

## VL 03

# Elemente des Niedrigenergiestandards in Gebäuden mit Tagesnutzung

Arbeitshilfen zur Vorlesung

Technischer Ausbau

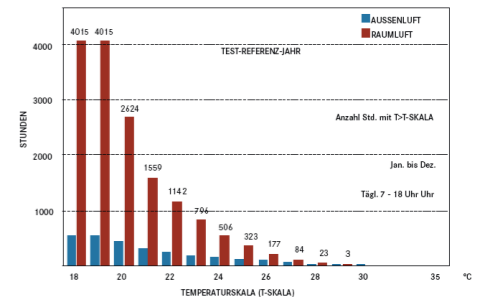
## Elemente des Niedrigenergiestandards in Gebäuden mit Tagesnutzung

### Gebäude mit Tagesnutzung

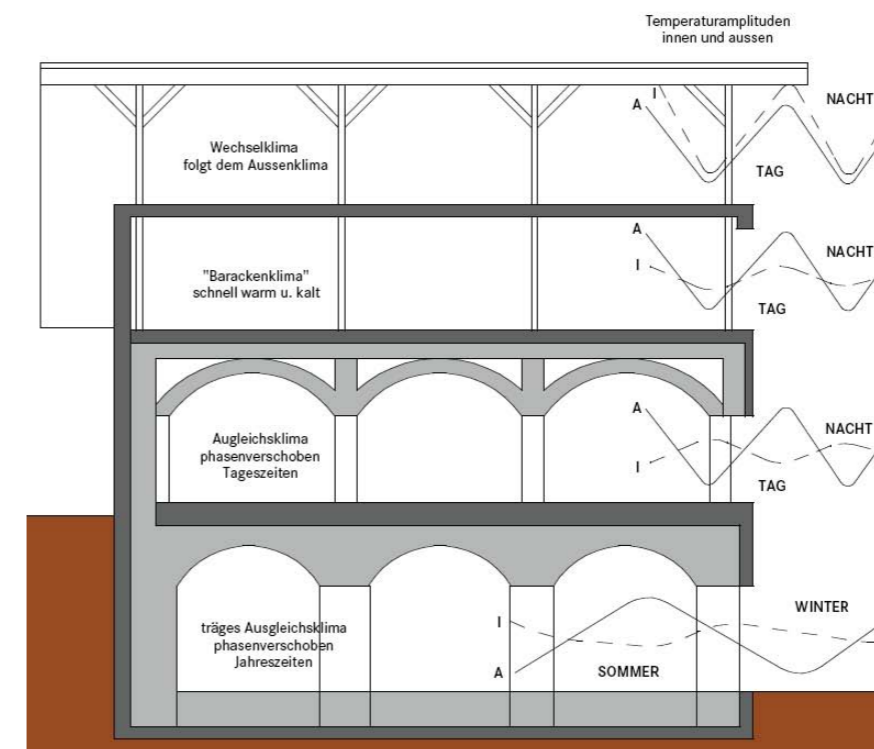
Für Gebäude mit Tagesnutzung sind andere Maßnahmen sinnvoll als bei Wohngebäuden, das heißt wir müssen bei der energetischen Konzeption eines solchen Gebäudes die Art und den Zeitraum der Nutzung berücksichtigen. Gebäude mit Tagesnutzung wie Bürogebäude oder Schulen haben einen höheren Bedarf an Tageslicht, höhere interne Wärmequellen (Computer, Kunstlicht, menschliche Abwärme) und die Heizung kann in der Nacht und am Wochenende herunterreguliert werden. Diese Aufgaben kann die Gebäudehülle und -struktur genauso gut übernehmen wie eine aufwendige künstliche Klimatisierung.

### Kühlung

Gebäude mit hohem Verglasungsanteil und hoher Personennutzung können im Sommer leicht Innentemperaturen erreichen, die über 28°Celsius und damit über dem Behaglichkeitsbereich liegen. Diesem Problem wurde früher mit Klimaanlage technisch auf den Leib gerückt. Durch eine sinnvolle Gebäudestruktur kann man auf eine Klimaanlage jedoch verzichten, womit auch hohe Kosten eingespart werden. Ausreichend ausgebildete Speichermassen im Gebäude wie Wände und Decken können durch eine



Innen- und Außenraumtemperatur eines Büroraumes bei starker Sonneneinstrahlung



Die regulierende Wirkung der Bauweise (schwer - leicht) auf das Innenraumklima: Schwere, massive Wände „speichern“ Wärme oder Kälte über die Jahreszeiten hinaus steuern so zu einem ausgeglichenen Innenraumklima bei, während die leichte Skelettbauweise keine Speichermasse besitzt und sich die Innenraumtemperatur so schnell dem Außenklima anpasst. Die Phasenverschiebung zwischen Tag und Nacht wird bei der Nachtkühlung ausgenutzt.

## Impressum

TU Berlin  
FG Gebäudetechnik und Entwerfen  
Straße des 17. Juni 152  
D-10623

[www.blog.gte.tu-berlin.de](http://www.blog.gte.tu-berlin.de)

Texte: Prof. Claus Steffan

© bei den Autoren/ gte 2010

Nur für Lehrzwecke: Kein Verkauf Keine Vervielfältigung Keine Verwertung

natürliche Nachtlüftung per Fensteröffnung und mit Sturmhaken leicht geöffnete Innentüren ausgekühlt werden. Die optimale Wirksamkeit kann über eine dynamische Simulationsrechnung rechnerisch ermittelt werden. Sollte die Nachtlüftung einmal nicht ausreichen, können z.B. Kühldecken vorgesehen werden. Die Kühle kann aus dem Grundwasser entnommen oder über Sonnenkollektoren erzeugt werden. Kann auf eine Kühl- oder Klimaanlage verzichtet werden, so ist das ein Faktor, der sowohl Baukosten als auch Betriebskosten in erheblichem Maße einspart.

**Luft und Lüftung**

Luft ist das Medium, in dem wir leben wie der Fisch im Wasser. Dennoch gehen wir mit diesem uns hautnah berührenden Stoff ziemlich achtlos um. Wir vergiften und verschmutzen ihn, obwohl dies Schadstoffe in unsere Lungen bringt. Gleichermäßen bildet die Lufthülle der Atmosphäre einen unverzichtbaren Schutzschild gegen schädliche Strahlung aus dem Weltall. Nicht zuletzt ist die Sinneserfahrung des Duftes eine notwendige Bereicherung für unser Befinden. Unsere Häuser sind Luftgefäße. Dies kann sowohl zum klimatischen wie architektonischen Thema werden.

**Energetische Optimierung**

Die Entwürfe und ihre einzelnen Bauteile können energetisch und kostenmäßig mit Hilfe einer dynamischen Gebäude-Computer-Simulation und auch ergänzt durch Windkanalstudien optimiert werden.

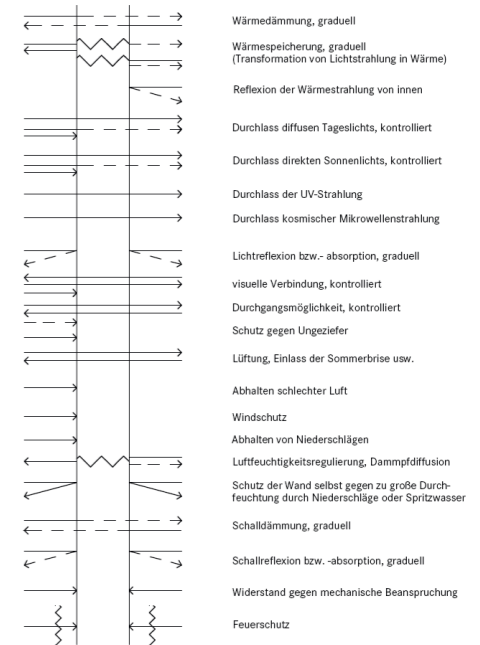
**Belichtung**

In Gebäuden, in denen gearbeitet und gelernt wird, gelten höhere Anforderungen an die Belichtung als im Wohnbereich. Gerade hier ist es wichtig, auch aus psychologischen Gründen, möglichst natürlich zu belichten. Bei meinen Verwaltungsbauten setzte ich deshalb möglichst durchgehende Pfosten-Riegel-Fassaden ein. Hierdurch können langfristig große Mengen

an elektrischem Strom eingespart werden. Unerlässlich ist hier ein ausreichender außen liegender Sonnenschutz, der einer sommerlichen Überhitzung entgegensteuert. Wichtig ist vor allem bei Computerarbeitsplätzen der Blendschutz.

**Integration Licht - Wärme - Luft**

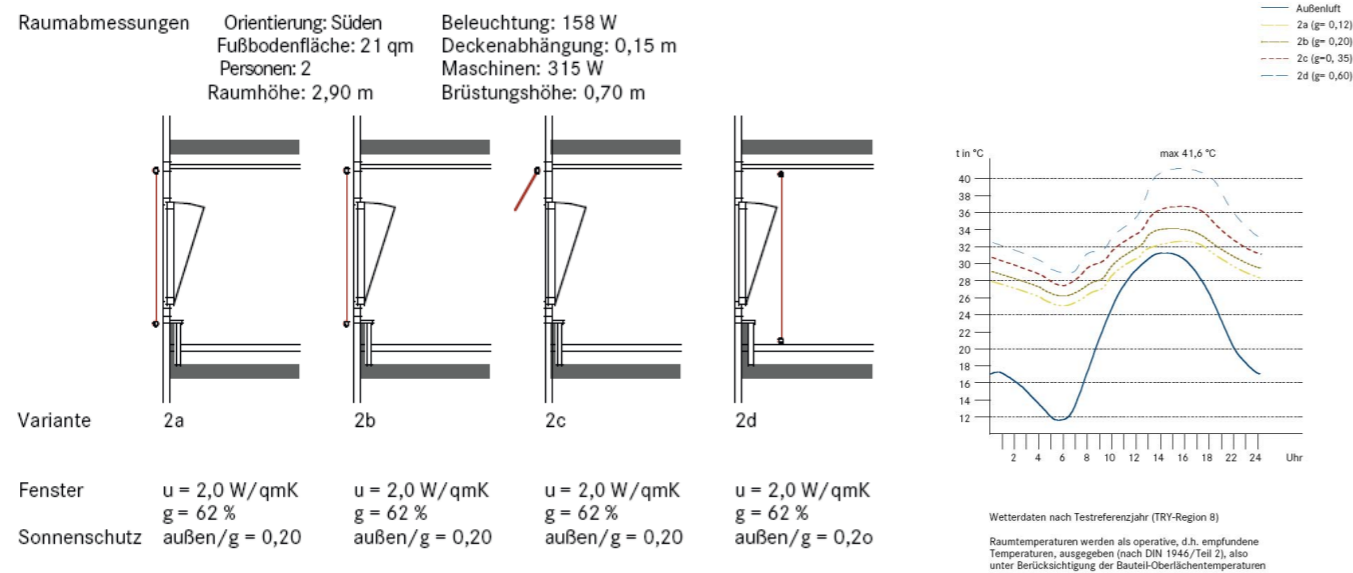
Wie Sie an meinen Bauten sehen, versuche ich, die Gebäudehülle und -struktur zu optimieren und den Energieverbrauch dann mit Hilfe einer angepassten Haustechnik zu minimieren. Meine Fassaden sind in Hinblick auf Energieeinsparung bzw. passiven Gewinn ausgelegt und zielen auf Synergieeffekte. So ist der Sonnenkollektor gleichzeitig Sonnenschutz für die Südfassade. In Zukunft wird die Gebäudehülle als Mittler zwischen Innen und Außenklima immer mehr Funktionen der Gebäudetechnik übernehmen. Ihre Filterfunktion war in der Vergangenheit nur passiv und zwangsläufig relativ grob. Da sich die Klimaqualitäten des Außenklimas mit den Tages- und Jahreszeiten deutlich verändern, sollte auf diese dynamischer reagiert werden können. Neuere technologische Entwicklungen vor allem im Steuerungsbereich geben und heute Möglichkeiten an die Hand, die Gebäudehülle selbst dynamischer für die wechselnden Anforderungen der Innenklimasteuerung einzugehen. Komplexe, mehrschichtige Fassaden sind in der Lage oder werden in der Lage sein, die Funktionen Lichtdurchlässigkeit, Wärmedämmung, Sonnenschutz anpassungsfähig und selbstregelnd zu steuern und damit den Energieverbrauch und den Bedarf an aktiver Haustechnik zu senken. Baustuktur und angepasste Gebäudetechnik sind dann nicht mehr zu trennen.



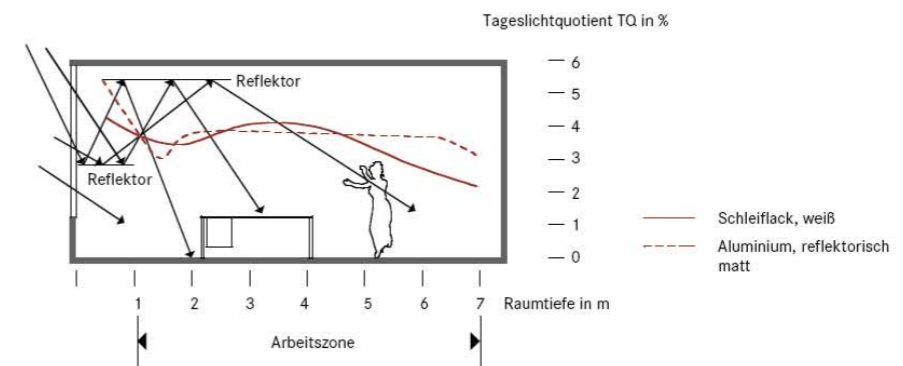
Funktionsaspekte einer Wand

**Neuere Glastechnologie**

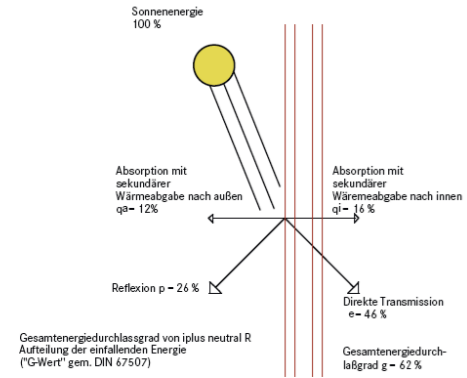
Auf kaum einem Sektor der Bautechnik wurden in den letzten Jahren solche Fortschritte erzielt wie auf dem Glassektor. Haben normale Doppel-Isolierverglasungen einen U-Wert von 2,6 W/m<sup>2</sup>K, so finden Spezial-Isolierverglasungen mit einem U-Wert von 1W/m<sup>2</sup>K bereits durchaus Verbreitung. Auf dem Markt ist nach diesem Prinzip ein Dreischeiben-Glas mit dem U-Wert von inzwischen 0,6 W/m<sup>2</sup>K. Dies entspricht dem U-Wert einer 36,5 cm dicken Ziegelwand. Isolierverglasung verhindert den Transmissionswärmeverlust eines Gebäudes. Sonnenschutzverglasung lässt das sichtbare Licht in das Innere des Gebäudes, reflektiert jedoch einen Großteil der wärmeverursachenden Infrarot Strahlung.



Verschiedene Sonnenschutzvarianten 2a - 2d und ihre Auswirkung auf die Innenraumtemperaturen während einer 5-tägigen Schönwetterperiode. Quelle: Daniels, Klaus: Technologie des ökologischen Bauens, Basel 1999



Tageslichtlenkung im Innenraum - Das Tageslicht wird durch Reflektoren im Innenraum, einen Spiegelreflektor am Fenster und eine Umlenkfläche aus mattem Aluminium oder einem anderen spreizend reflektierendem Material, wie z.B. Schleiflack, in das Rauminnere gelenkt. Dadurch erhöht sich die Nutzbare Raumtiefe.



Absorption und Transmission der Sonnenenergie am Fenster

### Tageslicht

Tageslichtsysteme sind Hilfsmittel, um Tageslicht in tiefere Raumbereiche zu bringen, wenn dies unbedingt erforderlich ist. Da diese jedoch hohe Installationskosten bedingen, ist es wirtschaftlicher, Raumtiefen von mehr als 6 Metern in Verwaltungsgebäuden zu vermeiden. Als nächstes ist das Tageslicht in den Innenräumen für den entsprechenden Entwurf zu bewerten. Es ist anzustreben, dass über möglichst lange Zeiträume eine Tagesbelichtungsstärke von 300 – 400 Lux erzielt wird. Noch sinnvoller ist es aber, durch entsprechende Gebäudekonzeptionen sowohl Tageslicht in alle Bereiche zu lenken, als auch ein günstiges Volumen-Oberflächen-Verhältnis zu erzielen. Prismen, holografisch-optische Elemente, Heliostaten, Spiegel und Reflektoren zur Lichtlenkung lassen sich gleichzeitig als Lichtreflektoren für tiefe Raumteile und als Sonnenschutz für den vorderen Bereich ausbilden.

### Passive Methoden zur Kühllastverringern

Wir haben gesehen, dass bei Gebäuden mit Tagesnutzung passive Gewinne der Sonneneinstrahlung besser genutzt werden können als bei Wohngebäuden. Durch bestimmte Maßnahmen kann die Heizlast während der Heizperiode gegen Null gesenkt werden. Durch angepasste Bautypologie, die das Tageslicht berücksichtigt, kann die künstliche Beleuchtung um bis zu 80 % reduziert werden. Genau aber diese Maßnahmen können im Sommer zu unerwünschten Überhitzungen führen, das heißt, die Solargewinne sind zu groß. Dies darf aber nicht automatisch zu aufwendigen und teuren Klima-Anlagen führen, die die Energieeinsparung des Winters im Sommer wieder auffressen. Eine sommerliche Überhitzung kann durch verschiedene bauliche Maßnahmen abgewendet werden:

- Beschattungsmaßnahmen für Dach sowie Ost-West-Fassaden
- Reflektierende, helle Dach- und Fassadenmaterialien
- Dämm-Maßnahmen für besonnte Flächen
- Verringerung des Kunstlichts, Kunstlicht mit geringster Wärmeabgabe
- Sinnvolle, natürliche Lüftung: - gering, wenn Außentemperatur höher - stark, wenn Außentemperatur geringer
- Ausgleich durch Nachtlüftung bei schweren Gebäuden
- Wenn künstliche Lüftung, dann Quelläftung (im Winter mit Wärmerückgewinnung)

Pufferzonen und Atrien können durch ihren Kamineffekt, die zu warme Luft durch Schwerkraft nach außen ziehen und kühle Luft, z.B. aus dem Keller, nachziehen, so dass die Temperatur auch an einem heißen Sommertag im Atrium um einige Grade geringer ist als die Außentemperatur. Durch Simulationsrechnungen können wir heute gerade das sommerliche Temperaturverhalten sehr gut vorausberechnen und optimieren.

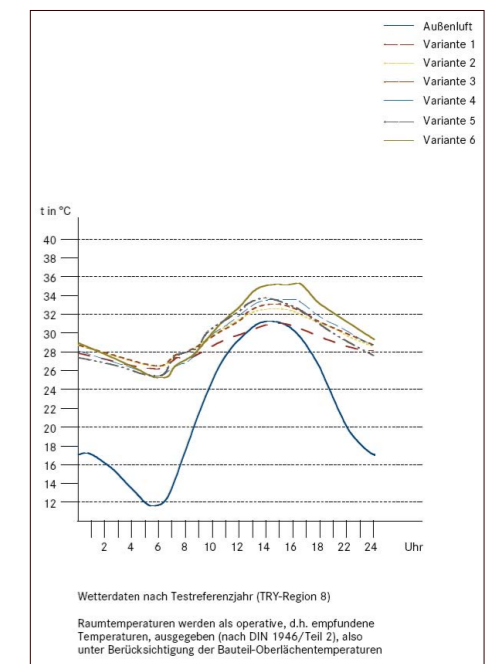
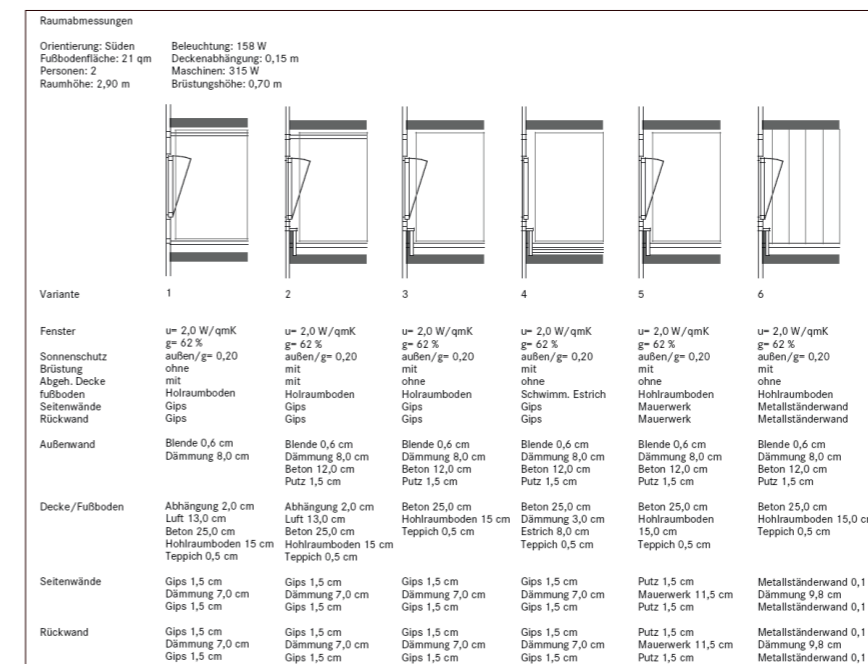
### Behaglichkeit

Die Aufgabe von Gebäuden und deren Ausstattung für Heizung, Kühlung und Belüftung ist ja letztendlich die des Schaffens von Komfort für unseren Körper. Unser Organismus fühlt sich unwohl oder erkrankt, wenn die Abweichungen von gewissen Behaglichkeitsbereichen zu groß werden. Zur Erzielung dieses Komforts wurden in den letzten Jahrzehnten immer mehr vom Gebäude unabhängige technische Systeme eingesetzt, die zu hohen Energieverbräuchen führten. Energieeinsparung darf aber nicht zu

Einschränkungen der körperlichen Behaglichkeit führen. Solararchitektur darf nicht auf Energienutzung beschränkt bleiben. Gerade der psychologischen und physiologischen Wirkung der Sonne messe ich große Bedeutung zu. Seit hunderten von Jahren ist der Mensch daran gewöhnt sich draußen aufzuhalten und es ist erst einige tausend Jahre her, seit er sich teilweise mehr in Häusern als außerhalb aufhält. Das Bedürfnis nach „Natur“ und Sonne ist ein Teil von uns. Wir fühlen uns meist besser, wenn die Sonne auf uns scheint, dieses auch wenn wir auf Vegetation schauen können. Dies sind auch die Gründe, weshalb ich sehr transparent baue. Es sind Versuche den Innenraum zu erweitern und gleichzeitig die Umwelt hereinzunehmen. Diese Elemente sind mir ebenso wichtig wie Energieeinsparung. Solares Bauen sollte beides anstreben.

### Atriengebäude

Ein sinnvoller Bautyp in städtischer Dichte ist der des Atriums. Hierunter verstehen wir einen zentralen Lichthof, der überglast ist. Dieser Lichthof ermöglicht auch - oder gerade - in innerstädtischen, verdichteten Gebieten Gebäude mit sehr großen Gebäudetiefen, also ein sehr günstiges Oberflächen-Volumen-Verhältnis. Der Lichthof schafft Tagesbelichtung für die inneren Bereiche des Gebäudes. Es bedarf keiner zusätzlichen Heizung oder Temperierung. Gewissermaßen stellt er einen Pufferbereich zwischen Innen und Außenraumklima dar. Die Fassade zum Atrium hat geringere Wärmeverluste im Winter durch Fensterlüftung und Konduktion als eine Außenfassade. Das Atrium erhält durch das Glasdach passive Wärmegewinne, die z.B. in der Übergangszeit den zu beheizenden Räumen zugeführt werden können. Selbst an heißen Sommertagen ist es möglich, dass die Temperatur im Atrium geringer ist als die Außentemperatur. Durch Öffnungen im Glasdach und zu kühlen Räumen, wie bspw. dem Keller, entsteht ein Kamineffekt, der dem Atrium kühle Luft zuführt. Das zentrale, glasgedeckte Atrium bildet für mehr angrenzende passive Bereiche einen Pufferbereich als z.B. vor den äußeren Fassaden liegende Pufferbereiche. Es ist als wirtschaftlichere Lösung anzusehen.



Verschiedene Raumvarianten 1-6 und ihre Auswirkung auf die Innenraumtemperaturen während einer 5-tägigen Schönwetterperiode. Quelle: Daniels, Klaus: Technologie des ökologischen Bauens, Basel 1999



Um das Atrium zu einem erfolgreichen Faktor zur Energieeinsparung zu machen, müssen einige grundlegende Faktoren beachtet werden:

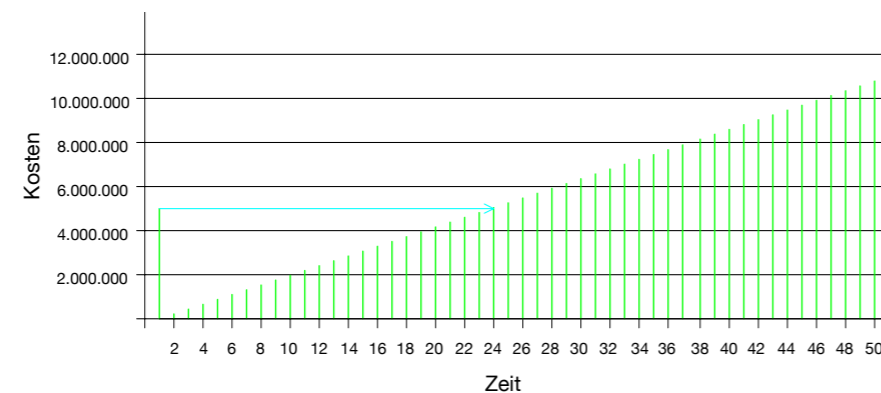
- Die Tageslichtdurchlässigkeit des Glasdaches muss so groß wie möglich sein
- Das Atrium soll mit Frischluft versorgt werden können und einen natürlichen Luftaustausch mit den umgebenden Räumen haben
- Im Sommer muss eine Überhitzung durch hohe Luftwechselraten und eventuelle Beschattungselemente vermieden werden
- Das Atrium selbst soll nicht beheizt werden

#### Mehrschichtige Fassaden

Mehrschichtige Fassaden sind sehr in Mode gekommen und müssen ökologisch kritisch beurteilt werden. So genannte integrierte Fassaden, regelbare, geschichtete Häute kombinieren die Funktionen von Außenwand und Gebäudetechnik. Zweischalige Glaspuffer können im Winter als Sonnenkollektor, im Sommer als Sonnenschutz dienen. Durch natürliche Ventilation wird erwärmte Luft im Winter genutzt, im Sommer nach außen zur natürlichen Kühlung geführt. Solche Versorgungskonzepte reduzieren sowohl den Wärme- wie Kühlbedarf. In der Praxis stoßen solche Konzepte jedoch häufig an ihre Grenzen und führen im Sommer zu einem übermäßigen Kühl- und im Winter zu einem übermäßigen Heizbedarf.

#### Facility-Management

Als Architekten sind wir heute mehr denn je in der Situation, auch den



Baukosten in Bezug auf die Betriebskosten am Beispiel eines Bürogebäudes  
nach: Krimmlig, Jörn; Preuß, André (Hrsg.): Atlas Gebäudetechnik, Köln 2008

späteren wirtschaftlichen Betrieb der von uns zu planenden Gebäude entwerflich zu berücksichtigen. Die wirtschaftliche Betrachtung von Gebäuden kann nicht einseitig an den Baukosten gemessen werden, sondern berücksichtigt den langfristigen Betrieb in allen Belangen. Ein Gebäude darf nicht nur als statisches Ergebnis, sondern muss in seinem gesamten Lebenszyklus betrachtet werden.

Das Facility-Management wird natürlich meist nicht vom Planer selbst betrieben, jedoch mit Zuhilfenahme von CAD-Daten aus der Planung. Der Planer muss bei der Konzeption bereits die spätere Bewirtschaftung des Gebäudes einbeziehen. Die Nutzungsoptimierung und damit verbundene Grundrissänderungen finden in der Regel erst nach Bezug des Gebäudes statt.

Die Daten müssen angepasst werden. Weitere wichtige Aspekte für das spätere Facility-Management sind: Energieverbrauch, Heizung, Stromverbrauch, Datennetze, Wartung, Reinigung, Umzüge, Sicherheit usw.

Diese Teilaspekte verursachen im Betrieb viel höhere Kosten als die Erstellung eines Gebäudes. Dennoch sind die Budgets der Baukosten heute meist gedeckelt. Für Architekten bedeutet dies die Herausforderung gerade mit geringem Budget hohe Qualität zu schaffen. Es erfordert eine intelligente Planung, die zu einer Optimierung der Konstruktion, der Gebäudehülle und des Energiehaushaltes führen muss. Kostengünstig Bauen muss aber auch heißen, einen kostengünstigen Betrieb und Unterhalt langfristig zu sichern. Nur kostengünstig Erstellen mit hohen Unterhaltskosten wäre sehr kurzfristig gedacht.

Eine Betrachtung der Nachhaltigkeit umfasst auch die Folgen des Bauens für unsere Umwelt. Die Energieverbräuche für Heizen, Kühlen, Warmwasser und Elektrizität von Gebäuden bilden ein enormes Einsparpotential. Vielfach wird die Auffassung verbreitet, umweltschonend zu bauen bedeute höhere Baukosten. Dies ist tatsächlich in vielen Beispielen der Fall. Meine Erfahrung zeigt andererseits, dass es möglich ist, sowohl hohe Umwelt- wie auch Bauqualität kostengünstig zu realisieren. Dies erfordert Synergie-Effekte, das heißt Gebäude werden so entworfen, dass die eingesetzten Elemente gleichzeitig mehrere Funktionen übernehmen. Das Gebäude selbst, seine Struktur und die Gebäudehülle sollten in der Weise passiv regulierend auf Klima und Licht reagieren, dass aufwendige Haustechnik überflüssig wird. Auf Klimaanlagen und hohe Beleuchtungskosten kann bis auf spezielle Erfordernisse weitgehend verzichtet werden.

Um solche passiven Systeme zu optimieren bedarf es einer intensiven Zusammenarbeit mit den Fachingenieuren von Beginn des Projektes an. Computer-Simulationen werden eingesetzt um zukünftige Wirkungen vorherzubestimmen und zu optimieren. Da ich gerne gläserne Gebäudehüllen zur passiven Solarenergiegewinnung verwende, lasse ich das sommerliche thermische Verhalten simulieren, um Sonnenschutz und sommerliche Nachtkühlung zu testen. Weitere Einsatzgebiete sind die Verschattung, die Rauchentlüftung, die Tagesbelichtung. Der Tragwerksplaner optimiert die Tragstruktur durch Visualisierung der finiten Elemente-Methode. Bei gewissen Projektgrößen wird eine Gebäude-Automatisierung sinnvoll, welche z.B. Sonnenschutz, Fassadenöffnungen, natürliche Lüftung, natürliche Kühlung, Heizung, Beleuchtung, Gebäudesicherung usw. mit lernfähiger Software regelt. Das Facility-Management benutzt das CAD-Modell des Architekten und erreicht optimale Einsparungen bei den Kosten des Gebäudebetriebs, der Belegung, des Energie- und Stromverbrauchs.

#### Ausblick

Verbesserte neue Materialien und Komponenten sind eine Herausforderung an die Kreativität des Architekten. Wir sollten hiermit neue Konzepte entwickeln, die sowohl effizient sind als auch den Namen Architektur verdienen. Die erweiterten Anforderungsprofile können diese sogar interessanter machen, weil sie auf wechselnde Klimasituationen reagieren kann. Was die Rolle des Architekten betrifft, so wird er als Federführer und spiritus rector eines Projektes immer mehr in Frage gestellt. Das hängt damit zusammen, dass viele Architekten immer mehr Fachgebiete aus der Hand geben, sich auf die Gestaltung zurückziehen und damit die Kompetenz für das Ganze verlieren, so dass die Architektur ihre Ganzheitlichkeit vielfach

verloren hat. Ich halte es deshalb für besonders wichtig, dass diese hier zu besetzende Stelle von einem Architekten, also einem Generalisten vertreten wird, der innovative Gebäudetechnik konzeptuell und architektonisch begreift gegenüber einem Ingenieur, der nur aufzeigen kann, welche Technologien zur Verfügung stehen und wie man diese berechnet.

Schon einmal hat die Architektur einen radikalen Wandel erlebt: der Technologieschub Ende des 19. Jahrhunderts führte zu einer neuen Architekturhaltung, aus der formalen Krise wurde die Moderne geboren. Heute, am Beginn dieses Jahrtausends, stecken wir wieder in einer Krise, die konzeptueller, ökologischer und wirtschaftlicher Natur ist. Wir müssen uns entscheiden, in welche Richtung wir gehen sollen. Dies müssen wir als Chance begreifen und angesichts der Krise der Umwelt ein „Neues Baues“ entwickeln, das ohne formale Tendenzen vor allem den Menschen und die Umwelt in den Vordergrund stellt, die eigentliche Aufgabe der Architektur.

#### Literatur

Hawkes, Dean; Forster, Wayne: Energieeffizientes Bauen, Stuttgart 2002  
Daniels, Klaus: Technologie des ökologischen Bauens, Basel 1999  
Hausladen, Gerhard (Hrsg.): KlimaDesign, München 2005  
Hegger, Manfred; Fuchs, Matthias; Stark, Thomas; Zeumer, Martin: Energie Atlas, Basel 2008