

Architektur – Energie - Stadt

Univ. Prof. Brian Cody

Institut für Gebäude und Energie, Technische Universität Graz

Kurzfassung:

Eines der größten Probleme der heutigen Bauindustrie liegt darin, dass der Begriff Energieeffizienz falsch verstanden und missbraucht wird. Effizienz heißt Performance, das Verhältnis zwischen Input (Ressourcen) und Output (Qualitäten). Es geht nicht darum, lediglich den Energiebedarf unserer Gebäude zu reduzieren, sondern die raumklimatischen, architektonischen, und städtebaulichen Qualitäten gleichzeitig zu maximieren und das Verhältnis zwischen diesen Parametern zu optimieren. Bisherige Instrumente zur Regulierung der Energieeffizienz von Gebäuden beschäftigen sich lediglich mit Energiebedarf und nicht mit Energieeffizienz. Daher ist die Entwicklung von geeigneten Evaluierungsmethoden eine wichtige Zukunftsaufgabe.

Im Entwurf von Gebäuden müssen wir mit den vorhandenen natürlichen Kräften arbeiten. 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.

In der Zukunft brauchen wir adaptable Gebäudehüllen, welche mittels Smart Materials - die ihre physikalischen bzw. chemikalischen Eigenschaften wechseln, um sich an die jeweiligen Bedingungen anzupassen, und sowohl auf innere als auch auf äußere Zustände reagieren und sich adaptieren - „Space on Demand“ schaffen können.

Die Ziele hinsichtlich einer nachhaltigen Entwicklung sind mit einer bloßen Optimierung der bestehenden Strukturen nicht erreichbar. Vielmehr bedarf es einer radikalen Umstrukturierung unserer physischen Infrastruktur; wir müssen die Stadt neu denken. Eine konsequente Einbeziehung der bereits vorhandenen und verwendeten digitalen Infrastruktur in der Konzeption unserer physischen Infrastruktur wie Gebäude und Verkehrsnetze führt zwangsläufig zu ganz neuen Typologien für beispielsweise Büro- und Wohngebäude; für die Architektur eine spannende Entwicklung. Die Konsequenzen werden jedoch natürlich darüber hinausgehen und betreffen auch Verkehrssysteme, die produzierende Industrie und die Landwirtschaft.

All diese Überlegungen sind nicht auf Entwicklungen neuer Städte in China begrenzt. Natürlich müssen diese Strategien im europäischen Kontext vor dem Hintergrund der bestehenden Bebauung und Infrastruktur gesehen werden. Es ist trotzdem dringend notwendig für jede europäische Stadt einen Masterplan, gemeinsam mit einer Vision der Stadt in 50 Jahren zu entwickeln. Warum? Weil im Laufe der nächsten 50 Jahre die meisten europäischen Städte ohnehin einem drastischen Wandel aufgrund kontinuierlicher Verbesserungsmaßnahmen und laufender Sanierungen unterworfen werden. Jede Intervention in der dazwischen liegenden Zeit, jeder Neubau und jedes sanierte Bestandsgebäude ist also ein Fragment der „Stadt der Zukunft“ und sollte als solches gesehen und konzipiert werden.

Vielleicht das Wichtige dabei ist, dass wir einen Paradigmenwechsel im Denken noch vollziehen müssen. Im Namen der Nachhaltigkeit, wurde zunehmend während der letzten 20 Jahre immer mehr bei der Planung von Gebäuden der Versuch unternommen, den negativen Impact des geplanten Gebäudes auf seine Umgebung zu minimieren. Das ist jedoch noch zu wenig. Vielmehr muss es darum gehen, den positiven Impact des Gebäudes auf sein Umfeld zu maximieren. Aus meiner Sicht suggeriert auch der Begriff Nachhaltigkeit eine viel zu konservative Haltung. Es kann nicht lediglich darum gehen, alles so zu erhalten wie es ist, sondern vielmehr darum, wie wir mit unseren Handlungen die Situation jetzt und für die Zukunft viel besser machen können.

Keywords: Energie, Architektur, Stadt, urbane Dichte, Vertical Farming, Energy Design, Energieperformance, Evaluierungsmethoden, Smart Buildings, Smart Cities, Smart Skins

1 Einleitung

Es gibt keine gute Architektur ohne ein gutes Energiekonzept. Architektur „verbraucht“ nicht nur Energie, Architektur ist Energie. Jede gezeichnete Linie auf Papier, welche eine architektonische Intention darstellt, impliziert auch Jahrzehnte und mitunter gar Jahrhunderte von damit einhergehenden Energie- und Stoffströmen. Vor dem Hintergrund des Klimawandels, der rasant zu Neige gehenden fossilen Energieressourcen, des exponentiellen Bevölkerungswachstums und der aus der Ungewissheit der zukünftigen Energieversorgung resultierenden geopolitischen Instabilität, zusammengekommen mit der Tatsache, dass Gebäude für etwa 40% des weltweiten Energieverbrauches verantwortlich sind, wäre es absurd anzunehmen, dass gute Architektur ohne ein gutes Energiekonzept möglich wäre.

2 Energy 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 ist die Maximierung der Gebäudeenergieperformance und die Entwicklung von zukunftsfähigen Gebäuden (Abb. 1).

Anstelle des Einsatzes von Standardlösungen und der Zusammenstellung von Standardkomponenten in mehr oder weniger standardisierten mechanischen Gebäudetechniksystemen kommen im Energy Design eines Gebäudes die naturwissenschaftlichen Prinzipien und Gesetze der Physik, insbesondere der Thermodynamik, Wärmeübertragung und Strömungslehre zur Anwendung, um Gebäude und Gebäudeelemente zu entwickeln, welche das oben beschriebene Ziel erreichen. Dabei übernehmen diese Elemente stets mehrere Funktionen; räumliche, funktionale und energetische (Abb. 2). Um die Konzepte zu überprüfen, zu optimieren und deren Machbarkeit nachzuweisen, werden dynamische Simulationen des thermischen, lichttechnischen und luftströmungstechnischen Verhaltens durchgeführt. Der Einsatz von

Technologie im Entwurf führt dabei häufig zu vermindertem Einsatz von Technik im ausgeführten Gebäude.

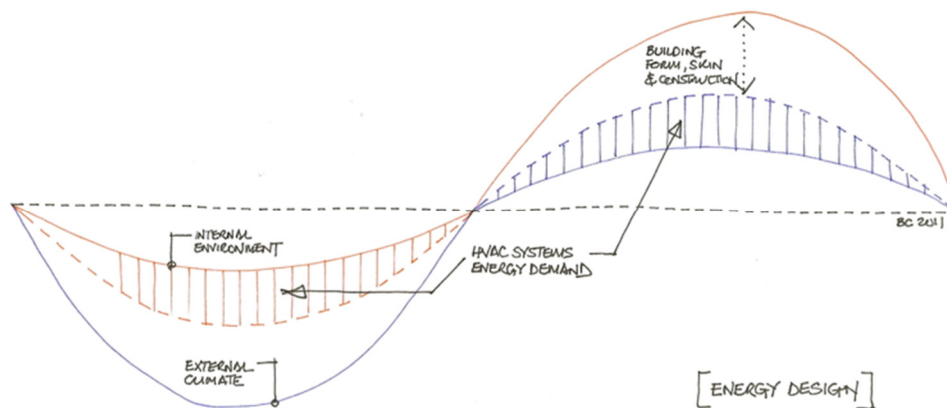


Abb. 1 Energy Design

Ein Gebäude wird geplant, um in einem natürlichen Umfeld mit sich ständig verändernden und meist stark schwankenden Konditionen (Temperatur, Feuchtigkeit, Luftbewegung, Licht, Akustik etc.) zu existieren und i.d.R. sollen dabei relativ konstante interne behagliche raumklimatische, lichttechnische und akustische Konditionen in den Räumen des Gebäudes aufrecht erhalten werden. Dieses Ziel kann auf zweierlei Weise erreicht werden; in dem die natürlichen Konditionen und Kräfte so weit wie möglich herausgehalten werden und die inneren Konditionen mittels Gebäudetechniksystemen hergestellt werden oder aber in dem man durch die Form und Konfiguration der Gebäudeform, -konstruktion und -haut die natürlichen Konditionen und Kräfte nutzt, um zu den gewünschten inneren Konditionen zu gelangen. Während der letzten 50 Jahre wurden natürliche Kräfte wie Sonnenstrahlung und Wind von Gebäudeplanern als problematische Elemente gesehen, gegen welche schützende Gebäudeelemente und -maßnahmen zu entwickeln und einzusetzen waren. Die Begriffe des heutigen Bauwesens sind von diesem Aspekt des Schutzes auch geprägt; Wärmeschutz, Sonnenschutz, Windschutz, Schallschutz, Dampfbremsen usw. Wir brauchen hier dringend ein Umdenken; ein Paradigmenwechsel, so dass wir uns nicht mehr vor den natürlichen Kräften nur schützen sondern diese aktiv nutzen. Ich schlage einen Ansatz vor, bei welchem ähnlich wie die Strategien, die in asiatischen Kampfsportarten angewandt werden, die „angreifenden“ Kräfte abgefangen und ausgenutzt werden, um einen Beitrag zur Schaffung des gewünschten Innenklimas für die Bewohner und Benutzer des Gebäudes zu erbringen.

Bisher hat man versucht bei der Gebäudeplanung die negativen Einflüsse des geplanten Objekts auf seine Umgebung zu minimieren. Das ist zu wenig. Wir müssen Gebäude konzipieren, welche ihre Umgebung möglichst positiv beeinflussen; Gebäude, welche neben dem Energieexport in die Stadt ihre unmittelbare Umwelt mit mikroklimatischen Aufwertungen und Luftqualitätsverbesserungen beschenken. Auch hier ist ein Paradigmenwechsel in unserem Denken notwendig. Statt das Ziel zu verfolgen, den

negativen Impact unserer Gebäude auf ihre Umgebung zu minimieren, muss es darum gehen, ihren positiven Impact zu maximieren.

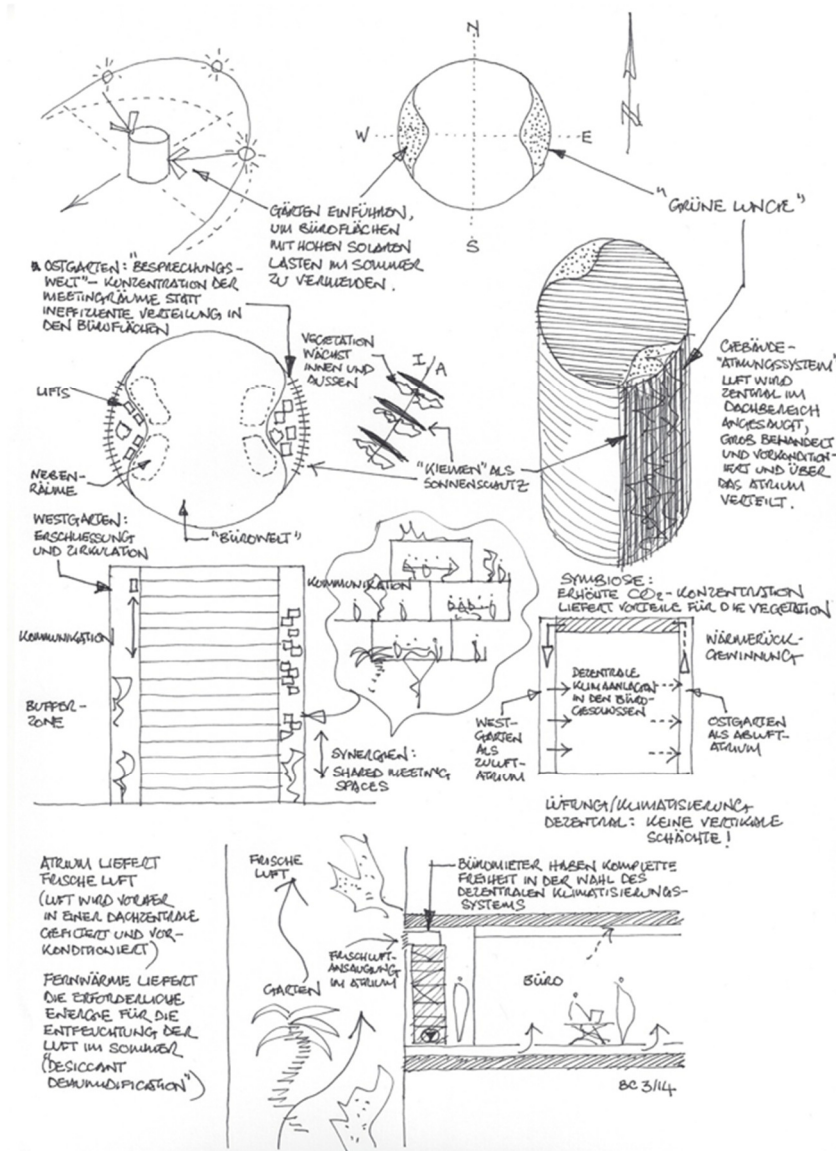


Abb. 2 Klimakonzept für ein Hochhaus in Frankfurt mit Coop Himmelb(l)au Architects¹

3 Smart Buildings and Cities

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

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 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 somit verschiedene Entwurfsoptionen wirklich miteinander vergleichen lässt (Abb. 3). 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 tatsächlich vorgesehenen 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 kann².

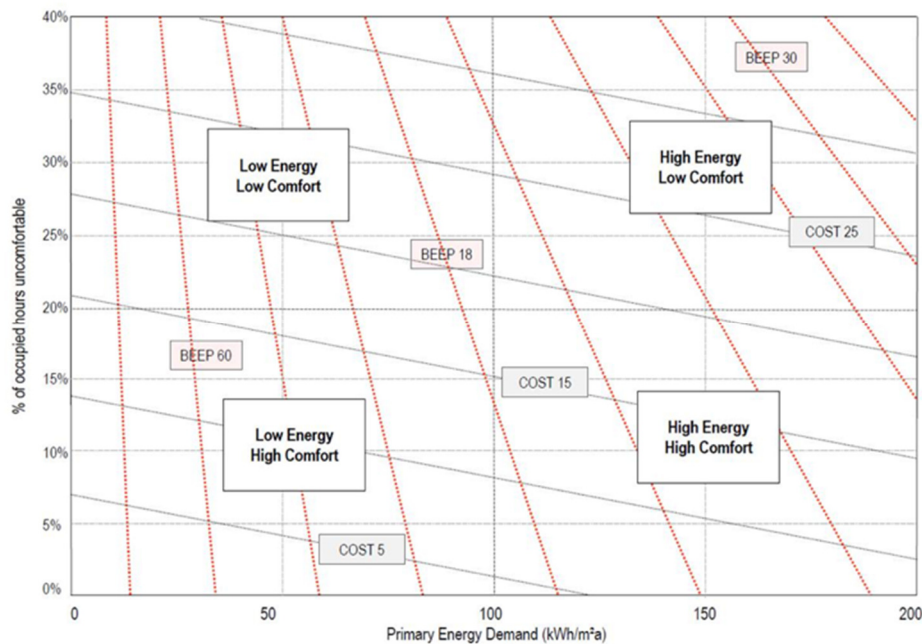


Abb. 3 BEEP Chart

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 Gesamtpformance 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. Die Stadt wird dabei als ein System verstanden, das aus den verschiedensten miteinander vernetzten und verbundenen Elementen besteht und ein spezifisches bestimmtes Verhalten hervorruft. Dieses System der Stadt gilt es auf ganzheitlicher Weise zu erfassen und dabei den Fokus auf die nichtlinearen Prozesse von Ursache und Wirkung zu legen.

Städtische Dichte stellt einen Schlüsselaspekt bei all diesen Überlegungen dar und wir arbeiten aktuell an Studien zur Determinierung des optimalen Grades der städtischen Dichte aus energetischer Sicht. Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass der Parameter der Energieerzeugung mittels regenerativer Energiequellen und die dafür erforderlichen Landflächen eine erhebliche Rolle dabei spielen, und dass die Integration dieser Energieproduktionsflächen in die Oberflächen von Gebäuden wiederum die Bestimmung der optimalen Dichte stark beeinflusst³. Die Ergebnisse zeigen aber auch, dass zukunftsfähiger Städtebau eindeutig in Richtung hochverdichteter Stadtstrukturen tendiert (Abb. 4).

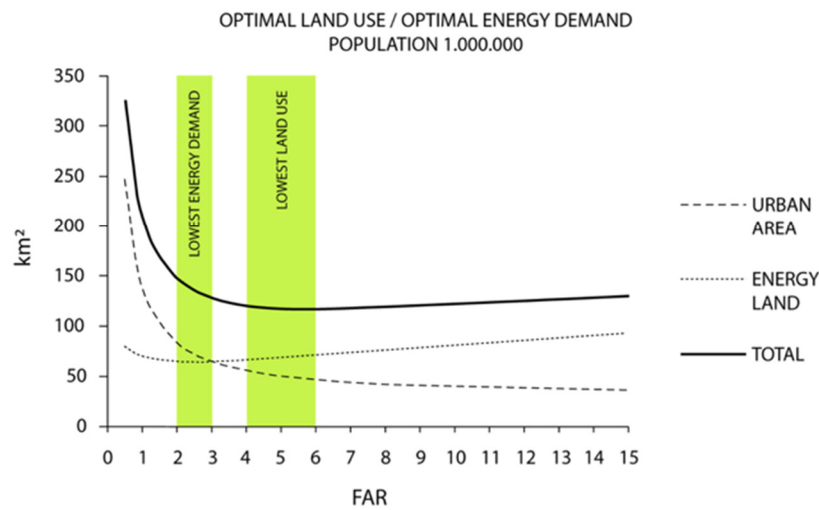


Abb. 4 Urban Form

Neben räumlicher Verdichtung müssen Strategien zur zeitlichen und digitalen Verdichtung berücksichtigt werden. Wir haben in einem Forschungsprojekt den Zusammenhang zwischen unterschiedlichen Formen der Telearbeit und der Gesamtenergieeffizienz in der Gesellschaft untersucht⁴. Die Einführung neuer Arbeitsformen hat in den letzten Jahren zweifellos den Energieverbrauch erhöht. Dennoch ist ein Potential vorhanden, diese Technologien zu verwenden, um radikale neue Gebäudetypologien und Verkehrssysteme zu generieren, mit dem Ziel die Gesamtenergieeffizienz zu erhöhen. Für die Untersuchungen wurde nicht die energetische Struktur von Gebäuden oder einer Stadt abgebildet, sondern die energetischen Strukturen typischer Dienstleistungsunternehmen (Abb. 5).

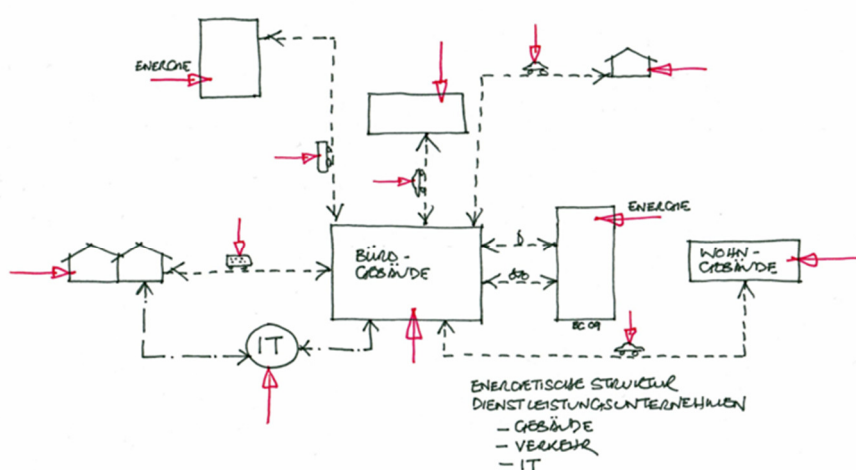


Abb. 5 Energetische Strukturen eines Dienstleistungsunternehmens

Ein zentraler Faktor ist die effektivere Nutzung vom Raum und im Rahmen dieser Untersuchungen haben wir eine neue Einheit definiert; m^3h , womit das Produkt von Raum und Zeit und somit die Effektivität der Raumnutzung quantifiziert werden kann. Die Ergebnisse zeigen, dass durch konsequente Umsetzung unterschiedlicher Telearbeitsmodelle, ein energetisches Einsparungspotential von ca. 25% auf Unternehmensebene erzielbar ist.

Weitere Forschungen haben das Potential von *Vertical Farming* - Gebäude, welche übereinander gestapelte Landwirtschaftsproduktionsflächen beinhalten - zur Erhöhung der Gesamtenergieperformance von unseren Städten aufgezeigt⁵. Jeder Quadratmeter Stadt benötigt zehn Quadratmeter an landwirtschaftlicher Fläche, um deren Einwohner mit Lebensmittel zu versorgen. Die Implementierung von Vertikalen Farmen kann diesem enormen Landverbrauch entgegenwirken. Verglichen mit der konventionellen Landwirtschaft, ist der Energiebedarf von *Vertical Farming* um ein Vielfaches höher. Erfolgt die Energieversorgung jedoch mittels erneuerbarer Energiequellen, dann ist *Vertical Farming* energetisch sinnvoll, so lange die gesamte Landfläche, die benötigt wird, einschließlich der Fläche zur Unterbringung der erforderlichen Energieproduktion, weniger als die Fläche der konventionellen Landwirtschaft ist. Das Potential von *Vertical Farming* hängt somit stark von verschiedenen Faktoren ab; Potential der Ertragserhöhung, Lichtbedarf der Pflanzen, Umwandlungs-Effizienz von Anlagen zur Generierung von erneuerbarer Energie usw.

VF 36 - ETFE - ANNUAL DAYLIGHT AVAILABILITY ($kWh/m^2/a$)

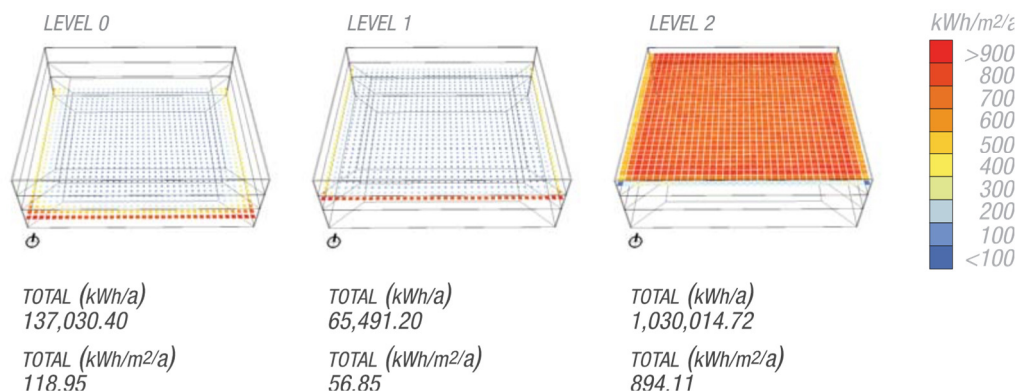


Abb. 6 Energetische Untersuchungen zur Vertical Farming

Auf der Suche nach Strategien für eine räumliche, zeitliche und digitale Verdichtung haben wir 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 als 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. 7). Zentral zum Konzept sind die synergetische Integration der verschiedenen Systeme und die Ausnutzung symbiotischer Wechselwirkungen zwischen Natur, Mensch und Technologie.



Abb. 7 Hyperbuilding

Unsere Erfahrungen mit realen Gebäuden aus der Praxis zeigen, wie wichtig es ist, Menschen stets in den Mittelpunkt dieser 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 individuellen 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.

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.

4 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; beispielweise 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. In Abhängigkeit vom Außenklima wird die Porosität der Außenhaut bestimmt. Der Sonnenschutz im Fassadenzwischenraum wird in Abhängigkeit von der Intensität der Sonnenstrahlung betätigt. Auch die Beleuchtung wird in Abhängigkeit von den äußeren Lichtverhältnissen automatisch gesteuert. Die Büros werden über manuell operierte schmale opake Lüftungsklappen natürlich gelüftet (Abb. 8). 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.

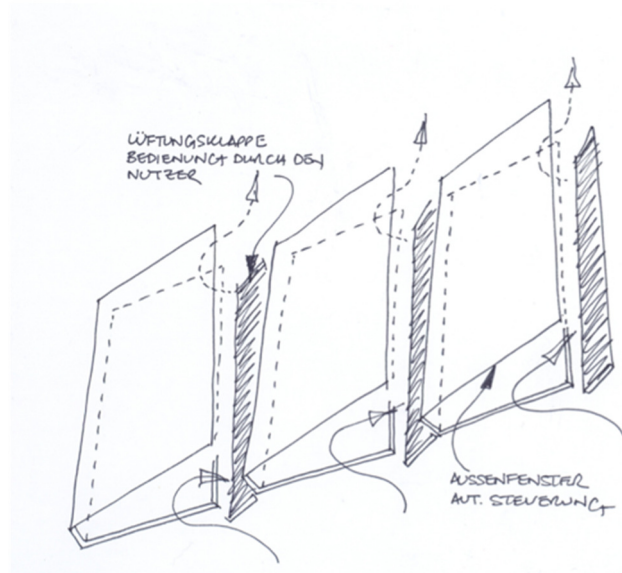


Abb. 8 Smart Facade, Braun HQ, Kronberg, Deutschland⁶

In einem aktuellen Forschungsprojekt untersuchen wir die energetischen Potentiale und Möglichkeiten von zukunftsorientierten „smarten“ adaptiven Fassaden. Die Studie erarbeitet die qualitativen und quantitativen Potentiale und Wirkungsweisen von „smarten“ Fassaden, die durch die Möglichkeit von variablen physikalischen Eigenschaften maximale Energieeffizienz und maximale Behaglichkeit in Abhängigkeit von variablen klimatischen Umgebungsbedingungen und Nutzerverhalten erreichen. Das beschriebene „smarte“ Fassadenkonzept nutzt Wettervorhersagen, prognostiziertes zukünftiges Nutzerverhalten (basierend auf den Erfahrungen der Vergangenheit und mit Hilfe eines integrierten Ansatzes der künstlichen Intelligenz) und aktuelle Anforderungen und Randbedingungen um physikalische Eigenschaften anzunehmen, die zu energieoptimierter Performance und Behaglichkeit für den Nutzer führt.⁷ Ziel der Forschung ist eine klare Aussage zum energetischen Potential von Fassaden mit variablen Parametern für Wärmeschutz (U-Wert), Energiedurchlässigkeit (g-Wert), Transmission (T-Wert), Wärmespeicherung (c-Wert), Luftdichtheit (n-Wert) und dem Feuchtedurchlassgrad (F-Wert) sowie deren Kombination zu erhalten.

Dabei liefert ein neuartiges und innovatives dynamisches Simulationsmodell, das speziell für dieses Projekt entwickelt wurde aussagekräftige Erkenntnisse über die Potentiale einzelner Parameter, als auch über synergetische Beziehungen zwischen den untersuchten Parametern.

Ein neuartiges und innovatives dynamisches Simulationsmodell, welches speziell für dieses Projekt entwickelt wurde liefert aussagekräftige Erkenntnisse bezüglich der energetischen Potentiale und Möglichkeiten von adaptiven Fassadensystemen. Das Simulationsmodell dient gleichzeitig als virtuelles Modell zur Regelung von adaptiven Fassaden und liefert dabei die nötige Intelligenz zur Steuerung für zukünftig umgesetzte, adaptive Fassadensysteme. Das vorgeschlagene intelligente Fassadenkonzept nutzt Wetterprognosen und errechnete Wahrscheinlichkeiten des Nutzerverhaltens in der Zukunft (basierend auf den Erfahrungen aus der Vergangenheit und einem integrierten Ansatz künstlicher Intelligenz) und schafft in Kombination mit den zum Zeitpunkt anliegenden Bedingungen ideale physikalische Eigenschaften im Aufbau der Fassade, um einen energieoptimierten Betrieb bei gleichzeitig maximalem Komfort gewährleisten zu können. Die Studie dient als Grundlage zur Entwicklung und Umsetzung neuer Gebäudehüllen und deren Regelung in unterschiedlichen Klimaregionen mit Partnern aus Wissenschaft und Industrie.

1 Gateway Gardens Projekt, Frankfurt, Coop Himmelb(l)au Architekten, Energy Design Cody Consulting GmbH

2 Löschnig, W.: Endlich dicht – Finitely Dense – in: GAM – Graz Architecture Magazine (2012) 08, S. 142 – 157, Dissertation am Institut für Gebäude und Energie

3 Cody, B.; Löschnig, W.; Ampenberger, A.; Petriu, E. A.; Sommer, B.; Podmirseg, D.: Telearbeit und Energieeffizienz. Untersuchungen des Zusammenhangs zwischen Telearbeit und der Gesamtenergieeffizienz der Gesellschaft. 2011

4 Podmirseg D.: „Contribution of Vertical Farms to increase the overall energy efficiency of cities“, Dissertation am Institut für Gebäude und Energie, 2015

5 Cody, B.: "Building Energy and Environmental Performance tool BEEP, Entwicklung einer Methode zum Vergleich der tatsächlichen Energieeffizienz von Gebäuden", HLH Fachzeitschrift, Verein Deutscher Ingenieure, Springer-VDI-Verlag, Düsseldorf, Januar 2008

6 Braun Hauptverwaltung, Schneider + Schumacher Architekten, Arup Ingenieure (Brian Cody)

7 Cody, B.: Adaptive Building Skins in real life, Conference Proceedings, World Sustainable Energy days 2015, Wels, Österreich

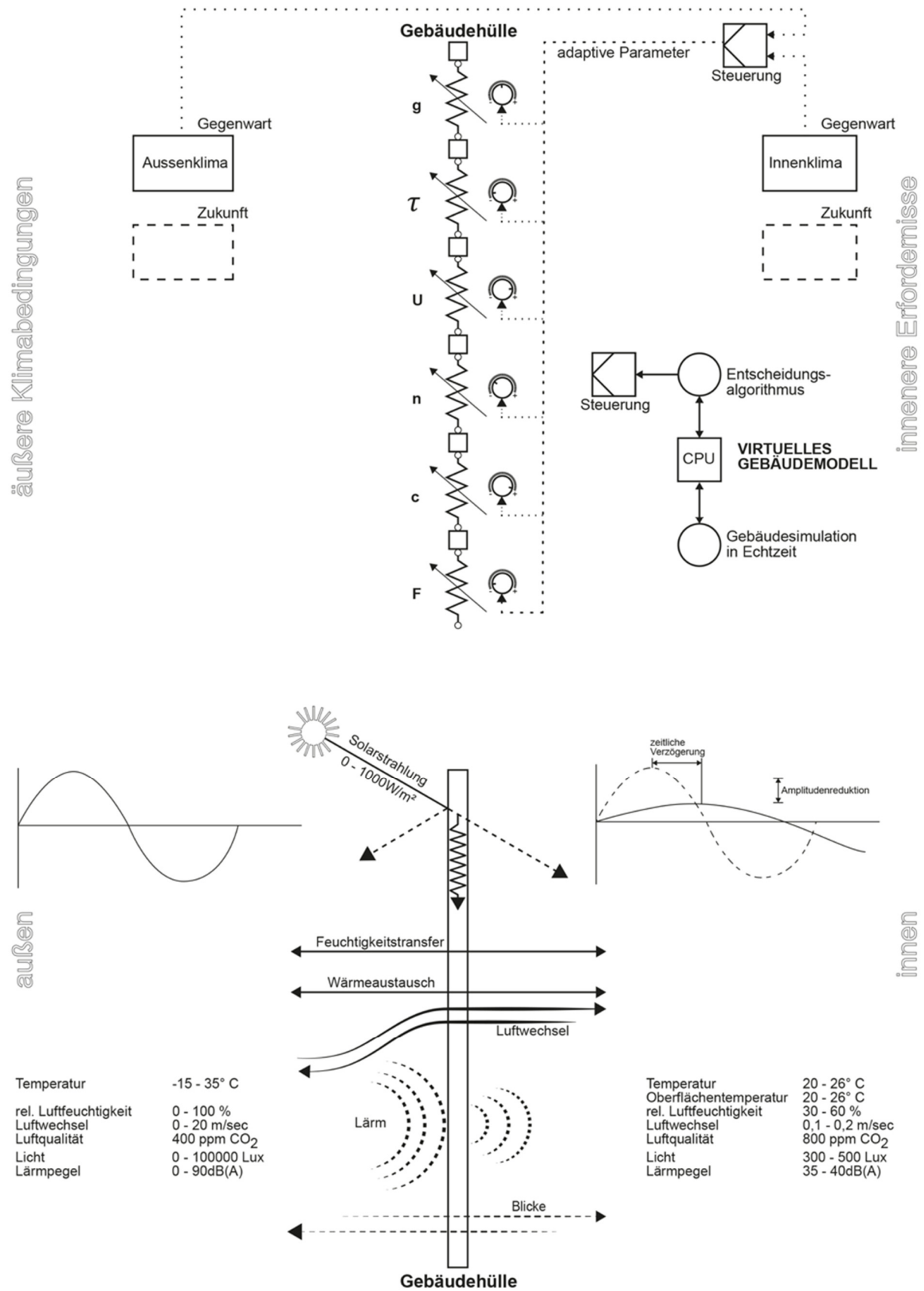


Abb. 9 Forschungsprojekt Smart Facade