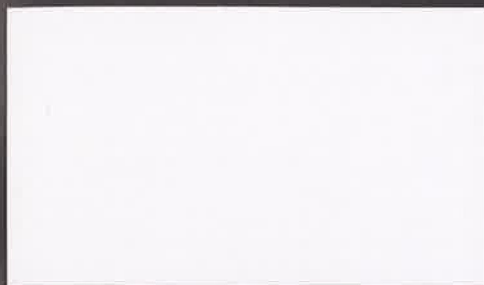




Smart Buildings



**Prozess-
integration:
Von 3D/BIM zu
5D**

9

**Smart Construc-
tion mit Robotern
im Bauwesen**

19

**Wirtschaftliche
Haustechnik in
hocheffizienten
Gebäuden**

22



Foto: Brian Cody

Brian Cody

Smart Buildings

Was bedeutet „Smart“

Im technologischen Kontext verwenden „Smart Systems“ Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT), um ihre Performance im dynamischen Umfeld veränderlicher Konditionen durch Anpassung und Adaption zu optimieren. Die eingebaute künstliche Intelligenz (Nachahmung von menschlicher Intelligenz) ermöglicht die dafür erforderlichen „Entscheidungen“, die menschliche Entscheidungen als Vorbild haben.

Unter „Smart Building“ ist somit ein Gebäude zu verstehen, das durch die Integration seiner physikalischen und digitalen Infrastrukturen eine optimierte – i.d.R. unter energetischen und nachhaltigkeitsbezogenen sowie ökonomischen Gesichtspunkten betrachtete – Performance aufweist. Der Einsatz von IKT-Systemen ermöglicht die Sammlung und Verarbeitung sowie die Produktion von Informationen, mit dem Ziel den Betrieb des Gebäudes samt aller seiner Subsysteme laufend zu optimieren. Auf ähnlicher Weise wird unter „Smart City“ i.d.R. eine Stadt verstanden, welche durch

den Einsatz von IKT eine optimierte Performance aufweist.

„Smart“ als Adjektiv, hat seine Ursprünge in der englischen Sprache und beschreibt u.a. die Eigenschaften Intelligenz und gutes Urteilsvermögen in einer Person. Somit kann neben der bereits genannten Interpretation, bei der die menschliche Intelligenz in Gebäuden und Städten durch künstliche Intelligenz nachgebildet wird, im weiteren Sinne unter „Smart Buildings“ und „Smart Cities“ auch Gebäude und Städte verstanden werden, welche durch intelligente Planung Räume und Stadträume mit optimierten Konditionen bei minimiertem Aufwand an Ressourcen bereitstellen.

Die optimierte Performance rechtfertigt in diesen Fällen das Adjektiv „smart“. Die „Intelligenz“ ist die der planenden Personen, welche durch geistige Leistungen die erreichte Systemperformance entstehen lässt. Bei der Planung von Gebäuden und Städten wird auch vermehrt „Smart“-Technologie in Form von Simulationssoftware etc. eingesetzt, um Gebäude und Städte herzustellen, welche mit reduziertem Aufwand an Technik behagliche Konditionen bereitstellen

– Technologieinsatz in der Planung ersetzt (bzw. reduziert) Technikeinsatz im fertiggestellten Objekt.

Smart Building: wann ist ein Gebäude „smart“?

Was macht ein „Smart Building“ aus? Nach meinem Verständnis setzt die Bezeichnung eines Gebäudes als „Smart Building“ die Erreichung einer hohen Performance voraus. Ein Gebäude, das mit oder ohne Verwendung von „Smart“- IKT-Systemen die - unter den jeweiligen gegebenen Bedingungen – als optimal anzusehende Performance wesentlich unterschreitet, kann kaum als „Smart Building“ bezeichnet werden.

Im energetischen Kontext ist die Performance eines Gebäudes als Energieperformance oder Energieeffizienz zu begreifen. „Energieeffizienz“ wird jedoch heute leider gerade im Bereich des Bauwesens häufig missverstanden und die Senkung des Energiebedarfs mit der Erhöhung von Energieeffizienz verwechselt. Dabei stellt Energieeffizienz das Verhältnis zwischen Output (Nutzen) und Input (Ressourcen) dar. Es geht darum, welchen Nutzen man

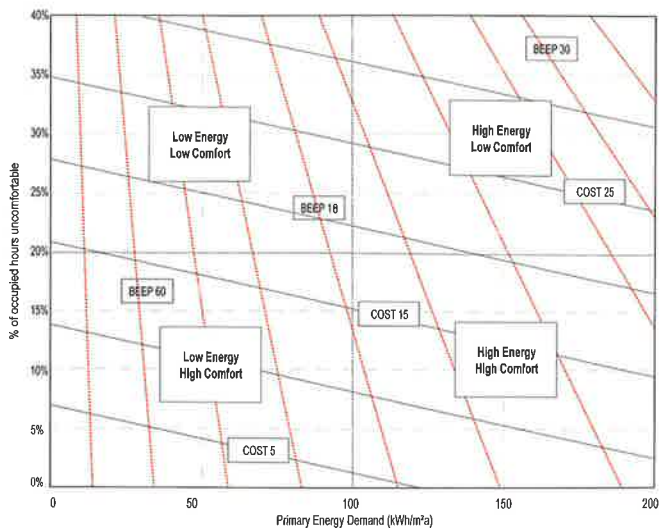


ABBILDUNG 1

aus der „verbrauchten“ Energie zieht. Im Zusammenhang mit der klimatischen Performance von Gebäuden ist die Energieeffizienz als Verhältnis zwischen der Qualität des Raumklimas und der Quantität des Energiebedarfes zu begreifen.

Bisherige Instrumente zur Regulierung der Energieeffizienz von Gebäuden beschäftigen sich lediglich mit Energiebedarf und nicht mit Energieeffizienz. Die BEEP (Building Energy and Environmental Performance) Methode wurde am Institut für Gebäude und Energie (IGE) an der Technischen Universität Graz entwickelt, und war weltweit die erste Evaluierungsmethode, welche die tatsächliche Energieeffizienz eines Gebäudes feststellen und

Gebäudehülle, -konstruktion und Anlagentechnik berücksichtigt werden können. Der BEEP-Wert wird in den physikalisch sinnvollen Einheiten von „Behagliche Stunden pro kWh/m²a Primärenergieaufwand“ gemessen. Ergebnisse von Fallbeispielen, die mit dieser Methode untersucht wurden, zeigen eindeutig, dass niedriger Energieverbrauch mit einer hohen Energieeffizienz nicht zwangsläufig gleichgesetzt werden kann.

Smart Design

Das Energy Design eines Gebäudes beinhaltet die Entwicklung von Strategien und Konzepten zur Ausnutzung der instationären Energieflüsse im Umfeld des Gebäudes; um optimale thermische, licht- und lufttechnische Konditionen im Gebäude herzustellen und darüber hinaus, um nutzbare Energie zu erzeugen, welche sowohl im Gebäude selbst verwendet als auch ins städtische Umfeld des Gebäudes exportiert werden kann. Das übergeordnete Ziel

lei Weise erreicht werden; in dem die natürlichen Konditionen und Kräfte so weit wie möglich herausgehalten und die inneren Konditionen mittels Gebäudetechniksystemen hergestellt werden oder aber in dem man durch die Konfiguration der Gebäudeform, -konstruktion und -haut die äußeren Konditionen und Kräfte nutzt, um zu den gewünschten inneren Konditionen zu gelangen. Als Beispiel des zweiten Ansatzes, bei welchem ähnlich wie die Strategien, die in asiatischen Kampfsportarten angewandt werden, die „angreifenden“ Kräfte abgefangen und ausgenutzt werden, um das gewünschte Ergebnis zu erzielen, kann der Wettbewerbsbeitrag für das Patna Museum in Indien, bei dem ein mit Sonnenwärme angetriebenes Kühlungssystem entwickelt wurde, dienen (Architekt: Coop Himmelblau).

Die mit einer selektiven Beschichtung behandelte äußere Hülle des doppelschaligen Betondachs ist mittels eines integrierten luftführenden Systems aktiviert, um Sonnenenergie einzufangen, welche zum Antrieb des Gebäudeklimatisierungssystems, das u.a. auf Lufttrocknung mittels eines mit Silicagel beschichteten Rads basiert, genutzt wird. In einem zweiten System wird die freiliegende thermische Masse der Räume mit der behandelten Luft vor dem Eintritt in die Räume als Zuluft durchströmt und somit ebenfalls

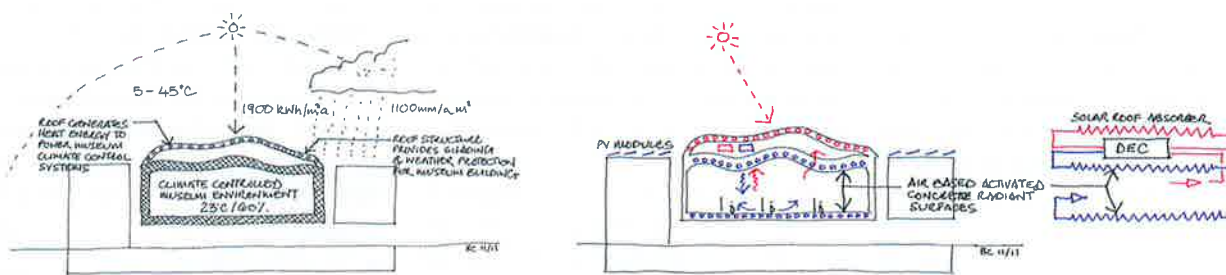


ABBILDUNG 2

somit verschiedene Entwurfsoptionen wirklich miteinander vergleichen lässt (Abb. 1). Die BEEP-Methode, welche das Verhältnis zwischen der Qualität des sich einstellenden Raumklimas zur Quantität der Primärenergie menge bildet, welche dem Gebäude zugeführt werden muss, um dieses Raumklima aufrecht zu halten, bietet wesentliche Vorteile gegenüber bisherigen Methoden, da dabei die physikalischen Grenzen der tatsächlichen vorgesehenen

ist die Maximierung der Gebäudeenergieperformance und die Entwicklung von zukunftsfähigen Gebäuden. Ein Gebäude soll innerhalb eines natürlichen Umfelds mit sich ständig verändernden und oft stark schwankenden Konditionen (Temperatur, Feuchtigkeit, Luftbewegung, Licht, Akustik etc.) i.d.R. relativ konstante interne raumklimatische, lichttechnische und akustische Konditionen aufrecht erhalten. Dieses Ziel kann auf zweier-

als Strahlungsfläche aktiviert (Abb. 2). Natürlich ist die Planung von solchen Gebäuden aufwendiger als die von konventionellen Gebäuden. Das Hereinlassen der äußeren Kräfte und die erforderliche Beherrschung dieser verlangt eine komplexere Betrachtung. Dennoch stellt das Arbeiten mit anstatt gegen die natürlichen Kräfte zweifelsohne die Zukunft zukunftsfähiger Gebäude dar. Das Energy Design von Gebäuden in der Praxis ist ein Ent-

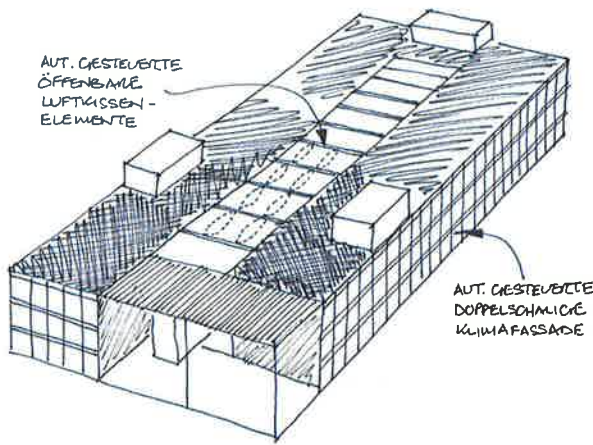


ABBILDUNG 3

wurfsprozess ähnlich dem des Architekturdarstellungsprozesses, in dem mittels der Gestaltung der unsichtbaren Energieflüsse innerhalb und außerhalb des Gebäudes statt Räume Raumklimata das primäre Entwurfsziel darstellen. Anstelle des Einsatzes von Standardlösungen und der Zusammenstellung von Standardkomponenten in mechanischen Gebäudetechniksystemen kommen im Energy Design eines Gebäudes die naturwissenschaftlichen Prinzipien und Gesetze der Physik, insbesondere der Thermodynamik, Wärmeübertragung und Strömungstechnik zur Anwendung, um Gebäude und Gebäudeelemente zu entwickeln, welche einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der energetischen und klimatischen Ziele beitragen.

Dabei übernehmen diese Elemente stets mehrere Funktionen; räumliche, funktionale und energetische. Energy Design verlangt eine Synthese von kreativem Entwurfstalent und präzisen analytischen Fähigkeiten. Um die Konzepte zu überprüfen, zu optimieren

Smart Skins

Der Gebäudehülle kommt ein besonderer Stellenwert zu. Neben der aktiven Energieerzeugung sollte die Hülle als anpassungsfähiger Filter zwischen den außenklimatischen und den innenklimatischen Bedingungen fungieren. In einem aktuellen Projekt entwickeln wir bewegliche Elemente, welche sich in geschlossener Position luftdicht an die primäre Gebäudehülle anschließen, und somit den transparenten Anteil der Gebäudehülle variieren lassen; beispielsweise auf 0%, wenn der dahinterliegende Raum nicht genutzt wird bzw. die vorliegende Nutzung kein Tageslicht erfordert. Eine solche variable Gebäudehülle kann sowohl auf innere als auch auf äußere Zustände reagieren und sich adaptieren; „Space on Demand“. Smart Materials, welche ihre physikalischen bzw. chemikalischen Eigenschaften wechseln, um sich an die jeweiligen Bedingungen anzupassen, stellen ein weiteres Potential dar.

Bei dem im Jahr 2000 fertiggestellten Hauptverwaltungsgebäude der Braun AG in Kronberg wurde eine doppelschalige Klimafassade entwickelt, bei der die Außenhaut automatisch gesteuert wird (Abb. 3). In Abhängigkeit vom Außenklima wird die Porosität der Außenhaut bestimmt. Der Sonnenschutz im Fassadenzwischenraum wird in Abhängigkeit von der Intensität der Sonnenstrahlung betätigt. Auch

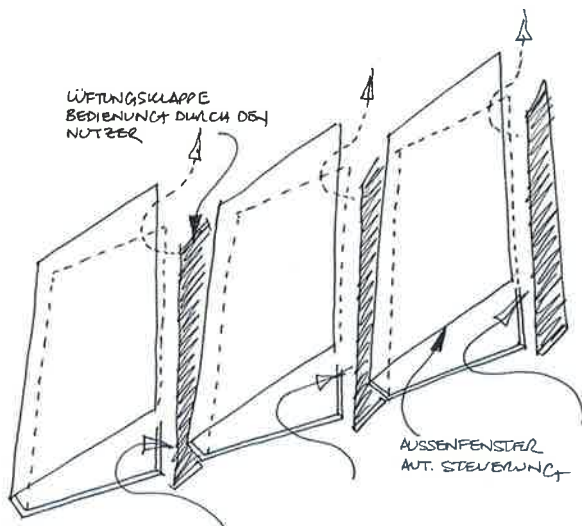


ABBILDUNG 4

und deren Machbarkeit nachzuweisen, werden dynamische Simulationen des thermischen, lichttechnischen und luftströmungstechnischen Verhaltens durchgeführt. Durch den Einsatz dieser „Smart“-Technologie werden der Entwurfsprozess und die Erreichung der angestrebten Performance unterstützt.

die Beleuchtung wird in Abhängigkeit von den äußeren Lichtverhältnissen automatisch gesteuert. Die Büros werden über manuell operierte schmale opake Lüftungskappen natürlich gelüftet (Abb. 4). Durch das Konzept konnte nicht nur der Energiebedarf erheblich gesenkt und die Behaglichkeit der Nutzer wesentlich verbessert werden, sondern auch die Wirtschaftlichkeit der doppelschaligen Fassade konnte in einen durchaus vertretbaren Bereich gerückt werden, da ein komplettes Gebäudesystem - die konventionelle Heizungsanlage - aufgrund der thermodynamischen Effektivität der Fassade entfallen konnte. Das Klimakonzept sieht vor, dass ein Netz von Kapillarrohrmatten, das in einer dünnen Putzschicht auf der Unterseite der Rohbetondecken angebracht wird, das einzige System zur Temperierung der Büroräume darstellt. Durch dieses strömt im Winter warmes, im Sommer kühles Wasser. Die Tatsache, dass ein modernes transparentes Bürogebäude durch eine solche „sanfte“ Technologie optimal temperiert werden kann, liegt an der energetischen Performance der Gebäudehaut.

Smart City: wann ist ein Stadt „smart“?

Muss eine „Smart City“ aus „Smart Buildings“ bestehen? Reicht dieser Umstand aus, um eine Stadt dann als „Smart City“ zu bezeichnen? Der o.a. Diskussion folgend sicherlich nicht. Auch eine Stadt, die eine - unter den jeweiligen gegebenen Bedingungen - als optimal anzusehende Gesamtleistung wesentlich unterschreitet, kann wohl nicht als „Smart City“ bezeichnet werden.

Die Performance der Stadt hängt von der Performance ihrer vielen Subsysteme ab. Sie stellt einen Metabolismus dar, welcher als System verstanden werden muss, das aus den verschiedensten miteinander vernetzten und verbundenen Elementen besteht und ein spezifisches bestimmtes Verhalten hervorruft. Im Forschungsprojekt „Stadt der Zukunft“ untersuchen wir unterschiedliche Modelle für zukünftige Städte, basierend auf räumlicher und zeitlicher Verdichtung, dezentralisierter Energieproduktion und vertikaler Landwirtschaft. Eine wesentliche

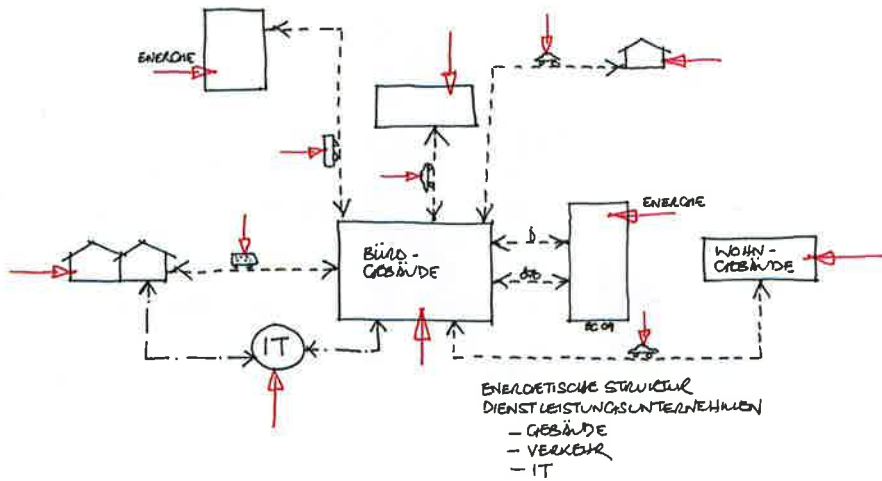


ABBILDUNG 5

Frage ist die der optimalen Dichte einer Stadt und wir arbeiten derzeit an Studien zur Determinierung des optimalen Grades der urbanen Dichte aus energetischer Sicht. Unsere Forschungen zeigen aber auch, dass um eine tatsächlich nachhaltige Entwicklung zu vollziehen, eine radikale Neustrukturierung der physischen Infrastruktur unserer Gesellschaft notwendig ist.

Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen unterschiedlichen Formen der Telearbeit und der Gesamtenergieeffizienz in der Gesellschaft haben hier beispielsweise interessante Impulse geliefert (Abb. 5). Ein zentraler Faktor ist die effektivere Nutzung vom Raum und im Rahmen dieser Untersuchungen haben wir eine neue Einheit entwickelt; m^3h , womit das Produkt von Raum und Zeit und somit die Effektivität der Raumnutzung quantifiziert werden kann. Auf der Suche nach Strategien für eine räumliche, zeitliche

und digitale Verdichtung wurden neue Gebäudetypologien entwickelt, die alle notwendigen infrastrukturellen Elemente einer Gesellschaft, einschließlich industrieller und landwirtschaftlicher Nutzungen, Nahrungsmittelproduktion, Energieerzeugung etc. beinhalten. Diese so genannten Hyperbuildings sind nicht als Solitäre zu verstehen, sondern sind einzelne Zellen eines komplexen Stadtmodells. Jede einzelne Zelle hat prinzipiell die Fähigkeit, autark zu funktionieren. Werden diese jedoch miteinander verbunden, so kommt es zu wechselseitigen Synergieeffekten, sodass das Ganze mehr als die Summe seiner Teile ist.

Das Hyperbuildingkonzept sieht Strukturen vor, die urbane Gebiete mit einer Bevölkerungsdichte ähnlich der von Manhattan aufweisen, jedoch keine externe Energie- und Wasserversorgung benötigen, keinen Müll produzieren, kein CO₂ emittieren und nur auf geringe oder gar keine externe Nahrungsmittelversorgung angewiesen sind. (Abb. 6). Zentral zum Konzept sind die synergetische Integration der verschiedenen Systeme und die Ausnutzung symbiotischer Wechselwirkungen zwischen Natur, Mensch und Technologie.

High Tech or Low Tech

Eine interessante Frage, mit der wir uns in meinem Team am IGE zurzeit beschäftigen, ist die Frage „High Tech or Low Tech?“. Ich werde häufig gefragt, welcher von diesen Ansätzen den besseren Weg zur Erreichung unserer Ziele hinsichtlich Energieeffizienz und Nachhaltigkeit darstellt. Ein

fundierter Diskurs über diese Frage findet bislang in der Scientific Community nicht statt. In der Architekturdiziplin werden Diskussionen entlang rein stilistischer Linien geführt. Dennoch kann in den letzten Jahren; sowohl unter forschenden und praktizierenden Architekten als auch unter Studierenden - eine deutliche - wenn auch mehr emotional als intellektuell geprägte - Tendenz zur Präferenz eines Low-Tech-Ansatzes ausgemacht werden. Diese Entwicklung ist für mich gleichermaßen faszinierend - wie auch - in einem Zeitalter mit einer solchen massiven technologischen Entwicklung und mit einer solchen Abhängigkeit von Technologie im alltäglichen Leben - irgendwie beunruhigend. Ist diese Tendenz gar eine direkte Folge der zunehmenden Abhängigkeit? Warum ist „Low-Tech“ in der Architektur „in“? Haben wir es mit einer Art Marketing-Hype für eine neue Stilrichtung zu tun? Ist es, weil der Ansatz scheinbar der stilistischen Sprache der jeweiligen architektonischen Ziele zu entsprechen vermag? Kein Mensch will ein Low Tech-Mobiltelefon, ein Low-Tech-Auto, einen Low-Tech-Computer. Warum denn ein Low Tech Gebäude?

Wann ist ein Gebäude High-Tech? Die Frage ist weniger einfach als es zunächst erscheint. Um eine sinnvolle Diskussion über die Vor- und Nachteile eines High-Tech- bzw. Low-Tech-Ansatzes zu führen, brauchen wir zunächst präzise Definitionen dafür oder wenigstens ein Verständnis darüber, was diese Begriffe zu bedeuten vermögen. Wir entwickeln derzeit eine Methodologie, welche anhand des Umfangs und des Grads der technischen Ausgereiftheit der in einem Gebäude verwendeten Technologien eine grobe Klassifizierung von Gebäuden in die Kategorien High-Tech, Low-Tech bzw. allfällige Zwischenkategorien erlauben soll.

Stellen Sie sich ein Gebäude vor, welches aus natürlichen Materialien hergestellt wird, einfach und finanziell erschwinglich ist, natürliche Kräfte auf passiver Weise ausnutzt, um ein stabiles behagliches Raumklima herzustellen, wenig und einfache Wartung erfordert und zur Sicherstellung des einwandfreien Betriebs entsprechende Interaktionen mit seinen Nutzern erfordert,



ABBILDUNG 6

so dass der Aufbau einer „Beziehung“ zwischen den Nutzern und ihrem Gebäude aber auch zwischen denen und ihrem Umfeld unterstützt wird.

Und nun stellen Sie sich ein Gebäude vor, welches „lebt“ und „denken“ kann, lernt, und dabei die Bedürfnisse seines Bewohners erraten kann und Prozesse zu deren Befriedigung automatisch in Gang setzt.

Ein Gebäude, welches aktiv mit seiner Umwelt interagiert und optimale Behaglichkeit und Komfort bei minimalem Ressourcen- und Energieverbrauch bietet und darüber hinaus sein Umfeld mit Energie und Wasser versorgt. Ein Gebäude, welches nach biologischen Prinzipien entworfen wurde, in dem die Haut, das Atmungssystem und das Nervensystem des Gebäudes zusammenarbeiten und natürlichen Kräfte und Technologie verbinden, um die Performance zu maximieren, welches automatisch funktioniert, jedoch mannigfaltige Interaktion mit seinen Nutzern erlaubt und unterstützt.

In welchem der beschriebenen Gebäude würden Sie gerne wohnen? In welchem Gebäude würden Sie gerne arbeiten? Welche Art von Gebäuden sollten Architekten und Ingenieure für die Zukunft entwerfen? Haben Planer eine Verantwortung, die neuesten Technologien einzusetzen, um die höchste Performance zu erreichen? Das sind Fragen, welche wir unseren Studierenden auch stellen.

Smart Use of Smart Technology

Unsere Erfahrungen mit realen Gebäuden aus der Praxis zeigen, wie wichtig es ist, Menschen stets im Mittelpunkt der o.a. Betrachtungen zu setzen. Menschen, nicht Gebäude, sind für die Verwendung von Energie verantwortlich. Auch der jeweilige kulturelle Kontext, in dem das Gebäude steht, ist von enormer Bedeutung. Ein Passivhaus in Österreich ohne haptisch fühlbare

Wärmequelle (Kamin, Heizkörper etc.) oder eine stille Kühlung (ohne „Beweis“ dieser Funktion mittels Lärm und Luftbewegung) in manchen Orten der USA können dazu führen, dass trotz einwandfreier technischer Funktion, das Konzept von den Nutzern nicht angenommen wird. Ebenfalls muss der Planer Kenntnisse über die im jeweiligen Kontext herrschenden Nutzererwartungen haben, und sie bei der Planung berücksichtigen. Auch diese unterscheiden sich substantiell in den verschiedenen Regionen der Welt.

Dies bedeutet jedoch keineswegs, dass Technologie nicht benötigt oder nicht förderlich ist, um Gebäudeperformance zu optimieren. Technologie kann u.a. nützliches Feedback bereitstellen. Dieses erfolgt dabei auf zwei unterschiedlichen Niveaus, einerseits auf Leitebene, damit der Gebäudebetrieb optimiert werden kann (dabei erfolgen manche Adaptionen automatisch, andere erfordern menschliche Entscheidungen des Gebäudebetreibers) und andererseits direkt zu den jeweiligen Nutzern, damit sie bessere Entscheidungen treffen können. Allein die Tatsache über solche Informationen zu verfügen, kann zur Erhöhung des subjektiven Komfortniveaus führen. Die Erfahrung zeigt auch, dass mit der Möglichkeit der individualen Einflussnahme auf ihr persönliches Raumklima, Menschen bereit sind „weniger behagliche“ Bedingungen zu akzeptieren, und somit den Energieaufwand zu reduzieren. Technologie muss auf jeden Fall die Einflussnahme bzw. Übersteuerung automatischer Funktionen durch den Nutzer erlauben.



**Univ.-Prof B.Sc.
(Hons). CEng
MCIBSE
Brian Cody**

Vorstand des Institutes für Gebäude und Energie, TU Graz

Technologie kann eingesetzt werden, um sicherzustellen, dass die Gesamtperformance (BEEP) maximiert wird. Gebäude können als lebende Organismen verstanden und geplant werden. Nicht die von Le Corbusier in „Vers une Architecture“ vorgeschlagene „machine for living“, bei der es von der Annahme, alle Menschen hätten die gleichen Bedürfnisse, welche es zu befriedigen galt, ausging, sondern vielmehr eine „living machine“, welche das Leben des Menschen individuell unterstützt; „Lebende Maschinen“, vernetzt, intelligent, sensibel und anpassungsfähig.

Autor:

Brian Cody ist Universitätsprofessor an der technischen Universität Graz und leitet dort seit 2004 das Institut für Gebäude und Energie. Sein Schwerpunkt in Forschung, Lehre und Praxis gilt der Maximierung der Energieperformance von Gebäuden und Städten. Er ist CEO des Beratungsunternehmens Energy Design Cody, das an der Entwicklung von innovativen Klima- und Energiekonzepten für Bauprojekte weltweit beteiligt ist. Professor Cody ist Mitglied in zahlreichen Beiräten und Preisgerichten und Gastprofessor und Leiter der Energy Design Einheit an der Universität für Angewandte Kunst in Wien.