdinge fallen Ursache und Einwirkung dem Effekt gegenüber zusammen. Ein Beispiel ist die charakteristische Stimme eines Menschen oder einer Tierart. Sie erschallt, verstummt und kehrt zurück, ohne dass es Sinn hätte, zu fragen, wo und wie sie die Zwischenzeit verbracht hat. Sie trifft den Hörer unmittelbar, wie ein stechender

Hermann Schmitz

# Leib, Atem, Atmosphäre

## Überlegungen zu einem Konstrukt

riechen und auch nicht durch Tasten als ein Etwas erkennen können?“<sup>1</sup> Das Konzept der Luft stammt von den Griechen. Aär, der Dunst, wurde von Anaximenes (6. Jahrhundert v. Chr.) zum Fundament der ersten naturphilosophischen Kosmogonie gemacht und stieg als Luft im folgenden Jahrhundert zum ‚Weltprincip‘ (Diogenes von Apollonia) und einem der vier Elemente (Empedokles) auf. Von der Luft haben wir nur indirekte Zeugnisse aus dem Spüren am eigenen Leib. Die beiden wichtigsten sind die Atmung und der Wind, verknüpft durch die schon von Anaximenes ausgenützte Erfahrung, dass man beim Ausatmen blasen und einen

Gegenstand ab. Solche am eigenen Leib gespürten Zeugnisse für Luft werden durch Veränderungen an festen Körpern ergänzt, die dem Ein- oder Austritt von Luft zugeschrieben und durch Pumpen, Ventile usw. technisch genützt werden. Auf solche Beobachtungen baut die moderne Naturwissenschaft ihre raffinierteren theoretischen Konstruktionen über die Luft.

Der Wind und die gespürten Atmosphären sind Halbdinge in flächenlosen Räumen. Halbdinge unterscheiden sich von Voll-dingen (Dingen im Vollsinn) in der Dauer und in der Kausalität. Die Dauer der Dinge ist stetig, die der Halbdinge unterbrechbar. Die Kausalität der Dinge ist dreigliedrig oder mittelbar, in dem Sinn, dass sich Ursache (zum Beispiel Stein), Einwirkung (zum Bei-

oder lauernder Blick, nicht als Ursache hinter einer Einwirkung; die Schallwellen, Nervenimpulse und dergleichen, die die Naturwissenschaft einschleibt, gehören nicht zum Phänomen. Zugleich unterscheidet sich die Stimme von der Schallfolge, in der sie ertönt, durch ihren beharrenden Charakter: Die Schallfolge wächst, die Stimme nicht. Andere Halbdinge sind der Wind, der einen trifft wie die Stimme oder der Blick, die reißende Schwere, wenn man ausgleitet und stürzt oder sich gerade noch fängt, viele Klangfol-

gen und Geräusche, Gefühle als ergreifende Atmosphären, das Licht, das aufscheint, blendet und auf den Dingen spielt<sup>2</sup>, Probleme, die man nicht los wird, die in Langeweile und gespannter Erwartung unerträglich aufdringliche Zeit sowie der Schmerz: Er ist nicht nur eigener Zustand, sondern auch ein zudringlicher Widersacher; man muss sich mit ihm auseinandersetzen und kann nicht in ihm aufgehen wie (beispielsweise bei panischer Flucht) in der ihm verwandten, nicht minder peinlichen Angst. Die Menschen neigen dazu, Halbdinge in Voll-dinge umzudeuten, zum Beispiel den Wind in bewegte Luft, den elektrischen Schlag in elektrischen Strom; das gehört zu ihrer Selbstbehauptung, da erst stetig dauernde und als Ursachen schon im Latenzzustand vor der Einwirkung erfassbare Umgebungsbestandteile ihnen genügend Spielraum für planendes Erwarten lassen.

Der Wind und am eigenen Leib gespürte Atmosphären sind räumlich in flächenlosen Räumen. Flächenlos sind ferner die Räume des Schalls, der einprägsamen (feierlichen, drückenden, morgendlich zarten) Stille, des unauffälligen Rückfeldes, das man durch kleine Bewegungen beständig in Anspruch nimmt, der frei sich entfaltenden Gebärde, des Wassers für den Schwimmer, der sich vorwärts kämpft oder ruhig tragen lässt, des spürbaren Leibes im Gegensatz zum sichtbaren und tastbaren Menschenkörper. Am eigenen Leib kann man keine Flächen spüren; sie finden sich weder an den bloßen leiblichen Regungen (wie Angst, Schmerz, Hunger, Durst, Ekel, Frische, Müdigkeit), noch am leiblichen Ergriffensein von Gefühlen (wie Zorn, Scham, Freude, Trauer), noch an der spürbaren Eigenbewegung oder an den leiblichen Richtungen, die unumkehrbar in die Weite führen wie der Blick.

In flächenlosen Räumen kann es auch keine Punkte und Strecken geben, daher auch keine dreidimensionalen Körper, die nur über Strecken einführbar wären, wie auch Lagen und Abstände; ohne Lagen und Abstände kann es aber auch keine Orte geben, die zu sagen gestatten, wo etwas ist. Dass man sich trotzdem gesteuert verhalten kann, beweist jede flüssige Körperbewegung, wie beispielsweise Gehen, Laufen, Sprechen, Kauen, Schwimmen, Tanzen, Klavierspielen; sie würde sofort ihre Flüssigkeit verlieren, wenn sie nach Lagen (Winkeln) und Abständen abgemessen werden, statt spontan den Bahnen des motorischen Körperschemas zu folgen. Die Bewegung in flächenlosen Räumen ist daher auch kein Ortswechsel, zum Beispiel die des Windes, von dem man getroffen wird; erst der Bewegung der zum Vollding ergänzten Luft können Abstände aufgeprägt werden.

Statt der Flächen, räumlichen Dimensionen, Lagen und Abstände gibt es in flächenlosen Räumen außer Weite und Richtungen ein dynamisches Volumen, das man an der Atmung ablesen kann, einem weiteren Zeugnis für Luft in der Erfahrung, das ich vorhin neben den Wind und die Atmosphären gestellt habe. Im Allgemeinen läuft die Atmung unbemerkt ab, aber man kann sie auch beobachten, ohne sie zu stören. Dabei darf man aber nicht an Einsaugung und Ausstoß von Luft zwecks Gasaustausch in der Lunge denken; davon gehört nichts zur Erfahrung beim Atmen. Dieses, so wie man es am eigenen Leib beobachten kann,

Foto: Fritztram (CC BY-NC-SA 2.0 via flickr)



gliedert sich in Einatmen und Ausatmen. Beim Einatmen schwillt in der Brust- oder Bauchgegend spürbar eine Leibesinsel, wie ich so etwas nenne, wobei die Schwellung allmählich, wenn auch in Sekundenschnelle, in eine Spannung übergeht, die, ehe sie unerträglich wird, durch die leibliche Richtung des Ausatmens in die Weite abgeführt wird. Es handelt sich um das für die leibliche Dynamik<sup>3</sup> grundlegende Zusammenwirken von Engung und Weitung, die mit wechselndem Übergewicht zum vitalen Antrieb verschränkt sind; in dieser Verschränkung wird die Engung zur Spannung, die Weitung zur Schwellung. Wenn die Verschränkung sich auflöst, schwindet der Antrieb: Im Schreck, als bloßer Engung, ist er gelähmt; in Müdigkeit, beim Dösen oder Einschlafen, wenn er in bloße Weitung ausläuft, ist er erschläft. Beim Einatmen baut er ein Volumen auf, das flächenlos und daher auch nicht dreidimensional und nicht durch Schnitte teilbar ist. Solches prädimensionales, dynamisches Volumen kommt häufig vor: als das Wasser, wie es dem Schwimmer begegnet, der sich vorwärts kämpft oder richtig tragen lässt; beim Schall, der zum Beispiel als spitzer Pfiff mit engem, als ausladender Glockenklang mit weitem Volumen gehört wird; als das eindringliche Volumen der brütend lastenden oder feierlich weiten Stille; als das die meist kleine ausgeführte Bewegung weit übertreffende Volumen einer ausholenden Gebärde, etwa beim stolzen Sichaufrichten, das man ihr als Gebärdesinn sowohl ansieht als auch am eigenen Leibe im Vollzug spürt. Im dynamischen Volumen zehren Spannung und Schwellung von der Konkurrenz miteinander. Beim Einatmen verschiebt sich an-

fängliches Übergewicht der Schwellung zum Übergewicht der Spannung, bis die Verschränkung sich löst, indem das Ausatmen als unumkehrbare leibliche Richtung die Engung in die Weite abführt. Solche leibliche Richtungen sind nämlich Formen leiblicher Weitung, die sich nicht wie Schwellung der Engung entgegensetzen, sondern diese mit sich nehmen können; daher kann das Ausatmen sowohl entspannt (weitend) als auch stoßend (engend) sein, der Blick sowohl diffus (weitend) als auch konvergent (engend).

Dieses leibliche Geschehen, für das die Atmung hier nur als Beispiel dient, wird von der naturwissenschaftlichen Interpretation, die lediglich das Verhältnis materieller Körper wie die Luft (als Gas) und den Menschenkörper nebst konstruktiven Beigaben betrifft, völlig übergangen. Tatsächlich ist aber das spontane Tun, Lassen und Streben der Menschen wesentlich leiblich, wenn auch an Körper gebunden, und wendet sich diesen erst in der Überlegung zu. Das gilt sogar für das Zusammenwirken. Ein frappantes Beispiel ist das ungeplante Ballett, das sich allabendlich (oder zu anderen Zeiten) auf den bevölkerten Gehwegen der Städte abspielt. Flüchtige, achtlose Blicke der Passanten genügen, um Zusammenstöße zu vermeiden, obwohl jeder etwas anderes (beispielsweise ein Kaufziel) im Sinn hat und keiner den eigenen Körper sieht, so dass er diesen auch nicht der Lage und dem Abstand nach auf die Vermeidung des Zusammenstoßes mit dem Nächsten und dessen Neben- und Hintermännern oder -Frauen einstellen kann, schon gar nicht seine Schultern und Arme, mit denen er millimetergenau durchkommt. Es gelingt durch Einleibung, das heißt leibliche Kommunikation im Kanal eines gemeinsamen

vitalen Antriebs, indem der Blick sich an die Bewegungssuggestion – die anschauliche Vorzeichnung bevorstehender Bewegung – der Entgegenkommenden hängt und diese in das motorische Körperschema überträgt. Solche Einleibung gibt es überall, wo etwas durch seinen Ausdruck spontane Reaktionen weckt, auch im Verhältnis zu Leiblosem; sie werden dann durch leibnahe Brückenqualitäten, die sowohl am eigenen Leib gespürt als auch an Gestalten wahrgenommen werden können, vermittelt, nämlich durch Bewegungssuggestionen und synästhetische Charaktere. Ich muss dafür auf Ausführungen an anderer Stelle verweisen.<sup>4</sup> Die unmittelbarste Einleibung ist die in Halbdinge, wohl der einzige Zugang zu diesen, während die Volldinge durch die Distanz von Ort zu Ort schon mehr Gelegenheit für eine Subjekt-Objekt-Spaltung geben. Da es nie gelingen wird, die Halbdinge ganz in Volldinge aufzusaugen, wird sich die Einleibung aus ihrer besonderen Offenheit für das Nächstliegende nicht vertreiben lassen.

Das menschliche Leben verläuft zu einem großen, ja zum größten Teil in den Bahnen der leiblichen Dynamik und der leiblichen Kommunikation, und diese verlangen andere Kategorien und andere Aufmerksamkeit als die materiellen Körper, wobei die Menschen diesen abgewinnen wollen, was von ihnen zu erwarten ist, mit Hochstilisierung in der Naturwissenschaft als der Wissenschaft der schematischen Prognostizierbarkeit. Wer nur in naturwissenschaftlichen Begriffen denkt, sieht am menschlichen Leben vorbei. Das betrifft auch ein Denken, das sich einseitig an der physikalisch verstandenen Energie und ihrer Einsparung orientiert. Der Mensch lebt nicht nur in einem dreidimensionalen Ortsraum, in dem alles irgendwo ist, sondern ebenso in einem mit diesem sich überlagernden flächenlosen Raum, in dem allein er sich flüssig zu bewegen vermag, und für dieses Leben bedarf

er viel „frischer Luft“, die aber kein Gas mehr ist, sondern eine Atmosphäre, die ihn umgibt und durchdringt: Er bedarf der leiblichen Kommunikation mit Atmosphären.

#### Anmerkungen

1 Thomas Hobbes: Elemente der Philosophie, Erste Ableitung: Der Körper, übersetzt, mit einer Einleitung und mit textkritischen Anmerkungen versehen und herausgegeben von Karl Schuhmann, Felix Meiner Verlag, Hamburg 1997, S. 321.

2 Schöne Beobachtungen dazu enthält das Buch von Gernot Böhme: Atmosphäre, Suhrkamp, Frankfurt/Main 2013, S. 134-168.

3 Hermann Schmitz: Der Leib, de Gruyter, Berlin 2011, S. 15-27: Die Dynamik des Leibes

4 ebda., S. 29-57: Leibliche Kommunikation

*Prof. em. Dr. Hermann Schmitz (\*1928) studierte von 1949 bis 1953 an der Universität Bonn, wo ihn vor allem Erich Rothacker beeinflusste, und promovierte dort 1955 mit einer Dissertation über „Goethes Altersdenken in Begriff und Symbol“. 1958 wurde er Assistent am Institut für Philosophie der Universität Kiel, habilitierte sich dort mit der Schrift „Hegel als Denker der Individualität“ und wurde 1971 ordentlicher Professor am selben Institut, das er bis zur Emeritierung 1993 leitete. Schmitz begründete mit seinem zehnbändigen „System der Philosophie“ (1964ff) eine neue philosophische Richtung, die Neue Phänomenologie.*

*Luft kann nur von einem Ort höheren Drucks zu einem Gebiet niedrigeren Drucks strömen. Am Ende der Expiration ist der alveoläre Druck gleich groß wie der Atmosphärendruck, und es findet keine Luftströmung statt. Damit die Atemluft in die Alveolen gelangen kann, muss während der Inspiration der intrapulmonale oder Alveolardruck niedriger sein als der Atmosphärendruck, also der Druck am Anfang der Atemwege. Diese Drucksenkung im Thorax erfolgt durch die Kontraktion der Inspirationsmuskulatur: Sie erweitert den Thorax und auch die Alveolen, sodass die Luft entlang dem entstehenden Druckgefälle in die Alveolen einströmen kann. Bei der Ausatmung müssen sich die Kräfte umkehren, damit die Luft aus den Alveolen in die Atmosphäre strömen kann, das heißt der Alveolardruck muss größer sein als der Atmosphärendruck. Am Ende der Inspiration erschlafft die Atemmuskulatur und übt keine deh nende Wirkung mehr auf Lunge und Thorax aus. Die elastischen Gewebe von Lunge und Thorax ziehen sich aufgrund der Retraktionskraft zusammen; die Lunge wird komprimiert, und die Luft strömt entlang dem entstehenden Druckgefälle aus den Alveolen in die Atmosphäre. Die Inspiration ist ein aktiver Vorgang, die Expiration erfolgt hingegen passiv. Nur bei körperlicher Belastung oder sehr hohen expiratorischen Widerständen ist für die Expiration eine Kontraktion der Expirationsmuskulatur erforderlich.*

Die Wiederholung der Themen ‚Energieeffizienz‘ und ‚Nachhaltigkeit‘ in der *architekt* mag schon an eine monotone Rezipitation erinnern, wenn nicht jedes Mal eine neue Version hinzugefügt würde. Trotz der immer kurioser werdenden Werbung – zuletzt mit der Feststellung, Häuser seien wie Menschen, und Ulrich Wickert, der sich als Dämmexperte outet<sup>1</sup> – ist der Kampf um die Meinungshoheit des Energiesparens noch lange nicht zu Ende. Eine Art Umerziehung in der Wahrnehmung scheint zwar tatsächlich gelungen zu sein – allerdings nur fast gelungen, wenn man den Werbeaufwand der Dämmindustrie mit etwas kritischer Distanz durchschaut hat. Das hat seine Gründe.

Zum einen: Der Bedeutungsgegensatz der beiden Begriffe „gedämmt“ und „unge-

stion der Werbung. Wer sein Haus dämmt, gehört zu den verantwortungsbewussten Klimaschützern, die Sorge um die Zukunft der Kinder inbegriffen. Dagegen steht: Wer ein ungedämmtes Haus sein eigen nennt, ist ein Energieverschwender. Neben der immer noch ungelösten Frage nach der Lebensdauer der aufgeklebten Dämmverpackung und deren Entsorgung ist die Pflege solcher Systeme nicht ohne Bedeutung. Das Paradoxon offenbart sich bei genauerem Hinsehen in einem ganz anders gearteten Verhalten der Nutzer.

In der bundesweit größten Studie zur Energieeffizienz in Gebäuden (Prof. Dr. Clemens Felsmann, TU Dresden) wird die zunehmende energetische Gebäudequalität immer kritischer angesehen. Die Feststel-

den sorgfältigen Umgang mit der Wärme. (In der Autoindustrie ist im Bezug auf den Kraftstoffverbrauch ein ähnliches Phänomen festzustellen.)

Zum anderen: Die alternativen Angebote von neu errichteten Bauten haben an Aufmerksamkeit zugenommen. Dietmar Eberle beispielsweise demonstriert mit seinem eigenen Bürohaus klar und einleuchtend, dass ein Haus ganz ohne Heizung nicht zwangsläufig Dämmungen benötigt, schon gar keine aufgeklebten. Dass sein monolithisches Mauerwerk gleich 75 Zentimeter stark sein muss, ist wohl der Tatsache geschuldet, dass das Mauerwerk gleichzeitig speichern und dämmen soll. In diesem scheinbaren Widerspruch spiegelt sich die eigentliche Problematik monolithischer Wandkonstruk-

Günter Pfeifer

# Atmungsaktiv

## Luft als Alternative zum Dämmen mit WDVS

dämmt“ hat eine neue Dimension erreicht. Gleichzeitig haben sich die Begriffe in einem eigenartigen Paradoxon verfangen, weil sie auch mit der jeweils gegenteiligen Bedeutung verwendet werden. Das hat zum einen damit zu tun, dass die hohl klingende Außenwand nun wohl im Laufe eines geschickt inszenierten Umerziehungsprozesses ein Synonym für Umweltbewusstsein geworden sein soll; dies jedenfalls ist die Suggesti-

on, dass in wärmegeämmten Gebäuden Energie verschwendet wird, ist letztlich nicht so neu.

Des Nutzers Neigung, im gedämmten Haus auch den Winter in lockerer Sommerkleidung zu verbringen und auf eine Differenzierung von Raumtemperaturen weitgehend zu verzichten, bewirkt – so das Ergebnis der Studie – einen erhöhten Energieverbrauch. Kurzum: Je besser der energetische Zustand der Gebäudehülle, desto weniger kümmert sich der Bewohner um

tionen. Die Ziegelindustrie hat den Wettstreit – hochgradig poröse Ziegelsteine gegen die nachträglich aufgeklebte Dämmung – längst verloren. Indes scheint es einigen langsam ins Bewusstsein zu gelangen, dass der eigentliche Wert gebrannten Tons die Speicherfähigkeit ist, und man zollt mit neuen Forschungen diesem Defizit Tribut.

AAG Loebner · Schäfer · Weber, Freie Architekten BDA, Ev. Gemeindehaus, Büchenbronn 2012–2014, Foto: Armin Schäfer



Die Stadt Wolfsburg verfolgt derzeit im Zuge der Neuentwicklung eines 20 Hektar großen Baugebiets eine andere Strategie. Der städtebauliche Entwurf – Ergebnis eines Wettbewerbs, den das Büro SMAQ Berlin für sich entscheiden konnte – wird energetypologisch bearbeitet, um dann in einem Katalog von Maßnahmen differenzierte Energiekennwerte festzumachen.

Dazu gehören unter anderen verschiedenartige Wandaufbauten – monolithische mit unterschiedlichen Stärken und Materialien, aber auch zweischalige Wandaufbauten, die als Luftkollektor-Konstruktionen die Erwärmung der Wand verstärken. Sodann werden die energetischen Kennwerte der unterschiedlichen Varianten über thermodynamische Gebäudesimulationen ermittelt und die Varianten mit entsprechenden gebäudetechnischen Konzepten ergänzt.

Zur Überraschung aller Beteiligten ergeben sich für monolithisches Mauerwerk ohne Dämmungen Heizenergiekennzahlen von circa 30 kWh/m<sup>2</sup>a, also Kennwerte, die etwa 60 Prozent unter der gültigen ENEC liegen. Diese Kennwerte lassen sich noch weiter bis zu 15 kWh/m<sup>2</sup>a verbessern, wenn man

eine der zweischaligen Bauweisen wählt, die den Solareintrag auf die Wand verstärken – und wenn man dafür sorgt, dass die Lüftungsverluste verringert werden. Diese Konzeptarbeit beweist wieder aufs Neue, dass die durch Solareinstrahlung erwärmte Luft – als Energiefaktor mit den Speichermassen in Verbindung gebracht – nach wie vor ein völlig unterschätztes Potential für klimagerechte Architektur ist, jedenfalls für die Architektur des mitteleuropäischen Klimas. Will man das Prinzip des Frühbeets oder des Treibhauses auf normale Gebäude anwenden, wird man sich einerseits mit anderen Wand- und Dachkonstruktionen beschäftigen müssen, andererseits mit einer anderen Struktur energetischer Berechnungen.

Wand an die Luft, eine Erwärmung des Luftpolsters, vorausgesetzt, die äußere transparente oder transluzente Schale verfügt über einen guten U- und G-Wert (empfehlenswert mindestens 1,0 W/m<sup>2</sup>K bzw. 0,6 oder besser). Messungen an ausgeführten Bauten haben ergeben, dass das Luftpolster generell 5 bis 10° wärmer ist als die umgebende Außentemperatur.<sup>2</sup>

Glas, Profilglas und Polycarbonatplatten eignen sich für derlei Wandaufbauten. Die Materialwahl wird über die Baukosten bestimmt; Polycarbonatplatten sind leicht, einfach zu verarbeiten und wirkungsvoll, weil sie gute U-Werte aufweisen, besonders schlagfest und vor allem leicht demontierbar und recycelfähig. Fertig montiert,

### Energetische Strategien

Dass diese Architektur anderen ästhetischen Formeln folgt, dürfte jedem klar sein. Der Internationale Stil hatte die architektonische Welt mit formalen und auch gesellschaftlichen Fragen konfrontiert. Aber der formal reduktionistische Ansatz hatte nie eine besondere Affinität zum klimagerechten Bauen – im Gegenteil, die Bauten des Internationalen Stils sind, bis auf wenige Ausnahmen, klimatisch betrachtet ziemliche Katastrophen. Le Corbusier hat dann mit seinem *plan libre* die Starrheit der determinierten Räume mit der Trennung von Konstruktion und Hülle propagiert und den offenen Grundriss gefordert. Er hatte zwar erkannt, dass die Häuser, ähnlich einer

nicht genug solare Ausbeute produziere. Dem gegenüber gibt es über zwei Jahre aufgezeichnete Messungen (Monitoring), die belegen, dass auch bei trübem Wetter ausreichende Wärme geerntet werden kann. (3)

Zusammenfassend kann man sagen, dass sich die Nutzung solar erwärmter Luft in Verbindung mit der richtigen Speicherung immer mehr als äußerst wirkungsvolle energetische Strategie erweist. Das heißt aber auch, dass monolithisches Mauerwerk – wenn das Steinmaterial über eine gute Balance von Speicherung und Dämmung verfügt – im Zusammenhang mit direkter Solarstrahlung eine entsprechende Wirkung hat. Dass dies alles bei der ENEC nicht berücksichtigt wird, hat etwas mit der fest-

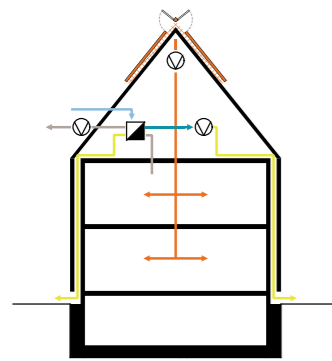
jeden erweiterten Blick verstellt. Die bisher verbauten 500 Millionen Quadratmeter Dämmungen an Gebäuden sprechen für das alte Prinzip, dass sich Millionen Fliegen nicht irren können; so funktioniert eben Volksverdämmung. Die Klage über die Alternativlosigkeit dieser Methode wird angesichts der fehlenden Lösungen für die alte und ehrwürdige Bausubstanz – immer nur angesichts einiger Denkmäler – immer größer. Doch gerade hier liegt das eigentliche Potential der anderen Strategien. Denn mit der Strategie der „heißen Luft“ lassen sich die unterschiedlichsten Varianten in der Anwendung entwickeln:

Ob die solaren Gewinne im Dach oder auf dem Dach aufliegend, vor einer oder

katplatten oder teuren Vakuumpackungen sind dünne Schalen für die solar erwärmte Luft einfach zu bewerkstelligen, wenn es gelingt, einen Kreislauf der luftigen Kollektoren mit den Wänden herzustellen. Nun sorgt die warme Luft für das Aufladen der Speichermassen. Probleme mit Feuchte im Zwischenraum kann es nicht geben; sie wird einfach weggelüftet (Abb.3).

Das Prinzip Hydrostatik zeigt, umgedacht auf Energie mit den kommunizierenden Röhren, wie energetisch wirksame Bauten mit Altbauten zu deren Nutzen verbunden werden können (Abb.4).

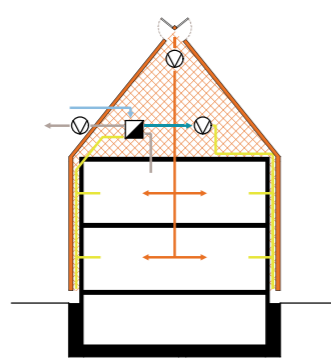
Luftkollektoren können auch in den Innenraum gestellt werden, wenn die Öffnungen für die Solareinträge groß genug



1

Das Prinzip von Luftkollektoren vor speicherfähigen Wänden oder Dächern ist schnell erklärt. Eine Luftschicht, die mittels transparenten / transluzenten Baustoffen (Glas oder Kunststoffplatten) hergestellt werden kann, sorgt dafür, dass die Energie, die auf die Wand auftrifft, nicht durch die kalte Außenluft abgeführt wird. Dies hat zweierlei Wirkung: eine Erwärmung der Wandoberfläche durch direkten Wärmeeintrag und, bedingt durch den Wärmeübergang von der

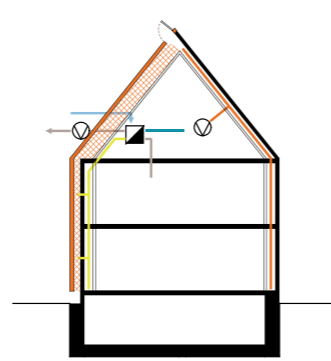
1 Luftkollektor auf dem Dach  
- Verteilung der Warmluft im Gebäude  
- Prozessenergien über Wärmerückgewinnung in den Zwischenraum der doppelschaligen Wände



2

sind sie gegenüber dem Wärmedämmverbundsystem wirtschaftlich konkurrenzfähig, aber vor allem weitaus wirkungsvoller in der energetischen Ausbeute. Wärmegevinne können von Dämmsystemen egal welcher Art nicht geleistet werden. Für die Dachkonstruktionen gilt Gleiches sinngemäß, hier müssen die Details wegen der Wasserführung entsprechend anders entwickelt werden.

2 Luftkollektor-Dach im Verbund mit Luftkollektor-Wand  
- Verteilung der Warmluft im Gebäude  
- Prozessenergie zurück in den Kreislauf der Luftkollektoren

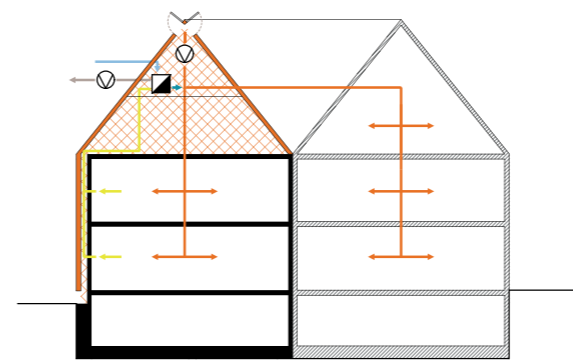


3

Lunge, atmen müssten, jedoch es blieb nur Theorie. Die ästhetischen Überhöhungen von Konstruktion und Hülle, von Mies van der Rohe auf die Spitze getrieben, waren – siehe das Farnsworth House – ein klimatisches Debakel und machten die Häuser nur begrenzt bewohnbar.

Nun werden damit die Skeptiker auf den Plan gerufen, die allemal behaupten, dass vor allem im Winter, aber auch in den Übergangszeiten, die Sonne nicht scheine oder

3 Luftkollektor-Dach im Verbund mit Luftkollektor-Wand  
- Verteilung der Warmluft in der Vorsatzschale der Innenräume  
- Wärmeverbund im Kreislauf Innenraum/Luftkollektor

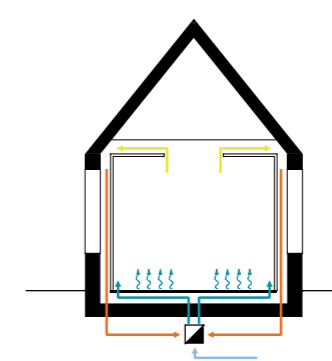


4

gesetzten strukturellen Betrachtungsweise, der Minimierung von Energieverlusten zu tun. Das Beurteilen der Kennwerte ausschließlich aus der Sicht des Ha-Te-Strichwertes (HT) und das alternativlose Festhalten daran haben uns den Blick auf andere Möglichkeiten verstellt.<sup>4</sup>

Die Einseitigkeit dieser Betrachtung muss man beklagen, nicht nur weil jede Alternativlosigkeit wissenschaftlich gesehen Unsinn ist, sondern weil diese Denkweise

4 Prinzip Hydrostatik: der Neubau wird komplett mit Luftkollektoren ausgestattet und versorgt den Altbau mit  
- Prozessenergien von Altbau und Neubau zurück in den Kreislauf der Luftkollektoren  
- Wärmerückgewinnung

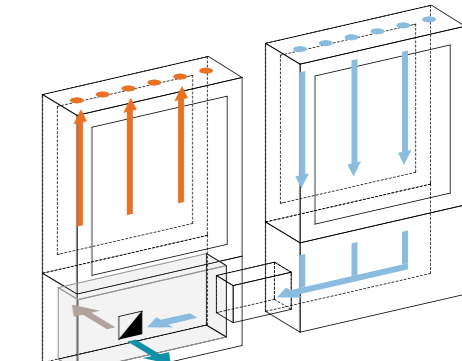


5

mehreren geeigneten Wänden oder mittels Kastenfenster erzielt werden, ist nicht so entscheidend wie das Verteilen, Speichern und Organisieren dieser Gewinne (Abb.1). Luftkollektoren auf dem Dach und auf den Außenwänden sammeln und verteilen Wärme. Die Prozessenergien der Nutzung werden zurück in die Luftkollektoren gegeben und stellen mittels Wärmerückgewinnung einen effektiven Kreislauf her (Abb.2).

Statt Innendämmungen aus Calciumsili-

5 Luftkollektor im Innenraum eines Gebäudes  
- Geeignet bei großen Fenstern mit hohem Solareintrag  
- Prozessenergien über Wärmerückgewinnung zurück in den Kreislauf



6

sind. Diese Methode birgt für die energetische Optimierung von Kirchenbauten vielfältige Potentiale (Abb.5).

Den Rasterfassaden des Funktionalismus der sechziger und siebziger Jahre kann man mit Kastenfenstern begegnen, die, richtig eingesetzt und mit einfachen Lüftungsgeräten ausgestattet, zu aktiven Luftkollektoren werden, die den Energieverbrauch weit mehr mindern als jedwede Dämmtechnologie (Abb.6).

6 Prinzip Kastenfenster als Doppelfassade  
- Ein Element sorgt für Zuluft  
- Transport über Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung in den Raum  
- Fortluft in der anderen Fensterachse

Diese Konzepte sind rundum auch Beiträge zum ökologischen Umgang mit Rohstoffen (Suffizienz). In einer vergleichenden *Life-Cycle*-Betrachtung – Wärmedämmverbundsystem / Luftkollektorsystem aus Polycarbonatplatten – kann man feststellen, dass wegen der einfachen Demontierbarkeit und Recyclefähigkeit der Kunststoffelemente sowie der beschriebenen thermischen Fähigkeiten der Kollektoren dieses System ausschlaggebend effizienter und ökologischer ist.

### Gesundes Atmen

Bei all den Überlegungen blieb bislang unberücksichtigt, dass die aufgeklebte Dämmung der Wand die Diffusionsfähigkeit raubt. Mit dem Begriff der „atmenden“ Wand wurde zwar längst aufgeräumt. Doch unbestritten ist die Qualität der diffusionsoffenen Wand, deren Feuchtgleichgewicht je nach Standort eingesetzt werden kann. Eine Außenwand steht immer in einem Feuchtgleichgewicht mit der Raumluft und der Außenluft. Landauf, landab hat das Dämmen und Dichten zu einer Bauweise geführt, die aus Betonwänden besteht, um darauf notgedrungen eine Dämmung aufzubringen. Mauerwerkskonstruktionen, ob Ziegel oder Leichtbeton, sind dampfdiffusionsoffen; gerade da verhindert jegliche (unnötige) weitere Dämmung die Diffusionsfähigkeit. Bei Konstruktionen mit der dampfdiffusionsdichten Betonwand spielt letztlich die Art des Dämmmaterials keine Rolle mehr. Die Methode, das gesunde Raumklima mittels technisch geregelter Dosierung einzurichten, ist nichts anderes als der Versuch, die Probleme der diffusionsdichten Wand mit anderen Mitteln zu lösen. In energieeffizienten Gebäuden mit diffusionsoffenen Pufferzonen und gut gewählten Speicher-

massen ist das gesunde Atmen im Hause atmosphärisch spürbar. Die alchemistische Schnittstelle von Atmosphäre, guter Stimmung und freier Atmung ist nicht nur eine Frage der architektonischen Qualität von Licht, Proportion und Raumfürgung, sondern auch abhängig von der durchdrungenen Materialqualität. Man kann es auch nüchtern medizinisch betrachten, denn: Es besteht eine Abhängigkeit zwischen der Atmung und der Funktion zahlreicher Körperorgane. Die zentral-nervöse Organmotorik, vor allem die Atemwegs-Motorik, wirkt auf das Großhirn und die Bewusstseinsvorgänge des Menschen und beeinflusst damit weitgehend sein Empfindungs- und Gefühlsleben.

Ökonomisch gesehen stehen gedämmte Außenwandkonstruktionen keineswegs günstiger da als das monolithische Mauerwerk. Vergleicht man die *Life-Cycle*-Analyse, ist die Beton-plus-Dämmung-Variante auf jeden Fall ungünstiger. Kalkuliert man die Bewältigung der Transmissionsverluste hinzu, die bei den gedämmten Varianten immer mit zentralen Installationen ausgeführt werden müssen, sind die einfachen dezentralen Systeme in der monolithischen Wand ebenfalls ökonomischer. Im Zweifelsfall gilt auch hier: Das einfachste Prinzip zur Lüftung ist immer noch das Öffnen des Fensters.

Der Schlüssel zu alldem liegt einzig und allein im Standpunkt der Betrachtung. Die zurzeit vorgeschriebene Ausschließlichkeit der Berechnungen – in der ENEV festgelegt – auf das Minimieren von Energieverlusten (von innen nach außen) versperrt die Sicht auf das Gewinnen von Energien (von außen nach innen). Es hilft nichts: Die solaren Gewinne ausschließlich über die ohnehin vorhandenen Fenster anzusetzen, ist unzureichend. Basisannahmen sind die Grundlagen aller philosophischen Überlegungen. Zur Kausalität aller energetischen Kalkulationen gehören nun mal die solaren

Energien. Deren jetzige Handhabung geht an der Wirklichkeit vorbei. Die Frage des Standpunkts – eine Sicht von außen –, das Querdenken und Hinterfragen eines Problems, gehörte schon immer zur *political correctness* gegenüber anderen Meinungen oder Minderheiten.

Als zuverlässiges Planungsinstrument hat sich die thermodynamische Gebäudesimulation erwiesen. Dieses Verfahren bietet die wirksamste Möglichkeit zur Bewertung der Optimierungen im Planungsprozess. Außerdem ist sie für die ersten Betriebsjahre die bestmögliche Grundlage, um nach der Inbetriebnahme die tatsächlich erreichte und gemessene Effizienz zu überprüfen (Performance Measurement). Die Berechnungsverfahren nach DIN 18599 sind diesen Instrumenten in der Regel unterlegen – aber sie sind notwendig für die Erfüllung der ENEV.

Thermodynamische Simulationen sind komplexer, deren Handhabung ist aufwendiger. Der Architektentwurf muss nicht nur darauf reagieren, er muss sich aus dem System heraus entwickeln. Bei der Simulation von bestehenden Bauten ist es unabdingbar, dass alle Daten der vorhandenen Bausubstanz einer gründlichen Analyse unterzogen werden.

Die alternative Art energetischer Bilanzierung hat offensichtlich auch das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) erkannt und der Universität Kaiserslautern (Fachgebiet Hauskybernetik, Jun. Prof. Angèle Tersluisen) einen Forschungsauftrag mit dem Titel „Untersuchung zur rechnerischen Bilanzierung solarer Luftheizsysteme und -konstruktionen“ erteilt. Dieser Forschungsauftrag ist der Einsicht geschul-

AAG Loebner · Schäfer · Weber, Freie Architekten BDA, Ev. Gemeindehaus, Büchenbronn 2012–2014, Foto: Armin Schäfer



det, dass die Bilanzierung von Luftkollektoren und Energiegärten bislang zu schwierig und zu umständlich ist und ein einfacheres Verfahren gefunden werden muss.

Es besteht also berechnete Aussicht, dass die angeblich alternativlose Dämmethode eine ernsthafte Konkurrenz erhält. „Mit der zunehmenden Einsicht des Menschen in seine eigene Natur wächst auch seine Freiheit, neue Welten zu erfahren, zu konstruieren und zu erkunden. Diese Einsicht lässt gleichzeitig Verantwortung für diese seine Welt und für seinen Ort in ihr deutlich werden.“<sup>5</sup>

Diese Erkenntnis des Kybernetikers Heinz von Förster soll hier einem Hinweis dienen, dass die Skeptiker der Systeme mit der heißen Luft erfahren müssen, dass das Dämmmaterial aus extrudiertem Polystyrol zu 98 Prozent aus Luft besteht. Der Unterschied liegt allerdings darin, dass der Einfluss der Sonnenstrahlen auf diese Luft ausgeschlossen ist.

### Anmerkungen

- 1 Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung, Nr. 29, 2014 – Angriff der Umerzieher.
- 2 Haus in Heroldsberg – Architektur in Deutschland 2013, Berlin 2013/Punkthaus Mannheim – auf den Punkt..., Freiburg 2014.
- 3 Angèle Tersluisen: Konzept zur Planung und Bewertung wärmeenergiegewinnender, energetisch dynamischer Bauteil- und Raumstrukturen im Wohnungsbau, Freiburg 2012.
- 4 siehe dazu: *der architekt* 5/12, sparen oder gewinnen?
- 5 Heinz von Förster: Wissen und Gewissen, Frankfurt am Main 1993.

Vita Günter Pfeifer: siehe S. 16.

# Atemfrequenz

*Die Atemfrequenz des Erwachsenen beträgt in Ruhe etwa 7–20 Atemzüge/min, unterliegt also großen individuellen Schwankungen. Kinder atmen schneller als Erwachsene: Je jünger das Kind, desto höher die Atemfrequenz; am höchsten liegt die Atemfrequenz bei Neugeborenen. Unter körperlicher Belastung nimmt die Atemfrequenz ebenfalls zu. Bei Lungenerkrankungen oder auch nicht pulmonal bedingten Störungen der Atmung kann die Atemfrequenz erhöht oder erniedrigt sein. [...] Aus der Atemfrequenz allein kann die Qualität der Ventilation meist nicht hinreichend beurteilt werden; so kann bei langsamer oder schneller Atmung eine ungenügende oder zu hohe Ventilation, also eine Hypo- oder Hyperventilation vorliegen.*

Angèle Tersluisen

# Sammeln und Speichern

## Voraussetzungen für die Nutzung regenerativer Energien

Das Sammeln regenerativer Energien ist keine Erfindung der Neuzeit. Viele der Konstruktionen, Techniken und Systeme, die heute wieder neu erprobt und in Gebäuden untereinander vernetzt werden, basieren auf bauphysikalischem und technischem Wissen der vergangenen Jahrzehnte und Jahrhunderte. Mit den heute verfügbaren Materialien sowie den Steuerungs- und Regelungstechniken stellen sie ein enormes, neu zu bewertendes energetisches Potenzial dar.

Horace-Bénédict de Saussure erforschte bereits im Jahr 1767 die Wirkung des Glashauses. Er beobachtete, dass verglaste, besonnte Räume eine für das damalige Wissen nicht erklärbare hohe Lufttemperatur aufwiesen – dass Glas für Licht durchlässig, für Wärmestrahlung wenig durchlässig ist, war damals nicht bekannt. De Saussure baute Miniatur-Glasräume, einfache Holzkisten mit Glasabdeckungen, um die Temperaturerhöhung zu untersuchen. In ersten

Versuchen maß er Temperaturen von bis zu 87,5°C. In seinen Aufzeichnungen schrieb er damals, diese Temperaturen reichten sogar aus, um Früchte weich zu garen. Er optimierte, indem er die Kiste mit schwarzem Kork auskleidete, zwei zusätzliche Lagen Glas einbaute und eine umfassende Schafwolle-Wärmedämmung um die opaken Teile der Kiste herum führte. Die Absorption wurde erhöht, die Wärmeverluste reduziert. Die gemessenen Luft-Temperaturen stiegen sogar bei schlechteren Wetterbedingungen auf 110°C – 10°C über dem Siedepunkt von Wasser. Auch wenn de Saussures Versuche mit diesen ‚Hot Boxes‘ von empirischer Natur waren, so waren sie doch grundlegend für die wissenschaftliche und schlussendlich auch architektonische Entwicklung.

### **Konstruktives**

Das Sammeln solarer Energie ist Teil unserer Architekturgeschichte. Autochthone Architekturen wiesen Wohnräume mit südlich ausgerichteten Außenwandflächen auf, die Energie einsammelten und nutzbar machten. Die Behaglichkeit im Vergleich zum nordausgerichteten Raum gleicher Konstruktion war spürbar erhöht. Die hohe Wärmeleitfähigkeit der regional verfügbaren Materialien führte zur guten Wärmeleitung der Gewinne von außen nach innen, allerdings auch – bei ausbleibender Strahlung – der Wärme von innen nach außen.<sup>1</sup> Heute wissen wir, dass für die Speicherung zyklischer Energien die Wärmeeindringtiefe eine relevante Größe ist. Sie ist von der Wärmeleitfähigkeit und der Speicherzahl des Materials abhängig – die Eindringtiefe sinkt mit sinkender Wärmeleitfähigkeit. In Stahlbeton dringt Energie in einem 24h-Zyklus max. 17



1 Edward S. Morse, Patentzeichnung seiner ersten Solarheizungs-Konstruktion, 1881, aus: Butti, S.198

2 Werbung ‚Climax Solar water heater‘, 1892. Der Preis des kleinsten Typs sank von 25 auf 15 Dollar, aus: Butti, S.119

Zentimeter, in Vollziegel nur 11 Zentimeter, Infralichtbeton 8 Zentimeter, Brettschicht-holz sowie Hochlochziegel durchschnittlich 7 Zentimeter ein. Bezogen auf solare Gewinne ist die aktive Speicherschicht opaker Außenbauteile der Außenluft zugewandt, die Masse entlädt daher schnell.

Edward Sylvester Morse, ein amerikanischer Archäologe, entwickelte, vor dem Hintergrund und basierend auf dem Prinzip der ‚Hot Boxes‘, die heute als Trombe-Wand bekannte, 1881 patentierte Außenwand-

Diametrale Funktionen wurden in einer Konstruktion vereint: Die simple dynamische Wirkungsweise der mehrschichtigen Außenwand folgte den dynamischen Anforderungen der inneren und äußeren klimatischen Bedingungen. Die Glasschicht schützte die Konstruktion vor Verlusten: Morses Wandkonstruktion konnte daher einen Teil der ungenutzten Energie in der opaken Wandschicht speichern. Die Speichermasse war jedoch auch hier der Außenluft zugewandt, denn das Glas hielt zwar den Wind fern,

**Technisches**

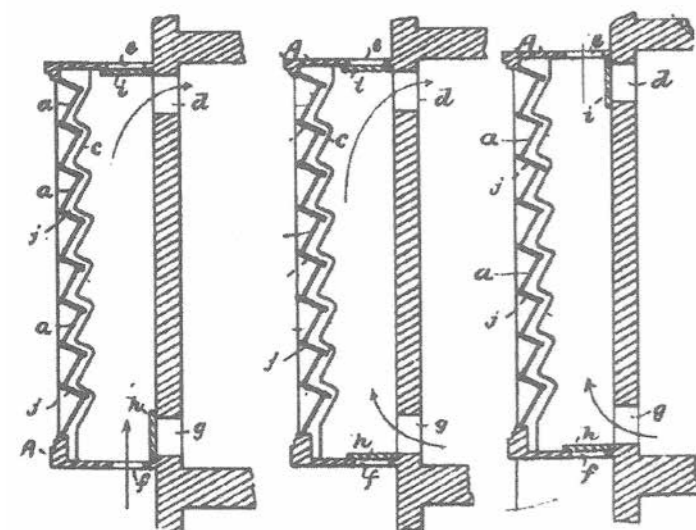
Nicht nur auf konstruktiver, auch auf technischer Ebene gab es Entwicklungen. Der *Climax solar water heater*, patentiert 1891, gilt als die erste Solarthermische Anlage. Der Metallfabrikant Clarence Kemp aus Baltimore legte schwarz gestrichene, mit Wasser gefüllte Metalltanks in ‚Hot Boxes‘, wie sie de Saussure erforscht hatte. Die gefüllten Boxen wurden mit der Glasfläche zur Sonne ausgerichtet auf dem Dach oder an der Fassade installiert (Abb. 2). Der *Climax*

thermedium es schaffte, die Energien über viele Stunden hinweg zeitverzögert abrufbar zu machen.

Dem amerikanischen Arzt Dr. Remington gelang auf seiner Suche nach Lösungen der entscheidende Schritt: er trennte den Sammler vom Speicher. Diese Trennung ermöglichte klare physikalische Zuordnungen und damit physikalische Optimierung. Remingtons Kollektor bestand nun aus wasserdurchströmten Rohrschlangen, die auf Grund der großen Oberfläche und des geringen Volumens in der Lage waren, die Energie schneller aufzunehmen und höhere Temperaturen zu erzielen. Den Wasserspeicher ordnete er im Innern seines Hauses an, so dass 100 Prozent der Gewinne entweder als Warmwasser, oder als Raumwärme nutzbar waren. William J. Bailey, Maschinenbauingenieur und Patient Remingtons, übernahm das Prinzip und entwickelte den ‚Day and Night Solar Water Heater‘. Im Jahr 1909 meldete er die Technik zum Patent an – mit wärmegeädmmtem Wasserspeicher, der im Inneren der Häuser installiert wurde und zeitunabhängig ansteuerbar war. Die Nutzbarkeit der verfügbaren Solarenergie vervielfachte sich.

**Systemisches**

Seit den 1930er Jahren entstanden in Amerika die ersten sammelnden und speichernden Solarhäuser. Das *Massachusetts Institute of Technology* M.I.T. entwickelte und realisierte mit den *Solar Houses I-VI* Gebäudekonzepte, in denen die sammelnden, teils auch die speichernden Teile zu gestalterischen raumbildenden Elementen wurden (Abb. 03). Die Konstruktion des Hauses, vor allem die der sammelnden Gebäudehülle, wurde zum Teil der Heiztechnik, die Heiztechnik zum Teil der Architektur. Die einfach konstruierten Solarthermischen Sammler



konstruktion (Abb. 1). Er fügte einer opaken Außenwand eine Glasscheibe mit Luftspalt hinzu, so dass die Absorption – wie bei der ‚Hot Box‘ – im geschützten Luftspalt stattfand. Durch die Dreischichtigkeit der Konstruktion und die spezifische Steuerung der Zu- und Abluftklappen konnte winters sowohl im Zuluft-, als auch im Umluftmodus konvektiv geheizt werden. Sommers konnte der Auftrieb im Kollektor genutzt werden, um den angrenzenden Raum zu entlüften.

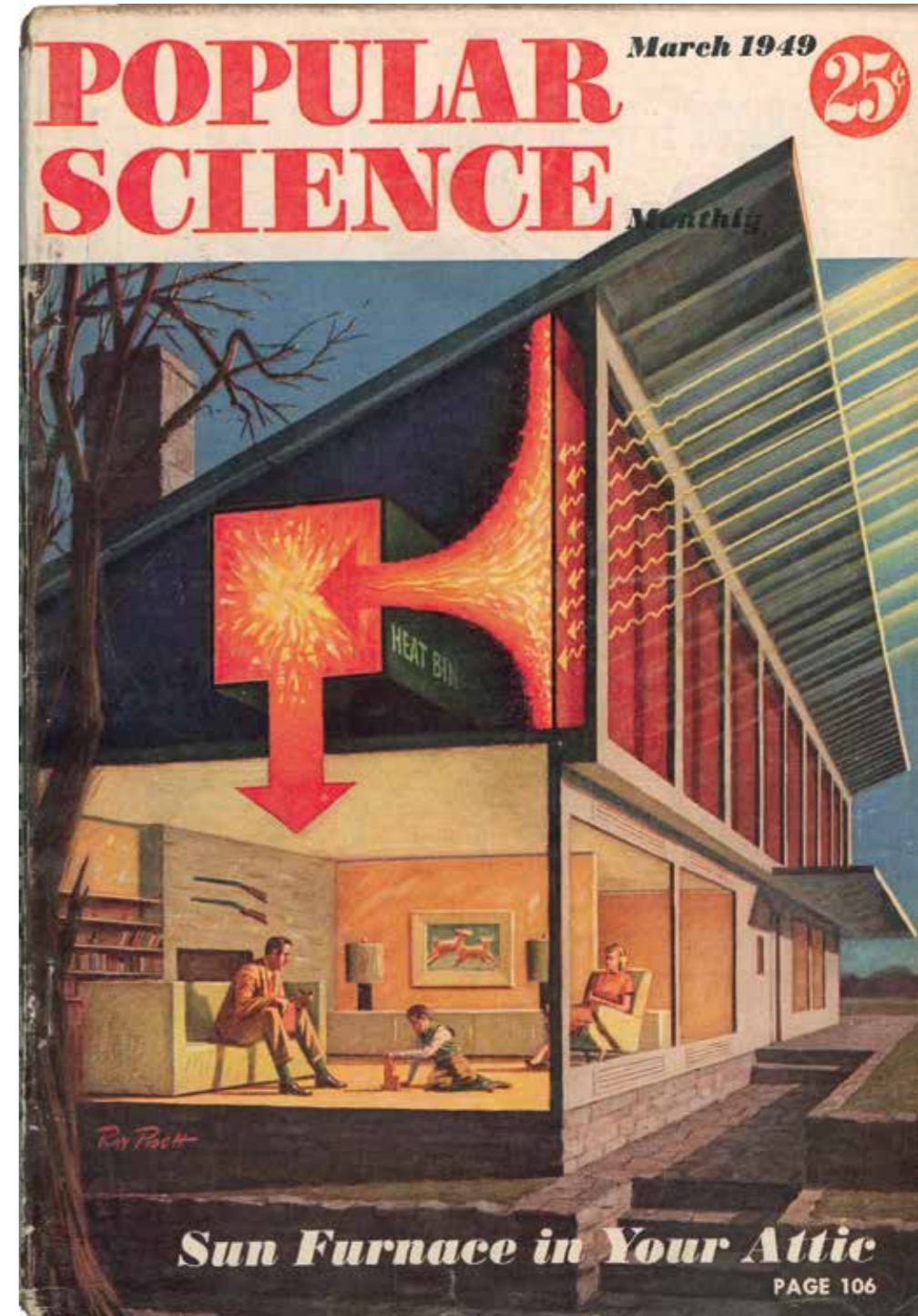


wies jedoch eine hohe Wärmeleitfähigkeit auf. Daher entlud sich die Masse bei Ausbleiben der Solarstrahlung trotz ruhender Luftschicht schnell. Im Vergleich zur damals üblichen opaken Wand konnte mehr Energie länger gespeichert werden. Die Verluste waren nachts jedoch weiterhin groß.

wurde in Kalifornien zur Standardausstattung der Wohngebäude, der Preis sank auf Grund der enormen Nachfrage innerhalb weniger Jahre.

In strahlungsärmeren Gegenden konnte der Typ nur wenig genutzt werden: Die Speicherung der Energie fand außerhalb der Gebäudehülle, also wetterzugewandt, statt, so dass der Nutzen gering war. Die Wassertemperaturen waren niedrig. Es wurde klar, dass das Nutzen der zyklischen solaren Energie nur komfortabel und praktikabel sein konnte, wenn auch geringfügige Strahlungsdichten nutzbar würden und das Spei-

3 Titelblatt ‚Popular Science‘, März 1949



3

4 Konstruktiver solar-thermischer Kollektor für das M.I.T. Solar House I, 1939, aus: Popular Science, Februar 1940



4

oder Luftkollektorflächen waren stets ein Teil der Gebäudehülle, der auf Grund seiner Schichtungen und Konstruktion in der Lage war, solare Energie einzusammeln und in thermische Energie umzuwandeln. Bei den Sammlern handelte es sich also nicht, wie bis dahin vermarktet, um eine an Dachfläche oder Fassade addierte Technik, sondern um einen Teil der Gebäude-Konstruktion, einen integrierten, selbstverständlichen Teil der Hüllfläche (Abb. 04). Es gab zwei Energiekreisläufe: den wettergesteuerten, vom Sammler in den Speicher und zurück, und den nutzergesteuerten, vom Speicher zum Nutzer und zurück. Übertragen wurde, je nach Sammlertyp, über fluiddurchströmte Bauteile (Bauteilaktivierung) oder durch Konvektion (Luftheizung), die Speicher waren konstruktive Speicher, also raumbildende Elemente, einfache Wasserspeicher oder Latent-Wärmespeicher, wie der luftdurchströmte Speicher aus Salzen im Haus VI.

#### Perspektivisches

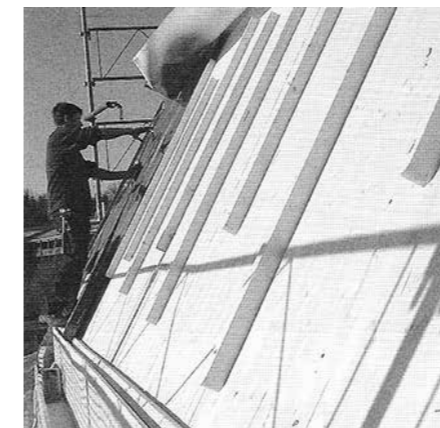
Der Blick zurück zeigt neue Perspektiven auf, denn die Themen haben sich kaum geändert, die verfügbaren Materialien und Techniken hingegen deutlich. Die Materialien, auf die wir heute zurückgreifen können, ermöglichen uns bauphysikalisch präzise Konstruktionen. Erprobte Ansätze wie die Systeme des M.I.T. sind kombiniert mit dem heutigen Stand der Technik wieder von Interesse.

Das Solarhaus Hehli vom Dach<sup>2</sup> weist zum Beispiel eine wärmegewinnende Dacheindeckung auf, die auf Grund des hohen Gesamtenergiedurchlassgrades des neuartigen Solarglases und der handwerklichen Schichtung umströmter Absorberbleche hohe Lufttemperaturen generiert (Abb. 5). Dieser architektonische Sammler ist mit dem Heizkreislauf des Hauses verknüpft. Mit Hilfe eines Wärmetauschers wird ein Teil der Energie für die Warmwasserbereitung genutzt. Der andere Teil erwärmt in Form von warmer Luft die raumumgebenden, speichernden Hypokausten- und Murokausten-Konstruktionen. Das Gebäudemonitoring belegt ein gutes Speicherverhalten und hohe Gewinne.

5 Konstruktion des Kollektors für das Solarhaus Hehli vom Dach, Fotos: Hans Ruedi Stutz, Degersheim, CH

Auch die Entwicklung von Latent-Wärmespeichern (*PhaseChangeMaterial*) ist heute weit fortgeschritten. Im Vergleich zu Beton kann PCM, eingestellt auf eine präzise Temperaturspanne, das 10- bis 15fache an Energie speichern.

Für das Solarhaus III3 wurde beispielsweise eine transluzente Fassade konstruiert, die an den Aufbau des Kollektors nach Morse anknüpft (Abb. 6). Auf Grund der Anordnung und Schichtung verschiedener Materialien wird nur die flach stehende Solarstrahlung in Wärme umwandelt. Die



5

der Außenluft zugewandten Schichten dienen dem Durchlass der Strahlung und dem Schutz vor Verlusten, die der Innenluft zugewandte transluzente PCM-Schicht dient der Speicherung. Das Haus erreicht als Gesamtsystem den Nullenergiestandard, Monitoringwerte wurden publiziert.

Im Bereich der Gebäudesanierung bieten sich ebenso Perspektiven. Im Rahmen der Sanierung eines Punkthauses in Mannheim<sup>4</sup> wurde der Altbau allseitig in einen Luftkollektor einhüllt. Die Hülle ist mit einem im Keller angeordneten Steinspeicher thermisch verbunden. Durch den Auftrieb in den Fassaden sowie durch Steuerung und Regelung der Energieströme soll das System winters Gewinne generieren, sommers den Kollektor und die Außenwände kühlen. Ein mehrjähriges Monitoring zur Überprüfung des Systems läuft derzeit.

6 Verlegung des konstruktiven Speichers: kollektorluftdurchströmte Hypokausten-Steine aus Kalksandstein

Die realisierten Projekte zeigen, dass sich das Speichern Thermischer Energie im Gebäude im Gegensatz zum Speichern von Strom effizient und vor allem ökonomisch darstellt. Das Speichern Thermischer Energie in unseren Häusern ist primär ein architektonisches Thema, das Speichern von Strom ein technisches. Unsere Architekturen könnten zukünftig sogar dazu beitragen, durch Aufnahme thermischer Energie zur Entlastung der Stromnetze beizutragen. Daran jedenfalls arbeiten wir.



6

Jun.Prof. Dr.-Ing. Angèle Tersluisen (\*1977) studierte im Anschluss an die Bauzeichnerlehre Architektur an der TU Darmstadt und an der ETH Zürich. Sie war wissenschaftliche Mitarbeiterin im Fachbereich Architektur der TU Darmstadt, wo sie auch promoviert wurde. Seit 2010 leitet sie das Fachgebiet Hauskybernetik im Fachbereich

Architektur der TU Kaiserslautern und lehrt dort Thermische Bauphysik, Hauskybernetik und Entwurf. Sie forscht unter anderem auf dem Gebiet des Sammelns und Speicherns von Umweltenergien in Architekturen, als Werkzeug dient die energetisch-dynamische Gebäudesimulation.

#### Anmerkungen

1 Bei einer 36,5er Ziegelwand im süddeutschen Raum betragen die Verluste bei Südausrichtung ca. das 5,5-fache der solaren Gewinne.

2 Architekt Hans Ruedi Stutz, Degersheim, 2002

3 Dietrich Schwarz Architekten AG ETH/SIA, Ebnat-Kappel CH, 2000

4 Energiekonzept: TU Darmstadt, Fondation Kybernetik, Mannheim, 2013

#### Literatur

Butti, Ken / Perlin, John: A golden thread : 2500 years of solar architecture and technology, Marion Boyars, London 1954, Repr. 2009.

Denzer, Anthony: The solar house : pioneering sustainable design, Rizolli, New York 2013.

*Damit die Gase in der Lunge ausgetauscht werden können, müssen die Alveolen rhythmisch belüftet werden. Dieser Vorgang wird als Ventilation bezeichnet. Die rhythmischen Volumenänderungen der Lunge erfolgen durch die Aktivität der Atemmuskulatur. Hierbei treten Kräfte und Widerstände auf, die für die Strömung der Atemluft bei der Ventilation der Alveolen von Bedeutung sind. Die Atemmechanik befasst sich v. a. mit den Faktoren, die die Luftströmung in der Lunge während der Ein- und Ausatmung bestimmen, insbesondere mit den Beziehungen zwischen Druck und Volumen sowie zwischen Druck und Strömungsstärke.*

Die Thermodynamische Berechnung für die Ermittlung des Wärmeenergiebedarfs unterscheidet sich von den üblichen Verfahren der ENEV durch eine höhere Präzision und exakte Abstimmung mit den Umweltlichen Faktoren. Die DIN 4108 und die DIN 18599, die der ENEV zugrunde liegen, dienen lediglich dem Nachweis. Das hat damit zu tun, dass zur Betrachtung der Energieströme in der ENEV nur das Minimieren der Energieverluste beachtet wird. Lediglich der Energieeintrag, der über Fenster erfolgt, kann als Energiegewinn gerechnet werden. Doch auch dies muss differenziert betrachtet werden.

Zunächst jedoch ist der entscheidende Unterschied, dass die tatsächlichen Wetterdaten des jeweils betroffenen Standorts des Gebäudes in die Berechnungen einfließen. Die ENEV legt lediglich drei Standard-Standorte als Wetterdaten zugrunde. Überdies sind alle Annahmen hinsichtlich Prozessenergie – also Beleuchtung, Klimatisierung, Geräte (Computer / TV-Geräte) – statisch festgesetzte Pauschalannahmen, die je

Gerhard Kuder

# Thermodynamische Berechnungen

## Das System der Thermodynamischen Simulationen

nach Gebäudetyp unterschiedlich ausfallen können. Als weiterer Faktor spielen Art und Dauer der Nutzung eine entscheidende Rolle. Das heißt zum Beispiel, dass mit einer dynamischen Simulation eine halbtags genutzte Schule anders gerechnet wird als eine Ganztagschule. Selbiges gilt auch für die Nutzung eines Wohnhauses. Die ENEV benutzt dazu lediglich Standardprofile, deren statische Werte über Durchschnittswerte ermittelt wurden.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die dynamische Simulation alle Werte individuell ermittelt und verwertet: die Wetterdaten auf den Standort, die Prozessenergie auf die Personenanzahl und die tatsächlich vorhandenen Lampen, Geräte und Maschinen und die Nutzungsdauer auf die exakten Zeiten der Tätigkeit.

Zur Betrachtung von Wärmeströmen in einem Gebäude und deren Bauteilen müssen die bauphysikalischen Daten der einzelnen Schichten festgelegt werden. Dies kennt man aus den üblichen Verfahren zur Ermittlung des U-Wertes von Bauteilen, also Art des Mauersteins nach Lambdawert und Steindichte, die dem Speicherwert des Materials entspricht. Dazu gehören alle anderen damit verbundenen Schichten wie Innen-

putz, Außenputz oder – bei mehrschaligen Konstruktionen mit Luftschicht – die anderen Materialien. Zwischen diesen findet der Austausch von Wärmeenergie und Dampfdiffusion statt; das heißt, dass wasserhaltige Luft durch einen Bauteil wandert. Dampf wandert immer vom höheren Partialdruck, im Regelfall der wärmeren Luft, zum niedrigeren, der kälteren Luft, also im Winter bei einem Haus von innen von außen.

Deshalb sollen Wände und Decken von innen dampfdichter sein als von außen. Manche Baustoffe sind dampfdicht – Beispiel: Glas, Stahl. Manche Baustoffe bremsen den Dampf. Wärmeenergie und Feuchtigkeit werden durch die einzelnen Materialien des Wandaufbaus transportiert und gespeichert. Gleiches gilt auch für das Innenklima eines Gebäudes, das Schwankungen aus der Nutzung unterworfen ist. Die Bedingungen an der Außenhaut eines Gebäudes sind permanenten Änderungen

unterworfen. Die Witterungsverhältnisse wie Lufttemperatur, Wind, Einstrahlung, Beschattung und Feuchtigkeit befinden sich in ständigem Wechsel. Die Schwankungen der Außenbedingungen und der Innenbedingungen einer Wand bilden sich auch in dieser Wand selbst ab. Die Nutzung eines Gebäudes mit den wechselnden Bedingungen spielt dabei eine ebenso bedeutende Rolle. In Büros, Schulen und Kindergärten sind zum Beispiel durch die inneren Lasten (Prozessenergie) auch im Winter ausreichend Wärmequellen vorhanden, so dass die Heizung nur zum Aufheizen vor Nutzungsbeginn notwendig ist.

Werden speicherfähige Baustoffe (Holzverkleidungen, Putzbeschichtungen, Vormauerung) an der Innenseite platziert, wird die Schwankung der Oberflächentemperatur gedämpft. Durch eine dämmende äußere Schicht wird die Wärmeabfuhr gebremst, so dass im Winter weniger Wärme durch die Wände nach außen gelangt. Das ist aber auch im Sommer der Fall; denn die Wärme, die sich in den Räumen ansammelt, verbleibt da und muss mit zusätzlichen (technischen) Maßnahmen abgeführt werden.

Um die Orientierungsabhängigkeit der hinterlüfteten TWD darzustellen, werden effektive k-Werte für die gesamte Heizsaison des Testreferenzjahres für süd-, west-, nord- und ostorientierte Wände berechnet. Die Tabelle zeigt die Werte für 5 Zentimeter starke hinterlüftete transparente Wärmedämmung für den Nutzungsgrad 1 und für reale Nutzung mit  $N > 1$ .

Orientierung	$k_{sys}$ -Wert [W/m²K]	Effektiver k-Wert [W/m²K]	
		N = 1	N < 1
Süd	0,93	-0,59	-0,58
West	0,93	-0,24	-0,24
Nord	0,93	0,08	0,09
Ost	0,93	-0,31	-0,30

Die Unterschiede zwischen idealer und realer Nutzung im Mittel sind minimal. Die Orientierungsabhängigkeit zeigt sich jedoch deutlich. Für östliche und westliche Orientierung kann ungefähr die Hälfte der  $k_{eff}$ -Werte der Südfassade angenommen werden. Für nördliche orientierte Wandflächen wird deutlich, dass die Gewinne im Mittel nahezu die Verluste ausgleichen.

1 Ein besonders dynamisches Verhalten stellt die Sonneneinstrahlung dar. Tagsüber verändert sie den Einfallswinkel (Azimut) und die Lage – morgens, mittags, abends –, dazu verändert sich die Einstrahldauer in den unterschiedlichen Monaten des Jahres. Im Gegensatz zur Direktstrahlung der Sonne spielt die Diffusstrahlung eine ebenso bedeutende Rolle. Aufgezeichnete Messungen haben ergeben, dass auf den sonnenabgewandten Seiten eines Gebäudes brauchbare Temperaturen in den Luftzwischenräumen

vorhanden sind. Das gilt auch für trübes Wetter, wenn es bewölkt ist oder regnet. Diese Strahlung erwärmt die Oberfläche des Bauteils, die je nach der Materialbeschaffenheit und Speicherfähigkeit des verwendeten Materials sehr unterschiedlich sein kann. Von dieser Temperatur der Oberfläche der Außenflächen wird ein Teil der Wärme wieder an die Außenluft abgegeben.

Bei einer transparenten oder transluzenten Schicht vor einer Massivwand erwärmt sich die Oberfläche des Wandmaterials, so dass diese den Wärmefluss von innen nach außen bremst oder umkehrt. Damit sorgt der Wärmefluss für eine Erwärmung der Wand, die je nach Materialart eine Wirkung wie eine Wandheizung entfalten kann.

Die Energie, die auf der Oberfläche auftritt, wird in der Massivwand gespeichert. Durch die Dämmwirkung von Luft und transparenten Flächen wird die Energie im Bauteil und im Luftraum gehalten. Ein Teil davon wird durch den Übergang von Wand zu Luft an die Luft im Zwischenraum zwischen transparenter Hülle und Massivwand abgegeben, so dass sich auch diese erwärmt. Die Warmluft des Kollektors kann aber auch aktiv genutzt und zum Beispiel kälteren Zonen zugeführt werden.

Die Warmluft in diesen Zwischenräumen kann also organisiert werden. Das hat diverse Vorteile, weil damit Kreisläufe hergestellt werden können. Bei normalen Fenstern gelangt der Solareintrag direkt in den Raum und muss dort im Gesamtzusammenhang der Wärmegevinne berücksichtigt werden. Bei großen Flächen geht dies nur mit entsprechendem Sonnenschutz. Dieser Umstand ist jedoch in gewisser Weise kontraproduktiv, weil damit auch Energiegewinne ausgeschlossen werden. Die effektivere Strategie im Sinne des Energiesammelns ist der Einsatz von Kastenfenstern. Die erwärmte Luft im Kastenfenster, also die Luft im Zwischenraum der beiden Fensterflächen (der inneren und der äußeren), kann differenziert genutzt werden. Vorausgesetzt, die Einteilung der Fenster berücksichtigt die entsprechenden thermischen Möglichkeiten. Damit lassen sich auf einfachste Art und Weise die Nachtauskühlung sowie ein differenzierter Wärmeeintrag betreiben. Der Sonnenschutz wird durch den Blendschutz ersetzt, damit man den Wärmeeintrag immer steuern kann.

Um diese komplexen thermodynamischen Vorgänge zu berechnen, sind thermodynamische Simulationen notwendig. Diese Simulationen können in einem sehr engen Zeitraster (täglich / stündlich) angelegt werden, um die inneren und äußeren Bedingungen (Klimadaten) eines Gebäudes zu erfassen. Dazu müssen die verschie-

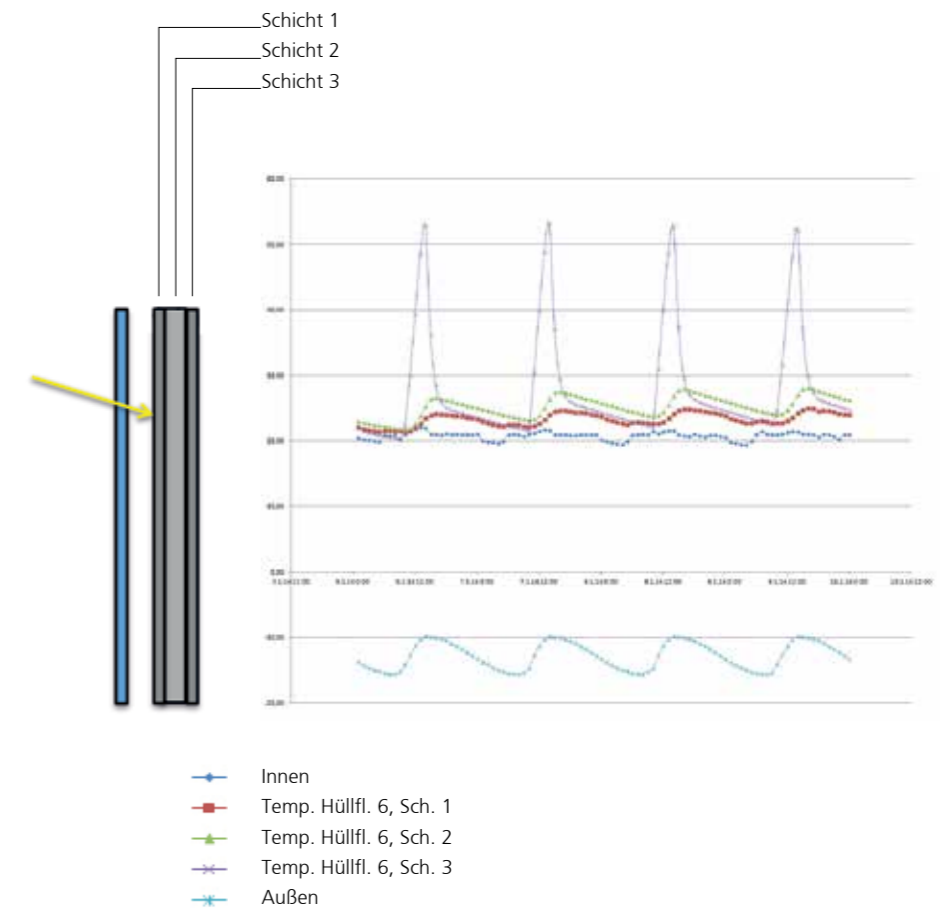
denen Nutzungszonen im Gebäude exakt definiert werden. Das heißt, dass Räume anderer klimatischer Bedingungen wie beispielsweise Treppenträume, Energiegärten, geschlossene Laubengänge, Eingangszonen, definiert werden müssen. Dazu gehören aber auch Bereiche, die wegen der Nutzung eine andere Temperatur oder eine andere Luftwechselrate benötigen oder bedingt aus der Nutzungsart auch höhere Prozessenergien generieren.

Die Thermodynamische Simulation berechnet alle diese wärmetechnisch relevanten Vorgänge innerhalb der Bauteile in kurzen zeitlichen Intervallen und bilanziert das gesamte Gebäude, ähnlich einem komplexen Organismus, zum Beispiel: Wärmeleitung durch Bauteile und deren Schichten, Wärmespeicherung in den Bauteilen, Wärmeübergänge von Bauteilen zu Luft und Wasser und Wärmestrahlung von außen und zwischen Bauteilen.

Die dynamische Berechnung ist für stark wechselnde Energieströme, wie sie von außen durch Strahlung, Tag- / Nachtwechsel und von innen durch hohe Wärmelasten mit unterschiedlichen Nutzungszeiten entstehen, besonders wichtig.

Vergleicht man die höchst differenzierte Betrachtung der thermodynamischen Simulation mit der statischen Betrachtung der ENEC, wird jeder erkennen, dass die ENEC für die Berechnung des Jahresenergiebedarfs ungenau und wenig hilfreich ist. Dies gilt insbesondere für die Berechnung der Sonneneinstrahlung auf transparente Oberflächen wie Fenster oder transparente Wärmedämmung. Durch die Berechnung mit der Speicherung der eingestrahelten Wärmeenergie kann der Jahresenergiebedarf realistisch berechnet werden. Da die Wetterdaten für die Werte des Testreferenzjahres der jeweiligen Region verwendet werden, wird das Gebäude damit auch in seiner tatsächlichen Umgebung berücksichtigt.

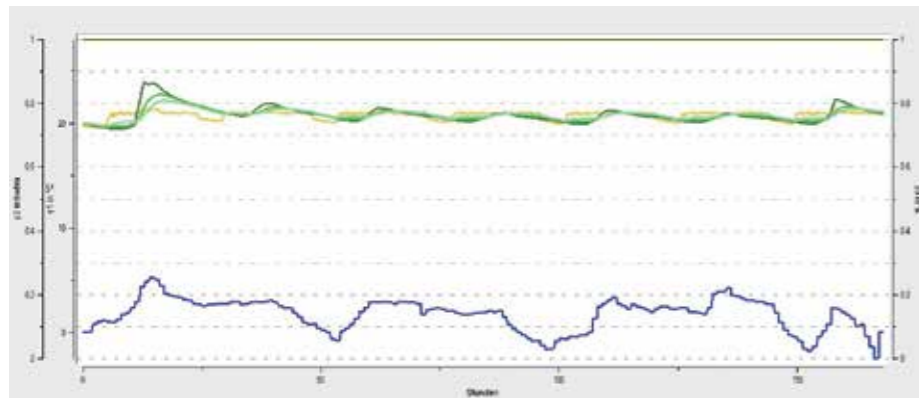
2 Schichtaufbau mit den Temperaturen einer sonnigen kalten Januarwoche



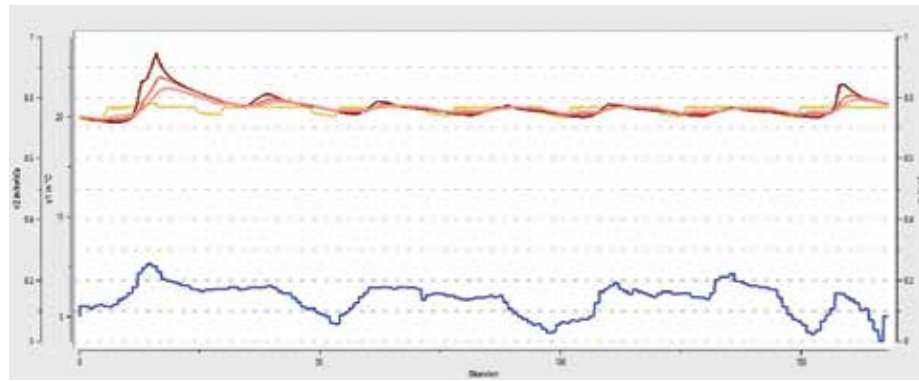
2 In einer uns vorliegenden Untersuchung wurde versucht, einen äquivalenten U-Wert zu bilden. Dieser wurde sowohl durch Simulation als auch durch Labormessungen ermittelt. In der „Untersuchung des Energie-transportes in einer konvektiv hinterlüfteten transparenten Wärmedämmfassade“ von Günther Liersch, Heidenheim, wurde festgestellt, dass über das Winterhalbjahr gesehen

transparente Oberflächen vor einer Ost-, West- und Südfassade rechnerisch negative äquivalente U-Werte aufweisen. „Die gebäudespezifischen Kenngrößen Energieeinsparpotenzial, Nutzungsgrad und effektiven k-Werte wurden über Gebäudesimulationsberechnungen mit einem Testreferenzjahr TRY 7 als Datengrundlage ermittelt. Hierzu wurde das vorhandene Simulationsprogramm SIMHAUS erweitert. Die Summe der eingesparten Heizenergie über die Heizsaison (September bis Mai), bezogen auf die TWD-Fläche, beträgt 166,4 kWh/m². Für

3 Temperaturen einer trüben Januarwoche



Temp. Hüllfl. 12, Sch. 1  
Temp. Hüllfl. 12, Sch. 2  
Temp. Hüllfl. 12, Sch. 3  
Umgebungstemperatur  
Lufttemp. im Haus



Temp. Hüllfl. 6, Sch. 1  
Temp. Hüllfl. 6, Sch. 2  
Temp. Hüllfl. 6, Sch. 3  
Umgebungstemperatur  
Lufttemp. im Haus

3 Oktober bis Mai ergab sich für die Südwand ein mittlerer  $k_{eff}$ -Wert von  $-0,6 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ , für eine Nordwand  $0,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ ." (1)

Der Aufbau einer typischen Kollektorfassade gestaltet sich durch: Transparente Vorsatzschale aus Verbundglas, Profilit oder transparentem Kunststoff in Mehrschichtplatten, Luftraum mit Unterkonstruktion und einem mehrschichtigen Wandaufbau, der für Wärmeaufnahme aus der Strahlung und deren Speicherung optimiert ist. Die

Berechnungen und die Messungen an ausgeführten Gebäude zeigen: An klaren Wintertagen werden durch die Sonnenstrahlung am Tag die Schichten der Wand erwärmt, so dass diese auch nachts über der Raumtemperatur liegen. Das bedeutet, dass keine Wärme aus dem Raum abgeführt wird, sondern die Wand Wärmeenergie in den Raum abgibt. An trüben Wintertagen wird durch die Difusstrahlung die Wand tags erwärmt, so dass die Wandtemperatur auch nachts nur geringfügig unter der Raumtemperatur liegt. Im Sommer muss durch eine intensive Hinterlüftung die Wärme aus dem Fassadenzwischenraum abgezogen werden.

Bei kalten Außentemperaturen im Winter von minus 10 bis 15°C ist häufig klarer Himmel mit Sonneneinstrahlung. Das Beispiel zeigt, dass am Tag durch Strahlung die Oberflächentemperatur der Massivschicht hinter der transparenten Hülle über 50°C steigt und auch in der Nacht nicht unter 20°C fällt.

4 Temperaturverlauf im Sommer, sonnige Woche, Süd

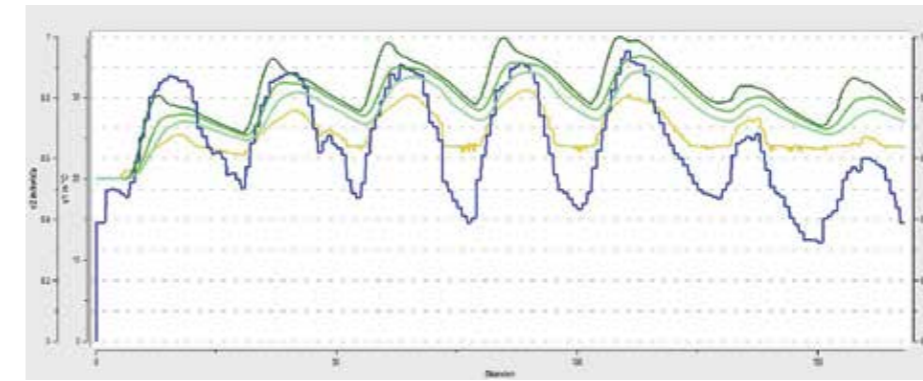
Im Winter ist bei trübem Wetter bei Außentemperaturen um 0°C zu sehen, wie auch bei geringer Einstrahlung die Temperatur am Tag über der Raumtemperatur liegt. Die Oberflächentemperaturen der Wand im Fassadenzwischenraum sind nahe den Raumtemperaturen. Dadurch wird keine Wärmeenergie durch die Wand nach außen transportiert.

Die Einstrahlung erhöht die Oberflächentemperatur der Schicht 1, so dass Wärme in den Raum transportiert wird, die durch Lüftung – insbesondere durch Nachtauskühlung – abgeführt werden muss.

**Anmerkung**

1 Günther Liersch, Heidenheim: Untersuchung des Energietransportes in einer konvektiv hinterlüfteten transparenten Wärmedämmfassade VDI Verlag Reihe 4 Bauingwesen Nr. 120 )

*Dipl.-Ing Gerhard Kuder ist studierte Haustechnik in Esslingen. Von 1972 bis 1978 war er als Ingenieur für Planung und Ausführung in der Fachrichtung Klimatechnik und CAD-Entwicklung im Büro Dr. Herbst in Berlin tätig, 1978 bis 1982 folgte eine Station bei der Firma Schmidt-Reuter als Ingenieur im Bereich Planung, bis 1988 war Kuder Büroleiter der Fa. LTG Stuttgart die Geschäftsleitung inne, seit 2003 ist Gerhard Kuder Geschäftsführender Gesellschafter bei Balck und Partner Facility Engineering deren Arbeitsschwerpunkt in der Entwicklung von Energiesystemen liegt.*



Temp. Hüllfl. 12, Sch. 1  
Temp. Hüllfl. 12, Sch. 2  
Temp. Hüllfl. 12, Sch. 3  
Umgebungstemperatur  
Lufttemp. im Haus

4

# Atem anhalten

Atem anhalten führt zum Anstieg des arteriellen und alveolären  $p\text{CO}_2$  und zum Abfall des  $p\text{aO}_2$ . Mit Erreichen eines  $p\text{aCO}_2$  von 50 mm Hg nach Raumlufatmung kann der Atem nicht mehr angehalten werden. Durch Voratmung von Sauerstoff wird die Dauer des Atemanhaltens trotz ansteigender  $p\text{aCO}_2$ -Werte verlängert. Am stärksten ist dieser Effekt nach Hyperventilation und Präoxygenierung, bei denen Zeiten bis zu 14 min erreicht wurden. Begrenzender Faktor ist die Abnahme des Lungenvolumens bis zum Residualvolumen, bedingt durch die Aufnahme des alveolären Sauerstoffs in das zirkulierende Blut der Lungenkapillaren. Atem anhalten führt zum Anstieg des arteriellen und alveolären  $p\text{CO}_2$  und zum Abfall des  $p\text{aO}_2$ . Mit Erreichen eines  $p\text{aCO}_2$  von 50 mm Hg nach Raumlufatmung kann der Atem nicht mehr angehalten werden. Durch Voratmung von Sauerstoff wird die Dauer des Atemanhaltens trotz ansteigender  $p\text{aCO}_2$ -Werte verlängert.

Simon Gehrmann und Joachim Schulze

# Jans Alternative

## Energetische Freiräume für Planer

Ob er sich sicher sei, dass die optische Anmutung seiner Fassade zu dem Rest des Quartiers passe, fragte Professor Yondratschek den Architekturstudenten Jan. Schließlich bewege er sich in einem empfindlichen Raum voller denkmalgeschützter Gebäude, innerhalb eines historischen Stadtquartiers einer Stadt, die ohnehin stolz auf ihren Baubestand sei. In der Tat ist das Gebiet, in dem Jans Entwurf steht, seit der Gründerzeit von historisch wertvollen Fassaden geprägt, die den Krieg größtenteils unbeschadet überstanden haben – bis auf jenen Teil des Blocks, der in den Nachkriegsjahren neu aufgebaut wurde und von den Studierenden nun bearbeitet werden soll. Die Aufgabe hat einen besonderen Reiz: die Verknüpfung von wertvoller Bausubstanz mit neuen, innovativen Ideen. Was Innovation ist und wie diese umgesetzt wird, ob es dabei um die Materialwahl, flexible Grundrisse oder den außergewöhnlichen Umgang mit der angrenzenden Bebauung geht, darauf muss jeder Student im Laufe der Bearbeitung eigene Antworten finden. Wie in der zeitgemäßen Lehre an vielen Architekturfakultäten üblich, sollte auch die Frage nach der energetischen Versorgung der Gebäude im Rahmen der Aufgabe zumindest auf der Konzeptionsebene schlüssig beantwortet werden. Schließlich beansprucht der Baubestand fast 50 Prozent des gesamten Energieeinsatzes in Deutschland.<sup>1</sup>

Jan ist sich nach der intensiven Beschäftigung mit dem Bestand sicher, dass ein kompletter Abriss und Neubau der drei Ge-

bäude in der beengten räumlichen Situation des Blocks nur schwer zu realisieren ist. Im Innenhof befindet sich außerdem ein Garten, der von den Mietern genutzt wird und den es im Sinne der Aufgabe zu schonen gilt. Er genießt Kultstatus unter den Anwohnern und übt seine Anziehungskraft bei bestimmten Festen sogar weit über die Grenzen des Blocks aus. Schwere Baufahrzeuge stellen in einer derartigen Situation ein Problem dar. Jan ist einer der Studenten, denen es gelingt, in ihren Arbeiten ein hohes Maß an Realismus mit dem Entwurf zu verknüpfen; er kennt den beruflichen Alltag als Planer und die Kommunikation mit Bauherrngruppen, privaten Bauherren oder Bauträgern gut. Im Laufe seines Studiums hat er regelmäßig in einem Architekturbüro gejobbt, das sich auf den Wohnungsmarkt und die Zusammenarbeit mit eben solchen Gruppen spezialisiert hat. Mit seinen Entwürfen, die stets versuchen, das Bestmögliche aus einer Aufgabe herauszuholen, hat er nicht nur im Büro großen Erfolg, er gehört zu den besten Studenten der Fakultät.

Nach der eingehenden städtebaulichen Analyse konzentriert sich Jan auf jene Gebäudeteile von 1964, die in den letzten 50 Jahren wie ein Fremdkörper in dem einzigen Teil des Blocks standen, der Kriegsschäden verzeichnete. Auffällig sind das flach ausgeführte Dach und die vier Vollgeschosse, während die umliegende Bebauung ausnahmslos über fünf Vollgeschosse und Mansarddach verfügt. Neben der typischen fünfziger Jahre Putzfassade ist dies ein Grund, weshalb die drei neuen Gebäudeteile den Block optisch nicht einfassen konnten, der sonst von Sandstein-Fassa-

den geprägt ist. Die Tragstruktur, die sich in den massiven Wänden im Grundriss deutlich abzeichnet, eröffnet verschiedene Möglichkeiten, die Aufteilung der Wohnungen zu optimieren und den modernen Bedürfnissen anzupassen, was bei Gebäuden dieser Bau- altersklasse nicht immer der Fall ist. Die Häuser haben je drei Wohnungen pro Geschoss, die in ihrer Nutzung unflexibel sind. So geben die Zimmergrößen und deren Zuschnitte eindeutige Nutzungen vor, womit diese für viele moderne Lebensformen wie Patchwork-Familie oder berufstätige Wohngemeinschaften unattraktiv sind. Durch das behutsame Entfernen einiger nicht tragender Wände und dem dezidierten Hinzufügen neuer Wände werden aus den drei Wohnungen zwei, die in ihrer Größe und Aufteilung aktuellen Bedürfnissen entsprechen. Diesen Gedanken hatte Jan bereits bei seinem ersten Blick auf die Bestandsgrundrisse. Neben einem durchgesteckten und nach zwei Seiten offenen Wohnbereich bieten die Wohnungen nun auch drei gleichwertige Individualräume an.

### Vorbildlich. Vorbildlich?

In den letzten Jahren arbeitete Jan an einem Projekt, das im Zuge eines fünfziger-Jahre-Umbaus statt eines herkömmlichen Wärmedämmverbundsystems eine neuartige Luftkollektorfassade verwendet. Im Gegensatz zur konventionellen Dämmung handelt es sich dabei um ein System, das die Sonnen-

strahlung einfängt und in Wärmeenergie umwandelt. Solche Luftkollektorfassaden bestehen meist aus vorgehängten Glas- oder Polycarbonatplatten. Dieses Gebäude war ein Prototyp, an dem Jan und seine Kollegen mehrere Jahre gearbeitet hatten und welches erst kürzlich fertig gestellt wurde. Das Haus ist nicht gedämmt, stattdessen stehen die Gewinne des Luftkollektors im Vordergrund der energetischen Konzeption. Das Gebäude wurde von der Architektenkammer als vorbildlicher Bau ausgezeichnet. Ausschlaggebend war dabei auch die Jahresenergiebilanz, die sich durchaus mit der eines Passivhauses messen kann.

Der Student Jan versucht, die umfangreichen Erfahrungen, die er in diesem Projekt sammeln konnte, in seinen Entwurf

einzubringen. Neben der Optimierung der Wohngrundrisse und einer Aufstockung der Gebäude plant er eine ähnliche Fassade. Diese nimmt nicht nur innerhalb des Energieversorgungskonzeptes eine tragende Rolle ein, sondern auch als gliederndes Element, um die Erscheinung des Gebäudes vielfältiger zu gestalten. Sie ermöglicht darüber hinaus die unauffällige Integration von Loggien, was hoffentlich den Ansprüchen des Denkmalschutzes gerecht wird, denkt sich Jan. Da diese mit Abstand vor die eigentliche Wand kommen, um einen nutzbaren Luftzwischenraum zu erzeugen, war es möglich, eine optische

einzubringen. Neben der Optimierung der Wohngrundrisse und einer Aufstockung der Gebäude plant er eine ähnliche Fassade. Diese nimmt nicht nur innerhalb des Energieversorgungskonzeptes eine tragende Rolle ein, sondern auch als gliederndes Element, um die Erscheinung des Gebäudes vielfältiger zu gestalten. Sie ermöglicht darüber hinaus die unauffällige Integration von Loggien, was hoffentlich den Ansprüchen des Denkmalschutzes gerecht wird, denkt sich Jan. Da diese mit Abstand vor die eigentliche Wand kommen, um einen nutzbaren Luftzwischenraum zu erzeugen, war es möglich, eine optische

Fuge auszubilden, die den Umbau klar vom Bestand abgrenzt, seinem architektonischen Empfinden nach die Gründerzeitfassade des Blockes aber ideal ergänzt. Jan nutzt die Neustrukturierung der Grundrisse, um innovative Gebäudetechnik zu installieren. So konnte er eine moderne Lüftungsanlage, ausgestattet mit Wärmerückgewinnung, problemlos und für die Bewohner unsichtbar in die neu zu planenden Wände integrieren.

Jan präsentiert seinen Entwurf vor Professor Yondratschek, einigen Gastkritikern aus der Wohnungswirtschaft und seinen Kommilitonen mit dem Selbstvertrauen, das er sich in den letzten Jahren aneignete. Die Präsentation läuft gewohnt souverän und



Annette Rudolph-Cleff  
und Günter Pfeifer,  
Punkthaus, Mannheim  
2013, Foto: Claudius  
Pfeifer

ansprechend. Professor Yondratschek ist für seine intensiven Diskussionen bekannt, hört gespannt zu und bittet zunächst die Gastkritiker der Wohnungsbaugesellschaft zu Wort. Herr Sramek, der als promovierter Stadtplaner mehr als 600 Liegenschaften verwaltet, kann mit dem von Jan präsentierten Konzept wenig anfangen. Er stellt es in Frage, auch wenn er zugibt, dass sich die Ästhetik des Hauses durch die Polycarbonatfassade zumindest optisch gut in den Block einfügt. Er verweist darauf, dass er in seiner Laufzeit unzählige Wohnungen saniert, umgebaut und neu gebaut habe und sich sicher sei, dass derartige alternative Konzepte, gerade in einem empfindlichen städtebaulichen Kontext, keine Chance hätten. Ganz beiläufig erwähnt er, dass es für einen Umbau dieser Art auch keinerlei Förderung gäbe, was für ein Wohnungsbauunternehmen mitunter ein entscheidendes Kriterium sei. Professor Yondratschek stellte die Idee ebenfalls in Frage. Er kennt das ausgezeichnete Projekt des Büros, an dessen alternativem Energiekonzept sich Jans Entwurf orientiert, weil er den Prozess aus eigenem Interesse verfolgte. Er glaubt jedoch nicht an die Akzeptanz solcher Projekte und kann nicht verstehen, warum solch fragwürdige, alternative Bauvorhaben überhaupt ausgezeichnet werden. Warum glaubt Professor Yondratschek nicht an den Erfolg solch alternativer Projekte, warum ist Dr. Sramek davon überzeugt, dass derartige Bauvorhaben keine Chance haben, sich zu etablieren? Warum gibt es keinerlei nennenswerte Förderkulisse?

Auch wenn sich das Szenario mit dem fiktiven Studenten Jan so nicht zugetragen hat, erläutert es die hohe Skepsis, die innovative Ansätze im Bereich der energetischen Gebäudesanierung mit sich bringen. Häufig scheint es alternativlos zu sein, über Konzepte nachzudenken, die nicht auf dem von vielen Planern – allen voran der Dämmstoffindustrie – propagierten Wärmedämmverbundsystem (WDVS) basieren, gerade was die Sanierung alter Bestandsbauten angeht.

Die Frage nach den Gründen für dieses Phänomen lässt sich nicht einfach beantworten. Ein Blick auf die aktuelle Förderkulisse

der KfW, die für die meisten Sanierungsvorhaben die interessanteste Möglichkeit darstellt, zinsgünstige Darlehen oder finanzielle Zuschüsse zu erhalten, zeigt eindeutig, dass nur solche Fassadensysteme Teil einer Förderung werden können, die nach dem Prinzip der klassischen Wärmedämmung darauf ausgelegt sind, Verluste nach außen zu minimieren. Eine Fassade, die, wie der Luftkollektor, den energetischen Verlusten auch Gewinne gegenüberstellt, ist in dem Programm bisher nicht vorgesehen. Generell geht der Trend klar in die Richtung der hochgedämmten Gebäudehülle. Um diese sicherzustellen, bedarf es moderner und hocheffizienter Technik, wozu beispielsweise dreifach verglaste Fenster, leistungsstarke Dämmstoffe, lückenlos verklebte Dampfsperren und Lüftungsanlagen gehören. Im Falle der Bestandssanierung stellt es Architekten und Planer vor keine allzu großen Herausforderungen, ein Wärmedämmverbundsystem (WDVS) vorzusehen. Wo kein Bauantrag eingereicht werden muss, kann dieses unter Umständen auch vom ausführenden Handwerk ohne eingeschalteten Architekten aufgebracht werden. Bei der Neuplanung von Gebäuden gibt es zwar Alternativen, dennoch geht es in die gleiche Richtung: Energie sparen, respektive dämmen. Soll der Dämmstoff auf der Fassade aufgebracht werden, bedeutet dies fast immer den Einsatz eines gerade aus ökologischer Sicht fragwürdigen Produkts: WDVS. Konzepte, die sich jenseits dieser Entwicklung positionieren, haben es in der Regel schwer.

Jans fiktiver Entwurf gewinnt Energie, indem er das Sonnenlicht nutzt, um „heiße Luft“ zu erzeugen. Diese umspült hinter der Fassade aus Polycarbonat das Gebäude, vermindert die Transmissionswärmeverluste nach außen und reduziert somit den notwendigen Heizwärmebedarf. So fiktiv wie die Geschichte erscheint, so realistisch ist deren Hintergrund: Das Fachgebiet Entwerfen und Stadtentwicklung hat gemeinsam mit dem Praxislabor „Fondation Kybernetik“ von

Günter Pfeifer und Annette Rudolph-Cleff in Mannheim das sogenannte Punkthaus errichtet, das mit mehreren Preisen ausgezeichnet wurde<sup>2</sup>. Es handelt sich dabei um den Umbau eines freistehenden Mehrfamilienhauses aus den sechziger Jahren, das sich das Prinzip der Kybernetik zunutze macht und über die Fassade genug Energie sammelt, um den Heizwärmebedarf auf etwa 15kwh/m<sup>2</sup>a<sup>3</sup> zu verringern. Dazu wurde vor die bestehende ‚alte‘ Außenfassade im Abstand von circa 20 Zentimetern eine Neun-Kammer-Polycarbonatplatte angebracht. Durch diese transluzente zweite Hülle, die das gesamte Gebäude einfasst, entsteht ein geschlossenes Luftsystem, in das die von der Sonne erwärmte Luft zirkulieren kann. In der Heizperiode bildet diese Schicht eine Art Pufferzone zur kalten Umgebungsluft aus. Damit diese nicht zu warm wird, besitzt die Fassade Lüftungsklappen, die die warme Luft bei Bedarf einfach nach außen entweichen lässt. Im Keller des Hauses befindet sich ein künstlich aufgeschichteter Steinspeicher mit Pufferfunktion, der die Wärmeerträge vom Tag in die Nachtstunden verschiebt. Ermöglicht wurde das Projekt unter anderem mit Hilfe von Fördergeldern der DBU, der deutschen Bundesstiftung Umwelt. Anträge bei der KfW scheiterten trotz intensiver Gespräche unter anderem daran, dass der Transmissionswärmeverlust der Außenwand zu hoch war, da diese nicht konventionell gedämmt ist. Dass diese bilanziell jedoch mehr Energie sammelt als sie verliert, konnte der KfW nicht vermittelt werden. Eine Förderung war nicht möglich, obgleich das Gebäude weit besser da steht, als es die aktuell gültige Energieeinsparverordnung verlangt und rein rechnerisch in die Kategorie der KfW40 Häuser passt.

Die Frage nach der mangelnden Förderkulisse, den Akzeptanzproblemen und den Ursachen für eine hohe Skepsis hinsichtlich alternativer Energiekonzeptionen, sei es auf der Gebäude- oder auf der Quartiersebene, wird derzeit im Rahmen des Forschungsprojekts „iENG“<sup>4</sup> an der TU Darmstadt untersucht. Die Architekten am Fachgebiet Entwerfen

Annette Rudolph-Cleff  
und Günter Pfeifer,  
Punkthaus, Mannheim  
2013, Foto: Claudius  
Pfeifer

und Stadtentwicklung versuchen gemeinsam mit Juristen und Ökonomen der Hochschule Darmstadt sowie Soziologen der Georg-August-Universität in Göttingen diese Phänomene zu erklären. Die Zusammenarbeit erfolgt im engen Austausch mit Vertretern aus der Praxis (Wohnungsbauwirtschaft, Handwerks, Energieversorger) und von Städten und Kommunen. Es soll überprüft werden, welche Einflussfaktoren auf die (mangelnde) Akzeptanz identifiziert werden können, welche Parameter eine besonders große Rolle spielen und welche Möglichkeiten wir Planer haben, diesen zu begegnen und Innovationsdenken anzustoßen.

#### Individuelle Planung

Alternative Energiekonzepte, die möglichst viele lokal verfügbare Energien nutzen und damit den Bezug externer Energien minimieren, müssen individuell geplant werden. Der Standort und die damit verbundene Einbindung in den Kontext sind von entscheidender Wichtigkeit. Dies erhöht den Planungsaufwand, kann jedoch im individuellen Ergebnis mehr leisten als das klassische, überall applizierbare WDV. Gerade auf der Siedlungs- oder Quartiersebene haben Konzepte, die lokale verfügbare Energien erschließen, speichern und gegebenenfalls im Gebäudeverbund austauschen, ein häufig ungenutztes Potential. Der Mehraufwand an Planung treibt die Kosten zunächst in die Höhe, auch wenn diese in einer späteren Projektphase häufig durch den Verzicht auf hochtechnisierte Produkte wieder ausgeglichen werden können.

Ökonomisch betrachtet sind diese Konzepte mit einer Amortisationszeit von zehn bis 15 Jahren nicht teurer als konventionelle Vorhaben. Die finanzielle Planung ist jedoch komplexer und aufwendiger, wodurch viele Bauträger, Banken, Versicherungen oder auch private Bauherren von Beginn an abgeschreckt werden. Konzepte, die dem klassischen Dämmwahn<sup>5</sup> folgen, lassen sich leicht mit standardisierten Methoden berechnen



und kommen ohne aufwendige Planung aus. Wenn das Gebäude dann aufgrund einer falsch angebrachten Dämmung schimmelt oder im Zuge der Sanierung andere Bauschäden auftreten, springen in den meisten Fällen die Versicherungen ein, der Bauherr ist somit abgesichert. Es ist durchaus verständlich, dass man sich hinsichtlich des Investitionsrisikos scheut, Innovationen zu vertrauen und damit neue Wege zu gehen. Dabei wäre es gerade im Bausektor wichtig, diese aufzugreifen und unter der Zuhilfenahme von Banken und der öffentlichen Hand umzusetzen.

Inzwischen haben sich auch Studenten in die Diskussion mit Jan eingemischt und es geht längst nicht mehr nur um den architektonischen Entwurf, sondern auch um die Wohnungsbaugesellschaften und deren individuelle Rolle bei der energetischen Gebäudesanierung. Dr. Sramek verdeutlicht, dass es gerade auf Quartiersebene schwer sei, mit solch individuellen Konzepten zu agieren, da diese bei einer konsequenten Umsetzung komplett entmietet werden müssten. Das führe zwangsläufig zu unüberschaubaren Folgekosten: Mietausfall, Baufolgekosten, Marketing. Dies sei in seinen Augen nur sehr schwer zu beziffern und gerade deshalb seien solche Konzepte zwar interessant, wie auch Jans Entwurf, aber eben hoch problematisch in der Umsetzung.

Prototypen wie das ‚Mannheimer Punkthaus‘ können ihren Teil dazu beitragen, Alternativen zum Wärmedämmverbundsystem aufzuzeigen und neue Wege im Umgang mit sanierungsbedürftiger Bausubstanz zu etablieren. Der Aufbau einer Förderstruktur, die gezielt solche Projekte unterstützt, kann diesen Prozess beschleunigen. Unabhängig einer etwaigen Förderung liegen andere Stolpersteine bei der gegenwärtigen Gesetzgebung. So ist die gültige Fassung der EnEV, zumindest bei der Definition statischer Grenzwerte wie dem spezifischen Transmissionswärmeverlust, unflexibel<sup>6</sup>. Fassaden, die den Verlusten auch Gewinne gegenüberstellen können, haben auf normalem Wege und innerhalb dieser engen Rahmenbedingungen keine Chance. Dabei kann nachhaltige Architektur viel mehr leisten als luftdichte Häuser zu bauen, sofern man den Planenden entsprechende Freiräume gibt.

Dipl.-Ing Simon Gehrmann und Dipl.-Ing. Joachim Schulze studierten Architektur an der TU Darmstadt und sind Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Entwerfen und Stadtentwicklung bei Dr.-Ing. Annette Rudolph-Cleff.

#### Anmerkungen

1 Hegger et al. Energieatlas, 2007, S. 26  
2 Am 06.02.2014 wurde das Punkthaus in Mannheim von der Architektenkammer Baden-Württemberg mit dem Preis „beispielhaftes Bauen in Mannheim 2007-2013“ ausgezeichnet;

3 Ergebnis der thermodynamischen Simulation aus dem Jahr 2012 des Büros Balck+Partner;  
4 Forschungsvorhaben iENG: Intelligente Energienutzung in der Gebäudewirtschaft; BMBF FKZ: 5 vgl. FAZ vom 13.05.2014 von Georg Meck „Stoppt den Dämmwahn“

6 HT' ist der spezifische Transmissionswärmeverlust; dieser wird in der EnEV definiert, in dem der Wärmeverlust über die Gebäudehülle mit dem des EnEV Referenzhauses verglichen wird.

*Die Mm. obliquus externus, rectus abdominis, obliquus internus und transversus abdominis sind die wichtigsten Expirationsmuskeln. Die Kontraktion dieser Muskeln bewirkt eine Druckerhöhung im Bauchraum: Das Zwerchfell wird nach oben gedrängt. Daneben führt die Kontraktion zur Abwärtsbewegung der unteren Rippen und zur Beugung des Rumpfes. Die Bauchmuskeln werden erst aktiviert, wenn der Ventilationsbedarf auf >40 l/min ansteigt, weiterhin beim Husten, Pressen und Erbrechen, das heißt bei allen Vorgängen, bei denen hohe, explosionsartige Drücke und hohe lineare Strömungsgeschwindigkeiten erforderlich sind.*

# Bauchwandmuskeln