

The background of the cover is a photograph of a person's hands holding a globe of the Earth. The globe is covered in a lush green field of grass and small yellow flowers. A white grid pattern is overlaid on the globe. The word "research" is written in a large, black, lowercase serif font across the middle of the globe. The letters "TU GRAZ" are written vertically in a smaller, black, uppercase sans-serif font to the left of the word "research".

research

118|2011
200 JAHRE TU GRAZ

Die Welt in unseren Händen

Nachhaltige Forschung an der TU Graz

The World in Our Hands

Sustainable Research at Graz University of Technology

Städtische Dichte und Energie

Urban Density and Energy

Brian Cody, Wolfgang Löschnig

Untersuchungen am Institut für Gebäude und Energie haben gezeigt, dass ein entscheidender Fortschritt in Richtung einer zukünftig nachhaltigen Entwicklung eine radikale Umstrukturierung der physischen Infrastruktur unserer Gesellschaft nach sich zieht (1) (2) (3). Die Stadt muss als ein System verstanden werden, das aus den verschiedensten miteinander vernetzten und verbundenen Elementen besteht und ein spezifisches bestimmtes Verhalten hervorruft. Im Forschungsprojekt „Stadt der Zukunft“ haben wir unterschiedliche Modelle für zukünftige Städte, basierend auf räumlicher und zeitlicher Verdichtung, dezentralisierter Energieproduktion und vertikaler Landwirtschaft, untersucht (4).

Einen Schlüsselaspekt bei all diesen Überlegungen stellt städtische Dichte dar. In der Vergangenheit haben wir gezeigt, dass spezifische Konfigurationen vertikaler Strukturen einen wichtigen Beitrag zur Steigerung der städtischen Dichte leisten und zugleich die Energieeffizienz erhöhen können (5) (6). Aktuell arbeiten wir an Studien zur Determinierung des optimalen Grades städtischer Dichte aus energetischer Sicht. Zur Berechnung der tatsächlichen Dichte zukünftiger Städte müssen auch die Flächen, die zur Erzeugung regenerativer Energie notwendig sind, in die Stadtfläche mit einbezogen werden, wobei eine Integration dieser Energieproduktionselemente in Gebäudehüllen wiederum eine Beeinflussung des Grades der optimalen Dichte bewirkt.

Erste Ergebnisse zeigen, dass unter Berücksichtigung der Landflächen für regenerative Energieproduktion die Stadtmodelle mit dem geringsten Energiebedarf nicht den Modellen mit dem geringsten Gesamtflächenbedarf entsprechen. Denn Städte mittlerer Bebauungsdichte weisen einen geringeren Energiebedarf als hochverdichtete Städte auf und benötigen daher auch gering-

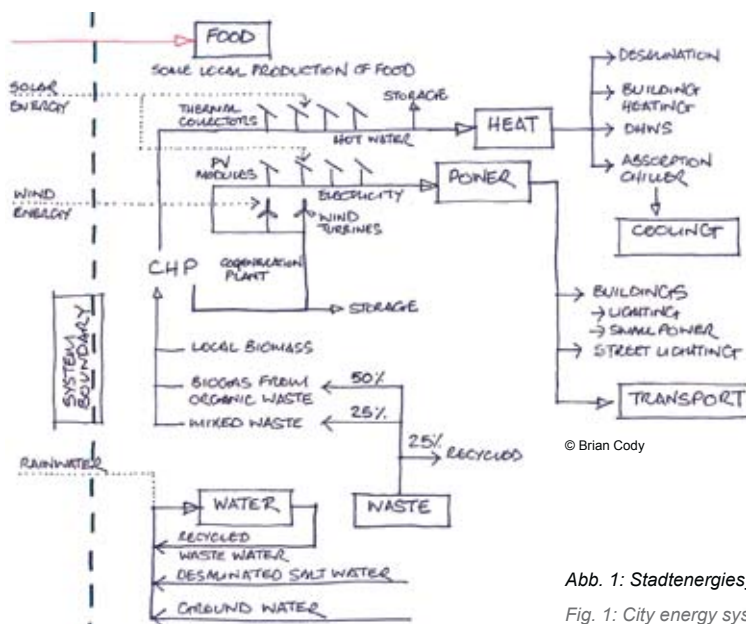
Our research at the Institute for Buildings and Energy has shown that achieving real progress in sustainable development will entail the radical restructuring of the physical infrastructure of society (1) (2) (3). The city is to be conceived as a system, as an interconnected set of elements organized in a structural pattern which produces a characteristic set of behaviors and we need to view this system in a holistic manner, focusing on cyclical rather than linear cause and effect. In the research project “City of the Future” we are studying hypothetical models for a future city with strategies based on spatial and temporal densification, decentralized energy production and vertical farming (4).

One key factor in these considerations is that of urban density. We have shown in the past that the employment of appropriately designed tall buildings can contribute to achieving vastly increased urban density and improved energy efficiency (5) (6).



Brian Cody ist Universitätsprofessor an der TU Graz und Vorstand des Instituts für Gebäude und Energie. Sein Schwerpunkt in Forschung, Lehre und Praxis gilt der Maximierung der Energieeffizienz von Gebäuden und Städten.

Brian Cody is professor and director of the Institute for Buildings and Energy at Graz University of Technology. His focus in research, teaching and practice is on maximizing the energy efficiency of buildings and cities.



© Brian Cody

Abb. 1: Stadtenergiesystem.
Fig. 1: City energy system.



Wolfgang Löschnig ist Architekt und Universitätsassistent am Institut für Gebäude und Energie. Er untersucht im Rahmen seiner Dissertation den Zusammenhang zwischen urbaner Dichte und der Gesamtenergieeffizienz einer Stadt.

Wolfgang Löschnig is architect and university assistant at the Institute of Buildings and Energy. His Ph.D. research investigates the relationship between urban density and the total energy efficiency of cities.

Abb. 2: Stadtmodell mit niedrigstem Energieverbrauch.

Abb. 3: Stadtmodell mit niedrigster Landflächennutzung.

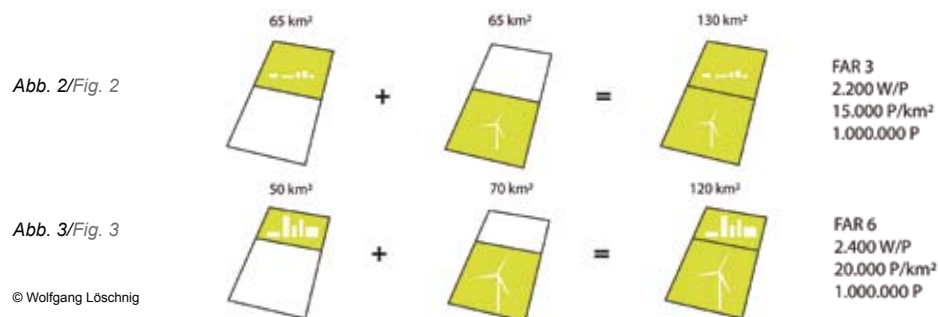
Fig. 2: City model with lowest energy consumption.

Fig. 3: City model with lowest land area use.

gere Energielandflächen. Allerdings ist die Landflächeneinsparung der urbanisierten Stadtfläche bei höheren Bebauungsdichten größer als die Einsparung im Bereich des Energielandes bei geringeren Bebauungsdichten. Zukunftsfähiger Städtebau tendiert somit eindeutig in Richtung hochverdichteter Stadtstrukturen. Eine extreme Verdichtung (FAR > 6) erscheint allerdings auch aus Sicht der Flächeneffizienz, bei heutigen Energiestandards, nicht sinnvoll.

We are currently working on studies to determine the optimal degree of density from an energy perspective. The measurement of real density in future cities will need to incorporate the large areas of land required to generate renewable energy and the incorporation of these areas into the external surface area of building structures will influence the determination of the optimal density.

Initial results show that the city model with the lowest energy consumption does not have the



Neben räumlicher Verdichtung müssen Strategien zur zeitlichen und digitalen Verdichtung berücksichtigt werden. Wir haben soeben ein Forschungsprojekt abgeschlossen, das den Zusammenhang zwischen unterschiedlichen Formen der Telearbeit und der Gesamtenergieeffizienz in der Gesellschaft untersucht (7). Die Einführung neuer Arbeitsformen hat in den letzten Jahren zweifellos den Energieverbrauch erhöht. Dennoch ist ein Potenzial 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 vielmehr die energetischen Strukturen typischer Dienstleistungsunternehmen. Im Zuge der Forschungsarbeiten haben wir eine neue Einheit für den Auslastungsgrad des Gebäudebestandes abgeleitet: m³h, ein Produkt von Raum und Zeit. Die Forschungsergebnisse zeigen, dass durch konsequente Umset-

smallest overall footprint when the land required for renewable energy production is taken into account. Medium density cities have a lower energy demand than high density cities and therefore require less land for energy production. However, the reduction of urbanized land area achieved in high density structures is larger than the savings in the area of land for energy production at lower densities. Future urban development should therefore tend towards high density urbanism. From a space efficiency perspective however, extreme densification (FAR>6) does not make sense, unless building specific energy demand can be vastly improved.

Alongside spatial densification, strategies for temporal and digital densification need to be considered. We have just completed work on a research project concerned with the nature of the relationship between different forms of teleworking and the total energy efficiency in society (7). In recent years the use of new forms of working has unquestionably increased energy consumption. There is a

zung unterschiedlicher Telearbeitsmodelle ein energetisches Einsparpotenzial von ca. 25 % auf Unternehmensebene erzielbar ist.

In einem weiteren Projekt, das vom Institut für Gebäude und Energie geleitet und von internen als auch externen Expertinnen und Experten aus den Bereichen Verkehr, Soziologie und IT unterstützt wurde, wurde besonderer Wert auf die effizientere Auslastung der Gebäudenutzflächen und die Nutzung von Synergien zwischen physischer und virtueller Infrastruktur, Wohn- und Arbeitsräumen durch Telearbeit etc. gelegt. Auf der Suche nach Strategien für eine räumliche, zeitliche und digitale Verdichtung wurden neue Gebäudetypologien für vertikale Strukturen entwickelt, die alle notwendigen infrastrukturellen Elemente einer Gesellschaft, einschließlich industrieller und landwirtschaftlicher Nutzungen, Nahrungsmittelproduktion, Energieerzeugung etc., abdecken.

Diese sogenannten Hyperbuildings stellen einzelne Zellen eines komplexen Stadtmodells dar. Jede Zelle hat prinzipiell die Fähigkeit, autark, für sich selbst zu funktionieren. Werden diese jedoch miteinander verbunden, kommt es zu wechselseitigen Synergieeffekten, sodass das Ganze mehr als die Summe der einzelnen Teile ist. Diese Hyperbuilding-Stadtstruktur ist eine Struktur, die Lebensraum für eine Bevölkerung mit der annähernd selben Dichte wie jener von Manhattan bietet, jedoch keine externe Energie- und Wasserversorgung benötigt, keinen Müll produziert, kein CO₂ emittiert und nur auf geringe oder gar keine externe Nahrungsmittelversorgung angewiesen ist. Wohn-, Büro- und Industrienutzung koexistieren mit Parks und Flächen für Landwirtschaft, Biomasse und Energieerzeugung. Im gesamten Kontext entsteht eine dreidimensionale Stadtstruktur, die Urbanität, Natur, Dichte und Vielfalt aufweist und eine erhebliche Verbesserung der Lebensqualität, verglichen mit Städten von heute, bietet.

Der städtebauliche Entwurf muss räumlicher und dreidimensionaler begriffen werden, als dies bis-

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 modeled the energetic structures of typical corporation and company structures and in the course of the project derived a new unit to measure the degree of utilization of our building stock; m³h, a product of space and time. The research results show that the implementation of various teleworking models can reduce energy consumption of a typical company structure by about 25%.

At the Energy City Conference, which was held in June of this year at Graz University of Technology, the results of an interdisciplinary research project, which was led by the Institute for Buildings and Energy and included internal and external experts for transportation, sociology and IT, were presented and discussed with internationally renowned invited speakers. In the research work particular emphasis was placed on the more effective use of building space and the use of synergies between physical and virtual infrastructure, living and working spaces, teleworking etc. In the search for strategies for spatial, temporal and digital densification, new typologies for vertical structures incorporating all the necessary infrastructural elements of society including even industrial and agricultural usages, food production, energy generation etc. were developed. These so-called Hyper Buildings function like cells in a city model. In this cell struc-

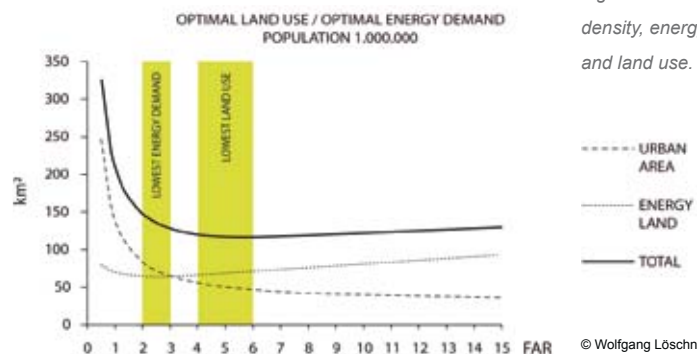


Abb. 4: Verhältnis von Dichte, Energieverbrauch und Landnutzung.

Fig. 4: Relationship between density, energy consumption and land use.

© Wolfgang Löschnig



Abb. 4: Stadt der Zukunft.

Fig. 4: City of the future.

1. Cody, B., Keynote Lecture "Form follows Energy", Conference Proceedings, *Clima 2010 – 10th REHVA World Congress*, 9.–12. Mai 2010, Antalya, Türkei
2. Cody, B., „Urbane Verdichtung, die Stadt neu denken“, in: *Zeno – Zeitschrift für nachhaltiges Bauen* 2/2009, Callway, München, ISSN 1866-8429
3. Cody, B., „Stadt und Energie / Urban Design and Energy“, in: *Stadt und Energie. GAM05 – Graz Architecture Magazine* 05/2008, Fakultät für Architektur TU Graz (Hrsg.), Springer, Wien – New York, ISBN 978-3-211-79203-2
4. Cody, B., „Stadt der Zukunft. Wege zur Energieeffizienz“, in: *Der Entwurf, Deutsche Bauzeitschrift*, November 2010
5. Cody, B., „Die Rolle von Hochhäusern in der nachhaltigen Entwicklung europäischer Städte“, in: *Forschungsjournal der TU Graz SS 05, TU Graz (Hrsg.)*, ISSN: 3-902465-18-2
6. Cody, B., „Exploring the potential for natural ventilation of tall buildings“, *Conference Proceedings, 29th – AIVC Conference in 2008*, 14.–16. Oktober 2008, Kyoto, Japan
7. Endbericht FFG-Forschungsprojekt „Telearbeit und Energieeffizienz. Untersuchungen des Zusammenhangs zwischen Telearbeit und der Gesamtenergieeffizienz der Gesellschaft“, Juni 2011

her der Fall war. Erschließungswege, Verkehrssysteme und öffentliche Räume müssen nicht auf der Ebene des natürlichen Bodens beschränkt bleiben. Unterschiedliche Ebenen, welche sich auf verschiedenen Höhen in einer dreidimensionalen Anordnung verteilen und eine optimale Verschmelzung von öffentlichem Geschehen und Privatleben ermöglichen, sind denkbar. Das Bestreben nach Optimierung der städtischen Dichte kann zu völlig neuen Qualitäten urbanen Lebens führen und diese Überlegungen sind nicht auf Entwicklungen neuer Städte in China und Indien begrenzt. Mit dem Wissen, dass im Laufe der nächsten 50 Jahre die bestehenden europäischen Städte einem drastischen Wandel aufgrund kontinuierlicher Verbesserungsmaßnahmen und laufender Sanierungen unterworfen sein werden, ist es dringend notwendig, für jede europäische Stadt einen Masterplan gemeinsam mit einer Vision der Stadt in 50 Jahren zu entwickeln. Warum? Weil jede künftige Intervention in diesem Zeitraum, jeder Neubau und jedes sanierte Bestandsgebäude ein Fragment der ‚Stadt der Zukunft‘ ist.

ture each cell has the ability to work independently and function in a self-sufficient manner. However, when linked together, they mutually assist each other so that the whole is more than the sum of the parts. The Hyper Building itself is a structure which allows a population density roughly equal to that of Manhattan, needs no external energy supply, no external water supply, produces no waste, emits no CO₂ and needs little or no external food supply. Space for residential, office and industrial use is provided alongside parks and areas for agricultural, biomass and energy production. Linked together they form a 3D-city structure, radically improving the quality of life compared with cities of today and offer urbanity, nature, density and diversity. The urban design of cities needs to be conceived of in more spatial and three dimensional terms than was the case until now. Circulation, mobility systems and public spaces need not remain trapped on the ground plane. Various layers at different vertical levels are conceivable in a truly three dimensional spatial arrangement of public and private life. The obtainment of optimal density can lead to totally new qualities in urban life and these considerations are not limited to the design of new cities for China and India. With the knowledge that in the course of the next 50 years existing European city structures will drastically change on account of continual improvements and renovations, it is imperative now to develop a masterplan for every European city together with a vision of the city in 50 years time. Why? Because every intervention we make between now and then, every new building, every renovated old building is a fragment of the “City of the Future”.