

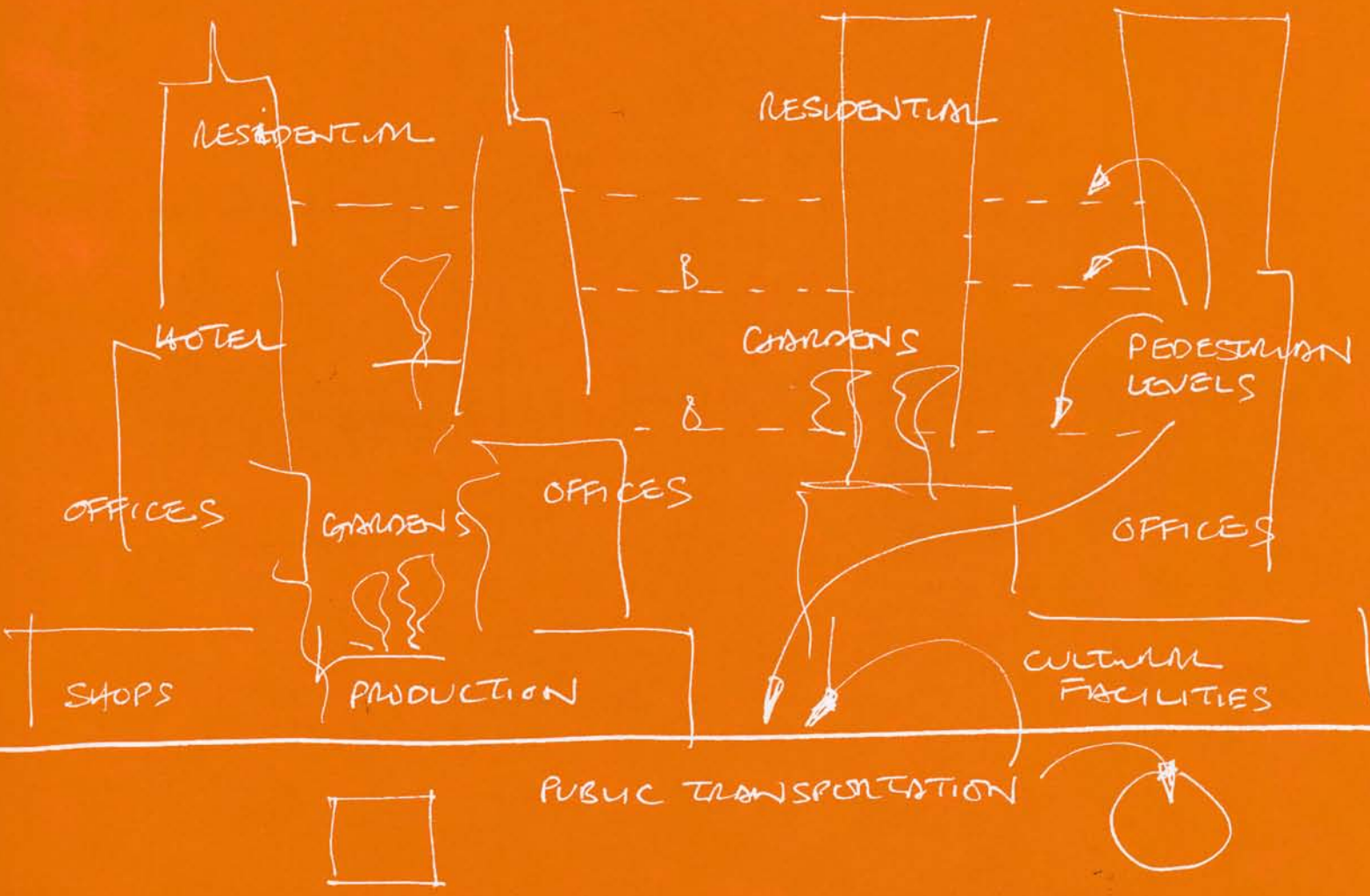


Urbanity not Energy
Stadt statt Energie



GAM.

ARCHITECTURE MAGAZINE 05





Urban Design and Energy

Introduction. Mankind needs to drastically improve the energy efficiency of the man-made systems on the planet earth; not only on account of global warming, rapidly depleting energy resources, and exponential population growth but also due to the geopolitical instabilities that arise from the insecurity relating to future energy supply sources. Buildings are directly responsible for roughly 50% of the world's primary energy consumption.

Stadt und Energie. Einführung. Die Menschheit muss die Energieeffizienz anthropogener Systeme auf dem Planeten Erde dramatisch steigern – nicht nur aufgrund der globalen Erwärmung, des Schrumpfens der Energiereserven und des exponentiellen Bevölkerungswachstums, sondern auch wegen der geopolitischen Instabilitäten, die sich aus der Unsicherheit im Zusammenhang mit der zukünftigen Energieversorgung ergeben. Gebäude sind für ungefähr 50 % des weltweiten Primärenergieverbrauches verantwortlich, der Verkehr für weitere 25 %.

Transport is responsible for a further 25%. The potential contribution for solving the energy problem to be found in architecture and urban design is therefore enormous. The challenges and opportunities for building design professionals which this situation offers are unprecedented. The embracement of issues relating to sustainability and energy efficiency in architecture and urban design must be seen as a challenge, which can lead to new design qualities (fig. 1).

Misconceptions. Today the term “energy efficiency” is on everyone’s lips; politicians, scientists, engineers, architects, clients, and of course the media. Unfortunately this term is often misused, abused, and confused with the terms “energy demand” or “energy consumption”. This is especially true in the building sector, where low energy consumption is often falsely equated with high energy efficiency and where a lot of effort in research and practice is directed towards minimising energy demand and too little towards maximising energy efficiency. This misconception of the term “energy efficiency” is fundamental and needs to be corrected in order to avoid future misguided developments. Maximising energy efficiency is more than minimising energy consumption. Efficiency implies performance.

Efficiency is the relationship between output (benefit) and input (resources). The key issue is the quality of the benefit provided as a result of the energy “consumed”. In the context of the thermal performance of buildings, energy efficiency should be understood as the relationship between the quality of the thermal environment and energy demand. Regulatory devices for the energy efficiency of buildings currently in use, including the new EU

“Directive on the Energy Performance of Buildings” and especially the methods currently proposed in the various member states to determine and judge the energy performance of buildings as required by this directive deal only with energy demand and not with energy efficiency. We have developed a method which allows the true energy efficiency of a building design to be determined and thus a real comparison of various building design options.¹ Energy efficiency is understood here as the relationship between the quality of the internal thermal environment in a building and the quantity of energy consumption required to maintain this environment. The proposed method takes into account the interrelationship between energy

Der potenzielle Beitrag zur Lösung des Energieproblems in Architektur und Städtebau ist daher enorm. Angesichts dieser Ausgangslage ergeben sich noch nie da gewesene Herausforderungen aber auch Chancen für Architekten, Ingenieure und Planer. Der Umgang mit der Thematik muss dabei als Herausforderung gesehen werden, die zu neuen Entwurfs- und Planungsqualitäten führen kann (Abb. 1).

Missverständnisse. Alle reden heute von „Energieeffizienz“; Politiker, Wissenschaftler, Ingenieure, Architekten, Bauherren und vor allem die Medien. Der Begriff wird leider jedoch häufig missverstanden, missbraucht und mit „Energiebedarf“ und „niedrigem Energieverbrauch“ verwechselt, vor allem in der Bauwirtschaft, wo niedriger Energieverbrauch oft mit einer hohen Energieeffizienz gleichgesetzt wird und statt in die Maximierung der Energieeffizienz, der Schwerpunkt von Forschung und Praxis, in eine maximale Senkung des Energieverbrauchs gesteckt wird. Dieses Missverständnis ist grundlegend und muss umgehend aufgeklärt werden, um zukünftige Fehlentwicklungen zu vermeiden. Die Maximierung der Energieeffizienz ist mehr als die Minimierung des Energieverbrauchs. Energieeffizienz impliziert Leistung und ist das Verhältnis zwischen Output (Nutzen) und Input (Ressourcen). Dabei geht es hauptsächlich darum, welchen Nutzen man aus der „verbrauchten“ Energie zieht. Im Zusammenhang mit der thermischen Leistung von Gebäuden ist die Energieeffizienz als Verhältnis zwischen der Qualität des Raumklimas und der Quantität des Energieverbrauchs zu begreifen. Derzeit gültige Instrumente zur Regulierung der Energieeffizienz von Gebäuden, einschließlich der neuen EU-Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und insbesondere der in den einzelnen Mitgliedsstaaten derzeit diskutierten Methoden zur Bestimmung und Bewertung der energetischen Leistung von Gebäuden, entsprechend der genannten Richtlinie, behandeln nur den Energiebedarf und nicht die Energieeffizienz. An meinem Institut haben wir nun eine Methode entwickelt, mit der wir die tatsächliche Energieeffizienz eines Gebäudes bestimmen können, so dass verschiedene Entwurfsoptionen wirklich miteinander verglichen werden können.¹ Energieeffizienz bedeutet in diesem Zusammenhang das Verhältnis zwischen der Qualität des Raumklimas eines Gebäudes einerseits und der Energie, die aufgewendet werden muss, um dieses Raumklima aufrecht zu erhalten, andererseits. Die vorgeschlagene Methode berücksichtigt den wechselseitigen Zusammenhang zwischen Energiebedarf und Raumklima und der berechnete BEEP-

Today the term “energy efficiency” is on everyone’s lips; politicians, scientists, engineers, architects, clients, and of course the media. Unfortunately this term is often misused, abused, and confused with the terms “energy demand” or “energy consumption”.

¹ Brian Cody, “Building Energy and Environmental Performance Tool BEEP. Development of a method to determine the true energy efficiency of buildings”, in: 9th REHVA World Congress Clima 2007, Conference Proceedings, Helsinki 2007.

¹ Brian Cody, „Building Energy and Environmental Performance Tool BEEP. Development of a method to determine the true energy efficiency of buildings“, in: 9. REHVA World Congress Clima 2007, Tagungsband, Helsinki 2007.

Wert ist ein Indikator für die gesamte *Building Energy and Environmental Performance* eines Gebäudes. Ergebnisse von Fallbeispielen, die mit dieser Methode untersucht wurden, zeigen eindeutig, dass niedriger Energieverbrauch mit einer hohen Energieeffizienz nicht gleichgesetzt werden kann (Abb. 2).

Ein zweites, hauptsächlich in Mittel- und Nordeuropa vorherrschendes Missverständnis ist die Fokussierung auf Heizenergie. Dies hat vermutlich mit dem kulturellen Hintergrund zu tun, dass Menschen eine subtropische Spezies sind und jene, die in Regionen wie Mittel- und Nordeuropa mit seinem während eines Großteils des Jahres relativ kalten Klima vordrangen, in der Vergangenheit hauptsächlich mit dem Heizen von Innenräumen zu Wohnzwecken beschäftigt waren. Das beherrscht unser Denken noch heute, obwohl es mit der Realität von Gebäuden, die wir heute brauchen und verwenden, wenig zu tun hat. Moderne Gebäude müssen nicht nur beheizt, sondern auch künstlich beleuchtet, belüftet und immer häufiger gekühlt werden. Das hat nur teilweise mit den verwendeten Architekturkonzepten zu tun und ergibt sich weitgehend aus den veränderten Anforderungen an modernen Nutzungen. In einem modernen Bürogebäude macht die Heizenergie nur einen Bruchteil des Gesamtenergieverbrauchs des Gebäudes aus.

Das dritte Missverständnis im derzeitigen Diskurs besteht darin, dass die Quantitäten im Vordergrund stehen und die Qualitäten vernachlässigt werden. Es ist jedoch wichtig, nicht nur die Menge der in einem spezifischen Prozess verbrauchten Energie, sondern auch die Qualität dieser Energiemenge zu betrachten. Heizenergie, die einen Raum auf eine bestimmte Temperatur bringt, ist eine vergleichsweise geringwertige, Elektrizität dagegen eine hochwertige Energieform. Wenn wir die Energieeffizienz verschiedener Optionen betrachten, müssen wir die Qualität der involvierten Energiemengen berücksichtigen. Endenergie- und Nutzenergiezahlen taugen für diese Vergleiche nicht. Primärenergieverbrauch oder CO₂-Emissionen eignen sich besser. Das Prinzip der Exergie kann sich auch als nützlich erweisen, wenn man die Tragweite verschiedener Lösungen und ihrer Effizienz besser verstehen will. In der Thermodynamik ist die Exergie eines Systems als Potenzial des Systems, Arbeit während eines Prozesses zu erbringen, der das System in ein Gleichgewicht mit einem Wärmereservoir bringt. Ein Forschungsprojekt an meinem Institut hat gezeigt, dass mechanische Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnungssystemen in Bürogebäuden, die in vielen europäischen Ländern verwendet werden, mit dem Ziel Energie zu sparen, in den meisten Fällen kontraproduktiv sind, weil die eingesparte Wärmeenergie durch die für den Betrieb der mechanischen Lüftungsanlagen aufgewendete elektrische Energie mehr als aufgewogen wird (Abb. 3).²

demand and internal environment, and the calculated BEEP value is an indicator for total Building Energy and Environmental Performance. Results of case studies examined using this method have clearly shown that low energy consumption cannot be equated with high energy efficiency (fig. 2).

A second misconception particularly frequent in central and northern Europe is the focus on heating energy. This is probably a result of cultural background. Humans are essentially a subtropical species and for those who arrived in regions like central and northern Europe, where the climate is for at least a large portion of the year relatively cold, the climatic challenge in the past was to achieve reasonably warm indoor temperatures for living. This line of thought tends to dominate our thinking still today, even though it has little to do with the reality of the buildings we need and use today. Modern buildings do not only need to be heated but also artificially lit, ventilated, and increasingly cooled. This has only partially to do with the architectural concepts employed and largely results from the changed requirements due to modern usage of spaces. Heating energy demand in a modern office building for example accounts for only a fraction of the total energy demand of the building.

The third misconception in the current discussions is that there is too much emphasis on quantities and not enough on qualities. It is important to consider not only the quantity of energy "consumed" in a specific process but also the quality. Heat energy at a temperature suitable for space heating is for example a comparably low-grade energy form. Electricity is a high-grade energy form. When comparing energy efficiency of different options we need to consider the quality of the energy quantities involved. Delivered energy and useful energy figures are not suitable for these comparisons. Primary energy consumption or CO₂ emissions are better.

The exergy concept can also prove useful to understand better the implications of various solutions and compare their efficiency. In thermodynamics the exergy of a system is defined as the potential of a system to do work during a process that brings the system into equilibrium with a heat reservoir. A research project at my institute has shown that mechanical ventilation systems with heat recovery systems in office buildings, as employed in many European countries with the intention of saving heat energy, do not in most cases make sense in energy efficiency terms as the heat energy saved is more than compensated for by the electrical energy required to power the ventilation systems (fig. 3).²

A fourth misconception is that when various alternative solutions in the building context are compared with each other, too often only the energy efficiency in operation is considered. We need to think more holistically. The total energy efficiency including manufacture, construction, and disposal needs to be considered in most cases. Recent research has for example shown that in many built buildings employing double façades to improve energy efficiency, the time taken to recover the embodied energy of the second skin via energy savings in operation can be in the order of 25 years.³ This amortisation period was calculated purely in terms of primary energy;

2 Brian Cody, "Energieeffiziente Lüftung von Bürogebäuden", in: *HLH Fachzeitschrift, Verein Deutscher Ingenieure*, Springer-VDI-Verlag, Düsseldorf November/December 2005.

3 Brian Cody, "Double skin building envelopes and their impact on the HVAC systems and energy efficiency of buildings", in: *8th REHVA World Congress Clima 2005*, Conference Proceedings, Lausanne 2005.

the economical payback period is substantially longer. The low energy and so-called passive house concepts in the residential building sector so loved by the popular media at the present time are a classical example of this problem. The resources input (the increased building volume and embodied energy due to thermal insulation, triple glazing, mechanical ventilation systems, etc.) outweighs by far the benefit of the reduced heating energy demand in operation. The use of electrical energy to power the mechanical ventilation systems in these buildings with the intention of saving heating energy is also problematic (see above).

Urban Design. The starting point for energy efficiency is in urban design and not in a solitary building. The most energy efficient building in the world is absolutely ineffective if not integrated into an energy efficient urban structure. Optimising urban density must be a key component of any future strategy to maximise energy efficiency. This has only partly to do with the reduction of transport energy. The present use of land itself is not sustainable. Apart from the issue of food production, we need to realise that the quality of a city often depends to a large extent on the quality of the surrounding countryside and so cities need to be concentrated compact

places offering the qualities of urban life but with a clear boundary between urban space and surrounding intact open spaces. Spaces which are neither city nor countryside – commonly referred to as suburbs – should be kept to a minimum. The thought that one day we may lose our cities and our countryside and live in an exclusively suburbanised world is a nightmare, quite apart from the ecological consequences of such a scenario.

The advantage which suburbia can offer to young families is obvious: Access at ground level to garden space where children can play. However, the period of time where this is necessary or attractive is maybe 10 years per family. Before this period and afterwards, living in an attractive city with good infrastructure and cultural amenities is more attractive for singles, childless couples, families with older children, and senior people. Perhaps we need to think more about flexible homes which are suitable for different phases in one's life, so that the area required for suburbia can be contained (fig. 4).

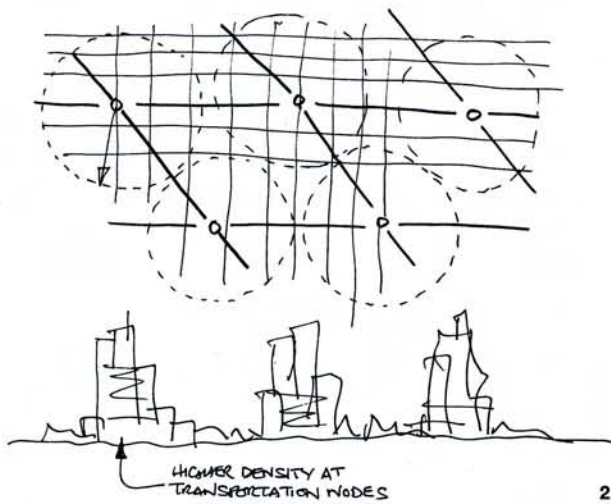
Tall Buildings. An aspect which is particularly interesting with regard to energy efficiency in urban design is the possible contribution which tall buildings could make. Studies have shown that there is a direct relationship between urban density and energy consumption due to transportation. If we accept this and acknowledge that we need to increase urban density in our cities as a vital component in their sustainable development, then we

Ein viertes Missverständnis ist, dass im Vergleich verschiedener alternativer Lösungen im baulichen Kontext oft nur die Energieeffizienz im Betrieb berücksichtigt wird. Wir müssen dabei viel holistischer denken; auch die Herstellung, die Errichtung und die Entsorgung eines Gebäudes müssen berücksichtigt werden. Jüngste Forschungen haben beispielsweise ergeben, dass sich bei vielen Gebäuden die Verwendung doppelschaliger Fassaden zur Verbesserung der Energieeffizienz erst nach 25 Jahren Betrieb energetisch amortisiert;³ dabei ist der wirtschaftliche Amortisierungszeitraum wesentlich länger. Die so genannten Niedrigenergie- oder Passivhauskonzepte im Wohnbau, die von den Massenmedien derzeit so hoch gelobt werden, sind ein klassisches Beispiel für dieses Problem. Der Ressourceninput (das vergrößerte Volumen und der höhere Energieeinsatz der Wärmedämmung, Dreifachverglasung, mechanischer Lüftungsanlagen etc.) wiegt weitaus schwerer als der Vorteil der verminderten Heizkosten während des Betriebs. Die Verwendung elektrischer Energie für den Antrieb mechanischer Lüftungsanlagen in diesen Gebäuden zwecks Einsparung von Heizenergie ist ebenfalls problematisch (siehe oben).

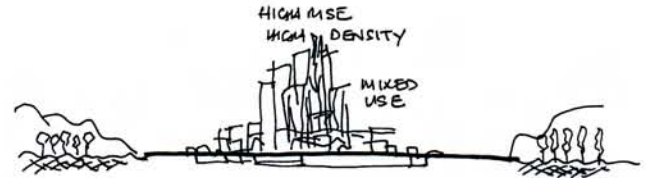
Stadtplanung. Der Ausgangspunkt für eine hohe Energieeffizienz ist die Stadtplanung, nicht das einzelne Gebäude. Auch ein Gebäude mit der höchsten Energieeffizienz der Welt ist absolut ineffizient, wenn es nicht in eine energieeffiziente städtische Struktur eingebunden ist. Die Optimierung der urbanen Dichte ist eine Schlüsselkomponente jeglicher zukünftigen Strategie zur Maximierung der Energieeffizienz. Dies hat nur teilweise mit der Reduzierung des Energieverbrauches der Verkehrssysteme zu tun. Auch die derzeitige Landnutzung ist nicht nachhaltig. Unabhängig vom Thema der Nahrungsmittelproduktion müssen wir uns der Tatsache bewusst werden, dass die Qualität einer Stadt oft weitgehend von der Qualität des Umlandes abhängt. Städte sollen konzentrierte, kompakte Orte sein, die alle Qualitäten eines urbanen Lebens aufweisen, und dabei eine klare Grenze zu den sie umgebenden intakten, offenen Räumen aufweisen. Räume, die weder Stadt noch Land sind und allgemein als Vorstädte bezeichnet werden, sollten auf ein Minimum beschränkt bleiben. Der Gedanke, dass wir eines Tages unsere Städte und unseren ländlichen Raum verlieren und ausschließlich in einer Vorstadtwelt leben, ist ein Albtraum, ganz abgesehen von den ökologischen Folgen eines

2 Brian Cody, „Energieeffiziente Lüftung von Bürogebäuden“, in: *HLH Fachzeitschrift, Verein Deutscher Ingenieure*, Springer-VDI-Verlag, Düsseldorf November/Dezember 2005.

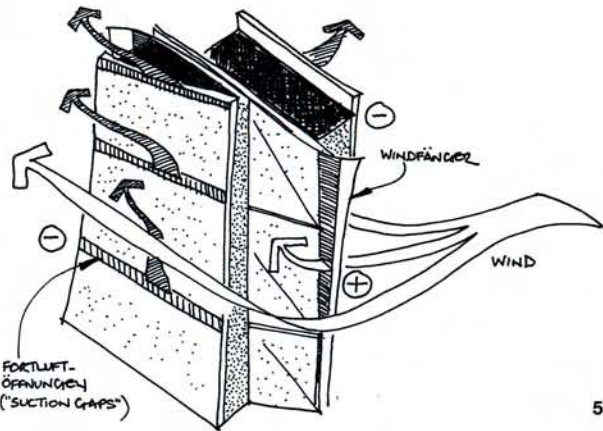
3 Brian Cody, „Double skin building envelopes and their impact on the HVAC systems and energy efficiency of buildings“, in: *8. REHVA World Congress Clima 2005*, Tagungsband, Lausanne 2005.



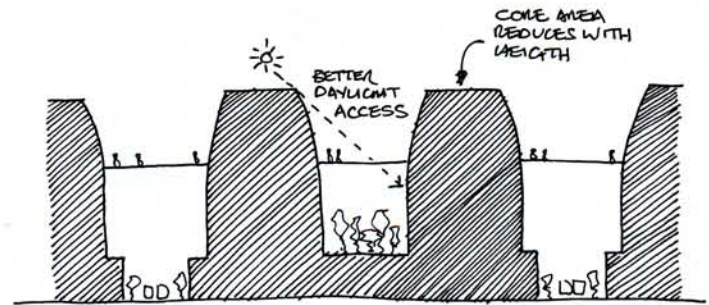
2



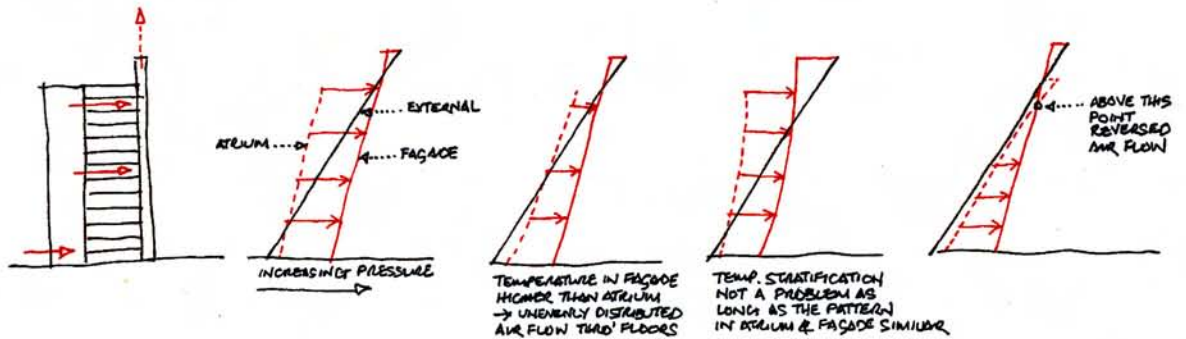
3



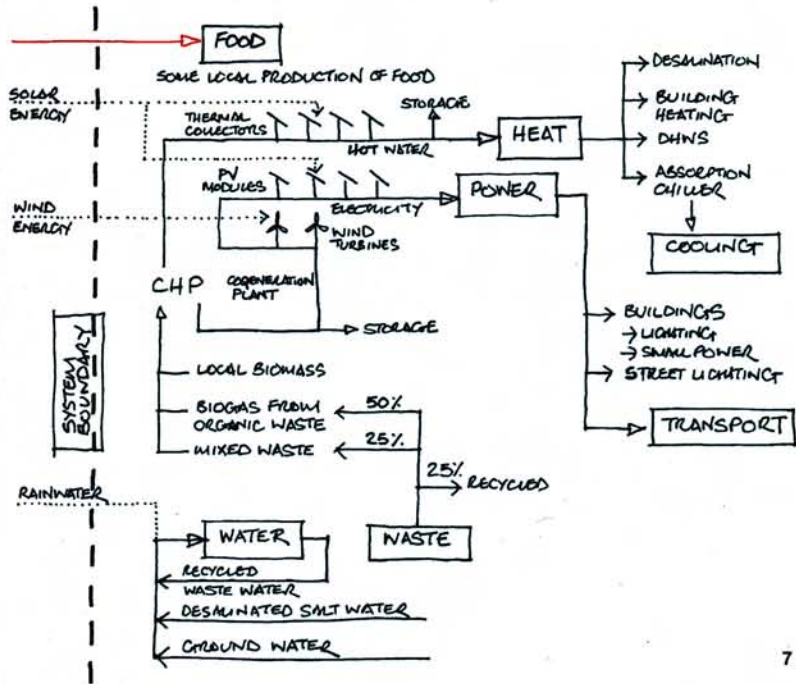
5



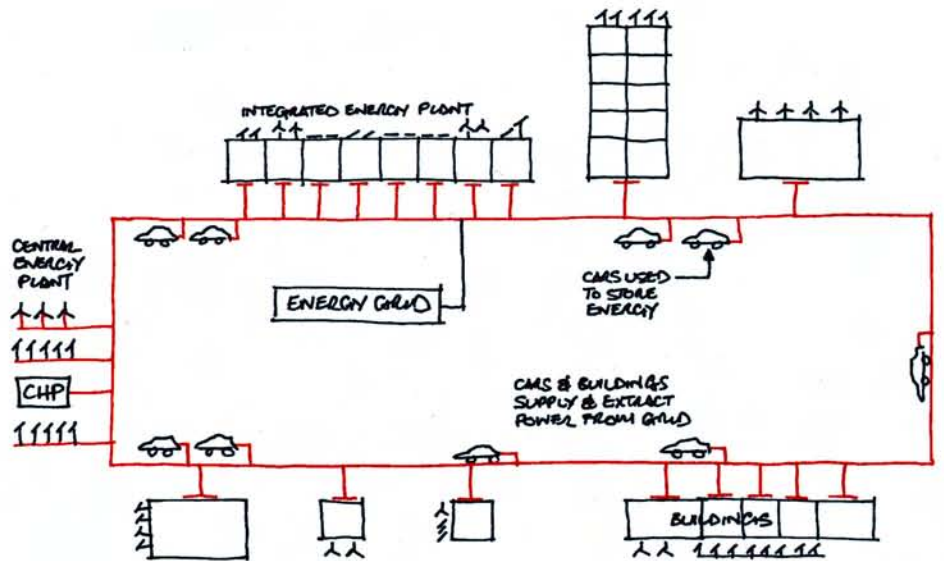
4



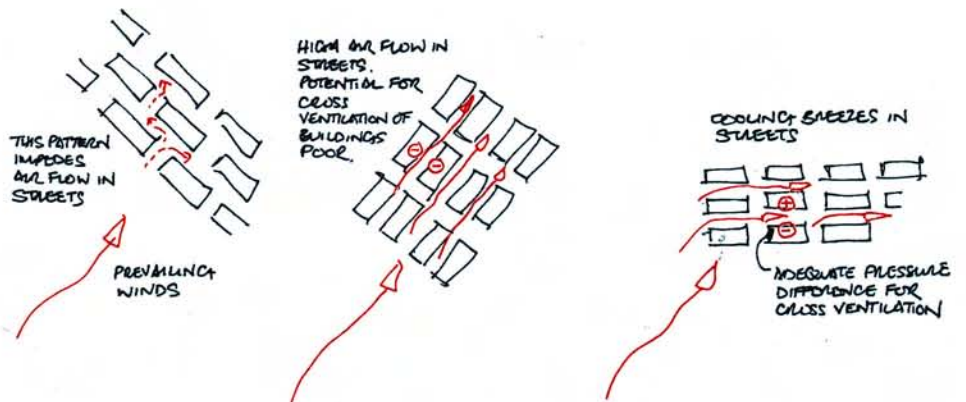
6



7



8



9

solchen Szenarios. Der Vorteil, den suburbane Zonen jungen Familien bieten, liegt auf der Hand: ein ebenerdiger Zugang zum Garten, in dem Kinder spielen können. Dies ist jedoch lediglich für ungefähr zehn Jahre pro Familie erforderlich oder für diese attraktiv. Davor und danach ist es für Singles, kinderlose Paare, Familien mit älteren Kindern und Senioren attraktiver in einer Stadt mit einer guten Infrastruktur und kulturellen Einrichtungen zu leben. Vielleicht sollten wir mehr über flexible Wohnkonzepte nachdenken, die für verschiedene Lebensabschnitte geeignet sind, um so die suburbanen Flächen zu begrenzen (Abb. 4).

Hochhäuser. Ein Aspekt, der im Zusammenhang mit der Energieeffizienz im Städtebau besonders interessant ist, ist der Beitrag, den Hochhäuser leisten könnten. Untersuchungen haben gezeigt, dass es zwischen der urbanen Dichte und dem Energieverbrauch durch den Verkehr einen direkten Zusammenhang gibt. Wenn wir das akzeptieren und anerkennen, dass wir die urbane Dichte als zentrale Komponente einer nachhaltigen Stadtentwicklung erhöhen müssen, dann müssen wir uns mit Hochhäusern auseinandersetzen und ermitteln, ob sie für eine nachhaltige und annehmbare Erhöhung der urbanen Dichte geeignet sind. Ergebnisse eines Forschungsprojekts an meinem Institut weisen darauf hin, dass Hochhäuser in der Stadt ein Potenzial für die Verbesserung der Energieeffizienz besitzen. Wir haben gezeigt, dass die urbane Dichte nahezu verdoppelt werden kann, verglichen mit traditionellen europäischen Stadtkonfigurationen, und dabei gleichzeitig die technischen Probleme, die normalerweise mit Hochhäusern einhergehen, vermieden werden können; Zugang zu Sonnenlicht, schlechtes Netto- zu Bruttogeschossflächenverhältnis, Wind induzierte Unbehaglichkeit im Fußgängerbereich. Mit dem Nachweis, dass Hochhäuser die Dichte erhöhen und somit den verkehrsbedingten Energieverbrauch senken können, stellt sich als nächstes die Frage, ob Hochhäuser die Gesamtenergieeffizienz tatsächlich erhöhen können. Auf den ersten Blick scheint der Hochhaustypus inhärent energieineffizient zu sein; hauptsächlich aufgrund der Windproblematik. Der in der Höhe vorherrschende Winddruck macht die Verwendung von konventionellen außenliegenden Sonnenschutzvorrichtungen und offenen Fenster häufig unmöglich. Aus diesem Grund greift man bei Hochhäusern bis heute auf ganzjährige mechanische Belüftung und Klimaanlage zurück. Strategien, die eine natürliche Belüftung hoher Gebäude ermöglichen, haben deswegen ein hohes Potenzial zur Verbesserung der Energieeffizienz. Für den neuen Hauptsitz der Europäischen Zentralbank in Frankfurt entwickelten wir deshalb ein Konzept, das eine ausschließliche natürliche Belüftung des Gebäudes vorsieht, wodurch wir auf mechanische Systeme ganz verzichten könnten. Wir haben diese Konzepte seitdem

will need to look at high-rise buildings and ascertain whether or not they can effectively increase urban density in a sustainable and acceptable manner. Results of a research project at my institute indicate a potential for increasing energy efficiency by the use of tall buildings in urban developments. We showed that the urban density can be increased by the use of vertical structures by a factor of nearly two compared to traditional European city configurations while avoiding the usual technical problems associated with high-rise buildings; daylight access, reduced area efficiency due to enlarged cores, discomfort at pedestrian level due to environmental winds, etc. After proving that high-rise buildings can increase density and thus potentially reduce energy consumed by transportation, the next question is whether they can really increase total energy efficiency. On first sight, high-rise buildings appear to have an inherently low energy efficiency in their operation. This is mainly due to wind-related issues. On account of the increased wind pressures due to height, external solar shading and natural ventilation with operable windows become difficult and thus all tall buildings to date employ mechanical ventilation and air conditioning. Therefore, strategies allowing natural ventilation of tall buildings offer significant potential to improve energy efficiency.

For the new headquarter building of the European Central Bank in Frankfurt we developed a concept which would enable the building to be exclusively naturally ventilated and allow us to dispense with mechanical systems completely. We have since developed these concepts further in a research project where we have demonstrated the feasibility of concepts to avoid mechanical ventilation completely in very tall buildings.⁴ The benefits of these concepts are: Increased energy efficiency in operation, reduced embodied energy (ventilation system, plant rooms, shafts), lesser risk of Sick Building Syndrome, savings in running costs (energy costs, maintenance and operation), and savings in capital costs (system, plant rooms, shafts) (figs. 5 and 6).

After proving that high-rise buildings can increase density and thus potentially reduce energy consumed by transportation, the next question is whether they can really increase total energy efficiency.

Other Aspects. A major issue with which many European countries in the near future will be faced is the question of what to do with the mass building stock built between the 1950s and the 1980s and in particular the prefabricated buildings of the 1970s; tear them down and build anew or renovate and modify them to make them suitable for today's requirements. While the former often appears more promising to owners and developers,

⁴ Brian Cody, "Exploring the potential for natural ventilation of very tall buildings", in: 29th AIVC Conference, Conference Proceedings, Kyoto 2008.

A major issue with which many European countries in the near future will be faced is the question of what to do with the mass building stock built between the 1950s and the 1980s and in particular the prefabricated buildings of the 1970s; tear them down and build anew or renovate and modify them to make them suitable for today's requirements.

in einem Forschungsprojekt weiterentwickelt und nachgewiesen, dass sich die Systeme auch für sehr hohe Gebäude eignen und man keine mechanische Belüftung mehr braucht.⁴ Die Vorteile dieser Systeme sind: höhere Energieeffizienz im Betrieb, Senkung der grauen Energie (Lüftungsanlagen, Technikräume, Schächte), geringere Gefahr von Sick Building Syndrome, Einsparung sowohl bei den laufenden Kosten (Energie-, Instandhaltungs- und Betriebskosten) als auch bei den Kapitalkosten (System, Technikräume, Schächte) (Abb. 5 und 6).

Weitere Aspekte. Eine Frage, mit der viele europäische Länder in naher Zukunft konfrontiert sein werden, ist die des Umgangs mit dem Bestand aus den Jahren 1950 bis 1980 und insbesondere mit den Fertigteilbauten aus den 1970er Jahren; abreißen und neu bauen oder renovieren und so umbauen, dass sie den heutigen Anforderungen entsprechen? Während Besitzer und Bauträger Ersteres oft für besser halten, hat Letzteres den eindeutigen Vorteil, dass die graue Energie des Originalbaus erhalten bleibt. Andererseits bringt diese Option per se keinen höheren energetischen Wirkungsgrad. Die Gesamtenergieeffizienz über die Lebensdauer eines neuen Gebäudes im Vergleich zu einem renovierten muss bestimmt werden, wobei es vor allem um die Frage geht, bis zu welchem Grad ein Umbau den modernen Anforderungen gerecht werden kann.

Wir haben gerade ein Forschungsprojekt zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen verschiedenen Teleworking-Formen und der Gesamtenergieeffizienz in der Gesellschaft begonnen. In den vergangenen Jahren haben neue Arbeitsformen eindeutig zu einer Erhöhung des Energieverbrauchs geführt. Es besteht jedoch ein Potenzial, das durch die Nutzung dieser Parameter zur Erzeugung radikal neuer Gebäudeformen und Verkehrssysteme ausgeschöpft werden könnte. Ziel wäre es, die Energieeffizienz insgesamt zu erhöhen. Für die Untersuchung bilden wir nicht Modelle der energetischen Strukturen von Gebäuden oder Städten ab, sondern von typischen Konzern- und Firmenstrukturen (Abb. 7).

Das Potenzial zur Erhöhung der Energieeffizienz mit architektonischen Mitteln ist enorm, in dem man Konzepte für nutzungsoffene Raumstrukturen entwickelt, die an verschiedene Nutzungen während der Lebenszeit eines Gebäudes angepasst werden können. Die Zeiten, in denen ein neu errichteter Wohnblock auf Grund seines Entwurfs dazu verdammt ist, ein Wohnblock zu bleiben, weil er eine bestimmte Raumhöhe, ein bestimmtes Tragwerk, eine be-

4 Brian Cody: „Exploring the potential for natural ventilation of very tall buildings“, in: 29. AIVC Conference, Tagungsband, Kioto 2008.

stimmte Fassade und Erschließung hat, müssen endlich vorbei sein. Ein weiteres Thema ist der Nutzungsgrad unseres Gebäudebestandes. Ein Blick auf eine durchschnittliche westliche Stadt zeigt rasch, dass der Prozentsatz der tatsächlichen Nutzung jedes beliebigen Gebäudes sehr, sehr gering ist. Wenn wir Gebäude unter diesem Blickwinkel zu betrachten beginnen, dann werden sich auch die Entwurfsparameter radikal ändern. Ein kleines Beispiel dafür ist die Tatsache, dass die 24/7-Nutzung von Gebäuden bedeutet, dass Konzepte, die auf der Verwendung der thermisch wirksamen Masse beruhen, weitgehend sinnlos sind.

Während wir uns natürlich hauptsächlich damit beschäftigen, durch Maximierung der Energieeffizienz der globalen Erwärmung entgegen zu wirken, stellt sich im Hinblick auf den offensichtlich unvermeidlichen Klimawandel die interessante Frage, wie dieser sich auf die Gestaltung unserer Gebäude auswirken wird. Mit anderen Worten: Wie müssen wir unsere Gebäude entwerfen, um auf die Wirkungen des Klimawandels zu reagieren? In einem Forschungsprojekt haben wir beispielsweise den Einfluss des voraussichtlichen Klimawandels auf den Heiz- und Kühlungsbedarf von Bauten in Österreich untersucht.⁵

Integriertes Bauen und Verkehrssysteme. In einem Projekt an der Adriaküste haben wir ein umfassendes Energiekonzept für eine kohlenstoffneutrale Siedlung auf einer Halbinsel mit einer ca. 100 ha großen Fläche entwickelt. An diesem Ort ist die jährliche Menge der auf die Dächer einstrahlenden Sonnenenergie weitaus höher als der Energieverbrauch des Gebäudes. Die jährliche Menge Regenwasser, die auf die Dächer fällt, ist ungefähr gleich hoch wie der gesamte Wasserverbrauch des Projekts im Jahr. Zeichnet man eine Systemgrenze um die Halbinsel würden bei einer konventionellen Lösung Essen, Brennstoffe und Treibstoff, Elektrizität für die Gebäudekühlung, Beleuchtung und Steckdosen über diese Grenze hinein und Abwasser, Müll und Verbrennungsprodukte über diese Grenze hinaus transportiert werden. Bei unserer Lösung braucht man nur Nahrungsmittel über die Systemgrenze hereinbringen. Der Energiebedarf der gesamten Siedlung einschließlich aller Gebäude und Fahrzeuge wird durch erneuerbare Energiequellen vor Ort gedeckt. Die Verwendung von Solar- und Windenergie, Regenwasser, Abwasser und Müll ist in das mehr oder weniger geschlossene System integriert. Wir schlagen ein integriertes Netzwerk aus Gebäuden und Fahrzeugen vor –

the latter has the indisputable advantage, that the grey energy of the original construction can be retained. This does not, however, make this option more energy efficient per se. The respective energy efficiency during the life of the new and renovated buildings will need to be compared, and a key question is to which degree the modified building can provide the qualities needed to meet modern requirements.

We have just started to work on a research project concerned with the nature of the relationship between different forms of teleworking and total energy efficiency in society. In recent years the use of new forms of working has unquestionably increased energy consumption. There is a potential, however, to use these new parameters to generate radically new forms of building and transport systems with the aim of increasing total energy efficiency. To study this we are not modelling the energy performance of building or city structures but of typical corporation and company structures (fig. 7).

There is a huge potential for increasing energy efficiency by architectural means by developing concepts for usage of neutral spatial structures which enable adaptation for varied uses during the lifetime of a building. The days where a newly build residential apartment block is by design condemned to remain a residential apartment block, on account of its floor-to-floor height and its structural, façade, and circulation systems, must soon come to an end. Another issue is the degree of utilisation of our building stock. One look at a typical city in the Western world quickly reveals that the percentage of time that any particular building is in use is very very low. If we begin to think about buildings in this way, building design parameters will also radically change. One small example of this is the fact that the 24/7 use of buildings means that concepts employing thermal mass may no longer make much sense.

While we are naturally primarily concerned with the issue of increasing energy efficiency with the aim of stopping global warming, an interesting question poses itself with regard to the seemingly inevitable climate change which will occur and how this will effect the design of our buildings; in other words, how must we design our buildings to cope with the effects of impending climate change? In a recent research project we examined the influence of the expected climate change on the heating and cooling demand for buildings in Austria.⁵

Integrated Building and Transport Systems. In a project on the coast of the Adriatic Sea we have developed a total energy concept for a carbon neutral development on an peninsula with an area of approx. 100 hectares. At this location the quantity of solar energy falling on the roofs of the buildings during the year is higher than the energy demand in the buildings. The amount of rain water falling on the building roofs equates approximately to the total amount of water consumption of the project. In a conventional solution, if you were to draw a system boundary around the island, food, fuels for heating and vehicles, and electricity for building cooling,

⁵ Brian Cody, „Heizen und Kühlen im Klimawandel, Einfluss eines möglichen Klimawandels auf den Heiz- und Kühlenergiebedarf von Gebäuden“, in: *Studien zum Klimawandel in Österreich, Heizen und Kühlen im Klimawandel – Teil 1*, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, ISBN 978-3-7001-892-1.

⁵ Brian Cody, „Heizen und Kühlen im Klimawandel, Einfluss eines möglichen Klimawandels auf den Heiz- und Kühlenergiebedarf von Gebäuden“, in: *Studien zum Klimawandel in Österreich, Heizen und Kühlen im Klimawandel – Teil 1*, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, ISBN 978-3-7001-892-1.

lighting, and small power would pass through the boundary from outside and waste water, refuse, and combustion products would leave through the system boundary from inside. In our proposed solution only food needs to be brought across the system boundary. The energy demand of the entire development including all buildings and vehicles is supplied by on-site renewable energy sources. The use of solar and wind energy, rain water, even waste water and garbage are integrated into the more or less closed system. We are proposing an integrated building and vehicle network: An Energy Grid. An interchange building provides the transformation from the primary conventional system outside the site to a secondary transportation system on the peninsula comprising electrical taxis, in which the batteries are recharged by renewable energy. A combination of centralized plant and decentral building integrated systems supply the Energy Grid with renewable energy. Buildings and vehicles are connected together via the Energy Grid. Both buildings and cars can extract and supply energy to the grid. When using renewable energy sources, energy storage systems are a vital component of the total system in order to match supply and demand, and the cars thus partly fulfil this important function by providing storage capacity (fig. 8).

We are also using the topography of the site to store energy by using excess energy produced by solar and wind sources to pump water to the highest point of the peninsula and store it in a large reservoir. This potential energy in the form of water mass can be used, when required, to drive turbines and generate electrical power. This system is also combined with a system for collecting and using rainwater. Sea water is used for cooling purposes. Solar cooling systems employ solar energy to drive absorption chillers. Concentrating the urban development in densely

built villages means that a large part of the peninsula can be left in its natural condition, the biodiversity can be preserved to a large extent, and the transportation demand can be minimized. Solar geometry and wind analysis are used to generate urban morphologies which provide pleasant microclimatic conditions in the external urban spaces (fig. 9).

Summary/Conclusions. Principles for energy efficient urban design include the provision of compact cities in a polycentric region instead of sprawling urban conurbations, urban density instead of urban sprawl, vertical cities with heterogeneous mixed uses, increased density at transportation nodes, achievement of density via high density compact arrangements of relatively low high-rise buildings instead of low density arrangements of isolated high high-rise buildings (the relationship between usable and

einen Energieverbund. Ein Transfergebäude gewährleistet den Anschluss zwischen dem primären konventionellen Verkehrssystem außerhalb der Anlage und dem sekundären Verkehrssystem auf der Halbinsel mit Elektrotaxis, die mit durch erneuerbare Energie aufladbaren Batterien betrieben werden. Eine Kombination aus zentralen Anlagen und dezentralen gebäudeintegrierten Systemen beliefern den Energieverbund mit erneuerbarer Energie. Gebäude und Fahrzeuge sind in diesem Energy Grid miteinander verbunden. Sowohl Gebäude als auch Autos können Energie aus dem Netz beziehen und in das Netz einspeisen. Bei der Verwendung von erneuerbaren Energiequellen sind Energiespeichersysteme eine wichtige Komponente des Gesamtsystems zur Abstimmung von Angebot und Nachfrage, und hier erfüllen die Autos teilweise diese wichtige Funktion, indem sie Speicherkapazität zur Verfügung stellen (Abb. 8).

Wir verwenden auch die topografischen Gegebenheiten vor Ort, um Energie zu speichern, indem wir überschüssige Sonnen- und Windenergie verwenden, um Wasser auf den höchsten Punkt der Halbinsel zu pumpen und in einem großen Becken zu speichern. Diese potenzielle Energie in Form von Wassermassen wird, wenn erforderlich, verwendet werden, um Turbinen anzutreiben und elektrischen Strom zu erzeugen. Dieses System ist auch mit einem System zur Sammlung und Verwertung von Regenwasser verbunden. Meerwasser wird zur Kühlung herangezogen. Mit Sonnenenergie gespeiste Kühlsysteme funktionieren mit Hilfe von Absorptionskühlern. Weil man die Bebauung auf dicht gebaute Dörfer beschränkt, kann der Großteil der Halbinsel unverändert und die Artenvielfalt weitgehend erhalten werden. Der Bedarf an Verkehrssystemen wird dabei minimiert. Durch die Analyse der Sonneneinstrahlung und des Windes wird eine Bebauungsmorphologie geschaffen, die in den offenen urbanen Räumen für angenehme mikroklimatische Bedingungen sorgt (Abb. 9).

Zusammenfassung/Schlussfolgerungen. Prinzipien für eine energieeffiziente Bebauungsplanung umfassen die Konzipierung kompakter Städte in einer polyzentrischen Region anstatt zersiedelter städtischer Großräume, eine verdichtete Bebauung statt Zersiedelung der Landschaft, vertikale Städte mit heterogenen Nutzungen, erhöhte Dichte bei (Nah-)Verkehrsknotenpunkten, Verdichtung über kompakte Anordnungen relativ niedriger Hochhäuser mit hoher Dichte statt Anordnungen einzelner Wolkenkratzer, was eine geringere Dichte ergibt (das Verhältnis zwischen Nettogeschossfläche und Bruttogeschossfläche wird mit zunehmender Höhe ungünstig, weil die Kernflächen für Lifte, Schächte etc. verwendet werden), die Optimierung kumulativer Effekte von Gebäudegruppen (hinsichtlich Beschattung, passive Solarenergie, Tageslichteinfall, Energieproduktion über die Ge-

The days where a newly build residential apartment block is by design condemned to remain a residential apartment block, on account of its floor-to-floor height and its structural, façade, and circulation systems, must soon come to an end.

bäudefläche etc.) und die Optimierung der Energieeffizienz bei der Errichtung und im Betrieb der einzelnen Gebäude. Es ist wichtig, in Systemen zu denken und Gesamtkonzepte von einem holistischen Ansatz heraus zu entwickeln. Jüngste Fehlentwicklungen wie die so genannten Passivhäuser und einige Projekte zur verstärkten Nutzung von Biotreibstoffen haben gezeigt, welche Folgen einseitiges eindimensionales Denken haben kann.

gross floor area becomes increasingly unfavourable with increasing height, on account of core space taken by lifts, shafts, etc.), the optimisation of the cumulative effect of groups of buildings (with regards to overshadowing, passive solar gains, light access, energy production via building surface, etc.), and the optimisation of the energy efficiency in the construction and operation of the individual buildings. It is important to think in systems, to develop total concepts with a holistic approach. Recent misguided developments such as so-called passive houses and some proposals for increased use of biofuels show what can result from too specialized one-dimensional thinking.

Anmerkungen

Alle o. a. Forschungsprojekte wurden vom Autor und seinem Team am Institut für Gebäude und Energie an der Technischen Universität Graz durchgeführt. Die Energiekonzepte für die oben beschriebenen umgesetzten Projekte wurden vom Autor und seinem Team bei Arup entwickelt.

Das Copyright für alle Zeichnungen liegt bei Brian Cody.

Notes

All the research projects described above have been carried out by the author and his team at the Institute for Buildings and Energy at Graz University of Technology. The energy concepts for the projects in practice described above have been developed by the author and his team at Arup.

All drawings copyright Brian Cody.