



Urban Future

Erhebung von Forschungsfragen zum Thema
„Resource Efficient City of Tomorrow“

R. Obernosterer, A. Karitnig, B. Lepuschitz

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

83/2010

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: Dipl.-Ing. Michael Paula

www.NachhaltigWirtschaften.at

Urban Future

Erhebung von Forschungsfragen zum Thema
„Resource Efficient City of Tomorrow“

DI Richard Obernosterer

Mag. Andreas Karitnig

DI Barbara Lepuschitz

RMA Ressourcen Management Agentur

Villach, April 2010

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Prognosen zur Bevölkerungsentwicklung gehen davon aus, dass die Bevölkerung weltweit von rund 6 auf mindestens 9 Milliarden Menschen zunehmen wird und in Zukunft auch der Prozess der Verstädterung weiter fortschreitet. Es wird erwartet, dass Mitte dieses Jahrhunderts mehr als zwei Drittel der Weltbevölkerung in Städten leben werden. Nicht nur der Zuzug zu vorhandenen Städten mit entsprechenden Anforderungen an Weiterentwicklung der bestehenden Infrastrukturen und ihrer Be- und Verarbeitungsprozesse wird weitergehen, sondern es wird auch angenommen, dass für 2 – 3 Milliarden Menschen völlig neue Städte bis 2050 erbaut werden.

Diese Trends und die derzeitigen tiefgreifenden technologischen, ökonomischen, ökologischen und sozialen Veränderungen (wie demographischer Wandel, Wirtschafts- und Klimawandel, begrenzte Ressourcenvorräte, etc.) erfordern die Entwicklung neuer Konzeptionen für Städte, die als Musterbeispiel für komplexe Systeme gelten, und die Optimierung der zugrunde liegenden Prozesse, Technologien und Infrastrukturen.

Die Frage, wie effizient die Rohstoff- und Energieversorgung, die Verarbeitung, Entsorgung und Wiederaufbereitung von Ressourcen der Städte gestaltet werden kann, wird zu einer entscheidenden Herausforderung für die Lebens- und Arbeitsqualität, das Nutzen-Kostenverhältnis der Stadtverwaltungen und die Wettbewerbsfähigkeit von Städten werden.

Die vorliegende „Urban Future“- Studie ist ein Beitrag zu diesem wichtigen Thema und befasst sich mit einer Vielzahl von Fragen und Herausforderungen für die Städte der Zukunft und mit relevanten Forschungsfragen im Hinblick auf Ressourcenmanagement, Ressourceneffizienz und Technologieentwicklungen und liefert damit eine wertvolle Basis für zukünftige Forschungsschwerpunkte.

SL-Stv. Mag. Ingolf Schädler

Bereich Innovation

Danksagung

Die Ressourcen Management Agentur bedankt sich beim Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie für die Förderung dieses Projektes.

Darüber hinaus bedankt sich die Ressourcen Management Agentur bei folgenden Personen, welche in Form von persönlichen Gesprächen, Telefoninterviews oder durch die Beantwortung von Fragebögen wesentlichen inhaltlichen Input für die vorliegende Studie geliefert haben (alphabetisch, ohne Titel):

Braungart, Michael
Emberger, Günter
Fahlberg, Kristin
Fischer-Kowalski, Marina
Geissler, Susanne
Girardet, Herbert
Grünbacher, Herbert
Hartleb, Karl
Kerstan, Hans-Günter
Lucas, Rainer
Ludwig, Christian
Mötzl, Hildegund
Müller, Daniel
Nakamura, Shinichiro
Past, Daniela
Quartier, Robin
Rexroth, Karsten
Scherf, Werner
Schmausser, Erik
Spiegel, Peter
Srinivasan, Suraj
Streicher, Wolfgang
Wissen, Ulrike
Wittmer, Dominic

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----|
| KURZFASSUNG | VII |
| ABSTRACT | X |
| 1 EINLEITUNG | 1 |
| 1.1 Leitfragen und Ziele..... | 2 |
| 1.2 Aufbau der Studie..... | 3 |
| 1.3 Methodik | 4 |
| 2 GESCHICHTLICHE ENTWICKLUNG UND ZUKÜNFTIGE HERAUSFORDERUNGEN DER STADT | 6 |
| 2.1 Entwicklungsgeschichte der Stadt..... | 6 |
| 2.2 Gegenwärtige Trends, Zukünftige Herausforderungen | 7 |
| 3 STAND DER FORSCHUNG..... | 10 |
| Urbane Struktur | 10 |
| 3.1.1 Leitbilder für nachhaltige Stadtstrukturen..... | 11 |
| 3.1.2 Stadtentwicklung..... | 17 |
| 3.2 Energie | 23 |
| 3.2.1 Neue Umwandlungs- und Speichertechnologien | 23 |
| 3.2.2 Nachhaltige Energieversorgung von urbanen Gebieten | 25 |
| 3.2.3 Energetisch optimierte Siedlungsentwicklung..... | 28 |
| 3.2.4 Energieeffiziente Gebäude..... | 29 |
| 3.2.5 Effiziente Energienutzung | 30 |
| 3.2.6 Green ICT | 31 |
| 3.2.7 Smart Grids | 32 |
| 3.3 Wasser und Abwasser | 34 |
| 3.3.1 Bestehende Systeme in der Wasserwirtschaft..... | 34 |
| 3.3.2 Neue Konzepte in der Wasserwirtschaft..... | 35 |
| 3.3.3 Zentrale oder dezentrale Systeme? | 37 |
| 3.3.4 Systemlösungen..... | 38 |
| 3.3.5 Innovationspotentiale für Wassertechnologien | 39 |

| | | |
|-------|---|----|
| 3.3.6 | <i>Regenwassermanagement</i> | 40 |
| 3.3.7 | <i>Übergang zu nachhaltigen Systemen</i> | 41 |
| 3.4 | Produkte und Abfälle | 41 |
| 3.4.1 | <i>Stadt und Produkt</i> | 41 |
| 3.4.2 | <i>Nachhaltigkeitsansätze</i> | 44 |
| 3.4.3 | <i>Urbaner Stoffhaushalt</i> | 46 |
| 3.4.4 | <i>Nachwachsende Rohstoffe</i> | 53 |
| 3.4.5 | <i>Industrial Ecology</i> | 53 |
| 3.4.6 | <i>Umweltgerechte Produktgestaltung</i> | 54 |
| 3.4.7 | <i>Nutzen statt Besitzen</i> | 54 |
| 3.4.8 | <i>Urban Mining</i> | 55 |
| 3.4.9 | <i>Recycling, stoffliche und energetische Verwertung</i> | 58 |
| 3.5 | Mobilität | 59 |
| 3.5.1 | <i>Verkehr und urbane Struktur</i> | 59 |
| 3.5.2 | <i>Neue urbane Verkehrstechnologien</i> | 62 |
| 3.5.3 | <i>Intelligente Verkehrssysteme</i> | 63 |
| 3.5.4 | <i>Virtuelle Mobilität</i> | 65 |
| 3.5.5 | <i>Mobilitätsdienstleistungen</i> | 66 |
| 3.5.6 | <i>Integrierte Verkehrssysteme:</i> | 67 |
| 3.6 | Ökonomie | 69 |
| 3.6.1 | <i>Integration von Global- und Regionalwirtschaft</i> | 69 |
| 3.6.2 | <i>Ökonomie und urbane Struktur</i> | 71 |
| 3.6.3 | <i>Urbane Ökonomie und Ressourcenversorgung</i> | 71 |
| 3.6.4 | <i>Finanzierung</i> | 74 |
| 3.7 | Mensch und Umwelt..... | 74 |
| 3.7.1 | <i>Lebensstil</i> | 75 |
| 3.7.2 | <i>Lebensqualität</i> | 75 |
| 3.7.3 | <i>Sozialräumliche Entwicklung</i> | 78 |
| 3.7.4 | <i>Naturschutz</i> | 78 |
| 3.8 | Urbanes Management..... | 79 |
| 3.8.1 | <i>Methoden für Planung, Bewertung und Management</i> | 79 |
| 3.8.2 | <i>Institutionelle Strukturen</i> | 89 |
| 3.9 | Projektbeispiele | 90 |
| 3.9.1 | <i>Curitiba, Brasilien – Strategien für die nachhaltige Expansion einer Großstadt</i> | 91 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 3.9.2 | <i>Brasilia, Brasilien – eine „Reißbrettstadt“</i> | 94 |
| 3.9.3 | <i>Amsterdam, Niederlanden – Großprojekt, Sanierung</i> | 97 |
| 3.9.4 | <i>Dongtan, China – Großprojekt, Neubau</i> | 98 |
| 3.9.5 | <i>Masdar, VAE – Großprojekt, Neubau</i> | 100 |
| 3.9.6 | <i>Aspern, Österreich – Großprojekt, Neubau</i> | 101 |
| 3.9.7 | <i>Eco-city Montecorvo Logroño, Spanien – Mittelgroßes Projekt, Neubau</i> | 102 |
| 3.9.8 | <i>Ökologische Optimierung Kronsberg, Deutschland – Mittelgroßes Projekt, Neubau</i> | 103 |
| 3.9.9 | <i>solarCity Linz Pichling, Österreich – Mittelgroßes Projekt, Neubau</i> | 105 |
| 3.9.10 | <i>Bo01 Malmö, Schweden – Mittelgroßes Projekt, Neubau</i> | 108 |
| 3.9.11 | <i>„Helsinki Virtual Village“, Finnland – Mittelgroßes Projekt, Neubau</i> | 110 |
| 3.9.12 | <i>Tübinger Südstadt, Deutschland - Mittelgroßes Projekt, Revitalisierung und Nachverdichtung</i> | 112 |
| 3.9.13 | <i>Beddington Zero Energy Development (BedZED), Großbritannien – Kleinprojekt, Nachverdichtung</i> | 113 |
| 3.9.14 | <i>Vertical farms, USA – Wolkenkratzer der Zukunft?</i> | 114 |
| 3.9.15 | <i>Güssing, Österreich – Energieautarke Kleinstadt</i> | 116 |
| 3.9.16 | <i>Singapur, Singapur – Wasserversorgung, Abwasserbehandlung</i> | 117 |
| 3.9.17 | <i>Klagenfurt, Österreich – Feinstaub</i> | 119 |
| 3.9.18 | <i>Eco-Industrial Park Kalundborg, Dänemark – Industrial Ecology</i> | 120 |
| 3.9.19 | <i>Zusammenfassung Projektbeispiele</i> | 122 |
| 4 | TECHNOLOGIE UND FORSCHUNG IN ÖSTERREICH | 123 |
| 4.1 | Thematische Aktivitäten auf österreichischer und europäischer Ebene | 123 |
| 4.1.1 | <i>Thematische Aktivitäten auf österreichischer Ebene</i> | 123 |
| 4.1.2 | <i>Thematische Aktivitäten auf europäischer Ebene</i> | 126 |
| 4.2 | Verknüpfung österreichischer F&E-Kompetenzen mit den Themenfeldern | 129 |
| 4.2.1 | <i>Beispiele für österreichische F&T-Kompetenz in den Themenfeldern</i> | 130 |
| 4.2.2 | <i>Folgerungen aus der Verknüpfung</i> | 138 |
| 5 | LEITFRAGEN FÜR DIE „STADT DER ZUKUNFT“ – EINE ETWAS ANDERE ZUSAMMENFASSUNG | 139 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 6 | SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN FÜR DIE ÖSTERREICHISCHE FORSCHUNGS- UND TECHNOLOGIEPOLITIK..... | 147 |
| 6.1 | Schlussfolgerungen | 147 |
| 6.2 | Empfehlungen für die österreichische F&E | 150 |
| 7 | BILDQUELLEN UND BILDRECHTE | 153 |
| 8 | LITERATURVERZEICHNIS..... | 155 |

Kurzfassung

Der Trend der globalen Urbanisierung bringt es mit sich, dass Mitte dieses Jahrhunderts mehr als zwei Drittel der Weltbevölkerung in Städten leben werden. Die Stadt ist der menschliche Lebensraum der Zukunft. Städte sind die Zentren menschlicher Aktivität und als solche sowohl die Zentren von Kultur, Innovation und Wirtschaftstätigkeit, als auch die Brennpunkte von globaler Ressourcenkonsumation und sozialen Konflikten. Städte nutzen gegenwärtig nur 2% der Erdoberfläche, sind aber für 75% des Ressourcenverbrauches und für 80% der globalen Treibhausgasemissionen verantwortlich. Zudem sind Städte mit Themen wie Migration, Bildung und Kultur oder einer alternden Gesellschaft konfrontiert. Andererseits bieten Städte zahlreiche Chancen und Potentiale für eine nachhaltige Entwicklung, denn in Städten entstehen die Trends der Zukunft, welche die Anforderungen für neue Produkte und Dienstleistungen vorgeben.

In den modernen Gesellschaften finden gegenwärtig tiefgreifende technologische, ökonomische und soziale Entwicklungsvorgänge statt. Diese sogenannten Megatrends, (Wertewandel, demographischer und ökonomischer Wandel, Globalisierung, Ressourcenverknappung, Entwicklung neuer Kommunikationstechnologien, globale Umweltveränderung) beeinflussen alle Bereiche der Stadtentwicklung. Die daraus abgeleiteten zukünftigen Herausforderungen für die Stadt der Zukunft können in folgende Themenfelder gegliedert werden:

- Urbane Struktur
- Energie
- Wasser und Abwasser
- Produkte und Abfälle
- Mobilität
- Ökonomie
- Urbanes Management
- Mensch und Umwelt

Beispiele auf der ganzen Welt zeigen, dass vielerorts die Umsetzung einer nachhaltigen Stadtentwicklung begonnen hat. Curitiba, solarCity Linz Pichling, Bo01 Malmö, Dongtan oder Masdar sind einige der ersten namhaften Beispiele, bei denen die Kriterien der Nachhaltigkeit bei Errichtung oder Planung einen hohen Stellenwert einnehmen. Der Großteil der „best practice Beispiele“ betrifft derzeit vor allem den Neubau. Für bestehende Stadtteile, und damit auch für Städte Europas, stellt sich zunehmend die Frage, wie die vorhandenen Strukturen an die neuen Anforderungen angepasst werden können. Es ist offensichtlich, dass Städte mit einem erheblichen Restrukturierungsbedarf ihres Bestandes konfrontiert sind. Städte müssen neue Wege finden, wie sie ihre Vitalität in einer dynamischen, ungewissen Umwelt erhalten können.

Bis 2050 werden voraussichtlich neue Städte für mehr als 2 Milliarden Menschen gebaut, der Großteil davon in Entwicklungs- und Schwellenländern. Prognosen zeigen, dass im Jahr 2060 die Weltbevölkerung mit 9 Milliarden Menschen einen vorläufigen Zenit erreichen wird und entsprechende wirtschaftliche Entwicklung vorausgesetzt, bis zum Jahr 2150 wieder auf 5 Milliarden schrumpfen wird. Mit diesem „vorrübergehenden“ Ansturm auf urbane Zentren

sind für Stadtplaner gewaltige Herausforderungen verbunden. Wie sollen diese Städte konzipiert werden? Ein Lösungsansatz wäre die Städte der Zukunft derart zu gestalten, dass sie flexibel auf Veränderungen reagieren können. Damit müssen neue Konzepte entwickelt werden, welche es ermöglichen ganze Städte oder Stadtteile nach einigen Jahrzehnten vollständig um- oder rückzubauen.

Wir leben heute in der Stadt von gestern. Die gegenwärtigen Zentren werden wesentlich von der Verfügbarkeit billiger fossiler Energieträger getragen. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, welche Folgen sich für Städte ergeben, wenn fossile Energieträger nur noch zu höheren Preisen verfügbar sein werden. Dabei ist auch auf Interdependenzen einzugehen. Derzeit besteht beispielsweise die Gefahr, dass mit der Elektromobilität zwar einerseits die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern verringert wird, gleichzeitig aber die Abhängigkeit von anderen Ressourcen zunimmt. Damit stehen alte Städte im Spannungsfeld zwischen Bewahren und Erneuern, zwischen Neubau und Umbau ganzer Stadtteile. Hinter dem Begriff Umbau steht die Chance, zwischen Abbruch und Sanierung die beste Strategie zu finden, um den Flair der Städte zu erhalten und dennoch ein modernes zukunftsweisendes urbanes Zentrum für die Herausforderungen des 21. Jahrhunderts zu gestalten.

Durch die Herausforderungen der Urbanisierung besteht weltweit ein erheblicher Investitionsbedarf an zukunftsfähigen Lösungen. Die Errichtung, die Erhaltung und der Umbau von urbanen Infrastruktureinrichtungen ist ein kapitalintensiver Bereich. Der erhöhte Finanzbedarf für die Anpassung an die geänderten Rahmenbedingungen und der Übergang zu nachhaltigen Infrastruktursystemen machen deshalb innovative Finanzierungs- und Geschäftsmodelle notwendig, die teilweise erst zu entwickeln sein werden. Eine Frage ist, wie manche Städte unter dem massiven Einbruch auf der Einnahmeseite durch die demographische Entwicklung und die Abwanderungstendenzen (schrumpfende Städte) zukünftig die Finanzierung ihrer Strukturen sicherstellen werden. Auch für einige österreichische urbane Gebiete werden bereits Bevölkerungsrückgänge von bis zu 40% prognostiziert.

Eng verknüpft mit der Frage der nachhaltigen Stadtentwicklung ist neben den finanziellen Rahmenbedingungen auch der haushälterische Umgang mit materiellen Ressourcen. Urbane Agglomerationen stehen im Brennpunkt der Ressourcenfrage. Als zentrale Frage wird sich stellen, wie die menschlichen Bedürfnisse, wie Ernährung, Arbeit, Wohnen und Freizeit möglichst ressourceneffizient befriedigt werden können. Diese Lösungen führen zu Standortfaktoren, welche im wirtschaftlichen Wandel zur Wissens- und Dienstleistungsökonomie von entscheidender Bedeutung für die Attraktivität urbaner Zentren sein werden.

Das Thema „Stadt der Zukunft“ stellt ein strategisches Schwerpunktthema und Zukunftsfeld für die österreichische FTI Politik dar. Der Schwerpunkt orientiert sich im Sinne des Begriffes der neuen Missionsorientierung an zentralen gesellschaftlichen Problemfeldern und unterstützt das zur Problemlösung notwendige Wechselspiel technologischer und sozio-ökonomischer Innovationen. Die Bündelung vorhandener wissenschaftlicher und technologischer Stärkefelder (Passivhaustechnologie, Umwelttechnologie, Energietechnologie, Verkehrstechnologie, IKT,...) im Schwerpunktthema „Stadt der Zukunft“ unterstützt eine konvergente Entwicklung und ermöglicht eine Synergiebildung zwischen den breit gestreuten

Kompetenzen des österreichischen Forschungs- und Technologieportfolios. Um der Komplexität des „Systems Stadt“ und den umfassenden Anforderungen des Leitziels Nachhaltigkeit gerecht werden zu können, ist in verstärktem Maße integrative Forschung, inter- und transdisziplinäre Zusammenarbeit und kooperative Technologieentwicklung notwendig. In diesem Zusammenhang gilt es effiziente Strukturen und Rahmenbedingungen zu schaffen bzw. weiter auszubauen, welche themenrelevante integrative Forschung und Entwicklung ermöglichen und unterstützen. Österreichische Unternehmen und Institute weisen in allen relevanten, für die Stadt der Zukunft wichtigen Themenbereichen Know-how und Forschungskompetenzen auf. Österreichische Unternehmen verfügen in vielen stadtrelevanten Infrastrukturbereichen über hohes technologisches Know-How und international anerkannte Produkte. In einigen Teilbereichen davon sind österreichische Firmen Markt- und Technologieführer. Daraus kann gefolgert werden, dass die grundsätzlichen wissenschaftlich-technologischen Voraussetzungen für die Etablierung eines F&E Schwerpunktes im Bereich „Stadt der Zukunft“ gegeben sind. Aufgrund der hohen Komplexität und der großen thematischen Breite des Themenfeldes ist eine verstärkte Einbindung der österreichischen F&E Aktivitäten in die europäische Forschungslandschaft unumgänglich.

Abschließend kann zusammengefasst werden,

- dass „Urban Technologies“ einen enormen Zukunftsmarkt darstellen,
- dass zunehmend nicht mehr Einzellösungen sondern Gesamtlösungen gefordert werden
- dass sich dieser Bedarf an kompetenten Systemlösungen in Städten konzentriert
- dass diese Lösungen einen holistischen Ansatz benötigen und den Kriterien der Nachhaltigkeit genügen müssen
- dass die österreichische Wirtschaft, Wissenschaft und Forschung heute schon in diesem Zukunftsmarkt tätig ist und
- dass eine Unterstützung durch eine entsprechende Forschungsförderung diesen Vorsprung der österreichischen Wirtschaft weiter steigern würde.

Abstract

Due to the ongoing trend of global urbanization, more than two-thirds of the world population will live in cities by the middle of this century. The city is the human habitat of the future. Cities are the centers of human activities and as such, centers of culture, innovation and economic activity as well as focal points of global resource consumption and social conflicts. Although urban areas cover only 2% of the earth's surface, they are responsible for 75% of the global resource consumption and for 80% of the global greenhouse gas emissions. On the other hand, cities open many chances for sustainable development.

In our modern society, profound technological, economical and social changes are taking place. The so called megatrends (demographic trends, globalization, climate change, economic change, global resource depletion, etc.) have a far-reaching impact on urban developments. The resulting challenges for the city of the future can be structured into the following areas:

- urban structure
- energy
- water and wastewater
- products and wastes
- mobility
- economy
- urban management
- man and environment

Projects all over the world show that the implementation of sustainable cities has already begun. Curitiba, solarCity Linz Pichling, Bo01 Malmö, Dongtan and Masdar are some seminal examples for sustainable urban developments. Currently most of these best practice examples are based on a new development on a greenfield site. In Europe one of the main questions is, how to deal with the existing structures of historically evolved cities. Cities have to develop new ways, how to remain their function in an uncertain, dynamic environment.

It is expected, that cities for 2-3 billion people have to be built until 2050, most of them in developing countries and transition countries. Due to existing birth-rate trends, the world's population is expected to reach its peak in 2060 and then will start to shrink again. In the year 2150 the world's population will be only 5 billion people again. These developments challenge us to fundamentally rethink the way cities are designed.

Today, we live in yesterday's cities. The current urban structure is largely based on the cheap availability of resources like fossil fuels. Increasing resource depletion will result in higher, more volatile prices and limited availability of indispensable resources, which will impose significant pressure on urban systems. Many technological solutions (e-mobility,...) on that problem carry a risk of reducing the dependency on fossil fuels but on the other hand creating new dependencies on other scarce resources.

The changing demands on cities call for innovative approaches to city retrofit and city renewal. One of the central challenges is how to develop modern, efficient and forward-looking cities while remaining the charm and the heritage of the historically evolved cities.

The challenges of global urbanization generate a considerable demand on sustainable urban solutions. Construction, maintenance and reconstruction of urban infrastructure are capital-intensive sectors. Thus the adaptation of the current infrastructure systems requires new business and financing models. In particular shrinking regions have huge problems in financing their infrastructure.

Sustainable urban development has to reduce urban resource consumption. The central question is, how to satisfy human demands like nurture, work, communication or transportation in a resource efficient way.

The topic “city of the future” is a strategic topic for Austrian RDI-policies, which tackles central societal issues. The bundling of existing R&D strengths (passive house technologies, environmental technologies, transportation technologies, energy technologies,...) in the focus topic “city of the future” facilitates a converging development and allows the utilization of synergies among the diversified competences of the Austrian R&D portfolio. The complexity of urban systems and growing sustainability requirements call for integrative research, inter- and transdisciplinary cooperation and cooperative technology development. Thus efficient structures and an adequate framework have to be established, which support integrative research. Austrian companies have technological knowhow in all relevant sectors, in some subdomains, Austrian companies are even market leaders or technological leaders. It can be concluded, that the fundamental scientific and technological requirements for an R&D focus on the topic “city of the future” are fulfilled. Due to the complexity of the topic, strong international cooperation is recommended.

Ultimately, it can be concluded, that

- urban technologies represent a large future market.
- overall concepts and system solutions are increasingly important.
- the demand is concentrated in cities.
- system solutions require holistic approaches and have to fulfill sustainability criteria.
- Austrian companies are already active in the market.
- appropriate R&D subsidization would extend the lead of Austrian companies.

1 Einleitung

Das Erscheinungsbild unserer Welt wird zunehmend von Städten geprägt. Während Anfang des 20. Jahrhunderts lediglich 14% der Weltbevölkerung in Städten lebte, sind es gegenwärtig bereits mehr als 50%. Europa ist noch stärker urbanisiert. Hier leben etwa zwei Drittel der Bevölkerung in Städten [Jenks & Dempsey, 2005]. In manchen Ländern, wie etwa Belgien, geht der Urbanisierungsgrad bereits auf das Maximum von 100% zu. Laut [UN-HABITAT, 2006] wird ein Großteil des künftigen Bevölkerungswachstums in kleinen und mittelgroßen Städten (< 5 Mio. EW) in Schwellen- und Entwicklungsländern stattfinden. Insgesamt werden bis zum Jahr 2050 voraussichtlich neue Städte für mehr als 2 Milliarden Menschen gebaut, wobei ein beträchtlicher Teil davon Slums sein werden. [El-Sioufi, 2009]

Städte sind die Zentren menschlicher Aktivität und als solche auch die Brennpunkte des anthropogenen Energie- und Ressourcenverbrauchs. Gegenwärtig nutzen Städte, welche insgesamt nur etwa 2 % der Erdoberfläche beanspruchen, 75 % der Rohstoffe und sind für 80% der globalen Treibhausgasemissionen verantwortlich. [The World Bank, 2009b]. Daran wird erkennbar, dass sich die Zukunft der Energie- und Ressourcenproblematik in den Städten entscheiden wird. Die globale Urbanisierung steht in engem Zusammenhang mit den ökologischen, ökonomischen und sozialen Problemen unserer Zeit und wird zunehmend als eine der zentralen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts angesehen. [Hall & Pfeiffer, 2002]

Eine Analyse der einzelnen Ansätze aus den Bereichen Ökologie, Ökonomie und Soziales zur zukünftigen Stadtentwicklung zeigt, dass diese Bereiche viele Gemeinsamkeiten und Überschneidungen aufweisen. Der Tenor der Nachhaltigkeit wird in allen Wissensgebieten als Leitbild postuliert. Damit eng verknüpft ist der haushälterische Umgang mit den benötigten materiellen Ressourcen. Der Begriff „materielle Ressourcen“ umfasst dabei die natürlichen Ressourcen „Boden, Wasser und Luft“ und die durch die anthropogenen Aktivitäten induzierten Energie-, Güter-, und Stoffflüsse und deren Lager. Dies bedeutet, dass jedes urbane Zentrum mit seinem zur Ver- und Entsorgung notwendigen Um- und Hinterland seinen Energie- und Ressourcenhaushalt kennen muss, um ihn beurteilen und in letzter Konsequenz auch steuern zu können. Urbane Agglomerationen stehen also im Brennpunkt der Ressourcenfrage.

Global betrachtet sind die Herausforderungen von Stadt zu Stadt unterschiedlich, vereinen sich aber in der Frage, wie die Bedürfnisse der menschlichen Aktivitäten wie beispielsweise Arbeiten, Wohnen, Ernähren, Transportieren und Kommunizieren ressourceneffizient befriedigt werden können. Den Stadtverwaltungen stehen aber kaum Methoden zur Verfügung, wie diese Aufgaben bewältigt werden können. Der gesamthafte Ressourcenverbrauch von Städten ist noch ungenügend erforscht und die Methoden zu dessen Steuerung erst in Ansätzen vorhanden. Urbane Räume, die diese Herausforderung am besten lösen, haben in Zukunft einen Wettbewerbsvorteil und sind attraktive Zentren für Wirtschaft und Bevölkerung.

Das Österreichische Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit) widmet sich diesen Herausforderungen. Das bmvit sieht neben der Konkurrenz zwischen hoch entwickelten Industrieländern um die Wissenschafts- und Technologieführerschaft, dass sich Innovationssysteme in Asien sowie in Osteuropa neu herauszubilden beginnen. Vor diesem Hintergrund muss Österreich seine Standortqualität für Forschung und Technologie weiter erhöhen und international sichtbare Kapazitäten aufbauen. Das bmvit, das sich selbst an dynamischen Innovationssystemen orientiert, stellt sich die Frage welche Forschungsfragen im Themenkomplex „Stadt der Zukunft“ für Österreich in Zukunft relevant sein werden, um die Position zu halten und weiter auszubauen.

Die gegenständliche Studie dient dazu, die wesentlichen Forschungsfragen zum Thema „Ressource Efficient City of Tomorrow“ zu erheben und zusammen zu fassen. Die Vision der „Stadt der Zukunft“ orientiert sich dabei vor allem am Leitbild der Nachhaltigkeit.

1.1 Leitfragen und Ziele

Die Erhaltung und Weiterentwicklung von Lebens- und Umweltqualität ist eine Kernaufgabe nachhaltiger Stadt- und Wirtschaftspolitik. Angesichts tiefgehender ökonomischer und gesellschaftlicher Veränderungen, mit denen derzeit urbane Agglomerationen konfrontiert sind, erfordert diese Zielsetzung verstärkte Synergiebildungen zwischen den einzelnen Handlungsfeldern und langfristig orientierte, neue Schwerpunktsetzungen.

Historisch gesehen hat sich der klassische Umweltschutz von der reinen Filtertechnologie hin zur Optimierung der Produkte entlang des Lebensweges entwickelt. Zunehmend standen in den letzten Jahren dann Gebäude und Produktionsprozesse im Fokus der Betrachtung. Im Zuge der zunehmenden Bedeutung des Einsatzes von Energie kam verstärkt der Einfluss der Systeme untereinander und damit die Bedeutung der Untersuchung ganzer Regionen und Städte in Diskussion. Auch die Initiativen des bmvit zum Thema „Energierregionen der Zukunft“ spiegeln diesen Trend wider. Es ist zu erwarten, dass Technologien und Lösungskonzepte die diese Herausforderungen befriedigen, hohes Wertschöpfungspotential haben werden.

Die vorliegende Studie liefert zum Thema „Stadt der Zukunft“ keine Antworten. Sie dient dazu, in die Zukunft zu schauen und die Forschungsthemen bzw. –fragen zu diesem Thema zu sammeln und für die österreichische Forschungs- und Technologiepolitik auszuwerten.

Leitfragen des Vorhabens sind:

- Was ist der Stand der Diskussion zum Thema „City of Tomorrow“? Wo läuft heute die Debatte zu diesem Thema? Was sind die schon vorhandenen Ansätze in anderen Ländern?
- Was sind zentrale Problemstellungen für die „Stadt von Morgen“, für die Lösungen gefunden und entwickelt werden müssen?
- Was sind die sich daraus ergebenden Fragestellungen und Herausforderungen für die „Stadt von Morgen“?

- Können die einzelnen erhobenen Fragestellungen zu Technologie- und Forschungsfeldern zusammengefasst werden?
- Sind die erhobenen Fragestellungen Bestandteil heutiger Technologie- und Forschungsbereiche? Und wenn nicht, müssen und sollen bestehende Technologie- und Forschungsbereiche transdisziplinär verknüpft oder gar neue etabliert werden?
- Welche der erhobenen Technologie- und Forschungsfelder für die „Stadt der Zukunft“ sind für die österreichische Forschung und Wirtschaft von besonderer Bedeutung? Welches sind die Themen in denen Österreich die Themenführerschaft übernehmen kann?

Projektziel:

Ziel ist es, zukünftige und für die österreichische Wissenschaft in den Bereichen Innovation und Technologie wichtige Forschungsfragen zum Thema „Stadt der Zukunft“ zu erheben bzw. zu entwickeln. Diese Fragen sollen eine der Grundlagen zur strategischen Ausrichtung zukünftiger Agenden des bmvit bilden.

1.2 Aufbau der Studie

Einleitend gibt die Studie einen Überblick über die geschichtliche Entwicklung der Stadt und der Funktionen welche Städte erfüllen können und sollen. Zudem werden gegenwärtige Trends und Entwicklungen und daraus resultierende zukünftige Herausforderungen für die Stadt diskutiert. (siehe Kapitel 2)

Im darauffolgenden Abschnitt wird der derzeitige Stand des Wissens zum Thema Stadt der Zukunft zusammenfassend dargestellt. Aktuelle, relevante Themen, Trends in der Forschung, sowie innovative Lösungsansätze und Visionen werden vorgestellt und diskutiert. (siehe Kapitel 3)

Der Stand des Wissens wird dabei in folgende Themenfelder gegliedert:

- Urbane Struktur
- Energie
- Wasser und Abwasser
- Mobilität
- Produkte und Abfälle
- Ökonomie
- Mensch und Umwelt
- Urbanes Management

Zudem werden geplante oder bereits realisierte Projektbeispiele vorgestellt, welche innovative Ansätze zu den ermittelten Problemstellungen bieten und den Stand der Diskussion widerspiegeln.

In Kapitel 4 wird ein Überblick über die österreichische Forschungs- und Technologielandschaft gegeben. Das Ziel ist es die Bandbreite der österreichischen

Kompetenzen im Bereich urbaner Technologien und Dienstleistungen sowie stadtbezogener Forschung und Entwicklung zu illustrieren. Des Weiteren werden österreichische Kompetenzträger mit den in Kapitel 3 identifizierten Forschungsfeldern der Stadt der Zukunft verknüpft.

Darauf Aufbauend werden Leitfragen zur Stadt der Zukunft abgeleitet (Kapitel 5) sowie Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen für die österreichische FTI Politik gegeben (Kapitel 6).

1.3 Methodik

Um den Stand des Wissens zu ermitteln wurde eine systematische Literaturrecherche in deutscher und englischer Sprache durchgeführt. Dabei wurden vor allem folgende Publikationsarten berücksichtigt:

- Verlagsliteratur
- Aufsätze aus akademischen Fachzeitschriften
- Berichte einschlägiger Forschungsprojekte
- Graue Literatur aus Kommunen, Verbänden, Organisationen und Universitäten
- Hochschulschriften (Habilitationen, Dissertationen und Diplomarbeiten)
- Aufsätze aus Sammelwerken oder Konferenzberichten

Durch die Teilnahme an folgenden Konferenzen, Symposien und Fachtagungen konnten zusätzliche, aktuelle Forschungsergebnisse berücksichtigt werden:

- REALCORP 2009; 14th International Conference on Urban Planning, Regional Development and Informational Society; Cities 3.0 smart sustainable integrative; Strategies, Concepts and Technologies for Planning the Urban Future, 22.-25. April 2009, Sitges.
- Smart Grids-Week Salzburg 09; Dezentrale Erzeugung und Intelligente Stromnetze – Eine Roadmap für Österreich; 13.-15. Mai 2009, Salzburg.
- 5th Urban Research Symposium; Cities and Climate Change: Responding to an Urgent Agenda; 28.-30. Juni 2009, Marseille
- IFHP World Congress, Urban Technology for Urban Sustainability: Climate Change and Energy Efficiency, 06.-09. September, Berlin
- R'09 Twin World Congress and World Resources Forum, 14.-16. September 2009, Davos
- 2. Internationaler „FEIN!Staubfrei“-Kongress, 01.-02.10.2009, Klagenfurt
- Enviotech 2010; Internationaler Kongress und Ausstellung Umwelttechnologie & Erneuerbare Energie, 04.-05.02.2010, Wien
- BauZ! – Wiener Kongress für zukunftsfähiges Bauen: Sanieren oder Abreißen?, 18.-19.02.2010, Wien
- Urban Mining – Fachkongress für Urbanen Umweltschutz, Meinungen – Konzepte – Zukunft; 25.03.2010, Iserlohn

Bei den Konferenzen wurden zahlreiche Gespräche und Interviews mit nationalen und internationalen Experten verschiedener Fachrichtungen geführt. Die Ergebnisse dieser Gespräche wurden bei der weiteren Schwerpunktsetzung berücksichtigt.

Darüber hinaus wurden angesehene nationale Experten aus themenrelevanten Fachbereichen (Energie, Gebäude, Mobilität, IKT, Wirtschaft, Umwelt,...) interviewt. Die Befragungen wurden, je nach individuellen Möglichkeiten, in Form von persönlichen Gesprächen, Telefoninterviews oder Fragebogen durchgeführt.

Um die themenrelevante Forschungs- und Technologiekompetenz in Österreich zu erheben wurde methodisch folgendermaßen vorgegangen:

- Themenrelevante F&T Programme auf österreichischer und europäischer Ebene der letzten Jahre wurden untersucht und Akteure mit stadtrelevantem Knowhow erfasst (siehe 4.1).
- Österreichische Autoren von Beiträgen aus der Literaturrecherche zum Stand der Forschung wurden erfasst.
- Österreichische Teilnehmer an internationalen Fachveranstaltungen (Kongresse, Symposien, Messen, etc.) wurden erfasst.
- Österreichische Teilnehmer an thematischen Netzwerken wurden erfasst.
- Eine spezifische Literaturrecherche zum Thema F&T in Österreich wurde durchgeführt. Die erhobene Literatur (Technologieberichte, Forschungsstrategien, Nachhaltigkeitsstrategien, Technologieroadmaps, etc.) wurde ausgewertet.

Die erhobenen Akteure wurden in einer Matrix mit den in Kapitel 3 identifizierten Forschungsfeldern der Stadt der Zukunft verknüpft. Durch die breite Themenstellung und die Akteursvielfalt war eine vollständige Auflistung aller Akteure und Ihrer Kompetenzen naturgemäß nicht möglich. Die Recherche und Auswertung wurde abgebrochen wenn aus der Qualität der Beiträge und der Anzahl der Akteure auf eine entsprechende F&E Kompetenz in einem Themenfeld geschlossen werden konnte. Auf Basis der gewählten Methodik ist im Rahmen der Studie eine Quantifizierung nicht möglich. Die Zuordnung erfolgt auf Basis der durch die Akteure bearbeiteten Themen und der durch die Akteure selbst genannten Kompetenzbereiche und Tätigkeitsschwerpunkte (Homepage, etc.). Ein explizites Ableiten von Stärken und Schwächen der österreichischen Unternehmen und der österreichischen Forschungs- und Technologielandschaft insgesamt ist im Rahmen der Studie nicht möglich.

2 Geschichtliche Entwicklung und zukünftige Herausforderungen der Stadt

2.1 Entwicklungsgeschichte der Stadt

Als vor etwa 10.000 Jahren die ersten Siedlungen gegründet wurden, war es den Menschen möglich an einem Ort zu bleiben und sich mit anderen Dingen als der Nahrungsbeschaffung zu beschäftigen. Die ersten Städtেকulturen entstehen in Mesopotamien und am Indus gegen Ende des 4. Jahrtausends vor Christus. Die physische Gestalt der Stadt ist durch verdichtete Wohn- und Arbeitsbauten, welche Handel und Gewerbe beheimaten, gekennzeichnet. Städte sind zentrale Orte des Handels, der Verwaltung, der Macht, der Wissenschaft und des kulturellen Lebens. Obwohl bis ins 19. Jahrhundert nur ein geringer Teil der Weltbevölkerung in Städten lebt, findet der Großteil der Innovationstätigkeit dort statt. Die Entwicklung der Menschheit ist also aufs engste mit der Entwicklung der Städte verbunden.

Charakteristisch für Stadtssysteme ist die funktionsräumliche Arbeitsteilung zwischen Stadt und Umland. Das ländliche Umland versorgt die Stadt mit Nahrung, Energie, Baumaterialien und sonstigen Ressourcen. Die Stadt versorgt umgekehrt das Umland mit spezialisierten Waren und Dienstleistungen. Auch innerhalb der Stadt bildet sich eine arbeitsteilige Spezialisierung der Raumnutzung heraus, bei der üblicherweise Handel und die Verwaltung im Zentrum und Gewerbebetriebe am Stadtrand angesiedelt sind. Durch Handel und Dienstleistung entstehen städtische Ökonomien, welche sich in ihrer Komplexität erheblich von den ländlichen unterscheiden. Es entwickeln sich enge Handelsnetze zwischen einer Vielzahl von Städten, was zunehmend auch zu einer überregionalen Arbeitsteilung führt.

Bis zum Beginn der Industrialisierung bleibt eine deutliche physische Grenze zwischen Stadt und Land aufrecht. Die industrielle Revolution stellt die städtischen Ökonomien auf eine völlig neue Basis und eine Landflucht ungeahnten Ausmaßes setzt ein. Überbevölkerung und Umweltverschmutzung führen dazu, dass Teile der wohlhabenderen Bevölkerung sich in neu gegründeten Siedlungen entlang der Eisenbahn und Straßenbahnsiedlungen niederlassen. Während bis zu diesem Zeitpunkt in den Kernstädten verschiedene soziale Gruppen auf engem, multifunktional genutztem Raum zusammenleben, sind die neu gegründeten Siedlungen in ihrer Funktion und Bevölkerung homogen.

In den Industriestaaten kommt es Mitte des 20. Jahrhunderts durch technischen Fortschritt und eine breiter werdende Mittelschicht zu einer zunehmenden Automobilisierung der Gesellschaft. Der dadurch einsetzende Prozess der Suburbanisierung hat weitreichende ökonomische, ökologische und soziale Konsequenzen für die Stadt, wie etwa eine soziale Entmischung der Bevölkerung, ein Kaufkraftverlust an das Umland und ein erhöhter Landschafts- und Ressourcenverbrauch. [Hoffmann & Werthschützky, 2004]

In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts setzen mit dem flächendeckenden Ausbau der Verkehrsnetze und anderer Infrastruktursysteme, der zunehmenden Verbreitung von Infor-

mations- und Kommunikationstechnologien und den damit einhergehenden tiefgreifenden ökonomischen und sozialen Veränderungen, Entwicklungsvorgänge ein, die das Erscheinungsbild unserer Städte entscheidend prägen und auch in Zukunft prägen werden.

2.2 Gegenwärtige Trends, Zukünftige Herausforderungen

In unserer modernen Gesellschaften finden gegenwärtig tiefgreifende technologische, ökonomische und soziale Entwicklungsvorgänge statt. Diese sogenannten Megatrends beeinflussen alle Bereiche der Stadtentwicklung, sind aber ihrerseits nur in sehr beschränktem Maße beeinflussbar oder steuerbar. Eine umfangreiche Erfassung und Bewertung dieser Schlüsselrends ist unerlässlich, da sich daraus die Anforderungen an die Stadt der Zukunft ableiten lassen.

[Göschel, 2009] identifiziert sechs Megatrends:

- Wertewandel
- Demographischer Wandel
- Ökonomischer Wandel
- Globalisierung
- Ressourcenverknappung
- Entwicklung neuer Medien und Kommunikationstechnologien

Andere Autoren ([Mayerhofer et al., 2008], [Jenks & Dempsey, 2005]) erkennen ähnliche Entwicklungen und benennen zusätzlich:

- Globale Umweltveränderung
- Klimawandel

Der Wertewandel äußert sich hauptsächlich in einer zunehmenden Verschiebung von Akzeptanz- und Pflichtwerten zu Selbstverwirklichungswerten. Basiswerte wie Solidarität, Empathie oder Humanität bleiben weiter bestehen, werden aber anders verwirklicht. Zudem ist ein zunehmender Wertepluralismus erkennbar. Darunter versteht man zeitgleich existierende unterschiedliche Wertorientierungen in einer Gesellschaft. Der Wertewandel äußert sich in veränderten Lebensstilen, Familien- und Lebensformen. [Göschel, 2009]

Der demographische Wandel stellt für die meisten modernen Gesellschaften eine der größten Herausforderungen der kommenden Jahre dar. Er besteht im Wesentlichen aus zwei voneinander unabhängigen Vorgängen, der Verlängerung der individuellen Lebenserwartung und einem Rückgang der Geburtenrate, was sich in einer Reduktion der Gesamtbevölkerung und einer Veränderung der Altersstruktur äußert.

Ältere Menschen haben gänzlich andere Bedürfnisse und Interessen und werden zunehmend eine dominante Rolle im städtischen Leben spielen. Die Städte müssen sich an diese veränderten Anforderungen anpassen und geeignete Freiraum-, Wohn-, Freizeit- und Mobilitätsangebote entwickeln. Mit der Ausdehnung der Lebenserwartung wird auch das Phänomen der Juvenilisierung der Gesellschaft verknüpft. Der Lebensabschnitt der Jugend wird

immer länger und jugendspezifische Verhaltenselemente bleiben das ganze Leben über relevant. Die sich daraus entwickelnden Verhaltensformen sind ebenfalls von entscheidender Bedeutung für die zukünftige Stadtentwicklung. Als noch gravierender werden die Auswirkungen des Geburtenrückganges angesehen. Da er voraussichtlich nicht in vollem Maße durch Migration ausgeglichen werden kann, ist ein Bevölkerungsrückgang absehbar. In Kombination mit Wanderungsbewegungen wird eine zunehmende Polarisierung zwischen wachsenden und schrumpfenden Städten erwartet. In beiden Fällen werden sich die Infrastrukturdichten und damit die Anforderungen an die Infrastruktur und die Kosten der Infrastrukturdienstleistung grundlegend ändern. [Göschel, 2009] [Schaeffer, 2005]

Während viele schrumpfende Städte mit einer zu groß gewordenen, veralteten Infrastruktur kämpfen, kommt es andernorts zu einem regelrechten Ansturm auf urbane Zentren. Vor allem in Schwellen- und Entwicklungsländern hinkt vielfach der infrastrukturelle Ausbau dem rasanten Bevölkerungswachstum Städte hinterher. Experten prognostizieren jedoch einen Peak der Weltbevölkerung, etwa im Jahre 2060, bei knapp 9 Milliarden Menschen. Danach führen sinkende Geburtenraten zu einer Bevölkerungsabnahme auf prognostizierte 5 Milliarden Menschen. [UN-HABITAT, 2006] [Horx, 2009b]

Der wirtschaftliche Wandel zur Wissens- und Dienstleistungsökonomie führt dazu, dass sich vollkommen neue Standortfaktoren entwickeln. Viele regionale Ökonomien werden auf eine völlig neue Basis gestellt, was gravierende Auswirkungen auf Stadt- und Infrastrukturentwicklung haben kann. Auf ökonomischer und politischer Ebene führt die Globalisierung zu einer Schwächung der Nationalstaaten und einer Stärkung der Kommunen, Städte und Regionen. Gleichzeitig führt die Konkurrenz zwischen Kommunen zu einer verstärkten Fixierung auf Wirtschaftswachstum und ökonomische Aspekte. Auf kultureller Ebene zeigt sich die Globalisierung durch ein weltweites Angleichen von Lebensstilen und städtischen Erscheinungsformen. Andererseits führt die verstärkte Konkurrenz dazu, vermehrt regionale Besonderheiten in den Vordergrund zu rücken und eine regionale „Corporate Identity“ zu entwickeln. [Göschel, 2009]

Die Entwicklungen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie (IuK) haben unsere Gesellschaft in den letzten Jahrzehnten tiefgreifend verändert. Gegenwärtige Trends wie die fortschreitende Miniaturisierung, Kapazitätssteigerung, Automatisierung, Verbreitung und Vernetzung von IuK-Technologien lassen darauf schließen, dass diese Technologien auch in Zukunft das menschliche Zusammenleben und damit auch das Erscheinungsbild unserer Städte entscheidend prägen werden. [Orwat & Grunwald, 2005]

Städte sind die Zentren menschlicher Aktivität und damit auch die Brennpunkte des anthropogenen Energie- und Ressourcenverbrauchs. Die gegenwärtige unverhältnismäßige Inanspruchnahme von nicht erneuerbaren oder nicht nachhaltig bewirtschafteten erneuerbaren Ressourcen führt in absehbarer Zeit zu einer folgenschweren globalen Ressourcenverknappung. Die räumliche Struktur und Funktion einer Stadt ist von vielerlei Faktoren abhängig. Die gegenwärtigen urbanen Formen werden wesentlich von der billigen Verfügbarkeit fossiler Energieträger getragen. Welche Folgen sich für Städte ergeben wenn Erdöl in immer geringeren Mengen und zu höheren und zudem stark schwankenden Preisen verfügbar sein wird,

ist noch nicht abzusehen. Der Übergang zu einer nachhaltigen Ressourcennutzung ist eine Notwendigkeit, welche ein grundlegendes Neudenken und Umgestalten unserer Siedlungen und Städte erfordert. [Baccini & Oswald, 1998]

Damit eng verknüpft ist die Problematik des globalen Klimawandels. Für Städte besteht Handlungsbedarf in zweierlei Hinsicht. Als Hauptverursacher müssen sie ihre Treibhausgasemissionen drastisch reduzieren, zudem müssen sie geeignete Anpassungsstrategien entwickeln. Zu den regionalen Folgen des Klimawandels zählen unter anderem steigende Meeresspiegel, extreme Wetterereignisse und häufigere Hitze- und Trockenperioden. Für Städte und Regionen ergeben sich daraus vielerlei Konsequenzen, unter anderem für Landwirtschaft, Tourismus, Wasser- und Energieversorgung. [The World Bank, 2009a] [ECO WORLD STYRIA, 2009]



Abbildung 2-1: Megatrends für die „Stadt der Zukunft“

3 Stand der Forschung

In diesem Abschnitt wird der derzeitige Stand der Forschung zum Thema Stadt der Zukunft zusammenfassend dargestellt. Aktuelle, relevante Themen, Trends in der Forschung, sowie innovative Lösungsansätze und Visionen werden vorgestellt und diskutiert.

Der Stand der Forschung wird auf Basis der Ergebnisse eines umfassenden Rechercheprozesses (siehe 1.3) in folgende Themenfelder gegliedert:

- Urbane Struktur
- Energie
- Wasser und Abwasser
- Produkte und Abfälle
- Mobilität
- Ökonomie
- Urbanes Management
- Mensch und Umwelt

Aufgrund der hohen Komplexität des Gesamtsystems Stadt, bestehen teilweise sehr starke Verflechtungen zwischen den einzelnen Themenfeldern. Eine eindeutige Zuordnung von Forschungsfragen zu einzelnen Themenfeldern ist damit oftmals nicht möglich.



Abbildung 3-1: Themenfelder Urban Future

Urbane Struktur

Unter dem Themenfeld Urbane Struktur werden Fragen zur physischen Struktur und zur räumlichen Organisation der Stadt zusammengefasst. Darunter fallen alle Forschungsgebiete die sich mit Siedlungsformen und Stadtformen, der Bebauungsstruktur, der Erschließungsstruktur, der urbanen Flächennutzung sowie der Dynamik von städtebaulichen Veränderungsprozessen befassen.

Die räumliche Organisation der Stadt und ihrer Infrastruktur hat wesentlichen Einfluss auf ihre ökonomische, ökologische und soziale Funktionsfähigkeit. Urbane Dichte und Nutzungsmischung sind kritische Parameter für die Effizienz und Wirtschaftlichkeit von technischer (Ver- und Entsorgung, Verkehr, Kommunikation) und sozialer Infrastruktur (Gesundheit, Bildung, Sicherheit, Kultur) (3.7.4). Eine geeignete räumliche Struktur wird als Voraussetzung für eine nachhaltige Stadtentwicklung gesehen. [Bertaud et al., 2009] [Jenks & Dempsey, 2005]

Die Zusammenhänge zwischen räumlicher urbaner Struktur und der ökologischen, ökonomischen und sozialen Funktionsfähigkeit der Stadt sind Gegenstand zahlreicher Untersuchungen. Ausgewählte Beispiele und wesentliche Ergebnisse werden nachfolgend beschrieben.

3.1.1 Leitbilder für nachhaltige Stadtstrukturen

Gegenwärtig wird eine Vielzahl von strukturellen Leitbildern für nachhaltige Städte diskutiert. Die in diesem Abschnitt vorgestellten Beispiele sollen die Bandbreite der Diskussion zu urbanen Strukturen aufzeigen. Sie spiegeln individuelle Schwerpunktsetzung und teilweise auch ideologische Einstellungen ihrer Proponenten wieder, sind aber teilweise durchaus kompatibel und kombinierbar.

Als Schlüsselgrößen im Zusammenhang mit nachhaltigen Stadtstrukturen gelten vor allem die urbane Dichte und ihre räumliche Verteilung sowie die Zusammensetzung und räumliche Verteilung von verschiedenen Nutzungen in der Stadt. Eine hohe Dichte ermöglicht kurze Verkehrswege und eine effiziente Flächennutzung. Zudem erleichtert sie die Umsetzung nachhaltiger Verkehrssysteme, effizienter Energiesysteme, Ver- und Entsorgungssysteme. Dichte ist darüber hinaus ein wesentliches Element von Urbanität und Gemeinschaft. [Bartuska & Kazimee, 2005] [Bertaud et al., 2009]

Ein Vergleich der Städte Atlanta und Barcelona kann dazu dienen die Auswirkungen unterschiedlich dichter urbaner Strukturen zu illustrieren. Beide Städte hatten im Jahr 1990 ähnliche Bevölkerungszahlen von 2,5 bzw. 2,8 Millionen, doch während die Bevölkerungsdichte in Atlanta bei 6 Personen/ha lag, war die Dichte in Barcelona mit 176 Personen/ha um ein vielfaches höher. In Atlanta betrug die größtmögliche Entfernung zwischen zwei Punkten im Siedlungsgebiet 137 km, in Barcelona nur 37 km. Die jährlichen CO₂-Emissionen lagen in Atlanta bei 400 t/Person in Barcelona bei 38 t/Person. Das U-Bahnnetz in Atlanta ist 74 km lang, aber nur 4% der Bevölkerung wohnen weniger als von 800 m von einer U-Bahnstation entfernt. Das U-Bahnnetz in Barcelona ist 99 km lang, hier wohnen 60% der Bevölkerung weniger als von 600 m von einer U-Bahnstation entfernt. In Atlanta werden 4,5% der Fahrten mit öffentlichen Verkehrsmitteln getätigt, in Barcelona sind es 30%. Um Atlanta ähnlich gut zu erschließen wie Barcelona müsste das U-Bahnnetz um 3400 km Strecke und 2800 neue U-Bahnstationen erweitert werden. Barcelona genügen dafür 99 km U-Bahnnetz und 136 Stationen. [The World Bank, 2009b]

Andererseits bringt eine hohe Dichte auch Probleme mit sich, wie etwa fehlende Freiräume oder die gegenseitige Verschattung von Gebäuden. Eine hohe Dichte allein ist kein Garant für eine nachhaltige Entwicklung. Es ist vielmehr notwendig, die Dichte von Siedlungen im

Hinblick auf die teilweise widersprüchlichen Anforderungen von Transport, Energieeffizienz und Lebensqualität zu optimieren. Im von der Europäischen Kommission im Rahmen des LUTR Programms geförderten ECOCITY Projekts [Gaffron et al., 2005a] wird dafür der Begriff „qualified density“ eingeführt. [Jenks & Dempsey, 2005] verweisen darauf, dass die akzeptable urbane Dichte stark von kulturellen Faktoren abhängt. Was beispielsweise in Hong Kong als angemessene Dichte gilt, ist in europäischen Städten in der Form nicht umsetzbar.

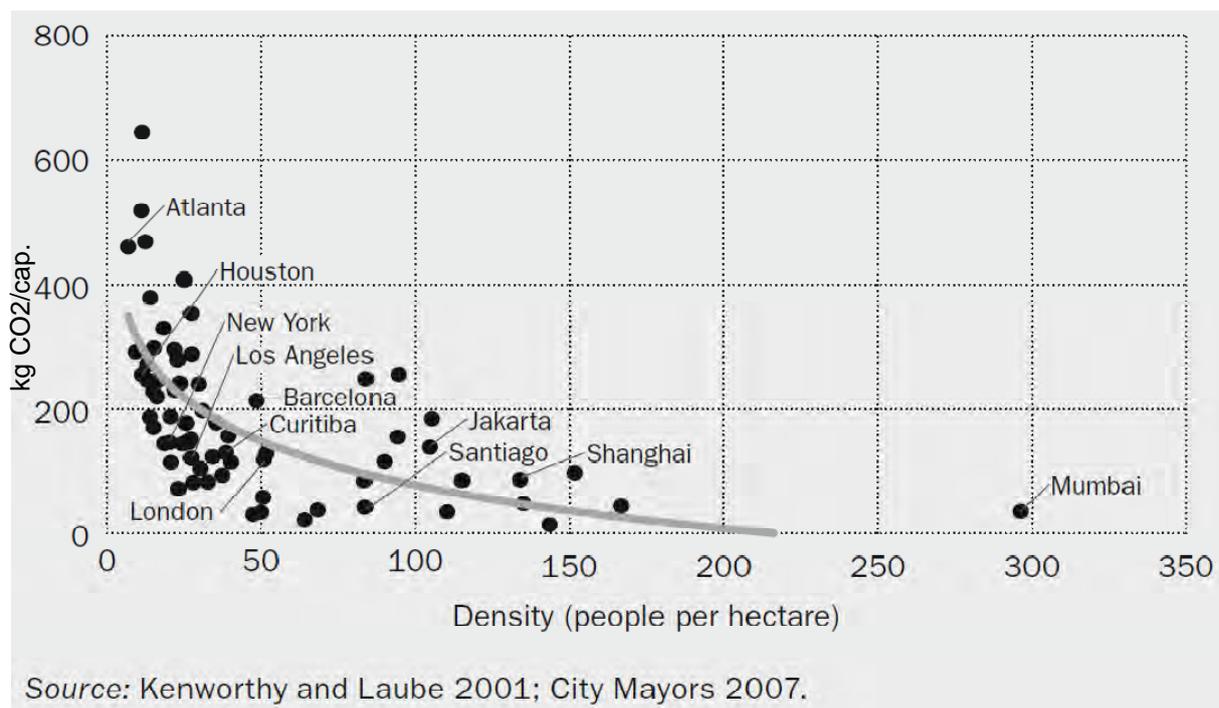


Abbildung 3-2: Treibhausgasemissionen durch Verkehr (kg CO₂-Äquivalent pro Person) in Abhängigkeit von der Dichte [Kenworthy & Laube, 2001] [City Mayors, 2007] in [The World Bank, 2009b]

Unter Nutzungsmischung versteht man die kleinräumige Mischung von verschiedenen urbanen Nutzungen (Wohnen, Einzelhandel, Büro, Gastronomie,...). Im Gegensatz dazu steht die großräumige Nutzungstrennung durch Bildung von monofunktionalen Wohn-, Industrie oder Gewerbebezonen. Zahlreiche Autoren ([Gaffron et al., 2005b], [Lau et al., 2005]) sehen einen positiven Zusammenhang zwischen Nutzungsmischung und der Nachhaltigkeit von Siedlungen. Die Vorteile einer optimierten Mischung werden in erhöhter Lebensqualität, nachhaltigeren Lebensstilen und einem geringeren Verkehrsbedarf gesehen.

Eine wesentliche Voraussetzung für eine funktionierende Nutzungsmischung ist die Kompatibilität der Nutzungen untereinander. Um Synergien nutzen zu können und gegenseitige Beeinträchtigungen zu vermeiden, müssen die zeitlich variierenden Anforderungen (Ruhe, Ressourcenbedarf,...) und Eigenschaften der Nutzungen (Lärmemissionen, Abfälle, Abwärme,...) evaluiert und aufeinander abgestimmt werden. Im Hinblick auf eine nachhaltige Energie- und Ressourcennutzung erleichtert eine kleinräumige Mischung die Nutzung von Verschiedenartigkeit durch Kopplung und Austausch. [Gaffron et al., 2005a]

3.1.1.1 Die kompakte Stadt

Ein zentrales Leitbild nachhaltiger Stadtentwicklung ist die kompakte Stadt (Compact City), welche sich an der historisch gewachsenen europäischen Stadt orientiert. Die kompakte Stadt zeichnet sich durch hohe urbane Dichte und multifunktionale, gemischte Flächennutzung aus und ist monozentral organisiert [Diefenbach et al., 2002]. Die Vorteile der kompakten Stadt entsprechen damit den oben diskutierten Vorteilen einer kompakten multifunktionalen Siedlungsentwicklung.



Abbildung 3-3: Grazer Altstadt

In [Diefenbach et al., 2002] und [Tietz, 2007] werden die Vorteile der kompakten Stadt als nur zum geringen Teil empirisch begründet eingeschätzt. Als potentielle Probleme werden unter anderem angeführt:

- Verlagerungen von Belastungen ins Umland: z.B. reduzierte Grundwasseranreicherung in hoch versiegelten Gebieten muss durch Grundwasseranreicherungen im Umland ausgeglichen werden
- Nutzbarkeit und Einschränkung technischer Alternativen: z.B. verminderte Einsetzbarkeit von Pflanzenkläranlagen.
- Verlagerungen im sozialen und ökonomischen Kontext: z. B. erhöhter Wochenendverkehr als Kompensation für mangelnde Erholungsmöglichkeit in der Stadt

[Green, 2005] kommt zu ähnlichen Schlussfolgerungen. Vor allem bei großflächiger Ausdehnung sehr dichter Siedlungsstrukturen treten diese Probleme zunehmend in den Vordergrund.

Mit dem Leitbild der kompakten Stadt eng verknüpft ist das Leitbild der „Stadt der kurzen Wege“. Die Grundidee der kompakten Stadt wird in unterschiedlichen Ansätzen aufgegriffen und weiterentwickelt (z.B. Sky-City, Multilevel City) [Lau et al., 2005]

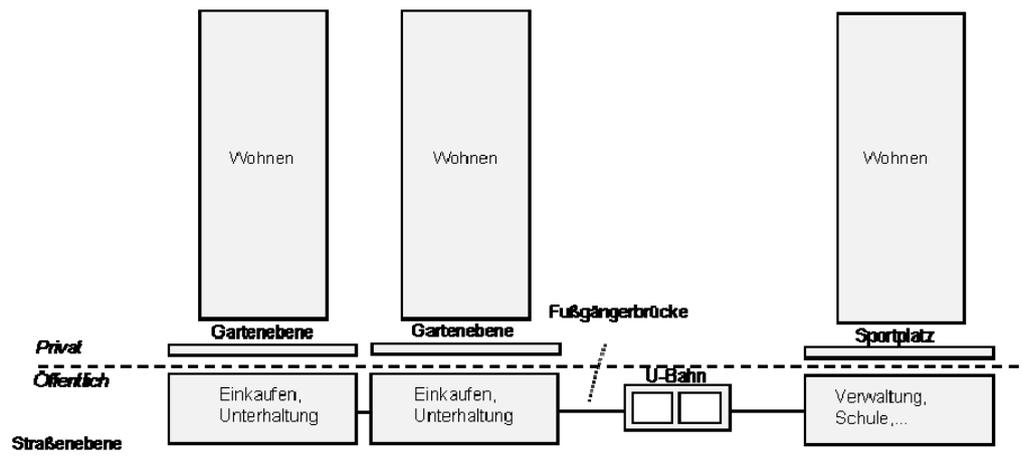


Abbildung 3-4: Schematischer Schnitt durch dichte, funktionsgemischte Siedlungsentwicklung, „Sky-City“, Hongkong, Eigene Abbildung basierend auf [Lau et al., 2005]

3.1.1.2 Dezentrale Konzentration, Polyzentrismus

Bei dem Prinzip der dezentralen Konzentration werden Nutzungen an bestimmten Orten im Raum konzentriert. Diese Zentren weisen eine hohe Dichte auf und dienen als Knotenpunkte für leistungsstarke Verkehrssysteme. So soll ein funktional optimierter Wechsel zwischen Belastungs- und Ausgleichsräumen geschaffen werden. Dabei wird Großräumig eine Dezentralisierung angestrebt, Kleinräumig eine Konzentration. Die kompakte Stadt ist damit nicht mehr das Zentrum, sondern ein Baustein unter vielen im Gesamtgefüge der Stadt bzw. der Region. Dieses Grundprinzip wird in unterschiedlichen Ansätzen unterschiedlich interpretiert und umgesetzt. [Lau et al., 2005]

Das Leitbild wird sowohl auf Städte als auch auf Regionen angewandt [Diefenbach et al., 2002]. Auf regionaler Ebene spricht man hierbei meist von polyzentrischer Entwicklung, bei der Städte, umliegende Siedlungen und dazwischen liegende ländliche Gebiete zu einem funktionierenden Ganzen verbunden werden. [Barnett & Bai, 2007] verwendet den Begriff „Extended Urban Landscapes“. Beispiele für polyzentrale Entwicklungen sind die Randstad-Region in den Niederlanden oder die Rhein-Region in Deutschland [Okabe, 2005]. Als Gegenbeispiel kann der Südosten von England genannt werden, wo sich die Entwicklung auf London konzentriert [Schindegger & Tatzberger, 2002]. [Echenique, 2005] zeigt, dass vor allem bei kleineren Städten und Siedlungen eine polyzentrale Form zu erheblichen Transportproblemen führen kann.

[Okabe, 2005] vertritt die These, dass urbane Funktionen über die gesamte Region verteilt sein sollen, allerdings muss dabei eine klare physische Unterteilung in ländlichen und urbanen Raum erfolgen.

Befürworter sehen in einer polyzentrischen Entwicklung die Effizienzvorteile einer kompakten Stadt mit den Vorteilen einer weniger dichten Entwicklung vereinigt. Damit soll ein effizientes, urbanes Leben in kompakten Siedlungen mit Zugang zu Grünflächen ermöglicht werden.

3.1.1.3 Die multimodale urbane Region

Das Konzept der multimodalen urbanen Region verknüpft Konzepte der Siedlungsstruktur mit Mobilitätskonzepten. Die Hauptidee ist es, die Qualität der Erreichbarkeit eines Ortes (Mobilitätsangebot) an die dort ausgeübten Aktivitäten (Mobilitätsnachfrage) anzupassen. [Kaido, 2005] [Bertolini, 2005]

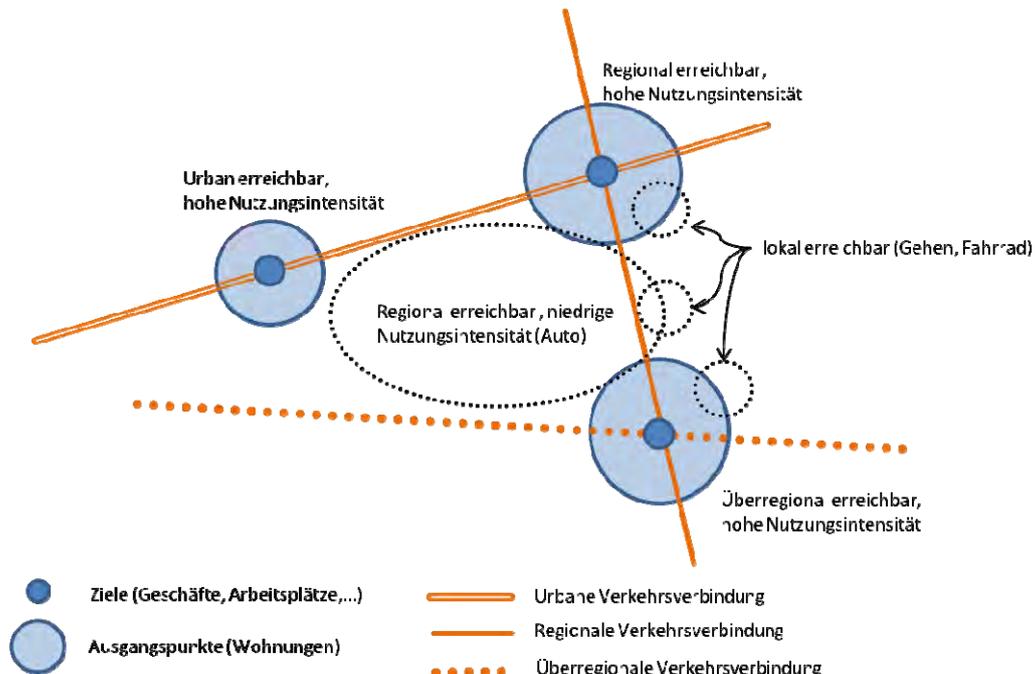


Abbildung 3-5: Konzept multimodale urbane Region, Eigene Abbildung basierend auf [Bertolini, 2005]

3.1.1.4 Die Netzstadt

Die Netzstadt bezeichnet den neuen morphologischen und physiologischen Charakter urbaner Systeme [Baccini & Oswald, 1998]. Sie ist ein dichtes, überregionales Netzwerk, bestehend aus Orten hoher Dichten (Knoten) und Verbindungen für Personen, Güter und Informationen. Urbanes Leben wird in der Netzstadt nicht durch „städtisches Bauwerk“ sondern durch die Verfügbarkeit urbaner Angebote definiert, wodurch die Unterscheidung zwischen Stadt und Land obsolet wird. Ermöglicht wird diese Entwicklung durch Infrastruktursysteme die eine Versorgung mit Ressourcen aus dem regionalen, überregionalen und globalen Hinterland sicherstellen.

Die Stadt mit Ihren Beziehungsgeflechten ist ein komplexes Netzwerk auf unterschiedlichsten Ebenen. Die Metapher des „Netzes“ ist als Hypothese für Organisationsmuster und Form der Stadt wegweisend und ist als Gegenpol zur Idee der „Linearen Stadt“ gewählt. Auf der Grundlage der „linearen Stadt“ haben sich bekanntlich die Funktionen des städtischen Lebens organisatorisch primär getrennt oder entflichtet. Die „Netzstadt“ dagegen will die Wechselseitigkeit der Beziehungen für alle Lebensformen der Stadt in den Brennpunkt stellen und ihre Funktionen primär verbinden oder verflechten. Anders als die „lineare Stadt“,

welche hauptsächlich als Modell für die Erweiterung der historischen Stadt oder für Neugründungen diene, wird die Netzstadt das Modell für anhaltende Umbauprozesse sein, von kleinmaßstäblichen Eingriffen und von größeren Operationen, die aus den Gegebenheiten, Mängeln und Errungenschaften der heutigen Stadt hervorgehen.

3.1.1.5 Continuous Landscapes, CPULs

„Continuous Landscapes“ bezeichnen netzwerkartig zusammenhängende Grünflächen im urbanen Raum („grüne Infrastruktur“). Neben den üblichen Funktionen von innerstädtischen Parks und Grünflächen (Erholung, Kommunikation,...) sollen sie, aufgrund ihrer netzwerkartigen Struktur auch als attraktive und sichere Erschließungsflächen für Fußgänger und Radfahrer dienen. Das Konzept der „Continuous Productive Landscapes“ („CPULs“) erweitert das Konzept der „Continuous Landscapes“, indem die Nutzungen der Flächen durch Planungs- und Managementmaßnahmen im Hinblick auf ökonomische und ökologische Produktivität ausgerichtet wird. Beispiel sind Lebensmittel- und Biomasseproduktion durch urbane Landwirtschaft, Regelungsfunktionen für den lokalen Wasserhaushalt und das Stadtklima oder erhöhte Biodiversität. [Viljoen et al., 2005]

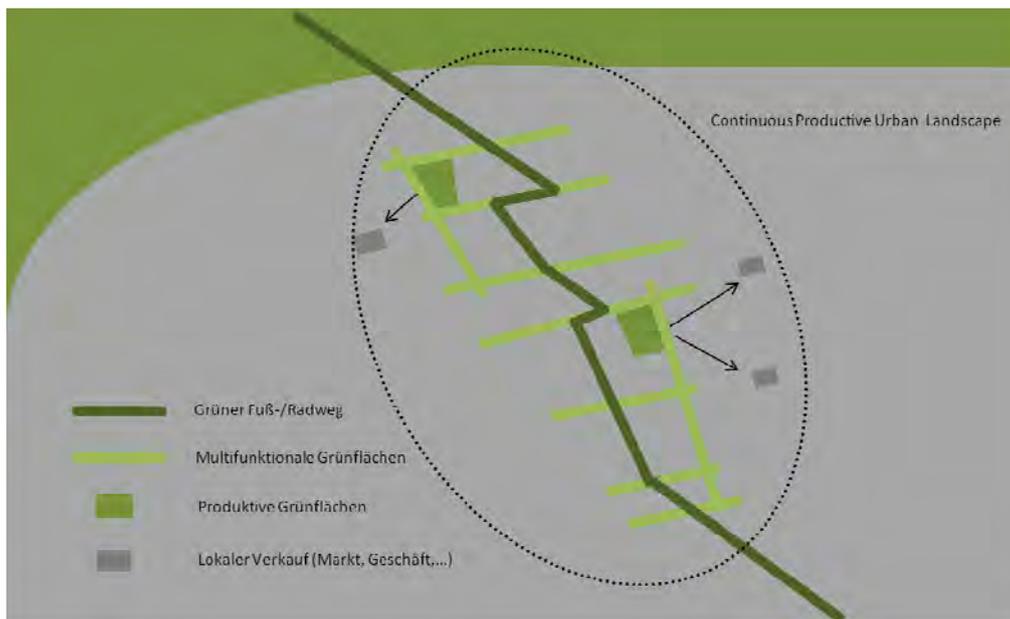


Abbildung 3-6: Continuous Productive Landscape, Eigene Abbildung basierend auf [Viljoen et al., 2005]

3.1.1.6 Zwischenstadt

Unser gegenwärtiges Verständnis der Stadt ist geprägt durch die dichotome Einteilung in Ländlichen Raum und Urbanen Raum. Die Siedlungsentwicklung der letzten Jahrzehnte führte allerdings zu Siedlungsformen die sich weder als Vororte oder Dörfer, noch als Städte charakterisieren lassen. Für diese Übergangsform hat Sieverts den Begriff „Zwischenstadt“ geprägt [Bölling & Sieverts, 2004]. Während Zersiedelung im Allgemeinen als negatives

Phänomen angesehen wird, sieht Sieverts in der gegenseitigen Durchdringung von Freiraum und Siedlung eine neue Siedlungsform mit einer Reihe von positiven Aspekten. Die Stadt wird zur Stadtregion und die Landschaft zur Stadtkulturlandschaft. Diese durchgrünten Stadtgebiete werden durch eine Reihe von Funktionen (ökologische Funktionen, Entsorgungsfunktionen, Freizeitfunktionen...) gleichwertig ausgefüllt. [Diefenbach et al., 2002]

3.1.2 Stadtentwicklung

Städte durchlaufen in ihrer Entwicklungsgeschichte üblicherweise verschiedene Phasen der Stadtentwicklung (Urbanisierung, Suburbanisierung, Desurbanisierung,...). Globale und regionale technologische, wirtschaftliche und soziale Rahmenbedingungen führen dabei zu unterschiedlichen Formen von Wachstums- und Schrumpfungsprozessen. [Batty et al., 2003]

3.1.2.1 Zersiedelung (Urban Sprawl)

Als besondere Herausforderung für eine nachhaltige Stadtentwicklung wird der Prozess der Zersiedelung (Urban Sprawl) angesehen. Die Europäische Umweltagentur definiert Zersiedelung folgendermaßen:

„[...] as the physical pattern of low-density expansion of large urban areas, under market conditions, mainly into the surrounding agricultural areas. Sprawl is the leading edge of urban growth and implies little planning control of land subdivision. Development is patchy, scattered and strung out, with a tendency for discontinuity. It leap-frogs over areas, leaving agricultural enclaves.“ [EEA, 2006]

In Europa ist das rasante Anwachsen der städtischen Gebiete eher Ausdruck sich verändernder Lebensstile und Konsummuster als Ausdruck einer wachsenden Bevölkerung. Historisch gesehen wurde Stadtwachstum hauptsächlich durch eine wachsende Bevölkerung verursacht. Heute kommt es vielfach auch bei stagnierender Bevölkerungsentwicklung zu einer Zunahme der Siedlungsfläche. Eine wichtige Rolle spielt hierbei die Veränderung der Haushaltsstrukturen (Single Haushalt, kinderlose Doppelverdiener,...) und Lebensstile, welche in einer Zunahme der Wohnfläche pro Person resultieren. [Göschel, 2009]

Durch die teilweise schlechten Lebensbedingungen in Innenstädten (Lärm, Luftqualität, zu wenig Freiraum, soziale Probleme, Sicherheit,...) ist ein Leben am Stadtrand für viele attraktiver als ein Leben in der Stadt. Verbesserte persönliche Mobilität und Verkehrsanbindung ermöglichen es, immer weiter weg vom Stadtzentrum zu leben und trotzdem viele Vorzüge der Stadt in Anspruch zu nehmen. Das Einfamilienhaus im Grünen ist für viele immer noch die angestrebte ideale Wohnform [Moser et al., 2002]. Vielfach sind die Grundstückspreise am Stadtrand niedriger und die erwartete Wertsteigerung ist höher als in dicht besiedelten Gebieten, wodurch Grundstücke in Randlagen zu begehrten Investitionsobjekten werden. Durch das Entstehen neuer Wohn- und Gewerbeflächen und großflächiger Einkaufszentren kommt es zu einer raschen Zunahme der Siedlungsfläche.

Diese Entwicklung wird notwendigerweise von einem Ausbau der Verkehrs Infrastruktursysteme begleitet, welcher vielfältige Auswirkungen auf Mobilität und Landnutzung mit sich

bringt. Durch die bessere Erreichbarkeit ändert sich das Nutzungspotenzial von Standorten, was wiederum die Standortentscheidungen verschiedenster Akteure beeinflusst. Das Mobilitätsverhalten und die Verkehrsmittelwahl einzelner Akteursgruppen (Pendler, Konsumenten,...) ändert sich. Je besser die Erreichbarkeit, desto größere Distanzen werden zurückgelegt und je schlechter das Angebot an öffentlichen Verkehrsmitteln, desto wichtiger wird der PKW als Transportmittel. Die positiven und negativen Begleiterscheinungen der Verkehrsströme haben wiederum Auswirkungen auf die Nutzungspotenziale der Standorte. Umweltbelastungen wie Lärm oder Schadstoffemissionen wirken sich negativ auf die Attraktivität von Wohngebieten aus, andererseits erhöhen Verkehrsströme die Kaufkraft und Nutzungspotenziale für gewerblich-industrielle Nutzung. [Loibl et al., 2002] [Lautso et al., 2004]

Durch die zunehmende Stadtrandbesiedlung und Umlandzersiedlung kommt es zu räumlich voneinander getrennten Gebieten mit geringer Bevölkerungsdichte. Die daraus resultierende Trennung von Wohnort, Arbeitsstätte und Freizeiteinrichtungen führt zu einer gesteigerten Verkehrsnachfrage. Die geringere Bevölkerungsdichte in Randgebieten erschwert es außerdem, qualitativ hochwertige Lösungen für den öffentlichen Verkehr anzubieten. Folgen sind ein erhöhter transportbedingter Energieverbrauch und höhere CO₂ Emissionen. [Kommission der Europäischen Gemeinschaften, 2007]

Eine Schlüsselrolle bei der Zersiedelung spielen die Kommunen, welche die Hauptverantwortung für die Umwandlung der Flächennutzung haben. Die Konkurrenz der Kommunen um Industrie und Gewerbebetriebe sowie um steuerzahlende Einwohner begünstigt damit vielfach die Zersiedelung. [EEA, 2006]

Die Europäische Umweltagentur gibt sieben Hauptfaktoren für Zersiedelung an [EEA, 2006]:

- Makroökonomische Faktoren (Wachstum, Globalisierung,...)
- Mikroökonomische Faktoren (Verbesserte Lebensstandards, Grundstückspreise,...)
- Demographische Faktoren
- Wohnungspräferenzen (größerer Flächenbedarf,...)
- Innenstadt Probleme (Lärm, Luftqualität, soziale Probleme,...)
- Transport (PKW Nutzung, Verfügbarkeit von Straßen,...)
- Regulative Rahmenbedingungen (Raumplanung,...)

Zersiedelung hat gravierende ökologische, ökonomische und soziale Auswirkungen. Durch den erhöhten Flächenbedarf kommt es zur Umwandlung von Naturflächen in Wohn-, Verkehrs- und Wirtschaftsflächen. Die damit einhergehende Versiegelung beeinträchtigt viele natürliche Bodenfunktionen (Lebensraum für Flora und Fauna, Wasserversickerung, Wasserspeicherung, Nährstoffumwandlung, Nährstoffspeicherung, Filterfunktion, Pufferfunktion,...) und hat wesentliche Auswirkungen auf das Stadtklima und auf den örtlichen Wasserhaushalt. Ein erhöhter Flächenverbrauch bedeutet gleichzeitig eine Verringerung land- und forstwirtschaftlich nutzbarer Flächen und Lebensraumverlust für Flora und Fauna. Die Zerschneidung von Lebensräumen durch bauliche Infrastrukturen hat gravierende Auswirkungen auf die Qualität der Ökosysteme. [Oggier et al., 2001]

Die oben beschriebenen Mechanismen der Suburbanisierung tragen wesentlich zu sozialer Polarisierung nach Einkommen, Alter und Herkunft bei. Auch in ökonomischer Hinsicht stellt die Zersiedelung eine problematische Form der urbanen Entwicklung dar. Gründe sind vor allem erhöhte Kosten für Transport, Infrastruktur und Dienstleistungen durch längere Wege und geringere Dichten [EEA, 2006]. Nach [Schiller & Siedentop, 2005] besteht für technische Infrastrukturen in zersiedelten Gebieten ein Kostenreduktionspotential von mindestens einem Drittel, wenn es gelingt die Siedlungsstruktur entsprechend zu verdichten.

3.1.2.2 Stadterneuerung, Umbau und Rückbau von Städten

Städte waren und sind nie fertig. Um ihre Funktion und Vitalität erhalten zu können müssen sie sich ständig an veränderte Bedingungen anpassen. Städte erneuern sich üblicher Weise in kleinen Schritten, vergleichbar einem Organismus der permanent seine Zellen erneuert. Damit bleiben Siedlungsstrukturen oft unverändert, obwohl die Häuser aus denen sie bestehen längst ausgetauscht sind. Bestehende Stadtstrukturen setzen dem Wandel einen Widerstand entgegen der etwa ihrem Marktwert, ihrem politischen und kulturellen Wert oder den Kosten ihrer Beseitigung entspricht. Damit sind großräumige Veränderungen in der Stadtstruktur mit einem sehr hohen technischen, finanziellen und politischen Aufwand verbunden und dementsprechend selten. Ausnahmen stellen hier katastrophale Ereignisse (Kriege, Naturkatastrophen), gesellschaftliche Umbrüche (Fall der Berliner Mauer,...) oder Krisen dar, welche entweder die Bausubstanz großflächig zerstören oder zu starken Wertminderungen führen. [Raith, 2000]

Unsere bestehenden urbanen Strukturen (Gebäude, Straßen, Infrastrukturen,...) sind also das Ergebnis siedlungspolitischer Entscheidungen aus vergangenen Jahrzehnten und Jahrhunderten. Wir leben heute in den Städten von gestern. Da gegenwärtige Siedlungsstrukturen vielfach die Kriterien der Nachhaltigkeit nicht erfüllen können, stellt sich die Frage, wie mit diesem Bestand umgegangen werden soll. [Baccini et al., 2002]

Nach [Wiechmann & Wirth, 2005] ist ein „Ökologischer Umbau von Städten und Regionen“ erforderlich. Damit ist *„...eine nachhaltige Bestandsentwicklung im dichtbesiedelten Raum durch umfassende Restrukturierungsmaßnahmen, die auf der fundierten Kenntnis der Umweltzustände und ihrer maßgeblichen Wirkungszusammenhänge fußen und die sich an der Erhaltung und Verbesserung der Umweltqualität orientieren“* gemeint [Wiechmann & Wirth, 2005]. Als zentrale Elemente des ökologischen Umbaus werden beispielsweise eine verringerte Flächeninanspruchnahme, der Ausbau erneuerbarer Energien, ressourceneffiziente Ver- und Entsorgung oder eine umweltschonende Mobilität genannt.

In [Junkers & Kruse, 2003] wurden Stadtumbaupotenziale für deutsche Städte ermittelt. Dabei wurde zuerst die Persistenz städtischer Funktionen und Strukturen ermittelt und eine theoretische Typisierung vorgenommen. Diese wurden anhand von ausgewählten Fallstudien empirisch überprüft. Aufbauend auf diesen Ergebnissen wurden Schlussfolgerungen abgeleitet. Stadtumbaupotenziale entstehen gegenwärtig hauptsächlich aus der Bevölkerungsentwicklung, dem wirtschaftlichen Wandel und der Verkürzung der Nutzungszyklen vieler städtischer Nutzungen. Davon sind die einzelnen städtischen Funktionen (Wohnungssektor,

Freizeitsektor, Einzelhandel,...) in unterschiedlichem Maße betroffen. Als Folge dieser Entwicklungen wird ein zunehmender Bedarf nach Anpassung der städtischen Strukturen identifiziert. Dieser kann sich in Form eines Wandels der Nutzung bei Erhalt der baulichen Situation, eines Wandels der baulichen Erscheinungsform der städtischen Nutzung oder einer Neuverteilung der Nutzung im Raum äußern. Diese Maßnahmen können auf unterschiedlichen Ebenen (Gebäude, Block, Quartier) umgesetzt werden. Aufbauend auf dieser Analyse und unter Berücksichtigung der Nutzungszusammensetzung und der baulichen Ausformung städtischer Strukturen wurden Typisierungen von Raumstrukturen abgeleitet, für die ein bestimmtes Stadtumbaupotenzial identifiziert werden kann. Die 14 Gebietstypen (Große Wohnsiedlungen, Innerstädtische Altbauquartiere, Dezentrale Bürostandorte,...) erlauben eine flächendeckende Klassifizierung der Stadtstruktur. Die größten Umbaupotentiale werden in den Typen „Große Wohnsiedlungen“, „Kleinteilige Gewerbegebiete“ und „Große innerstädtische Brachflächen“, sowie in den neuen Bundesländern zusätzlich im Typ „Innerstädtische Mischgebiete/Altbauquartiere“ gesehen. Die Fallstudien zeigen, dass eine Aktivierung der Umbaupotentiale in hohem Maße von einzelfallbezogenen Gegebenheiten abhängt.

Durch die sich immer schneller ändernden und differenzierenden Anforderungen an die Stadt verändern sich auch die Nutzungszyklen städtischer Räume. Daraus folgt, dass zukunftsbeständige Raum- und Baustrukturen erweiterten Anforderungen der Funktionsvariabilität, der Umnutzbarkeit sowie der Um- und Rückbaubarkeit genügen müssen. Das erfordert unter anderem eine Analyse der Entwicklung und Transformation von Stadtstrukturen [Baumann et al., 2008]. Nach [Diefenbach et al., 2002] ist eine systematische Analyse der Wandlungsdynamik im Bestand für die Entwicklung von Stadtumbaustrategien erforderlich.

[Mitchell, 2005] sieht in den Fortschritten der Informations- und Kommunikationstechnologie Möglichkeiten zur Intensivierung der Flächennutzung und Senkung der Kosten. Während die gegenwärtige urbane Flächennutzung von einer starren Zuweisung von Aktivitäten an bestimmte spezialisierte Orte geprägt ist, soll die wachsende Verschränkung von Bau- und Elektroniksektor in Zukunft eine räumlich und zeitlich intensivere Flächennutzung ermöglichen. Dabei sollen urbane Flächen, ähnlich wie Hotels oder Parkplätze, nur temporär genutzt werden, wodurch die Zuweisung von Aktivitäten dynamischer und die Flächennutzung intelligenter und auch effizienter werden soll. Aktivitätenkonflikte können durch zeitliches Management und nicht durch räumliches Management gelöst werden. Nach [Mitchell, 2005] liegt die Herausforderung für Planer weniger darin, einfach „Vernetzung“ und „Intelligenz“ in herkömmliche Bauwerke einzubauen, sondern eher darin die Auswirkungen auf die Nachfrage nach Raum, Funktionsmischung, Nachbarschaftsanforderungen und Effizienz zu verstehen und darauf geeignet zu reagieren.

Ein baulicher Ansatz zum Stadtumbau, der schon weitgehend verfolgt wird ist die Nachverdichtung im Bestand. Darunter versteht man den Neubau auf Freiflächen von Quartieren und Siedlungen, Grundstücksteilungen, die Aufstockung und den Ausbau von Bestandsgebäuden. Als eine weitere Form der Nachverdichtung kann das sogenannte Flächenrecycling von Brachflächen, wie altindustriellen Flächen, Baulücken, aufgegebenen Verkehrsflächen oder nicht genutzten Gewerbegebieten angesehen werden. Als Hemmnisse für ein Flächenrecycling werden unter anderem ein hoher Aufwand der Grundstücksaufbereitung, Altlastenver-

dacht, rechtliche Auflagen, die Lage der Fläche und ein hoher Planungsaufwand für die Umnutzung angesehen. [Scharp, 2005a]

[Gunter et al., 2004] bestätigen die Wichtigkeit eines Flächenrecyclings und kommunalen Brachflächenmanagements für eine nachhaltige Siedlungsentwicklung. Als Vorteile des Flächenrecyclings werden unter anderem genannt [Gunter et al., 2004]:

- Steigerung des Grundstückswertes und der Flächenproduktivität
- Bessere Auslastung der Infrastruktur
- Aktivierung von Bauland im Bestand
- Verminderung von Flächenverbrauch, Zersiedelung und Bodenversiegelung
- Investitionslenkung
- Attraktivitätssteigerung im Bestand

In [Schweizer et al., 2003] werden Umnutzungs- und Nachverdichtungspotentiale in Wohnhaussiedlungen der 50er bis 80er Jahre identifiziert und exemplarische Lösungen entwickelt.

Ein Ansatzpunkt für eine dynamische nachhaltige Stadtentwicklung wird in der Zwischennutzung und Nischennutzung, also in der temporären Nutzung von Brachflächen und Leerstehenden Gebäuden gesehen. Untersuchungen haben gezeigt, dass Zwischennutzungen positive Wirkungen auf die Stadtquartiere entwickeln können, eine finanzielle Entlastung für Eigentümer bieten und besondere Gestaltungsperspektiven für die Nutzer eröffnen. Vor dem Hintergrund bautechnischer, rechtlicher, ökonomischer und verfahrensorganisatorischer Herausforderungen gilt es neue Planungsansätze zu entwickeln und praktikable Träger- und Finanzierungsformen zu finden. [Baumann et al., 2008]

Eine mögliche Form der Zwischennutzung bzw. Umnutzung stellt die urbane Landwirtschaft dar. In diesem Zusammenhang werden unterschiedliche Ansätze diskutiert: extensive Tierhaltung in gepflegten Freiflächen, Obstbäume für Selbstpflücker oder multifunktionale Landschaftsparks, welche die Funktionen Landwirtschaft, Erholung, Bildung und Naturschutz miteinander kombinieren (siehe 3.7.4). Derartige Ansätze werden teilweise auch als Alternative zur kostenintensiven öffentlichen Parkgestaltung angesehen. Der Landwirt wird letztlich als multifunktionaler städtischer Dienstleister gesehen, für den die Primärproduktion nur ein Standbein unter vielen ist. Dazu sind neue Ansätze für die Umsetzung, Management und Vermarktung notwendig. [Fuhrmann et al., 2006]

Städtische Grünflächen („grüne Infrastruktur“) erfüllen zahlreiche ökonomische, ökologische und soziale Funktionen und haben eine dementsprechend hohe Bedeutung für das städtische Leben. In sozialer Hinsicht schaffen sie ein angenehmes Arbeits- und Wohnumfeld, sind Kommunikations-, Begegnungs-, Erholungs- und Bildungsräume. In ökonomischer Hinsicht erfüllen sie vor allem repräsentative, attraktivitäts- und wertsteigernde Funktionen. So lässt sich beispielsweise in der Umgebung von attraktiven Grünflächen eine deutlich höhere Nachfrage nach Wohnraum nachweisen [BFN, 2006]. Wichtige ökologische Funktionen urbaner Grünflächen sind ihre Regelungsfunktionen für den lokalen Wasserhaushalt und das Stadtklima, CO₂ Fixation, Luftfilterung, Lärmabsorption und eine erhöhte Biodiversität (siehe 3.7.4). Eine multifunktionale Nutzung urbaner Grünflächen bietet einerseits viele

Synergiepotentiale, birgt andererseits auch die Gefahr von Nutzungskonflikten. Zur Auflösung dieser Konflikte werden gegenwärtig neue Ansätze für ein integriertes urbanes Grünflächenmanagement entwickelt. [Heins & Pietsch, 2009] [Heins & Kircher, 2009]

Stadtentwicklung und Stadtumbau muss in Zukunft verstärkt die Anforderungen zur Nutzung erneuerbarer Energien berücksichtigen. Dazu zählen unter anderem die Bereitstellung von geeigneten Flächen für die nachhaltige Energieerzeugung (Dach- und Fassadenflächen, Brachflächen,...), eine kompakte, solaroptimierte Bauweise, energetische Aufwertung des vorhandenen Gebäudebestandes und die Berücksichtigung der Kraftwärmekopplung. Neben den Anforderungen an die Flächen und die Infrastruktur sind dabei auch Aspekte wie Standortqualität, Stadtverträglichkeit, Image und Planungsrecht zu berücksichtigen. [Genske et al., 2009]

Veränderte gesellschaftliche und ökonomische Rahmenbedingungen führen in manchen europäischen Städten und Regionen zu dramatischen Schrumpfungsprozessen (schrumpfenden Städte, Shrinking Cities, Shrinking Regions) (siehe auch 3.6.1). Durch die demographische Entwicklung wird für die Zukunft eine zunehmende Polarisierung zwischen wachsenden und schrumpfenden Städten erwartet [Göschel, 2009]. Schrumpfung in einer bislang vom Wachstum geprägten Gesellschaft erfordert strukturelle Anpassung und neue Leitbilder.

In den betroffenen Regionen in Ostdeutschland werden im Rahmen des Programms „Stadtumbau Ost“ im Wesentlichen zwei Grundmuster von Stadtumbaustrategien angewandt.

- Flächiger Rückbau: Hierbei werden ganze Siedlungseinheiten flächig rückgebaut und deren Bewohner auf andere Stadtgebiete umverteilt, welche dadurch bevölkerungsmäßig stabilisiert werden sollen.
- Disperser Rückbau: Hier werden einzelne Gebäude oder Gebäudeteile rückgebaut, ohne dabei die Siedlungsfläche zu verringern.

Der Bevölkerungsschwund in schrumpfenden Städten führt zu einem starken Rückgang an nachgefragten Infrastrukturleistungen und damit zu steigenden spezifischen Kosten je Einwohner. Zusätzlich führt die geringe Netzauslastung in vielen Fällen zu Funktionsproblemen (Ablagerungen in Abwassernetzen, lange Verweilzeit des Trinkwassers im Netz, steigende Wärmeverluste in Wärmenetzen,...), welche sich ebenfalls in erhöhten Kosten niederschlagen. Durch diese Entwicklungen werden bestehende zentrale Infrastrukturnetze zunehmend in Frage gestellt. Insbesondere beim dispersen Rückbau kommt es aufgrund des unverändert großen Versorgungsgebietes vielfach zur Unterschreitung von Funktionsgrenzen. Die Stadtumbaustrategie hat wesentlichen Einfluss auf die Funktionsfähigkeit und die Folgekosten.

Seitens der Anlagentechnik sind drei Umbaustrategien möglich [Koziol, 2008]:

- Umbau und Anpassung des zentralen Systems (Verkleinerung von Rohrdurchmessern und Anlagen)
- Ergänzung des zentralen Systems durch dezentrale Teilsysteme
- Komplette Dezentralisierung

Im Rückbau der Städte und den damit gegebenen Möglichkeiten zur großflächigen Umgestaltung urbaner Systeme liegt nach Ansicht einiger Experten die Chance zur Implementierung nachhaltiger Stadtstrukturen [Ripl et al., 2002]. Für monozentrale Großstädte kann eine schrumpfende Bevölkerungszahl auch eine Chance darstellen, um die Lebensqualität in den dicht besiedelten Gebieten zu erhöhen. Für Tokyo existieren beispielsweise Konzepte, kontinuierlich Grünflächen innerhalb der bebauten Gebiete einzufügen und diese nach und nach zu einem grünen Netzwerk auszubauen [Okabe, 2005].

3.2 Energie

Die Energiethematik ist für die Menschheit aus vielerlei Gründen eine Zukunftsfrage. Das globale Bevölkerungswachstum sowie die zunehmende Industrialisierung und Motorisierung lassen den globalen Energiebedarf weiter stark ansteigen und stellen das Welt-Energiesystem vor große Herausforderungen. Der Energiebedarf wird heute größtenteils aus fossilen Quellen gedeckt, was in mehrerlei Hinsicht problematisch ist. Die durch Nutzung fossiler Energieträger freigesetzten Treibhausgasemissionen verändern das Weltklima. Zudem sind durch Erreichen des Produktionsmaximums bei fossilen Energieträgern starke Preissteigerungen und Preisschwankungen für Energie zu erwarten. Städte und urbane Agglomerationen sind die Zentren des weltweiten Energieverbrauchs und nehmen als solche auch eine Schlüsselposition zur Lösung dieser Zukunftsfragen ein. [IEA, 2007] [The World Bank, 2009b]

3.2.1 Neue Umwandlungs- und Speichertechnologien

Die Neu- und Weiterentwicklung von nachhaltigen Technologien zur Energieumwandlung, Speicherung und Verteilung wird weltweit intensiv betrieben. Viele dieser Technologien sind für Städte und urbane Systeme von unmittelbarer Bedeutung, manche werden eigens für den Einsatz in Städten entwickelt.

Ein wesentliches Kriterium für urbane Energietechnologien stellen Emissionen dar. Aufgrund der hohen Bevölkerungs- und Aktivitätsdichten kommt es in Städten unweigerlich zu erhöhten Emissionsbelastungen. Die Bebauung schränkt zudem häufig die Luftzirkulation ein, was die Situation zusätzlich verschlechtert. Nachhaltige urbane Energietechnologien haben daher erhöhte Anforderungen an Abgas, Staub und Lärmemissionen. [Diefenbach et al., 2002]

Zukunftsweisende Technologien sind etwa die Brennstoffzellentechnologie, insbesondere in Kombination mit der Wasserstofftechnologie. Innovative Ansätze finden sich auch bei der Solarenergienutzung wie zum Beispiel elektrochemische Farbstoffsolarzellen, Polymer-Photovoltaik oder polymeren thermischen Solarkollektoren ([Fink et al., 2008], [Fechner et al., 2007]). Aber auch für den Einsatz in Städten geeignete, lärmarme Windkraftanlagen oder mit lärmarmen und praktisch abgasfreien Stirlingmotoren betriebene BHKWs stellen interessante Optionen dar. [Miles, 2006]

Ein wesentliches Charakteristikum urbaner Siedlungsräume sind die begrenzten räumlichen Verhältnisse. Viele verschiedene Nutzungen konkurrieren um die vorhandenen Flächen.

Deshalb sollte die Energieerzeugung möglichst platzsparend erfolgen, beziehungsweise auf Flächen erfolgen welche ansonsten ungenutzt bleiben würden. Ein Beispiel stellt die Fassadenintegration oder Dachintegration von Solarkollektoren dar.



Abbildung 3-7: Fassadenintegration von PV-Elementen, ENERGYbase

Zudem benötigen urbane Energiesysteme Technologien welche die Ausnutzung von Synergiepotentialen und die Kaskadennutzung von Energie unterstützen. Dazu zählen beispielsweise neue Technologien zur Nutzung von Niedertemperaturwärme wie etwa das Kühlen und Klimatisieren mit Abwärme durch Absorptionskälteanlagen. [Brandstätter, 2008]

Ein besonders zukunftsweisendes Konzept zur effizienten energetischen und stofflichen Ausnutzung von Energieträgern stellt die Polygeneration dar. Damit wird die „aufeinander abgestimmte Produktion von Wärme/Kälte, Strom, weiteren Energieträgern (feste, flüssige und gasförmige Brenn- und Treibstoffe) sowie von Produkten für die nichtenergetische Nutzung“ bezeichnet. Als Beispiel kann die Biomassevergasung, Aufbereitung und Umwandlung in regionalen, multifunktionalen Energiezentralen genannt werden. Das erzeugte Biogas kann zur Erzeugung von flüssigen und gasförmigen Treibstoffen, zur Wärme- und Stromproduktion mittels Kraft-Wärmekopplung oder zur Einspeisung in örtliche Gasnetze eingesetzt werden. [Hofbauer et al., 2006]

Energiespeicher sind wesentliche Komponenten des Energiesystems und Schlüsseltechnologien für eine effiziente Energienutzung. Wichtige Anwendungsbereiche sind zum Beispiel das Ausgleichen von Angebots- und Nachfragespitzen oder die Versorgung mobiler Anwendungen. Insbesondere die Anwendung von erneuerbaren Energieformen wie Sonnen- oder Windenergie verlangt nach entsprechenden Speicherkonzepten für thermische und elektrische Energie. Neben dem in vielerlei Hinsicht optimalen Speichermedium Wasser beruhen moderne Ansätze für thermische Speicher unter anderem auf Phasenwechselmaterialien (z.B. Paraffine) oder Sorptionsprozessen (z.B. Zeolithe) [Hauer, ZAE]. Elektrische Energiespeicher spielen eine zunehmend wichtige Rolle für die Netzstabilisierung (siehe 3.2.7) und die Elektromobilität (siehe 3.5.2.1).

3.2.2 Nachhaltige Energieversorgung von urbanen Gebieten

Neben der Optimierung von Einzelkomponenten für Energieerzeugung, Energiespeicherung und Energienutzung ist vor allem die Optimierung auf der Ebene des Gesamtsystems von essenzieller Bedeutung für urbane Systeme. Dabei müssen die wechselseitigen Anforderungen von Energieumwandlung, Transport, Speicherung und Nutzung in einem systemischen Ansatz unter Berücksichtigung der spezifischen Anforderungen urbaner Systeme aufeinander abgestimmt werden.

Für eine regionale, regenerative Energieversorgung ist eine enge Kopplung der Erzeugungs- und Versorgungsstrukturen mit der regionalen Nachfragestruktur erforderlich. In ländlichen Regionen mit hohem Biomasseangebot konnte bereits erfolgreich gezeigt werden, dass eine weitgehende Deckung des Energiebedarfs mit regional verfügbaren regenerativen Energieträgern möglich ist. Als Beispiele können die Energieregionen Güssing, Murau oder Kötschach-Mauthen genannt werden. [Koch et al., 2006], [Späth et al., 2007]

Urbane Gebiete haben eine gänzlich andere Energie Angebots- und Verbrauchsstruktur. In Städten besteht üblicherweise ein beschränktes Flächenangebot zur Energieerzeugung welchem eine hohe Energieverbrauchsichte gegenüber steht. Durch die größere Dichte bestehen allerdings auch Potentiale zu einer effizienten Energieverteilung und –nutzung.

Prinzipiell bestehen die Möglichkeiten lokale regenerative Energiequellen zu nutzen (Photovoltaik, Solarthermie, Umgebungswärme,...) oder erneuerbare Energieträger aus dem Umland zu importieren (Biogas, Pellets, Fernwärme,...). [Genske et al., 2009]

Bei kleinräumiger Nutzungsmischung in urbanen Gebieten ergeben sich oft energetische Synergiepotentiale. Es bestehen mehrere Möglichkeiten zur effizienteren Ausnutzung der eingesetzten Energie. So können gemäß der Idee der Industrial Symbiosis Abwärme oder stoffliche Abfälle von Industrie und Gewerbebetrieben im Umfeld energetisch genutzt werden. Es kann beispielsweise die Abwärme von Backöfen zur Heizung, Klimatisierung und Warmwasserbereitung genutzt, oder organische Abfälle von Gastronomie oder Fleischereibetrieben zur Biogas Produktion eingesetzt werden. Industrie und Gewerbebetriebe werden damit letztlich zu Energieverkäufern. Die Versorgung von größeren Kollektiven (Mehrfamilienhaus, Gebäudegruppen,...) führt zu einer Vergleichmäßigung des Lastganges und bringt so gewisse Vorteile gegenüber der Einzelversorgung. Durch entsprechende Laststeuerungsmaßnahmen können diese Vorteile noch besser genutzt werden. Voraussetzungen für die Nutzung der oben genannten Synergiepotentiale sind neben der zur Minimierung der Verluste notwendigen räumlichen Nähe, entsprechend zusammenpassende Energieprofile der einzelnen Nutzungen. Dabei ist die Art (Wärme, Kälte, Dampf,...), die Qualität (Temperaturniveau,...), die Menge sowie der Tages- und Jahreszeitliche Verlauf von Energieangebot und -nachfrage zu beachten. Aufgrund der vor allem im Gewerbebereich zu erwartenden wechselnden Nutzungen sind entsprechend flexible Anlagenkonzepte notwendig. [Bretschneider et al., 2002]

Neue Konzepte der Abfall- und Siedlungswasserwirtschaft, wie die dezentrale Abwasserbehandlung mit Biogaserzeugung, die Biogaserzeugung aus Küchenabfällen oder die dezentra-

le Klärschlammverbrennung bieten Möglichkeiten für eine nachhaltige Energieversorgung. Eine weitere Möglichkeit stellt die Nutzung der Abwärme aus kommunalen Abwässern dar. Abwässer sind im Winter relativ warm und im Sommer relativ kühl. Sie sind damit eine geeignete Energiequelle für Wärmepumpen und Kältemaschinen zum Heizen und Klimatisieren von Gebäuden. Aus wirtschaftlichen Gründen kommen nur Kanäle mit einem entsprechenden Mindestdurchfluss in Frage. Zudem darf die Temperatur nicht so weit angehoben bzw. abgesenkt werden, dass die Abwasserreinigung beeinträchtigt wird, was das Potential weiter einschränkt. Beispielsweise in energetisch optimierten Siedlungen mit entsprechend niedrigem Wärmebedarf stellt diese Art der Abwärmenutzung eine interessante Option dar. [Schmid, 2007]

Aufgrund des geringen Platzangebotes, der dichten Besiedelung und der Verkehrsproblematik bestehen in Städten auch besondere Anforderungen an das Energiesystem im Hinblick auf die Verteilung und Lagerung der Energieträger. So wird beispielsweise in größeren Städten die Verteilung und Lagerung von Biomassestückgut mittels LKW aufgrund deren vergleichsweise geringen Energiegehalts als ineffizient angesehen [Gruber et al., 2005].

Gleichzeitig bietet die hohe Siedlungsdichte aber Optionen für eine effiziente Verteilung mittels Leitungen und Netzen. Eine Möglichkeit zur effizienten Verteilung von biogenen Energieträgern in urbanen Gebieten ist die Herstellung von Biogas und die anschließende Einspeisung in örtliche Erdgasnetze oder Biogas Mikronetze [Hornbacher et al., 2008]. [Gruber et al., 2005] sehen in der Verflüssigung von erneuerbaren Brennstoffen durch Pyrolyse und die damit verbundene Erhöhung der Energiedichte eine effiziente Option für städtische Gebiete.

Eine weitere Möglichkeit sind Nahwärme/Nahkältenetze, welche Gebäudegruppen (Mikronetze), Siedlungen oder ganze Stadtteile mit (Ab-)Wärme und Kälte aus dezentralen KWK und KWKK Anlagen versorgen. Die Vernetzung thermischer Verbraucher bietet die Möglichkeit ein optimiertes Gesamtsystem aus Wärmeerzeugung, Wärmeverteilung, Wärmespeicherung und Wärmenutzung einzusetzen [Horenkamp et al., 2007]. Ein weiterer Vorteil von Nahwärmesystemen ist die Flexibilität und Zukunftsoffenheit hinsichtlich der Auswahl und Kombination der Energieerzeugung. Mögliche Wärmequellen sind unter anderem Blockheizkraftwerke, solarthermische Anlagen oder Wärmepumpen sowie die Abwärmenutzung aus industriellen oder gewerblichen Prozessen. Als Kältequellen können zum Beispiel Absorptionskältemaschinen eingesetzt werden, welche Wärme (Solarthermie, Abwärme,...) in Kälte umwandeln. In technischer Hinsicht werden geeignete Einsatzgebiete durch die Wärmeverluste im Verteilnetz begrenzt. Der ausschlaggebende Parameter ist die Wärmedichte, also der Wärmebedarf pro Siedlungsfläche. Die Wärmedichte hängt vorwiegend von der Art und Dichte der Bebauung und dem spezifischen Wärmebedarf der Gebäude ab. Urbane Gebiete bieten also hinsichtlich ihrer Dichte gute Voraussetzungen für eine effiziente Wärmeverteilung. Durch steigende Energiestandards des Gebäudebestandes wird die Energiedichte zukünftig jedoch erheblich absinken, was sich auf die Effizienz und Wirtschaftlichkeit der Wärmenetze auswirken wird. Das Hauptaugenmerk der Forschung liegt derzeit auf der verstärkten Integration von regenerativen Quellen und der Entwicklung von flexiblen, modularen Netzwerkkonzepten [Bucar et al., 2005]. Ein Beispiel sind Wärmeverteilkonzepte welche zentrale Einspeisung, dezentrale Einspeisung und die Integration von dezentralen Wärme-

speichern erlauben ([Riva & Fink, 2009]). Nach [Fischedick et al., 2007] ist eine Erweiterung der mit Nahwärme versorgten Gebiete notwendig, um die Potentiale der erneuerbaren Energien Biomasse, Solarthermie und Geothermie bestmöglich ausschöpfen zu können.

In der CONCERTO Initiative der Europäischen Kommission werden integrierte Energiekonzepte für urbane Systeme untersucht. In den teilnehmenden Städten und Stadtteilen werden mittels multidisziplinärer Gruppen bestehend aus Architekten, Stadtplaner, Energieplaner, Energieversorgern, Gebäudeeigentümern, Investoren und anderen Stakeholdern regional maßgeschneiderte Energiestrategien entwickelt. Diese werden umgesetzt und laufend evaluiert. Im Begleitprojekt CONCERTO Plus werden alle relevanten technischen und sozioökonomischen Daten sowie die Monitoringdaten sämtlicher Projekte in einer Datenbank gesammelt und analysiert. Ziel ist es letztlich zu erkennen, welche Konzepte unter welchen Rahmenbedingungen funktionieren bzw. nicht funktionieren. [Europäische Kommission, 2008]

Eine Voraussetzung für eine nachhaltige urbane Energieversorgung ist eine genaue Kenntnis der örtlichen Potentiale zur innerstädtischen, erneuerbaren Energieerzeugung. In [Genske et al., 2009] werden Methoden zur Ermittlung und Bewertung dieser Potentiale vorgestellt. Als energetische Nutzflächen werden Flächen die für eine erneuerbare Energienutzung potenziell zur Verfügung stehen bezeichnet, also beispielsweise Dach- und Fassadenflächen von Gebäuden, Brach- und Konversionsflächen, Baulücken und Reserveflächen. Für die energetischen Nutzflächen wird ein Katalog von Optionen erarbeitet, in welchem potentielle Nutzungen angegeben und bewertet werden. Dabei werden neben den möglichen Energieformen auch örtliche und zeitliche Nachfragestrukturen berücksichtigt. Des Weiteren werden wesentliche technische und ökonomische Kennwerte der vorgeschlagenen Option und eine Prognose zu deren zukünftiger Entwicklung abgegeben. Die örtliche Potentialermittlung ist auch immer von der Technologieentwicklung abhängig. Durch neue Technologien werden beispielsweise Abfallstoffe zu Biomassepotentialen oder zeitweise verschattete Dachflächen zu Solarpotentialen. Dadurch sind Potentialermittlungen ständig zu aktualisieren. Geoinformationstechnologien spielen heute und in Zukunft eine große Rolle bei der Aufstellung von Energiekonzepten [Everding, 2009]. Nach [Rapp et al., 2009] spielt die Lokalisierung des Energienachfrage im urbanen Raum eine wesentliche Rolle bei der Entwicklung entsprechend optimierter Energieversorgungssysteme.

In [Tragner et al., 2007] werden die Potentiale und Grenzen der regenerativen Energieversorgung einer energieintensiven Industrieregion am Beispiel der Region Bruck an der Mur/Kapfenberg diskutiert. Es wird festgehalten, dass spezifische Instrumente und eine geeignete Datenbasis fehlen, um regionale Energiesysteme effizient analysieren und gesamtenergetisch optimieren zu können.

In [Keirstead et al., 2009] wird ein integriertes Simulationsmodell zur Optimierung urbaner Energieversorgungssysteme vorgestellt. Das SYNCITY - System besteht aus vier Modellkomponenten. Das „Layout Model“ berücksichtigt die räumliche Verteilung der Verbraucher und die verfügbaren Transportnetze. Im „Agent Activity Model“ wird der Ressourcenbedarf der einzelnen Verbraucher über eine Multiagentensimulation simuliert. Dadurch können die

räumliche und zeitliche Verteilung von Ressourcenachfrage (Wärme, Strom, Treibstoff,...) und das Ressourcenangebot (Solar, Abfall,...) ermittelt werden. Im „Resource-Technology-Network Model (RTN)“ können verschiedene Umwandlungs-, Verteilungs- und Speichertechnologien simuliert werden. Das „Service Network Model“ generiert daraus die technischen Spezifikationen des Systems.

Der deutsche Energieversorger EnBW hat ein Konzept für eine nachhaltige Energieversorgung urbaner Räume erstellt. Durch die energetische Optimierung von Energieerzeugung, Transport, Verteilung und Verbrauch auf allen Ebenen, bis hin zur Gebäudetechnik soll die Vision der Energiestadt der Zukunft verwirklicht werden. Bei einem Beispielprojekt in China (SYNIA, Shangyu New Industrial Area) konnte durch integrierte Planung und eine optimierte Abstimmung aller Komponenten, bei gleichen Kosten eine Reduzierung des Energieverbrauchs um 15 bis 30% und eine Minderung der CO₂ Emissionen um 20-40% errechnet werden. [Manns, 2007]

3.2.3 Energetisch optimierte Siedlungsentwicklung

Gegenwärtige Strategien und Maßnahmen für die energetische Optimierung beziehen sich meist auf Einzelgebäude. Eine solche Betrachtungsweise vernachlässigt den Einfluss der Siedlungsstruktur auf Energieangebot und Nachfrage. Auf der Ebene von Einzelgebäuden ist daher keine integrierte Betrachtung der Optimierungspotentiale möglich [Rapp et al., 2009].

Durch die Geometrie der Bebauung, die großräumige Flächenversiegelung und durch Abwärmeemissionen anthropogener Prozesse wird der Wasser-, Strahlungs- und Wärmehaushalt des urbanen Systems beeinflusst und es kommt zur Ausbildung eines eigenen Stadtklimas. Das so geschaffene urbane Mikroklima hat nicht nur Auswirkungen auf den thermischen Komfort in Außenräumen sondern wirkt sich auch auf den Energiebedarf der Gebäude aus. Einflussfaktoren sind beispielsweise die gegenseitige Verschattung von Gebäuden, Reflexionen an spiegelnden Glasfassaden, eine verminderte Evapotranspiration, der veränderte langwellige Strahlungsaustausch in Gebäudeschluchten oder veränderte lokale Windverhältnisse. [Dhakal, 2002]

Eine energetisch optimierte Siedlungsentwicklung und Gebäudeplanung berücksichtigt diese Faktoren. Dabei kommt vor allem der optimalen Ausnutzung der vorhandenen Solarstrahlung eine wesentliche Bedeutung zu. Sonnenenergie kann in urbanen Systemen auf verschiedene Arten genutzt werden. Bei der aktiven Solarnutzung wird mittels Photovoltaik oder Solarthermie Strom bzw. Wärme erzeugt, bei der passiven Solarnutzung wird über eine entsprechende Solararchitektur der Energiebedarf des Gebäudes gesenkt. Zudem kann durch eine ausreichende natürliche Belichtung der Gebäude elektrische Beleuchtungsenergie gespart werden. Aber auch andere Formen der regenerativen Energieerzeugung sind direkt oder indirekt von der Sonne abhängig, etwa die Biomasseproduktion oder die oberflächennahe Geothermie. [Kaltschmitt et al., 2006]



Abbildung 3-8: Solar City Linz Pichling

Die Möglichkeiten zur Solarenergienutzung hängen von vielen Faktoren ab, beispielsweise Ausrichtung und Anordnung der Gebäude, Lage von Bäumen und anderen Verschattungsobjekten, Kompaktheit der Bauweise, Dachform und Ausrichtung oder dem Reflexionsverhalten der Oberflächen. [Bundesamt für Energie, 2006]

Eine energetisch optimierte Siedlungsentwicklung fordert das koordinierte Zusammenspiel von Bauplanung, Städtebau und Energieplanung [Everding, 2005]. Nach [Rapp et al., 2009] wird die zukünftige Siedlungsentwicklung stark durch die Anforderungen konsistenter, lokal versorgter Energiecluster geprägt.

Software-Tools zur Ermittlung und Bewertung der solaren Verhältnisse in Gebäudeverbänden existieren und werden in der Planung eingesetzt [Mardaljevic, 2005]. Methoden zur gesamtenergetischen Optimierung von Siedlungen unter Berücksichtigung des örtlichen Mikroklimas und der gesamten Energieversorgungskette befinden sich in der Entwicklung. [Robinson et al., 2007] [Keirstead et al., 2009]

3.2.4 Energieeffiziente Gebäude

Eine wesentliche Komponente des urbanen Energiebedarfs stellt der Energiebedarf von Gebäuden dar. Energieeffiziente Gebäude sind damit eine wesentliche Voraussetzung für nachhaltige Siedlungen und Städte.

In diesem Bereich wurden in den letzten Jahren große technologische Fortschritte erreicht. Niedrigstenergie und Passivhäuser sind mittlerweile weit verbreitet und haben sich in der Praxis bewährt. Beispielhaft seien hier die Ergebnisse der Programmlinie „Haus der Zukunft“ und „Haus der Zukunft Plus“ genannt, welche die beachtlichen Fortschritte der letzten Jahre im Um- und Neubausektor dokumentieren. Die Projektergebnisse können unter „www.hausderzukunft.at“ heruntergeladen werden.

Gegenwärtig werden diese Konzepte zu Null-Energie und Plus-Energie-Häusern erweitert. Mit zunehmender Ausrichtung auf Energiegewinne steigen auch die Anforderungen an das

Gebäude und die Gebäudetechnik, sich im Gesamtsystem integrieren zu können. Solar aktive Gebäude, die zu ihrer Energiebedarfsdeckung wesentlich von solaren Einträgen abhängen, haben höhere Anforderungen an ihre urbane Umgebung als passive, Verlust minimierende Gebäude. Überschüssige Energiegewinne müssen entweder vor Ort gespeichert oder in ein übergeordnetes Energiesystem eingespeist werden. Die Einspeisung in übergeordnete Systeme, wie das Elektrizitätsnetz, Wärmenetze oder dezentrale Speicher erfordert zusätzliche Steuerung und Koordination, sowohl auf Gebäudeebene als auch auf Systemebene. [Bendel & Nestle, 2006], [Fisch, 2008]



Abbildung 3-9: SOL4 Büro- und Seminarzentrum in Passivhausbauweise

Die Energieeffizienz-Anforderungen richten sich nicht nur an den Neubau sondern auch und vor allem an den Umbau. Altbauten verursachen aufgrund ihrer schlechten thermischen Standards und der Zusammensetzung des Gebäudeparks einen Großteil des gesamten Heizwärmebedarfs. Damit ist eine energetische Stadtsanierung unerlässlich für eine nachhaltige Stadtentwicklung. [Ebert, 2006]

3.2.5 Effiziente Energienutzung

Der Energiebedarf des Menschen leitet sich aus unmittelbaren Bedürfnissen ab, wie dem Bedürfnis nach Nahrung, Kommunikation oder einer temperierten Umgebung. Der aus dem Energieeinsatz erwachsende Nutzen wird als Energiedienstleistung bezeichnet. Das Prinzip der Service- und Nutzungsorientierung rückt dabei die Bereitstellung der Energiedienstleistung in den Mittelpunkt und nicht die Bereitstellung der Energieträger. Auf Basis des Effizienzprinzips ist man bestrebt den Energieeinsatz für die jeweilige Energiedienstleistung durch technologische und organisatorische Innovationen zu optimieren (Vergleiche auch 3.4.6).

Bei der Energienutzung werden erhebliche Potentiale zur Effizienzsteigerung gesehen, wobei insbesondere der Optimierung der Schnittstelle zwischen Mensch und Technik eine besondere Bedeutung zukommt. Als Beispiel für eine intelligente Energienutzung im urbanen Bereich kann das „Green Light“ Projekt der Stadt Graz genannt werden. Durch eine innovatives Beleuchtungskonzept und eine darauf aufbauende Erneuerung der Straßenbeleuchtung

konnte der Strombedarf um 26% gesenkt und gleichzeitig eine Verbesserung der Beleuchtungsqualität erzielt werden. [Papousek, 2009]

Neben einer Optimierung des Energieeinsatzes durch effiziente Nutzungstechnologien oder durch elektronische Regelung und Energiemanagement (siehe 3.2.6) kommt auch der Erschließung von verhaltensbedingten Einsparpotentialen eine wesentliche Bedeutung zu. Diesbezügliche Ansätze zielen unter anderem darauf ab, durch entsprechende Information der Nutzer (Visualisieren des Energieverbrauches, Smart Metering,...) das Bewusstsein zu steigern und so Impulse für einen bewussteren Umgang mit Energie zu setzen. Dabei kommt dem „erlebarmachen“ der kollektiven Auswirkungen des individuellen Handelns eine wichtige Bedeutung zu.

3.2.6 Green ICT

In der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT, IuK Technologie, engl. ICT) hat in den letzten Jahren eine rasante Entwicklung stattgefunden. Die flächendeckende Verfügbarkeit von Internet, drahtlosen Übertragungstechnologien, GPS und damit verbundene Anwendungen ermöglichen gänzlich neue Formen der Informationsverarbeitung und Kommunikation. Diese „allgegenwärtige Computer-Intelligenz“ stellt auch im Bereich der Energieerzeugung, -verteilung und -nutzung ein erhebliches Potential zur bedarfsgerechten Steuerung und Optimierung dar [Franz et al., 2006]. Derart eingesetzte Informations- und Kommunikationstechnologie wird als „Green ICT“ bezeichnet.

Ein wesentlicher Einsatzbereich für die Green ICT ist das Energiemanagement. Energiemanagement wird als vorausschauende, organisierte und systematisierte Erzeugung, Verteilung und Verwendung von Energie unter Berücksichtigung ökologischer und ökonomischer Zielsetzungen definiert [Franz et al., 2006]. Ein Energieeinsatz erfolgt, so die Vision, nur dann wenn erforderlich, dort wo erforderlich und in dem Ausmaß wie erforderlich.

Ein erhebliches Potential für die Green ICT wird auf der Ebene der elektrischen Energienetze gesehen, wo erst ein intelligentes Abstimmen von Energieerzeugung und Energieverbrauch einen effizienten, flächendeckenden Einsatz von dezentralen, erneuerbaren Energieerzeugern möglich machen soll [SMARTGRIDS AUSTRIA, 2009]. (siehe 3.2.7)

Auch auf kommunaler Ebene werden Energiemanagementsysteme entwickelt und eingesetzt. Die Systeme umfassen üblicherweise eine Kommunikationsinfrastruktur zur automatisierten Datenerfassung von Angebots- und Verbraucherseite, Datenbanken, Simulations- und Prognosetools sowie Tools zur multikriteriellen Optimierung. Im Rahmen des POLYCITY Projektes werden verschiedene kommunale Energiemanagementsysteme entwickelt und getestet. [CRF, 2006]

Dezentrale Anlagen zur Energieerzeugung befinden sich häufig in Privatbesitz und werden aufgrund mangelnder Fachkenntnisse der Betreiber oft unzureichend gewartet. Hier bietet die IKT Unterstützung bei automatisierter und aus der Ferne durchgeführter Überwachung, Steuerung und Wartung. [Franz et al., 2006]

Auf Gebäudeebene werden seit geraumer Zeit Anwendungen der IKT zur Steuerung, Überwachung und Automatisierung von Gebäudetechnik und Haushaltsgeräten diskutiert und auch umgesetzt (Smart Building, Smart Home, Electronic Facility Management...). Je nach Ansatz erfolgt dies zum Zwecke der Effizienzverbesserung, des Komfortgewinns oder aus Gründen der Sicherheit. Neben automatisierten Energiemanagementanwendungen im Gebäudebereich bieten auch eine Visualisierung des tatsächlichen Energieverbrauchs und daraus resultierende Verhaltensänderungen Potentiale zum Energiesparen (siehe auch 3.2.5). [Padinger et al., 2003]

Zudem können mithilfe der IKT passive Akteure zu aktiven Marktteilnehmern werden, was Wertschöpfungspotentiale für zahlreiche Dienstleistungen eröffnet. Als Beispiel kann die bidirektionale Netzeinspeisung dienen, bei der Haushalte automatisiert, je nach momentanem Bedarf und Strompreis elektrischen Strom kaufen und verkaufen. [Zinke, 2009]

3.2.7 Smart Grids

Der Strukturwandel und veränderte Rahmenbedingungen stellen das Elektrizitätsversorgungssystem vor eine Vielzahl technischer und wirtschaftlicher Herausforderungen. Durch den in Zukunft zu erwartenden steigenden Strombedarf und die mit der verstärkten Integration der erneuerbaren Energien verbundene Steigerung des Anteils an volatiler Stromerzeugung, steigen die Anforderungen an das Energienetz. Ein Hauptproblem stellt dabei der räumliche und zeitliche Ausgleich von Erzeugung und Verbrauch dar.

Der verstärkte Einsatz erneuerbarer Energien bei der Stromerzeugung stellt einen wesentlichen Bestandteil der zukünftigen Energieversorgung dar. Ein erheblicher Beitrag wird dabei durch Wind- und Solarenergie geleistet werden, welche in ihrem räumlichen und zeitlichen Auftreten nicht gesteuert und nur in begrenztem Rahmen vorhergesagt werden können. Während die Erzeugung und Speicherung bisher überwiegend über zentrale Anlagen größerer Leistung erfolgte, werden in Zukunft dezentrale Erzeugungsanlagen (BHKW, PV,...) und Stromspeicher eine immer größere Rolle spielen. Zudem wird der Strombedarf in Zukunft steigen und sich auch in seiner Struktur ändern (Elektromobilität,...). Dadurch müssen zukünftige Stromnetze neuen Aufgaben gerecht werden.

Neben Ansätzen die primär auf eine Erhöhung der Speicher und Übertragungskapazitäten abzielen („Transeuropäisches Supergrid“) stellen vor allem intelligente Stromnetze („Smart Grids“) eine erfolgversprechende Option dar.

In [SMARTGRIDS AUSTRIA, 2009] findet sich folgende Definition:

„Smart Grids sind Stromnetze, welche durch ein abgestimmtes Management mittels zeitnahe und bidirektionaler Kommunikation zwischen

- *Netzkomponenten,*
- *Erzeugern,*
- *Speichern und*
- *Verbrauchern*

einen energie- und kosteneffizienten Systembetrieb für zukünftige Anforderungen unterstützen.“

Dabei zielen Smart Grids vor allem auf eine möglichst effiziente Nutzung bestehender Infrastrukturen durch den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologie ab.

So sollen beispielsweise komplexe Prognosesysteme entwickelt werden, welche in Abhängigkeit vom erwarteten Verhalten der Konsumenten (Haushalte, Industrie, Gewerbe,...) und den Wetterverhältnissen den Stromverbrauch und die Stromproduktion prognostizieren [Zinke, 2009]. Intelligente Komponenten (Smart Meter, kommunikationsfähige Elektrogeräte, intelligente Ladestationen,...) liefern die notwendigen Informationen zum gegenwärtigen Zustand des Regelsystems und ermöglichen eine automatisierte Abstimmung von Erzeugung, Netzbelastung und Verbrauch. Durch Preissignale kann dann das Einschalten von Verbrauchsgeräten (Waschmaschine, Wärmepumpe,...), das Zuschalten von dezentralen Erzeugern (kleine BHKW,...) oder das Einspeisen von Strom aus Speichern (Batterie des Elektrofahrzeugs,...) geregelt werden. [Wittwer, 2009]

Durch die zunehmende bidirektionale Netzintegration verändert sich auch die traditionelle Rollenverteilung, der Konsument wird zunehmend auch zum Produzenten. Dieser sogenannte „Prosumer“ kauft und verkauft aktiv Strom am Markt, wodurch gänzlich neue Geschäftsmodelle möglich und auch erforderlich werden. Als wesentliche Voraussetzung für eine Akzeptanz solcher Modelle seitens der Kunden wird die Benutzerfreundlichkeit angesehen. Dadurch ist eine weitgehende Automatisierung und Unterstützung durch geeignete Assistenzsysteme notwendig.

Durch Steuerung alleine können Leitungsverluste allerdings nicht verhindert werden. Daher ist auch eine räumliche Abstimmung von Erzeugungs-, Netz und Verbrauchsstrukturen notwendig. [Strebl, 2009] sieht auch starke Wechselwirkungen und Synergiepotenziale mit anderen Sparten und Infrastrukturkomponenten, wie beispielsweise Gas, Fernwärme, Telekommunikation, Mobilität und Siedlungswesen.

Eine besonders enge Beziehung besteht naturgemäß zwischen Elektromobilität und Elektrizitätswirtschaft. Mit zunehmender Elektromobilität kommt ein massiver Verbraucher hinzu, der über beträchtliche Speicherkapazitäten verfügt und sich damit für den Einsatz in einem intelligenten Stromsystem anbietet. So könnte beispielsweise während Stehzeiten und bei entsprechend hohen Strompreisen eine Rückspeisung aus den Batterien in das Stromnetz durchgeführt werden. Untersuchungen des durchschnittlichen Fahrverhaltens zeigen, dass etwa 82% der Batteriekapazität von Elektrofahrzeugen der Elektrizitätswirtschaft rund um die Uhr zur Verfügung stehen könnten. Die tatsächlichen Auswirkungen der Elektromobilität auf die Elektrizitätswirtschaft hängen letztlich von einer Reihe von Faktoren ab, wie beispielsweise der regionalen Verteilung der Elektromobilität und der dezentralen Einspeisung, der Ladestrategie und den verwendeten Elektromobilitätstypen. [Leitinger, 2009]

Des Weiteren bestehen enge Verknüpfungen mit den Entwicklungen im Bereich der „Smart Homes“, welche eine Steigerung der Energieeffizienz und Wohnqualität durch intelligente Systeme auf Gebäudeebene anstreben. [Padinger et al., 2003]

3.3 Wasser und Abwasser

Wasser hat aufgrund seiner besonderen chemischen und physikalischen Eigenschaften eine herausragende Bedeutung für sämtliche Lebensprozesse und für viele technische Prozesse. Wasser wird unter anderem als Nahrungsmittel, Transportmittel, Reinigungsmittel, Energieträger, chemischer Rohstoff, Lösungsmittel, Emulsionsmittel und Betriebsstoff genutzt. Wasser ist in Bezug auf seine verfügbare Menge, Qualität und zeitliche Verfügbarkeit global ungleich verteilt. Etwa ein Sechstel der Weltbevölkerung hat keinen Zugang zu sauberem Wasser und mehr als ein Drittel der Weltbevölkerung hat keinen Zugang zu einer entsprechenden Abwasserentsorgung. [UNESCO, 2009]

3.3.1 Bestehende Systeme in der Wasserwirtschaft

Das in wasserreichen Industrieländern vorherrschende Wassernutzungssystem besteht auf der Versorgungsseite aus Wasserentnahmeeinrichtungen, Wasseraufbereitungsanlagen und Wasserverteilungsnetzen, und auf der Entsorgungsseite aus Schwemmkanalisation und zentraler Abwasserreinigungsanlage. Obwohl individuelle Nutzungen unterschiedliche Ansprüche an die Wasserqualität haben, wird im konventionellen Versorgungskonzept Wasser üblicher Weise als hochwertiges Trinkwasser bereitgestellt. Auf der Abwasserseite wird üblicherweise hochwertiges Trinkwassers als Transportmittel für Fäkalien und andere Stoffe verwendet. Bei einer Ausführung als Mischkanalisation nimmt das Kanalnetz zusätzlich zum Abwasser auch noch Regenwasser von Dächern und Verkehrsflächen auf. Bei Niederschlagsereignissen macht das Regenwasser ein Vielfaches des Abwassers aus, was zu großen Leitungsquerschnitten und damit zu höheren Kosten führt. Die vielfältigen, im Mischwasser enthaltenen Belastungen und Schadstoffe, werden in zentralen Kläranlagen durch „end-of-pipe“ Maßnahmen entfernt. [Hiessl, 2005] [Wilderer & Paris, 2001]

Das konventionelle Wasserinfrastrukturkonzept wird heute und in Zukunft durch vielfältige Probleme herausgefordert. Einige Herausforderungen werden nachstehend angeführt [Hiessl, 2005] [Wilderer & Paris, 2001]:

- Der Finanzbedarf für eine sachgerechte Wartung, Instandhaltung und Erneuerung übersteigt bereits heute die Finanzkraft vieler Kommunen. Durch den demographischen Wandel wird in Zukunft der Anteil an alten Menschen zunehmen und der Anteil der Erwerbstätigen abnehmen, was die Finanzsituation der Kommunen weiter verschlechtert.
- In einer alternden Bevölkerung wird der Verbrauch von Medikamenten (Antibiotika, Zytostatika,...) zunehmen, wodurch eine starke zusätzliche Belastung der Abwässer zu erwarten ist. Heutige Kläranlagen können diese Mikroverunreinigungen nicht hinreichend aus dem Abwasser entfernen, wodurch Investitionsbedarf in neue Abwasserbehandlungsverfahren besteht.
- Die hydraulische Dimensionierung bestehender Kanalnetze basiert auf historischen Niederschlagsverhältnissen. Durch den Klimawandel ist mit regional deutlich veränderten Niederschlagsverhältnissen zu rechnen. Starke Niederschlagsereignisse wer-

den vielerorts häufiger und intensiver auftreten, wodurch die Kapazitäten bestehender Kanalisationen nicht mehr ausreichen werden.

- wenig innovationsfreundliche Rahmenbedingungen: Durch Gebietsmonopole und fehlenden Wettbewerb herrschen in der kommunalen Wasserwirtschaft wenig innovationsfreundliche Rahmenbedingungen vor. Die Liberalisierung der Wasserversorgung und der Abwasserentsorgung wird kontrovers diskutiert.

[Wilderer & Paris, 2001] benennen folgende Nachteile der bestehenden Abwassersysteme:

- Vermischung aller Abwässer: unterschiedlich stark verschmutzte Stoffströme werden gemeinsam abgeleitet, was in einer komplexen Abwassermischung mit einer Vielzahl, zum Teil undefinierter Stoffe resultiert.
- Hoher Wasserverbrauch: große Mengen hochwertigen Trinkwassers werden als Transportmittel für Abfälle eingesetzt.
- Belastung der Oberflächengewässer: Chemikalien, Arzneimittelrückstände, endokrin wirkende Substanzen und Pestizide gelangen, wenn auch in geringen Mengen, in die Oberflächengewässer
- Direkte Wiederverwertung des Wassers ist nicht möglich
- Beschränkte Möglichkeit zur Rückführung der im Wasser enthaltenen Nährstoffe
- Risiken bei Klärschlammnutzung: Belastung der Klärschlämme durch Schwermetalle und organische Schadstoffe.
- Hohe Kosten für Transport und Behandlung: hohe Investitions-, Betriebs- und Unterhaltungskosten.
- Unflexibilität des Systems

3.3.2 Neue Konzepte in der Wasserwirtschaft

Das Grundkonzept der Abwasserwirtschaft ist bereits tausende Jahre alt. Schon im Altertum wurden Urin und Fäkalien mithilfe von Frischwasser in unterirdischen Kanälen aus der Stadt gespült. Nun stellt sich die Frage, inwiefern dieses Konzept den modernen Anforderungen der Ressourceneffizienz genügt. Neue Konzepte für die Siedlungswasserwirtschaft basieren auf einer Trennung der Stoffströme sowie einer Wiederverwendung der Abwasserinhaltsstoffe und des gereinigten Abwassers. Diese Konzepte werden vielfach als DESAR (Decentralised Sanitation and Reuse) oder EcoSan (Ecological Sanitation) bezeichnet.

Teilstrombehandlung:

Zentrales Element alternativer Sanitärkonzepte ist die Trennung verschiedener Abwasserteilströme und eine der Verunreinigung entsprechende Teilstrombehandlung. Im Haushalt unterscheidet man üblicherweise folgende Abwasserströme, welche sich in ihrer Zusammensetzung stark unterscheiden:

- Schwarzwasser: Sanitärabwasser aus dem WC Bereich; besteht aus Spülwasser, Fäkalien und Urin; nährstoffreich und schadstoffarm, enthält Fäkalkeime.
- Gelbwasser: Urin aus Separationstoiletten oder Urinalen, mit oder ohne Spülwasser

- Braunwasser: Fäkalien und Spülwasser
- Grauwasser: Häusliches Abwasser aus Waschbecken, Dusche, Waschmaschinen und Spülmaschinen. Nährstoffarm und schadstoffbelastet (Spülmittel,...), fallweise auch Fäkalkeime (Babywäsche,...)
- Regenwasser: üblicherweise gering verschmutzt (Vogelkot, Korrosionsprodukte,...)

Auf Gebäudeebene existieren bereits zahlreiche Konzepte zur Teilstrombehandlung und Kreislaufführung. Separationstoiletten und Urinale ermöglichen die getrennte Erfassung von Braun- und Gelbwasser. Wassersparende Toiletten, Vakuumtoiletten oder Wasserlose Urinale verringern den Wasserbedarf und erhöhen die Konzentration der Abwasserströme, was vielfach die weitere Behandlung erleichtert. [Ripl et al., 2002]

Wiederverwendung, Kreislaufführung:

Regenwasser und Abwasser werden bei nachhaltigen Ansätzen nicht als Belastungen sondern als ökonomisch nutzbare Ressourcen gesehen. Hauptziel nachhaltiger Wasserkonzepte ist es vor allem die Nährstoffkreisläufe (Stickstoff, Phosphor,...) und den Wasserkreislauf regional zu schließen. Teilstrombehandlung und dezentrale Wasseraufbereitungstechnologien schaffen die Voraussetzung für eine Mehrfachnutzung des Wassers in Nutzungskaskaden und Kreisläufen.

Zur Behandlung und Aufbereitung der Teilströme können je nach Zusammensetzung und angestrebter Nutzung unterschiedliche Verfahren und Verfahrenskombinationen eingesetzt werden. [Wilderer & Paris, 2001]

Schwarz- und Braunwasser:

- Aerobe Kompostierung: Hygienisierung durch lange Lagerung oder Erhitzung
- Aerob-thermophile Behandlung zusammen mit Küchenabfällen
- Trocknung und energetische Verwendung
- Anaerobe Behandlung: Als Reststoffe entstehen Biogas (Energieträger) und Gär-schlamm (evtl. landwirtschaftliche Nutzung)

Gelbwasser:

- Speicherung und direkte Verwendung als Dünger
- Kompostierung mit Zuschlagstoffen
- Behandlung gemeinsam mit Faulwasser
- Phosphatrückgewinnung durch Ausfällen
- Trocknung und Nitrifikation
- Gefrier und Auftaukonzentration
- Teilnitrifikation und Umkehrosmose

Grauwasser:

- Aerobe Behandlung: z.B Sandfilter, Bodenfilter mit Bepflanzung, Scheibentauchkörper oder Biofilter; Gereinigtes Grauwasser kann im Haushalt als Brauchwasser verwendet werden

Weitere Technologien zur Abwasserbehandlung und Wasseraufbereitung sind [Hiessl, 2005]:

- Membranfiltration
- Elektrokoagulation
- Intensivierte Oxidationsverfahren (Advanced Oxidation Processes)

Effiziente Trinkwassernutzung, Substitution:

Durch Einsatz von wassersparenden Geräten (Waschmaschinen, Vakuumtoiletten,...) und Armaturen besteht auf Gebäudeebene ein erhebliches Einsparpotential (siehe auch 3.4.6). Eine weitere Möglichkeit ist die Substitution von Trinkwasser durch Regenwasser und aufbereitetes Grauwasser zur Toilettenspülung oder Gartenbewässerung.

Maßnahmen zur Senkung des Trinkwasserverbrauchs sind immer in Zusammenhang mit dem Entsorgungssystem zu beurteilen. So wird etwa durch einen stark abgesenkten Wasserverbrauch der Haushalte die Funktionstüchtigkeit der Schwemmkanalisation beeinträchtigt, was eine steigende Anzahl von funktionserhaltenden Spülungen durch die Abwasserentsorger mit sich bringt. [Schaller et al., 2007]

3.3.3 Zentrale oder dezentrale Systeme?

Nach dem derzeit geltenden Paradigma der Wasserwirtschaft werden ökonomische Skaleneffekte durch wenige Anlagen mit großen Kapazitäten realisiert, wodurch große Anschlussgebiete mit ausgedehnten Leitungsnetzen notwendig sind. Durch die großen Netze ist der Anteil der Fixkosten im Vergleich zu den variablen, vom Wasserverbrauch abhängigen Kosten relativ hoch. In den Industrieländern betragen die Fixkosten bei konventionellen Systemen etwa 80% des Gesamtaufkommens [Hiessl, 2005]. Durch diese Kostenstruktur sind die Anreize für den Verbraucher zur effizienten Wassernutzung gering.

Durch neue Technologien werden dezentrale Ver- und Entsorgungssysteme ermöglicht, welche sich strukturell an den räumlichen Nutzungsmustern orientieren. Bei dezentralen Systemen werden ökonomische Skaleneffekte durch eine große Anzahl industriell hergestellter kleiner Anlagen erreicht. Bei dezentralen Konzepten genügen kleinere, weniger aufwändige Netze, im Extremfall kann sogar auf Netze verzichtet werden.

Grundsätzlich sind vielfältige Kombinationen von zentralen und dezentralen Elementen denkbar, wie etwa die Einlagerung semizentraler Versorgungsstrukturen in zentrale Netze oder an zentrale Strukturen angelagerte Inselösungen. [Kluge & Scheele, 2008] erwarten, dass bestehende Infrastruktursysteme an den räumlichen Extremitäten (Peripherie, verdichtete Räume) oder in Form von inselartigen Einlagerungen umgebaut werden.

3.3.4 Systemlösungen

In [Wilderer & Paris, 2001] werden beispielhaft vier alternative Szenarien zur kommunalen Abwasserentsorgung beschrieben:

- Trennung der Stoffströme und Behandlung des Grauwassers in einer zentralen Kläranlage: Schwarzwasser, Grauwasser und Regenwasser werden getrennt erfasst. Schwarzwasser wird dezentral in einer Biogasanlage behandelt, Regenwasser wird vor Ort versickert und Grauwasser wird über die bestehende Kanalisation abgeleitet und in einer zentralen Kläranlage behandelt.
- Zeitlich separate Ableitung von Urin mit konventioneller Kläranlage: Grauwasser, Braunwasser und Regenwasser werden über die bestehende Kanalisation abgeleitet. Diese Abwässer können einfach aerob gereinigt werden. Gelbwasser wird in Haus speichern zwischengespeichert und wird zeitlich gesteuert in die Kanalisation abgegeben. Dadurch kann die Stickstoffbelastung der Kläranlage ausgeglichen und die Anlagenkapazität erhöht werden. Bei zeitlich abgestimmter Öffnung der Urintanks kann die Vermischung mit Abwasser vermindert werden, so dass der Urin in konzentrierter Form vor der Kläranlage abgetrennt werden kann. Nach eventueller Vorbehandlung kann dieser zur Düngemittelproduktion verwendet werden. Eine Einsammlung mittels Tankwagen wäre ebenfalls möglich.
- Getrennte Erfassung von häuslichen Stoffströmen, Schwarz- und Grauwasser und deren dezentrale Behandlung: Schwarzwasser wird zusammen mit zerkleinerten organischen Abfällen einem Biogasreaktor zugeführt. Die Verteilung erfolgt mit einem wassersparenden Vakuumsystem. Grauwasser wird dezentral gereinigt und einem Vorfluter zugeführt, Regenwasser wird vor Ort versickert.
- Getrennte Ableitung und Behandlung von Braun- und Gelbwasser und dezentrale Behandlung: Gelbwasser wird getrennt gesammelt, gespeichert und unbehandelt auf Anbauflächen verwendet. Braunwasser wird mit möglichst wenig Wasser abgespült und vorkompostiert. Nach einjähriger Vorkompostierung wird das Rottegut auf dem Kompostplatz gemeinsam mit Bioabfällen kompostiert. Grauwasser wird mittels Pflanzenkläranlage gereinigt und als Brauchwasser verwendet. Regenwasser wird vor Ort versickert.
- Eine weitere Variante stellt die dezentrale Behandlung von häuslichen Abwässern und Biomüll mittels industriell gefertigter Kompaktanlagen dar [Wilderer & Paris, 2001]. Schwarzwasser, Abwasser aus Küchenspülbecken und zerkleinerte Küchenabfälle werden gesammelt und nach fester und flüssiger Phase getrennt. Die festen Bestandteile werden in einem anaeroben Bioreaktor in Biogas und Kompost umgewandelt. Die flüssigen Bestandteile werden mit dem restlichen Grauwasser zusammengeführt und nach Reinigung in einer Biofilmanlage und UV-Behandlung als Brauchwasser wiederverwendet. Derartige High-Tech Systeme sind als Einzellösung oder Ortsteillösung denkbar.

- Als Beispiel für eine umfassende Systemlösung zur urbanen Wasser- und Abwasserthematik wird im Abschnitt 3.9.16 das Wassermanagementkonzept der Stadt Singapur vorgestellt.

Maßnahmen zur effizienten Wassernutzung sind immer im Kontext regionaler Verhältnisse (Klima, Siedlungsdichte, Flächennutzung,...) zu beurteilen. Urbane Gebiete hoher Dichte haben andere Anforderungen als ein zersiedeltes Vorstadtgebiet oder ein ländliches Gebiet.

[Ripl et al., 2002]

Laut [Schaller et al., 2007] zeichnet sich eine nachhaltige Wasserwirtschaft durch: „[...] eine teilräumlich differenzierte Berücksichtigung der Verfügbarkeit, der unterschiedlichen Nutzerinteressen und ganzheitlichen Betrachtung des damit verbundenen Verbrauchs anderer Ressourcen wie Energie, aber auch der finanziellen Mittel, aus“.

3.3.5 Innovationspotentiale für Wassertechnologien

Die Grundprinzipien des derzeit vorherrschenden Wassernutzungssystems sind bereits Jahrtausende alt. Moderne Technologien können auf vielfältige Weise dazu beitragen, das Wasser- und Abwassersystem nachhaltiger zu gestalten. Innovative Konzepte in der Siedlungswasserwirtschaft werden durch eine Reihe von Transport-, Umwandlungs-, Werkstoff- und Separationstechnologien ermöglicht. Zusätzlich spielen bei der vielfach angestrebten Kopplung dezentraler Anlagen Steuerungs- und Regelungstechnologien sowie IuK-Technologien eine zunehmend wichtigere Rolle.

Ein Problem bei dezentralen Anlagen stellt etwa die aufgrund fehlender Fachkenntnis der Betreiber oft mangelhafte Kontrolle und Wartung dar. Zur Gewährleistung eines ordentlichen Betriebs besteht hier Bedarf an qualifizierter Überwachung und Dienstleistung. Es könnten hier beispielsweise Betriebskontrollen mittels Fernwirktechnik von externen Anlagenwarten durchgeführt werden. Hier wird noch erheblicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf für die Bereiche der Sensorik sowie der Überwachung und Steuerung dezentraler Systeme gesehen [Wilderer & Paris, 2001].

[Hiessl, 2005] benennt sechs generische Innovationsrichtungen für Wassertechnologien.

Innovationen im Zusammenhang mit...

- einem Aufbereitungsprozess
- der Verbesserung des Energieeintrags in bzw. der Energieentnahme aus dem Wasser (z.B. Wärmeübertragung)
- der Prozessführung und Überwachung
- dem Transport von Wasser
- der Erhöhung der Effizienz der Wassernutzung, der Bereitstellung nutzungsspezifischer Wasserqualitäten und der Substitution von Wasser
- Systemlösungen

3.3.6 Regenwassermanagement

Vor dem Hintergrund einer zunehmenden Flächenversiegelung und durch den Klimawandel zu erwartenden regionalen Veränderung der Niederschlagsverhältnisse wird ein nachhaltiger Umgang mit Regenwasser immer wichtiger. Regenwassermanagement umfasst die organisierte Versickerung, Rückhaltung, Ableitung, Speicherung und Nutzung von Regenwasser.

Eine örtliche Versickerung des Regenwassers dient der Versorgung des Bodens mit Wasser sowie der Dotierung des Grundwassers und ist damit eine ökologische Notwendigkeit.

Zudem führt ein nachhaltiges Regenwassermanagement zu einer Verringerung der Abwasserspitzen, einer Verminderung des Hochwasserrisikos und einer Verbesserung des Stadtklimas.

[Gantner, 2002] erachtet neben einer Minimierung der versiegelten Flächen vor allem die Erweiterung der entwässerungstechnischen Versickerung von Niederschlagsabflüssen als notwendig. Technische Möglichkeiten für Versickerungsanlagen sind:

- Flächenversickerung (Rasenflächen, Randstreifen,..)
- Muldenversickerung (flache, begrünte Bodenvertiefungen)
- Beckenversickerung (größere Einstautiefe, technische Ausführung)
- Rigolen- und Rohr-Rigolenversickerung (mit durchlässigem Material gefüllte Gräben)
- Mulden-Rigolen-Element, Mulden-Rigolen-System
- Schachtversickerung (Schacht aus Betonringen)

Eine interessante Innovation im Zusammenhang mit zunehmender Bodenversiegelung stellt die Entwicklung poröser, wasserdurchlässiger Straßenbeläge dar [Calkins, 2009]. Zu beachten ist, dass die Versickerung von Regenwasser, im Hinblick auf Schwermetalle und andere Schadstoffe, auch nachteilige Auswirkungen auf Boden und Grundwasser haben kann. [Obernosterer et al., 2003b]

Eine weitere wesentliche Komponente des Regenwassermanagements ist die Retention. Das zurückhalten der Niederschlagswasser am Anfallort führt durch die Abflusszeitverzögerung zu einer Verringerung der Abwasserspitzen. Maßnahmen dazu umfassen:

- Dachbegrünung
- Regenwassernutzungsanlagen
- Regenspeicher in Gärten und Grünanlagen
- Regenwassergespeiste Teiche

Bei entsprechender Planung können solche technischen Maßnahmen als wesentliche Elemente für eine attraktive Grünflächen und Freiflächengestaltung dienen (siehe auch 3.1.2.2). [Gantner, 2002]

3.3.7 Übergang zu nachhaltigen Systemen

[Kluge & Scheele, 2008] sieht neben den technologischen Fragen vor allem in der großflächigen Umsetzung innovativer Maßnahmen vielfältige Herausforderungen, und formuliert dazu folgende Leitfragen:

- Wie lassen sich die „neuen“ Systeme flächendeckend realisieren?
- Welche Akteure spielen in diesem Transformationsprozess eine Rolle?
- Welche Regelungssysteme müssen verändert werden, um den technischen Determinismus zugunsten konventioneller Lösungen aufzubrechen?
- Wie können öffentlich-rechtliche Unternehmen ihrer Pionier-Rolle in der Entwicklung und Durchsetzung der neuen Systemalternativen gerecht werden bzw. wie können sie diese Rolle zurückgewinnen?
- Wie sind die Rückwirkungen auf die bestehenden Strukturen und zentralen Systeme zu bewerten, und sind möglicherweise auch neue Finanzierungs- und Fördermechanismen notwendig?

Auch [Hiessl, 2005] sieht den Systemwechsel als Kernproblem und fordert Strategien für ein Transitions-Management.

3.4 Produkte und Abfälle

Menschliche Aktivität verändert die Umwelt durch Konsumation und Degeneration natürlicher Ressourcen. Durch die hohe Konzentration von Personen und Aktivitäten in Städten sind diese auch Zentren der Ressourcenkonsumation. Städte nehmen etwa 2% der Erdoberfläche ein und beanspruchen 75% der Ressourcen [The World Bank, 2009b]. Der urbane Stoffwechsel wird, aufgrund weitgehender Überschreitungen der Tragekapazitäten von Quellen (Rohstoffvorkommen, Biomasseproduktion,...) und Senken (Assimilation von Emissionen und Abfällen,...), in ökologischer Hinsicht übereinstimmend als nicht nachhaltig angesehen. Bezogen auf den aktuellen Konsum in den entwickelten Ländern müsste der Ressourcenverbrauch um ein Vielfaches reduziert werden (Faktor 3 bis 5 [Baccini, 2008], Faktor 10 [Schmidt-Bleek, 2007]). Dazu sind Innovationen entlang des gesamten Lebenszyklus erforderlich, beginnend vom Entwurf von umweltgerechten und recyclingfähigen Produkten, über neue Nutzungskonzepte bis hin zur Entwicklung von Konzepten und Technologien zur effizienten Extraktion von Sekundärrohstoffen. [von Gleich, 2005]

3.4.1 Stadt und Produkt

Städte bestehen zu einem erheblichen Teil aus „Produkten“. Gebäude, Infrastrukturbauten, Fahrzeuge, Möbel, Elektronikartikel, Nahrungsmittel, sie alle werden zum Teil in Städten produziert, transportiert, konsumiert, genutzt und entsorgt. Produkte verbringen einen Teil ihres Lebenszyklus in der Stadt und üben in dieser Zeit eine gewisse Umweltwirkung auf die Stadt aus. Die Stadt muss also mit den Produkten aus denen sie besteht, und den durch diese induzierten Wirkungen geeignet umgehen können.

Historisch gesehen führten die mit der Güterproduktion in Industriestädten verbundenen Emissionen in Luft, Wasser und Boden zu einer zunehmenden regionalen Umweltbelastung. Als Antwort auf Umweltprobleme wie Smog, Saurer Regen, tote Gewässer oder Waldsterben wurden zuerst sogenannte End-of-Pipe-Technologien entwickelt. Diese Technologien verringern die Umweltbelastung durch nachgeschaltete Maßnahmen, wie zum Beispiel Entschwefelungsanlagen, Rauchgasfilter oder Fettabscheider. End-of-Pipe-Lösungen spielen in der Umwelttechnik eine wichtige Rolle und werden heute zunehmend durch Maßnahmen des integrierten Umweltschutzes („Cleaner Production“, „Angepasste Technologien“) ergänzt. Dabei wird durch organisatorische und technische Verbesserungen versucht, Rohstoffe und Energieströme möglichst optimal zu nutzen und Abfälle, Abwasser und Abgase weitestgehend zu vermeiden.

Neben einer Ökologisierung der Produktion wurde zunehmend auch mehr Wert auf eine umweltgerechte Produktgestaltung gelegt (siehe 3.4.6 und 3.4.7). Dabei wird versucht die Umweltauswirkungen über den Lebensweg der Produkte zu minimieren. Durch die hohe Dichte in der Stadt und die daraus resultierende Anhäufung von Produkten auf engen Raum, kann es jedoch zu erhöhten Umweltbelastungen kommen, selbst wenn die einzelnen Produkte für sich genommen als ökologisch unproblematisch gelten. Anders als bei den punktförmig anfallenden Emissionen der industriellen Produktion, sind die Emissionen der „Produkte“ eher flächig im Siedlungsgebiet verteilt. Man spricht von diffusen Emissionen. Derartige Wirkungen werden in lebenszyklusorientierten Betrachtungen (z.B. Ökobilanz) oft nicht ausreichend berücksichtigt und erfordern eine Analyse, welche sich an regionalen Gegebenheiten orientiert (verträgliche Einsatzgebiete, verträgliche Grenzfracht,...). Eine diesbezügliche Möglichkeit stellt das regionale Ressourcen Management dar (siehe 3.8.1.4).

Wie wichtig eine entsprechende Berücksichtigung des regionalen, urbanen Kontexts ist, kann am Beispiel diffuser Metallemissionen illustriert werden. Metalle sind ein Grundbaustoff der modernen Stadt und werden in vielfältiger Weise eingesetzt. Im Laufe der Zeit werden durch verschiedene Prozesse (Abschwemmung, Korrosion,...) Schwermetalle emittiert, wobei diffuse Emissionen aus Bauwerken die wichtigste Emissionsquelle einzelner Metalle (Zink, Kupfer) in Städten darstellen. Anwendungsgebiete mit relevanten diffusen Emissionen sind zum Beispiel Metalldächer, Fassadenverkleidungen, Trinkwasserrohre oder erdverlegte Energie- und Telekommunikationskabel. Die jährlichen Metallverluste sind gering, aber durch die lange Aufenthaltszeit der Metalle in den Siedlungen kann es dennoch zu nennenswerten Umweltbelastungen kommen. In [Obernosterer et al., 2003a] wurden, mittels der Methode der regionalen Stoffflussanalyse, diffuse Emissionen in einer typischen Wiener Wohnsiedlung erfasst. Es konnte unter anderem gezeigt werden, dass bei bestimmten Szenarien Grenzwerte der allgemeinen Abwasseremissionsverordnung überschritten werden können, wenn mehr als 15% der Dachfläche mit unbeschichtetem Kupferblech oder mehr als 20% der Dachfläche mit unbeschichtetem Zinkblech gedeckt sind. Produkte welche für sich genommen als unproblematisch gelten, können in einem bestimmten lokalen Kontext (hoher Anteil an Metalldächern, bestimmte Art der Regenwasserbewirtschaftung, etc.) dennoch zu nennenswerten Umwelteinflüssen führen.

Städte sind die Hot-Spots der globalen Energie- und Ressourcenkonsumation. Um ihre innere Ordnung aufrechterhalten zu können müssen Städte energetische und stoffliche Ressourcen aus dem regionalen und globalen Hinterland importieren. Diese Flüsse aus Baustoffen, Nahrungsmittel, Konsumgüter, Wasser, Energieträger, Abfällen, etc. verursachen direkt oder indirekt verschiedenste Umwelteffekte bei ihrer Herstellung, Nutzung und Entsorgung. Städte haben eine Verantwortung für die weitreichenden Folgen ihres Konsums.

In weiterer Folge stellt sich natürlich auch die Frage, wie mit den Produkten nach Ablauf der Nutzung umzugehen ist. Die Entsorgung von Abfällen und Abwässern wird traditionellerweise als kommunale Aufgabe angesehen. Gängige Methoden und neue Ansätze der Abwasserentsorgung werden in Abschnitt 3.3 beschrieben.

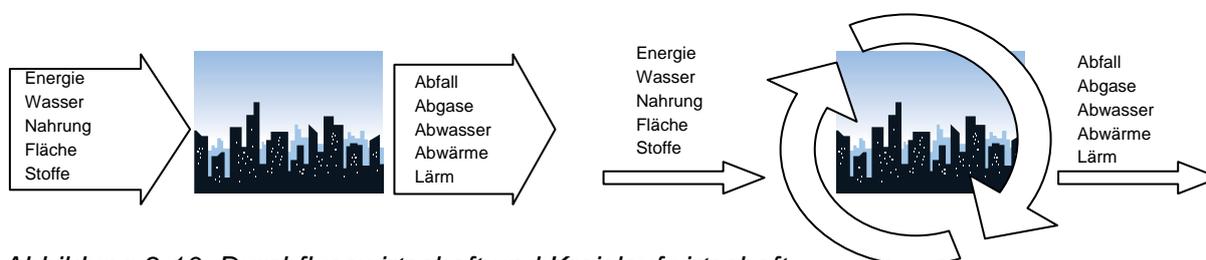


Abbildung 3-10: Durchflusswirtschaft und Kreislaufwirtschaft

Die ursprüngliche Art des Stoffwechsels der modernen Stadt beruht auf dem Prinzip der Durchflusswirtschaft. Zur Herstellung von Produkten werden Ressourcen und Energie aus der Ökosphäre entnommen. Die Rückstände der Produktions- und Nutzungsphase werden im Anschluss durch ein Entsorgungssystem beseitigt. Im Gegensatz dazu wird im Ansatz der Kreislaufwirtschaft versucht, die Rückstände der Produktion und Nutzung weitestgehend wieder als Input für Produktionsprozesse zu verwenden um so einerseits Rohstoffe zu substituieren und andererseits die zu entsorgenden Abfallströme zu vermindern.

Die Prioritätensetzung der Kreislaufwirtschaft liegt bei:

1. Abfallvermeidung
2. Abfallverwertung
3. Schadloser Beseitigung

Abfallvermeidung kann auf mehrere Arten erfolgen [Reisinger & Krammer, 2006b]:

- Strikte Abfallverhinderung
- Abfallverringern an der Quelle
- Produkt-Wiederverwendung
- Produkt Weiterverwendung

Abfallvermeidung umfasst also unterschiedlichste Maßnahmen von der Änderung des Produktentwicklungs- und Produktionsprozesses (siehe 3.4.6) bis hin zur Veränderung von Konsumationsmuster (siehe 3.4.7). Die Abfallverwertung umfasst die stoffliche und energetische Nutzung von Abfallinhaltsstoffen und wird in 3.4.9 beschrieben.

Letztlich ist aber auch zu hinterfragen, ob die Kreislaufwirtschaft die ideale Form des Managements von Stoffströmen darstellt. Da im Allgemeinen jede Form der Abfallverwertung mit einem bestimmten ökologischen Aufwand verbunden ist, kann diese nicht pauschal als der ökologischste Weg angesehen werden. Ob im konkreten Fall eine eher durchfluss- oder kreislauforientierte Art der Bewirtschaftung sinnvoll ist, bedarf also einer entsprechend umfassenden Analyse (siehe 3.8.1.4). [Friege, 2005]

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Städte sich der Frage widmen müssen, wie mit sie mit „Produkten“ im Stadtraum umgehen sollen. Die folgenden Abschnitte des Kapitels 3.4 konkretisieren einige der oben genannten Ansätze und Gedanken.

3.4.2 Nachhaltigkeitsansätze

In der gegenwärtigen Nachhaltigkeitsdiskussion werden unterschiedliche Ansätze und Strategien diskutiert. Einige grundlegende Konzepte werden im folgenden Abschnitt vorgestellt.

Der Ansatz der Öko-Effizienz, das gleichzeitige Streben nach ökologischer und ökonomischer Effizienz, zielt auf eine Entkopplung von Wertschöpfung und negativen ökologischen Auswirkungen ab. Öko-Effizienz erfordert [Fussler, 2005]:

- Produkte und Dienstleistungen zu wettbewerbsfähigen Preisen
- Bedürfnisse der Menschen befriedigen und Lebensqualität erhöhen
- Ökologische Auswirkungen und Ressourcenintensität verringern
- Betrachtung über den gesamten Produktlebenszyklus
- Orientierung an Belastungsgrenzen der Erde

Auf ähnlichen Grundgedanken basiert auch der Ansatz der Ressourcenproduktivität oder Ressourceneffizienz. Eine gesteigerte Ressourcenproduktivität bezeichnet die Erwirtschaftung von mehr Wohlstand mit einem sinkenden Einsatz von Energieträgern und Material. Technik und Organisation soll helfen die Bedürfnisse mit geringerem Naturverbrauch zu befriedigen. Im Unterschied zur Öko-Effizienz liegt der Schwerpunkt hier explizit bei den Energie- und Materialflüssen und nicht bei den ökologischen Auswirkungen im Allgemeinen [Irrek & Kora, 2008]. Die Faktor-4 bzw. Faktor-10 Strategie beschreiben, wie die Ressourcenproduktivität über technische Innovationen und eine Veränderung von Produktions- und Konsummustern auf das 4 bzw. 10 fache gesteigert werden kann („Doppelter Wohlstand – halbiertes Naturverbrauch“, „Weniger Naturverbrauch – mehr Wohlstand durch Faktor 10“) [von Weizsäcker et al., 1995], [Schmidt-Bleek, 1998]. Bei der Umsetzung von Faktor X Ansätzen in die Praxis wird jedoch eine Differenzierung der einzelnen vom Menschen verursachten Materialflüsse (Güter- und Stoffflüsse) notwendig sein. Beispielsweise wird sich für Güter wie Trinkwasser oder Biomasse bzw. für Stoffe wie CO₂ oder Dioxine ein jeweils anderer Faktor ergeben [Brunner & Obernosterer, 1999]. Das unterschiedliche Wachstum des Güter- und Stoffumsatzes im Laufe der Zeit liefert ein weiteres Beispiel für eine notwendige Differenzierung der einzelnen Materialflüsse. Während der Güterumsatz des modernen Menschen etwa 10 mal größer ist als derjenige eines Jäger und Sammlers [Daxbeck & Brunner, 1992], ist beispielsweise der pro Kopf Bleiverbrauch in den letzten 6.000 Jahren um den Faktor 10.000

gestiegen [Settle & Pattersen, 1980]. Zu bemerken ist, dass die Zunahme des Bleiverbrauchs mehr von der Entwicklung der Technik als vom Bevölkerungswachstum abhängig war (siehe Abbildung 3-11). In die Abbildung eingetragen ist der Einfluss einer Reduktion des Bleieinsatzes um den Faktor 4. Es lässt sich vermuten, dass eine derartige Reduktion nicht ausreichen würde um ein umweltverträgliches Bleimanagement zu garantieren. Zudem stellt sich die Frage, um wie viel der Bleieinsatz reduziert werden müsste, um mit der heute bestehenden Technik und dem heute vorhandenen Bewusstsein ein umweltverträgliches Bleimanagement zu bewerkstelligen.

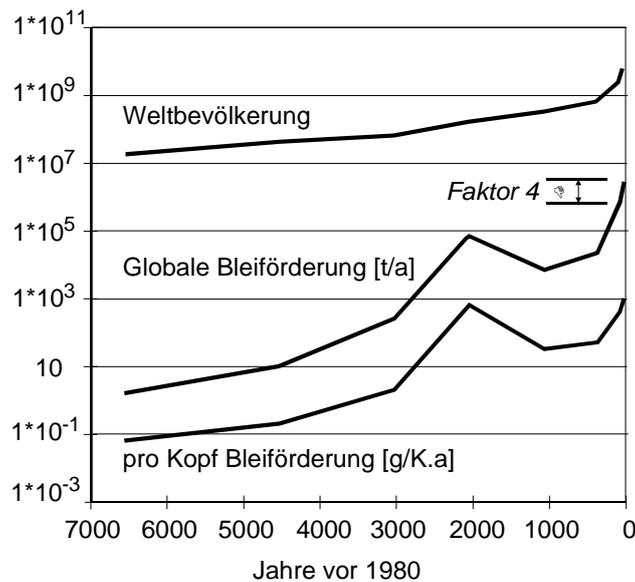


Abbildung 3-11: Zunahme der globalen Bleiproduktion in den letzten 7000 Jahren [Settle & Pattersen, 1980]

Ein weiteres Problem welches im Zusammenhang mit Dematerialisierungs- und Effizienzstrategien auftreten kann ist der sogenannte Rebound-Effekt: effizienzbedingte Einsparpotentiale werden aufgrund von Mehrverbrauch kompensiert. Beispiele sind effizientere Energiedienstleistungen, welche billiger angeboten werden können und dementsprechend mehr nachgefragt werden, oder schnellere Verkehrsmittel, welche Strecken in kürzerer Zeit bewältigen können, aber letztlich dazu führen, dass die zurückgelegten Wegstrecken zunehmen. [Schettkat, 2009]. Ein weiteres Beispiel ist die Dematerialisierung von Mobiltelefonen. Die Ressourcen- und Energieeffizienz der Telefone konnte in den letzten Jahren um den Faktor 10 gesteigert werden, durch die erhöhten Produktions- und Absatzzahlen resultiert aber insgesamt ein höherer Ressourceneinsatz. [Tobias et al., 2008] [Behrendt, 2008]

Konsistenzstrategien zielen hingegen nicht primär auf eine Reduktion der Stoffströme ab, sie streben vielmehr eine andere Art der Materialnutzung an, welche sich besser in den Naturstoffwechsel einfügen kann und daher auch in größeren Mengen nachhaltig betrieben werden kann. Laut [Huber, 1999] geht es „...nicht um ein Mehr oder Weniger vom Gleichen, sondern um grundlegendere Formen des Strukturwandels im Rahmen einer ökologischen

Modernisierung“. Als Beispiel kann die kaskadische Energie- und Stoffnutzung im Verbund genannt werden, wie sie in Industrial-Symbiosis-Ansätzen (siehe 3.4.5) umgesetzt wird. Ein weiteres Beispiel ist das auf dem Prinzip der Öko-Effektivität beruhende Cradle to Cradle Designkonzept, wonach alle Produkte so zu gestalten sind, dass sie entweder möglichst einfach als Ausgangsstoffe für neue Produkte verwendet werden können („technische Nährstoffe“) oder als biologische Nährstoffe in biologische Kreisläufe zurückgeführt werden können [McDonough & Braungart, 2002].

In Ergänzung dazu, zielen Suffizienzstrategien auf einen geringeren Verbrauch von Ressourcen durch eine Verringerung der Nachfrage an Produkten und Dienstleistungen ab. Es soll nur so viel konsumiert werden, wie für das Wohlergehen des Einzelnen und des Ganzen zuträglich ist. Suffizienz ist eng verknüpft mit Fragen zur Lebensqualität (siehe 3.7.2) und zu Lebensstilen (siehe 3.7.1). Laut [Linz, 2004] muss sich Suffizienzforschung die Aufgabe stellen „...den von Waren unabhängigen und deshalb vernachlässigten Komponenten der Lebensqualität ihren Platz zurückzugeben und zu untersuchen, auf welche Weise sie gestärkt werden können.“ [Linz, 2004]

3.4.3 Urbaner Stoffhaushalt

Die These aus der Humanmedizin, dass die Gesundheit eines Patienten nur durch die Kenntnis des gesamten Stoff- und Energiewechsels erreichbar ist, kann auch auf Städte übertragen werden. Auch für Städte stellt sich die Frage nach der Optimierung des Stoff- und Energiewechsels. Wie beim Menschen spielt die gesunde Ernährung und die Vorsorgemedizin eine zentrale Rolle. Städte müssen vermehrt darauf achten, welche Stoffe sie nutzen und wie sie diese Stoffe nach der Nutzung ressourcenschonend und umweltverträglich wiederverwerten oder der Natur zurückgeben können ohne deren Selbstreinigungskraft zu überbeanspruchen.

In den letzten Jahren wurden Stoffhaushaltsuntersuchungen von mehreren Städten durchgeführt ([Baccini et al., 1993], [Baccini & Oswald, 1998], [Girardet, 1996], etc.). Als Beispiel wird an dieser Stelle der Stoffhaushalt der Stadt Wien diskutiert. Die Stadt Wien hat die Notwendigkeit eines umfassenden Ressourcenmanagements frühzeitig erkannt hat, und mit ihrer finanziellen Unterstützung dazu beigetragen hat, dass der natürliche und der anthropogene Stoffhaushalt der Stadt in mehreren Forschungsprojekten erfasst worden ist. Am Beginn stand das Projekt „Die Stoffflussanalyse als Instrument für eine nachhaltige urbane Entwicklung“. Darauf aufbauend, wurde in zwei Projekten der anthropogene [Stark et al., 1995] und der natürliche Stoffhaushalt [Maier et al., 1995] der Stadt Wien untersucht. In einem weiteren Projekt „Wechselwirkungen zwischen anthropogenem und natürlichem Stoffhaushalt der Stadt Wien“ [Paumann et al., 1997] erfolgte die Verknüpfung. Auf Grund der Ergebnisse dieser Projekte konnte über das 4. Rahmenprogramm der EU das Projekt „Materials Accounting as a tool for environmental policy making“ durchgeführt werden [Brunner et al., 1998]; [Obernosterer et al., 1998a]. In diesem Projekt wurde die Eignung der Stoffflussanalyse für umweltrelevante Entscheidungen in verschiedenen europäischen Regionen evaluiert.

Nicht zuletzt auf Grund dieser Vorarbeiten verfügt die Stadt Wien somit über geeignete Grundlagen zur Implementierung und zur praktischen Umsetzung eines lokalen Ressourcenmanagements. Eine effiziente Umsetzung erfordert die Zusammenarbeit von Wissenschaft, Wirtschaft und öffentlicher Verwaltung. Dieser Tatsache wurde durch die Aufnahme des Themas „Ressourcenmanagement“ in den Strategieplan der Stadt Wien ebenfalls Rechnung getragen. Darauf anknüpfend wurde die Studie Ökopolis [Obernosterer et al., 2003b] durchgeführt.

Die Ergebnisse der durchgeführten Studien zeigen, dass der gesamte Stoffwechsel der Stadt Wien von einem hohen Materialdurchfluss und großen Materiallagern geprägt ist (siehe Abbildung 3-12). Städte sind in erster Linie „Durchflussreaktoren“ für die bedeutendsten Massengüter. Durch die Anthroposphäre der Stadt Wien fließen jährlich etwa 150 t/cap (Tonnen pro Einwohner) an Wasser und etwa 40 t/cap an Luft. Dies zeigt eindrucksvoll die Rolle des Hinterlandes für die Entwicklung einer Stadt, sowohl in der Rolle als Versorger mit frischer Luft und frischem Wasser wie auch als Entsorger, durch die Aufnahme der großen Mengen an Abwasser und Abluft. Der Wasser- und Luftdurchfluss stellen die Förderbänder für gasförmige, flüssige und feste Abfallstoffe der Stadt dar. Diese Förderbänder machen 90% des urbanen Stoffumsatzes aus, in denen die Abstoffe der Städte verdünnt und an das Entsorgungshinterland abgegeben werden.

Im Vergleich zum Wasser- und Luftdurchsatz der Städte ist die Menge an Konsum- und Investitionsgütern mengenmäßig wesentlich geringer. Bei diesen vorwiegend festen Gütern kommt es zu dem Phänomen der Lagerbildung. In Wien hat die Menge an akkumulierten Gütern 350 t pro Einwohner erreicht.

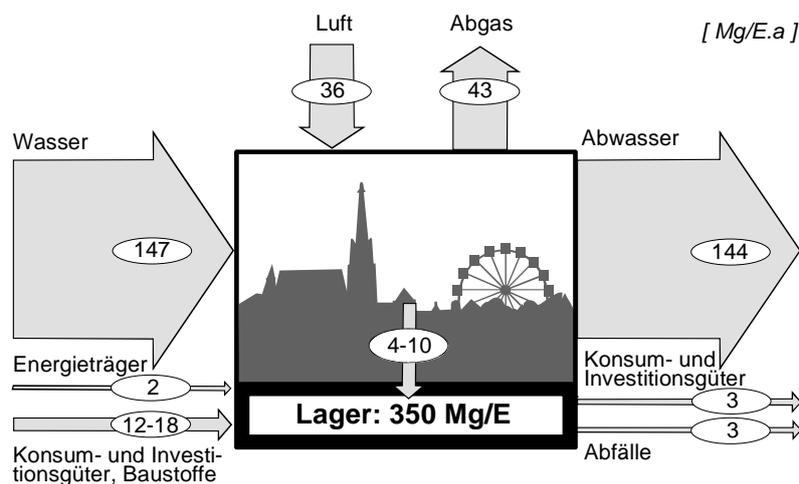


Abbildung 3-12: Der Güterhaushalt der Stadt Wien 1991. [Daxbeck et al., 1996] Flüsse in (t/cap/a); Lager in (t/cap), Einwohner Wien: 1,5 Mio.

Neben den Massengütern haben einzelne anorganische wie auch organische Stoffe einen hohen Stoffumsatz erreicht. Wie bereits in 3.4.2 erwähnt, ist der pro Kopf Bleiverbrauch in den letzten 6.000 Jahren um den Faktor 10.000 gestiegen. Das Blei, das vorwiegend auf der

südlichen Halbkugel abgebaut wird, wird zunehmend auf die Nordhalbkugel verlagert und nach der Verwendung hier deponiert. Betrachtet man die Lager der Stadt im Detail (siehe Abbildung 3-13), so zeigt sich, dass sich 90 % der Metalle in der gebauten Stadt selbst und lediglich etwa 10 % in ihren Deponien befinden [Obernosterer et al., 1998a]. Während die Emissionen aus den Deponien einer Kontrolle unterzogen werden, unterliegt der weitaus größere Teil des Metalllagers ohne „Abdichtung“ keiner umfassenden Kontrolle. Das Beispiel zeigt, dass den Lagern der Stadt eine hohe Priorität eingeräumt werden muss. Das urbane Metalllager stellt damit ein Umweltgefährdungspotenzial dar. In Zukunft gilt es, diese über lange Zeiträume in die Stadt verlagerten Mengen zu überwachen und schlussendlich auch besser zu nutzen.

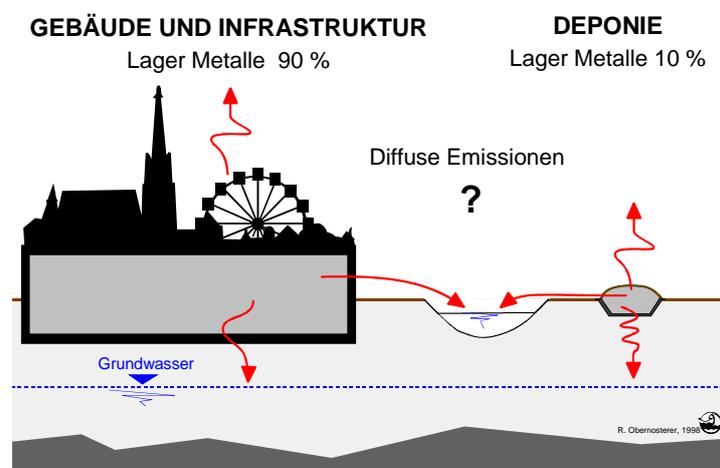


Abbildung 3-13: Metalllager der Stadt Wien und Darstellung der potenziellen diffusen Emissionen [Obernosterer et al., 1998a]

Die Bewirtschaftung dieser Menge an umgesetzten Gütern und Stoffen erfordert einen gesamtheitlichen Ansatz. Für eine zukunftsorientierte Entwicklung von Städten ist ein Ressourcenmanagement notwendig, welches bereits bei der Entnahme der Güter und Stoffe aus der Umwelt beginnt und schlussendlich nach Veredelung, Gebrauch, Rezyklierung, Entsorgung bei der Rückgabe in die Umwelt endet.

Untersuchungen zeigen, dass die Lager stark abhängig von der jeweiligen Region sind. Dies ist sowohl innerhalb der Stadt zutreffend, als auch bei einem Vergleich zwischen Städten. Abbildung 3-14 zeigt die Korrelation zwischen Siedlungsdichte und Bleilager [Möslinger, 1998]. In Regionen mit hoher Dichte, die gleichzusetzen sind mit Regionen mit älterer Infrastruktur, ist das Bleilager geringer als in Regionen mit neuerer Infrastruktur, welche Regionen mit niedrigerer Siedlungsdichte entsprechen. In neuen Siedlungsgebieten befindet sich Blei erstrangig in Energie- und Telekommunikationskabeln als Ummantelung. In alten Siedlungsgebieten befindet sich hingegen auch ein relevantes Lager in verbleiten Wasserrohren. Dies zeigt, dass die Stadtplanung einen signifikanten Einfluss auf das Ressourcenmanagement ausübt. Die Planung von Siedlungsgebieten mit hoher Dichte wird zu signifikant niedrigeren Pro-Kopf-Bleiflüssen führen, als die Planung von weniger dicht besiedelten Gebieten.

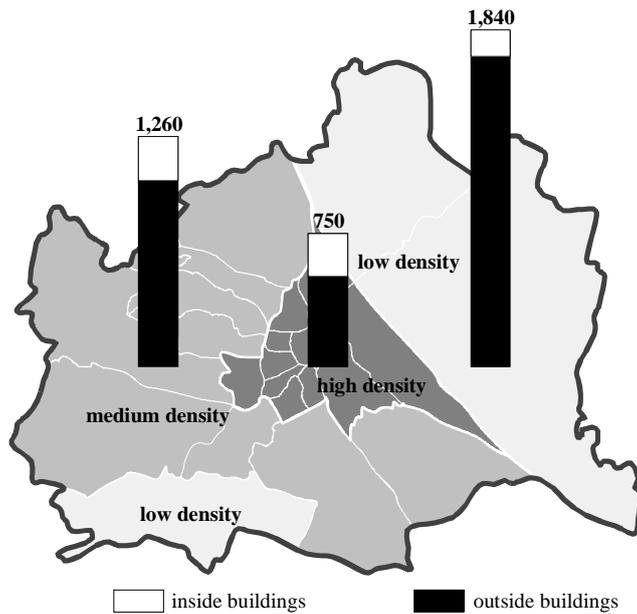


Abbildung 3-14: Dichte der Infrastruktur und Bleilager der Stadt Wien in kg Pb pro 1000 m² Nutzfläche [Möslinger, 1998]

In [Obernosterer et al., 1998b] wurden Metalllager in Energie- und Telefonkabeln untersucht und ebenfalls bezüglich unterschiedlicher Siedlungsdichte (Geschosswohnung vs. Einfamilienhaus) verglichen. Abbildung 3-15 zeigt, dass in Einfamilienhauswohnungen ein signifikant höheres Metalllager vorhanden ist, als in dichten Siedlungsgebieten mit Geschossbauten. Pro Haushalt (mit durchschnittlich 2,75 Personen) bestehen ein etwa 14-facher Bleibedarf und ein etwa 3-facher Kupferbedarf.

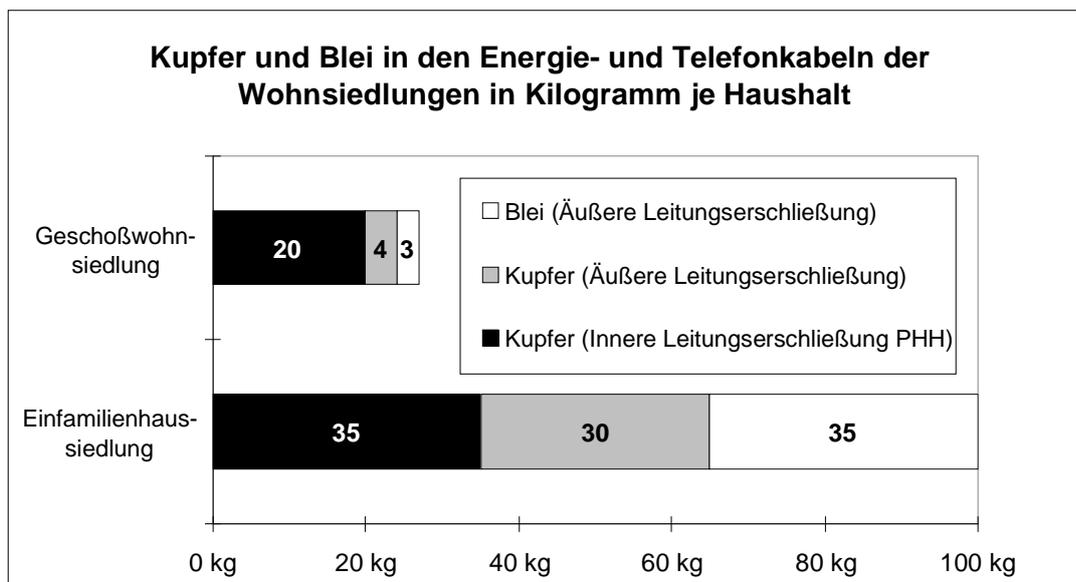


Abbildung 3-15: Verteilung der Metalllager auf die Privathaushalte (PHH) in den Wohnsiedlungen [Obernosterer et al., 1998b]

In [Brunner & Obernosterer, 1999] wird die These formuliert, dass die Vergangenheit gezeigt hat, dass auf der Seite der Versorgung Ressourcenverknappungen meist durch Innovationen und neue Technologien überwunden werden konnten. Städte sind heute zunehmend dissipationlimitiert, wodurch die Entsorgungsproblematik an Bedeutung gewinnt. Der anthropogene Stoffwechsel wird also „global gesehen“ nicht durch eine Verknappung der Entnahme an Stoffen aus der Umwelt sondern eher durch die Abgabe von Stoffen in die Umwelt eingeschränkt. Durch den enormen pro Kopf Stoffumsatz stellt sich also zunehmend die Frage, wie die zuvor der Umwelt entnommenen Rohstoffe später als feste, flüssige und gasförmige Abfälle wieder in die Umwelt zurückgeführt werden können, ohne die ökologische Tragfähigkeit der Umwelt zu überschreiten. Beispiele wie der Treibhauseffekt, die Ozonschichtausdünnung, die Eutrophierung von Gewässern oder die zunehmende Schwermetallbelastung im Boden zeigen, dass der anthropogene Stoffhaushalt in der Entsorgung an Grenzen stößt. Ein gutes Beispiel, bei dem bereits auf die Dissipationslimitation reagiert wurde, bilden die Bemühungen um ein weltweites Verbot des Einsatzes von FCKW. FCKWs bilden ein unumstrittenes Beispiel für eine Stoffgruppe, bei der die Grenzen nicht durch die Versorgung sondern durch die Entsorgung gesetzt wurden. Sie bilden zudem ein Beispiel, Probleme nicht ausschließlich durch end-of-pipe Technologien zu lösen, sondern durch Maßnahmen in der Versorgung, so genannter Frontendmaßnahmen. Um effiziente Lösungen zu erarbeiten, müssen demnach zukünftige Maßnahmen den gesamten anthropogenen Stoffhaushalt einbeziehen.

Andererseits wird künftig die Ressourcenfrage auch für Städte relevant, da verschiedene Ressourcen nicht in der Menge und in der Zeit bereitgestellt werden können, wie sie das globale Wirtschaftswachstum verlangt. So sind Städte derzeit beispielsweise mit stark schwankenden Preisen und Ressourcenknappheit durch die wachsende Rohstoffnachfrage (Baustahl,...) aufstrebender Schwellenländer wie Indien oder China konfrontiert. (siehe 3.6.3)

Zusammenfassen kann gesagt werden, dass wenn man den gesamten Stofffluß einer Stadt betrachtet nur ein geringer Teil davon von gezielten Umweltschutzmaßnahmen betroffen wird. Bei den meisten Stoffen sind die Flüsse über die klassischen Emissionspfade Abluft, Abwasser und Abfall in die Umwelt wesentlich geringer, als jene Flüsse in das wichtigste Lager, die Stadt selbst. Dieser größte Teil des Stoffflusses ist heute weitgehend unbekannt, das heißt sein Gefährdungs- und/oder Ressourcenpotential ist nicht abschätzbar. Umweltschutz als Filter am „hinteren Ende“ des Systems ist nicht immer die effizienteste Maßnahme zur Verhinderung von Belastungen, häufiger sind diese Maßnahmen im Bereich der Versorgung, des Konsums und der eigentlichen „Lagerbewirtschaftung“ der Anthroposphäre zu setzen. Städte müssen zukünftig ihren Stoffhaushalt besser kennen lernen um im Gesamtsystem die effizientesten und effektivsten Maßnahmen zu erkennen und zu setzen. In den folgenden Absätzen werden einige erklärende Beispiele für Nützlichkeit von Stoffhaushaltsuntersuchungen im urbanen Bereich gegeben.

Stadt – Hinterland-Beziehung

Städte sind offene Systeme, deren Energie- und Stoffhaushalt sowohl in der Versorgung, als auch in der Entsorgung mit dem Hinterland über ihren Stoffwechsel verknüpft ist. Als Hinterland werden jene ländlichen, wie auch industrialisierten Regionen außerhalb der Stadtgrenzen bezeichnet, die Ressourcen, Dienstleistungen und Produkte für Städte bereitstellen und ihre festen, flüssigen und gasförmigen Abfälle aufnehmen. Historisch gesehen war die Rolle des Hinterlandes diejenige des Versorgers. Die Verfügbarkeit von Ressourcen bestimmte die Entwicklungsmöglichkeit von Städten. In [Obernosterer et al. 1998] wird gezeigt, dass zukünftig die Bedeutung des Hinterlandes als Entsorger zunimmt.



Abbildung 3-16: Funktionen des Hinterlandes für die Stadt

Abbildung 3-16 zeigt die grundsätzlichen Zusammenhänge: das Hinterland als Ver- und Entsorgungseinheit für den urbanen Stoffhaushalt. Praktisch alle Ressourcen (Wasser, Luft, Mineralien, Brenn- und Treibstoffe, Konsum-, Investitions- und Gebrauchsgüter), welche die Stadt für ihren Stoffwechsel benötigt, kommen aus dem Hinterland. Durch den enormen pro Kopf Stoffumsatz stellt sich zunehmend die Frage, wie die zuvor der Umwelt entnommenen Rohstoffe später als feste, flüssige und gasförmige Abfälle wieder in die Umwelt zurückgeführt werden können, ohne die ökologische Tragfähigkeit des Hinterlandes zu überschreiten. Beispiele wie der Treibhauseffekt, die Ozonschichtausdünnung, die Eutrophierung von Gewässern oder die zunehmende Schwermetallbelastung im Boden zeigen, dass der anthropogene Stoffhaushalt in der Entsorgung an Grenzen stößt.

Als Beispiel einer Stadt-Hinterland-Beziehung im Produktionsbereich wird eine Lebenszyklusanalyse von Blei für dessen Verwendung in Starterbatterien in Wien herangezogen [Smutny, 1998]. Die Ergebnisse zeigen, dass während der Verwendung der Starterbatterien in Wien keine nennenswerten Emissionen entstehen. Wien induziert aber durch den Konsum von Blei-Starterbatterien signifikante Bleiflüsse im Hinterland. Durch Bergbau, Produktion und Recycling der Starterbatterien für Wien werden zwischen 0,3 und 3,6 t/a Blei in die Atmosphäre und zwischen 0,1 und 2 t/a in die Hydrosphäre des Wiener Hinterlandes emittiert. Die große Bandbreite ergibt sich dabei aus dem unterschiedlichen Standard verschiedenster Werke, da nicht exakt festgesetzt werden kann aus welchem Bergbau bzw. Produktionsbetrieb das in Wien verwendete Blei stammt. KFZ -Starterbatterien werden weder in Wien hergestellt noch recycelt. Provokant ausgedrückt könnte festgehalten werden, dass eine Stadt einen Teil ihrer Probleme durch die Auslagerung der Produktions- und Entsorgungsbetriebe in das Hinterland löst. Andererseits könnte gefordert werden, dass nach den Kriterien eines langfristigen umweltverträglichen Stoffhaushaltes die Stadt Verantwortung für ihren Beitrag an Emissionen im Hinterland übernimmt.

Ein weiteres Beispiel bietet der Nahrungsmittelkonsum. Traditionell stehen die mit der Ernährung verbundenen Aktivitäten in Wechselwirkung mit der Stadt. Sei es durch die Produktion von Nahrungsmitteln durch die Landwirtschaft im Versorgungshinterland oder durch die Emission von teilgereinigten Abwässern in die Vorfluter und letztlich in die Meere als letzte Senken. Intensiv landwirtschaftlich genutzte Regionen im Versorgungshinterland können hohe Stickstoffemissionen in das Grundwasser verursachen, mit den damit verbundenen Problemen etwa für die Trinkwasserversorgung. Stickstoff kann aber auch im Entsorgungshinterland zur Euthrophierung von Gewässern beitragen.

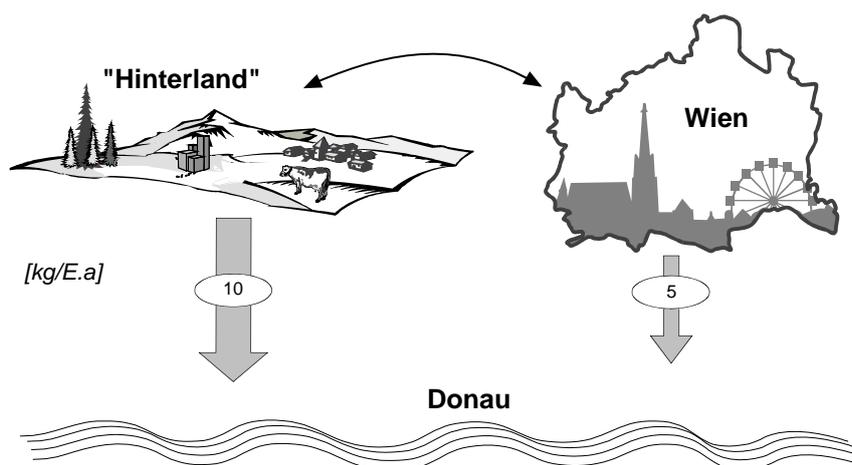


Abbildung 3-17: Stickstoffflüsse in kg/E.a der Stadt Wien und der durch die Aktivitäten der Stadt Wien induzierten Flüsse im Hinterland der Stadt. [Obernosterer et al. 1998]. (Anmerkung: Stofffluss der Stadt Wien berechnet vor Neuerrichtung der Kläranlage)

Im Falle der Stadt Wien werden die gereinigten Abwässer über die Vorfluter in die Donau eingeleitet. Aufgrund der hohen Verdünnungskapazität der Donau erhöhen die Stickstoffemissionen Wiens die Stickstoffkonzentration im Fluss um weniger als 5 %. Letztlich führen jedoch die insgesamt in die Donau transportierten Stickstofffrachten zu Euthrophierungserscheinungen im Donaudelta und in Teilen des Schwarzen Meeres. Vor der Neuerrichtung der Kläranlage Wien gelangten im Schnitt etwa 5 Kilogramm Stickstoff pro Person und Jahr in die Donau (Abbildung 3-17). Durch eine verbesserte Stickstoffentfernung konnte dieser Wert auf etwa 2 Kilogramm reduziert werden. Der durch den Nahrungsmittelbedarf der Stadt Wien induzierte Stickstofffluß in die Donau im Versorgungshinterland beträgt hingegen das Fünffache, nämlich rund 10 kg Stickstoff pro Einwohner und Jahr. Das Kaufverhalten und die Ernährungsgewohnheiten der Stadt beeinflussen somit die Stickstoffemissionen im Hinterland. Maßnahmen um die Stickstoffemissionen Wiens in die Donau zu verringern, sollten auch das Versorgungshinterland berücksichtigen - möglicherweise ist es kosteneffizienter, im Hinterland Maßnahmen zu setzen.

3.4.4 Nachwachsende Rohstoffe

Nachwachsende Rohstoffe bezeichnen organische Rohstoffe aus der Land- und Forstwirtschaft, welche energetisch oder stofflich genutzt werden. Die energetische Nutzung erfolgt in Form von Biogenen Brennstoffen (Stückholz, Pellets, etc.), Biogas (Biomethan) oder Biokraftstoffen (Biodiesel, Bioethanol, synthetischer Biokraftstoff, etc.). Möglichkeiten zur stofflichen Nutzung sind die Herstellung von Textilien, Ölen, Baustoffen, Biokunststoffen oder chemischen Grundstoffen. Im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung sollen nachwachsende Rohstoffe fossile Rohstoffe ergänzen und ersetzen. Dazu wird die Syntheseleistung der Natur genutzt, welche unter Nutzung der Sonnenenergie hochkomplexe, energiereiche organische Verbindungen hervorbringt. Das visionäre Ziel einiger Experten ist der Übergang von einer mineralölbasierten Petrochemie zu einer „solaren Chemie“, welche hauptsächlich auf durch Pflanzen synthetisierten Grundstoffen basiert. [Fischer, 2008]

Ein zukunftsweisender Ansatz ist das Konzept der Bioraffinerien, in welcher nachwachsende Rohstoffe zu hochwertigen stofflichen und energetischen Produkten umgewandelt werden können. Die komplexen zusammengesetzten Rohstoffe werden dabei in ihre Komponenten getrennt und teilweise in andere Verbindungen umgewandelt. Ein Vorteil des Bioraffineriekonzeptes ist, das dadurch auch bisher nicht genutzte Biomasse als Rohstoff verwendet und unter gleichzeitiger Nutzung von Nebenprodukten in hochwertige Stoffe umgewandelt werden kann. Es gibt vielfältige Anlagenkonzepte, welche unterschiedliche nachwachsende Rohstoffe (Holz, Stroh, Gras, organische Abfälle, Nutzpflanzen) mit unterschiedlichen Produkten (Grundchemikalien, synthetische Kraftstoffe, Abwärme,...) kombinieren. Als ein Beispiel kann die Grüne Bioraffinerie in Utzenaich genannt werden. In dieser Demonstrationsanlage wird aus Grassilage Aminosäuren und Milchsäure hergestellt. Biogene Reststoffe werden energetisch verwertet [BMVIT, 2004].

Weitere innovative Ansätze zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe finden sich unter anderem im Bereich der Werkstoffe (Biokunststoffe, naturfaserverstärkte Kunststoffe, WoodPlasticComposites, etc.), Baustoffe (Holz, Naturdämmstoffe, Faserputze, Naturfarben, etc.) oder Schmierstoffe (Pflanzenöl, biogenes Synthetiköl).

3.4.5 Industrial Ecology

Der Ansatz der Industrial Ecology basiert auf der Idee, dass natürliche Ökosysteme als Vorbild für industrielle Prozesse dienen können. Ziel ist letztlich eine bessere Einbindung des industriegesellschaftlichen Metabolismus in den Gesamtmetabolismus der Ökosphäre [Huber, 1999]. Wichtige Teilaspekt dabei sind die Nutzung von regenerativen Ressourcen (3.4.3), das Schaffen von geschlossenen Kreisläufen (3.4.8) und die kaskadische Energie- und Stoffnutzung im Verbund, indem Abfallprodukte eines Prozesses als Ressourcen für einen anderen Prozess genutzt werden (Industrial Symbiosis). Durch ansiedeln von Betrieben mit entsprechendem Synergie-Potential in räumlicher Nähe, kann der Ressourcen- und Energiebedarf sowie das Verkehrsaufkommen drastisch reduziert werden. Das Prinzip ist grundsätzlich nicht auf Industriebetriebe beschränkt sondern lässt sich auch auf andere Bereiche (Gewerbe, Landwirtschaft, private Haushalte,...) ausdehnen [Calkins, 2009]. Als ein Beispiel für

die erfolgreiche Umsetzung eines Industrial Symbiosis Ansatzes kann der IS-Komplex Kalundborg in Dänemark genannt werden (siehe 3.9.18).

3.4.6 Umweltgerechte Produktgestaltung

Ziel einer umweltgerechten Produktgestaltung (Ecodesign, ökologisches Design) ist es, mit intelligentem Ressourceneinsatz unter minimaler Umweltbelastung einen möglichst großen Nutzen für alle beteiligten Akteure zu erzielen. Dabei ist der gesamte Lebenszyklus, von der Rohstoffgewinnung über Produktion und Nutzung bis hin zur Entsorgung, zu betrachten. Umweltgerechte Produktgestaltung zeichnet sich beispielsweise durch Zerlegbarkeit, Rückbaubarkeit, Integration von Funktionen, Energieeffizienz, Materialeffizienz, die Verwendung recycelbarer und regenerativer Materialien und den Verzicht auf toxische Substanzen aus. [Calkins, 2009] [ECODESIGN Infoknoten, 2010]

Da Baumaterialien bzw. Baustellenabfälle einen Großteil der urbanen Stoffströme ausmachen, ist in diesem Bereich eine umweltgerechte Produktgestaltung von besonderer Bedeutung. Dabei ist eine integrale Betrachtung, von der Baustoffebene über Bauteile und das Gebäude bis hin zur Siedlungsebene, anzustreben [Reisinger & Krammer, 2006a]. Ein Beispiel für ein integrales Konzept auf Gebäudeebene stellt das S-HOUSE dar, bei dem die Passivhaustechnologie mit dem Einsatz von regionalen, nachwachsenden Rohstoffen verknüpft wird. Bei der Konstruktion wurde besonderes Augenmerk auf die leichte Trennbarkeit der Baustoffe in der Rückbauphase und eine baubiologisch einwandfreie Ausführung gelegt. [Wimmer & Hohensinner, 2004]

3.4.7 Nutzen statt Besitzen

In unserer ressourcenintensiven Wegwerfgesellschaft ist ein wachsendes Wirtschaftsvolumen und ein steigender Lebensstandard an einen steigenden Ressourcenverbrauch und ein größeres Abfallaufkommen gekoppelt. Wegwerfprodukte werden nach kurzer Nutzung entsorgt und verursachen große Ressourcen und Abfallströme, während sich qualitativ höherwertige Produkte vielfach für den Kunden nicht lohnen, da sie zu selten genutzt werden.

Grundsätzlich zielt jede wirtschaftliche Tätigkeit auf die Deckung von Bedürfnissen ab. Dies kann entweder durch ein materielles Produkt (Nahrung, Kleidung,...) oder durch eine Dienstleistung (Reinigung, Reparatur,...) erfolgen. In unserem derzeitigen Wirtschaftssystem sind reine Produktsysteme weit verbreitet, in welchen der Produzent nur das Produkt und sonst nichts verkauft. Es widerspricht also in gewisser Weise den Interessen des Produzenten, langlebige, leicht wartbare Produkte herzustellen. Bei Produkt-Dienstleistungssystemen oder reinen Dienstleistungssystemen löst sich dieser Interessenskonflikt auf. Der Konsument bezahlt für den Nutzen während der Produzent/Dienstleister auf eine möglichst effiziente Bereitstellung dieses Nutzens aus ist. Produkt-Dienstleistungssysteme zielen damit auf eine Systeminnovation ab, welche sowohl die Angebotsseite (Produktion) als auch die Nachfrageseite (Konsum) berücksichtigt. [Reisinger & Krammer, 2008] [Hinterberger et al., 2006]

Produkt-Dienstleistungssysteme bzw. reine Dienstleistungssysteme können folgende Vorteile bieten [Reisinger & Krammer, 2008]:

- Verlängerung der Lebensdauer der eingesetzten Geräte
- Bessere Auslastung der Geräte
- Qualitativ hochwertigere, effizientere Geräte werden eingesetzt
- Weniger (keine) materielle(n) Güter werden eingesetzt

Beispiele für Produkt-Dienstleistungssysteme bzw. reine Dienstleistungssysteme sind [Hinterberger et al., 2006]:

- Mobilitätsdienstleistungen (Carsharing, Mitfahrbörsen,...)
- Homeservices (Botendienste, Reinigungsdienste, Concierge-Dienstleistungen,...)
- ReUse-, Recycling- und Reparatur-Dienste (ReUse-Zentren, Sammelsysteme, Reparaturnetzwerke,...)
- Energie (Energiecontracting, Performancecontracting,...)

3.4.8 Urban Mining

Eine wesentliche Erkenntnis aus den Untersuchungen des urbanen Stoffhaushaltes ist, dass die Menge an gespeicherten Materialien sehr groß ist und dass diese Mengen geeignet bewirtschaftet werden müssen (siehe 3.4.3). Ein wesentlicher Aspekt daraus, der derzeit den Weg in die Praxis findet, wird unter den Begriff Urban Mining zusammengefasst.

Die Herausforderung, die sich mit der Bewirtschaftung des Bestandes für die Menschen ergibt war schon im Alten Testament mit dem Turmbau zu Babel ein Thema. Viele Städte stehen heute vor der Herausforderung, wie neben dem Neubau mit der Sanierung, Renovierung, Instandhaltung und Neugestaltung (zusammengefasst mit dem Begriff Umbau) von Städten umgegangen werden soll. Dieser Umbau der Städte ergibt unter anderem die Möglichkeit des Urban Mining, dem gezielten Rückbau der in der Vergangenheit eingesetzten Ressourcen. Das urbane Lager (Bauwerke, Infrastruktur, Gebrauchsgüter,...) stellt eine gigantische Rohstoffquelle der Zukunft dar. Für viele Stoffe, wie zum Beispiel Kupfer, sind die in urbanen Lagern gespeicherten Mengen bereits größer als die natürlichen, geogenen Lager. Weltweit sind urbane Agglomerationen im Wachsen begriffen, was auch mit einem enormen Ressourcenbedarf verbunden ist. Ein Großteil der gegenwärtig gewonnenen Ressourcen wird in Städten verbaut und verbleibt dort meist über Jahrzehnte. Am Ende der Lebensdauer fallen sie schlussendlich als Abfall an. Das Wissen über die Rohstoffe in diesen gewaltigen anthropogenen Lagern ist gegenwärtig gering. Da die Lager der geogenen Erzlagertstätten im Abnehmen begriffen sind, sind innovative Lösungen zur Schonung unserer Ressourcen gefragt. Eine mögliche Antwort auf diese Problematik ist „Urban Mining“, die Stadt als zukünftiges Bergwerk. [Daxbeck et al., 2009]

Die Wohnstätte des Menschen hat sich gewaltig geändert

Während unsere Vorfahren aus der Steinzeit nur Bauten, Werkzeuge oder Kunstwerke aus Stein, Ton oder Knochen hinterließen und damit den natürlichen Stoffkreislauf nicht wesent-

lich beeinflussten, sind die Bauwerke unseres Zeitalters viel komplexer aufgebaut und stellen eine Herausforderung sowohl für die heutigen als auch für zukünftigen Generationen dar. Gegenwärtig werden der Erde auch mehr Materialien entnommen, als ihr im gleichen Zeitraum in Form von Abfällen wieder zurückgebracht werden. Vor allem die Qualität des zurückgegebenen Materials hat sich im Vergleich zum Ausgangsmaterial wesentlich verändert. Die ursprünglich der Natur getrennt entnommenen Rohstoffe werden teilweise zu komplexen Produkten verarbeitet und zusätzlich bei der Errichtung der Gebäude miteinander vermischt, verdünnt oder angereichert. Auch ist die konkrete Zusammensetzung der Gebäude in vielen Fällen unbekannt bzw. wenig erforscht. Die der Umwelt zurückgegebenen Abfälle sind somit auch Abbild und Folge unseres Lebensstils und unseres Konsumverhaltens. Sehr deutlich kann diese Situation am Beispiel des Bauwesens illustriert werden.

Die Veränderungen unserer Lebensweise und unseres Wirtschaftssystems widerspiegeln sich in der Zusammensetzung unserer Behausungen. Als nomadisierender Jäger und Sammler konnten unsere Vorfahren keine größeren Lager aufbauen, als sie selbst und ihre Nutztiere tragen konnten. Zeltkonstruktionen schützten die Menschen vor den Witterungseinflüssen. Aber auch als sesshafter Bauer wurden vor allem mineralische und biogene Baustoffe wie Holz, Lehm, Schilf, Steine, Knochen verwendet. Metalle waren selten und kostbar und wurden, wenn überhaupt, sparsam im Hausbau eingesetzt. Dies setzt sich bis in die Gründerzeit fort. So enthält ein durchschnittliches Haus aus 1900 86 % Ziegelmauerwerk, 5 % Steine und Beton, 5 % Schlacke, 3 % Holz und nur 0,5 % Metalle. Bei einem Haus aus den 1970er Jahren wurde mit über 2 % die vielfache Menge an Metallen im Gebäude verbaut. Der Anteil von Ziegelmauerwerk sank auf 40 % zu Gunsten des Betonanteils, der sich auf 46 % vergrößerte.

Somit unterscheidet sich der Ressourcenverbrauch von damals grundsätzlich vom heutigen. In unseren Bauwerken finden wir, neben natürlichen Produkten wie Metalle (Kupfer, Eisen, Zink) und Holz, auch künstlich hergestellte Materialien, wie die Kunststoffe (Isolierungen von elektrischen Kabeln, Hydroisolierungsfolien für Dächer oder Mauern). Kunststoffe werden mit Additiven (z.B. Weichmacher) angereichert, welche teilweise ein hohes Umweltgefährdungspotential aufweisen. Diese Materialien werden in den Gebäuden vermischt und werden am Ende der Lebensdauer der Gebäude zu Abfall.

Kleiner Anteil - große Bedeutung (Die 7 Autos in ihrem Wohnzimmer)

Während für 100 m² Wohnfläche in einem Bronzezeithaus etwa 50 t an Baumaterialien eingesetzt wurden, werden in einem Gründerzeithaus rund 250 t Baumaterialien verbaut. Darin sind rund 1.300 kg Metalle zu finden. In unseren heutigen Wohnbauten sind in derselben 100 m² Wohnung mit rund 7.500 kg die fünffache Menge an Metallen zu finden. Diese Menge entspricht dem Gewicht von ca. 7 Personenwagen. Die Änderung der Bauweise, aber auch der steigende Bedarf an Leitungsnetzen für Beheizung, Stromversorgung, Daten- und Informationsübertragung, werden auch in Zukunft zu einem Anwachsen der Metalllager in unseren Bauwerken führen.

Die Stadt - das Bergwerk der Zukunft

In Gebäuden, der Infrastruktur, in Elektrogeräten und Fahrzeugen stecken wertvolle Rohstoffe, wie Kupfer, Aluminium, Eisen, Silizium, Gold, Silber, Zinn, Zink, Nickel, Chrom, Blei, Titan, Cobalt, Palladium und Quecksilber. Unser Konsum führt dazu, dass die geogenen Lagerstätten dieser Rohstoffe ständig schrumpfen, während in den Städten immer mehr Produkte angehäuft werden. Der anthropogene Anteil der Kupferlager beträgt in Österreich derzeit rund 270 kg pro Einwohner. Bei einem linearen Anstieg wird es sich bis 2050 verdoppeln. Im Fall von Zink beträgt der gesamte anthropogene Anteil 68 kg pro Einwohner. Er wird sich bis zum Jahr 2050 auf über 200 kg je Einwohner fast verdreifachen.

Aus Ressourcensicht kommt der Nutzung dieses anthropogenen Lagers eine enorme Bedeutung zu, da dadurch Primärressourcen geschont werden können. Darüber hinaus zeigt der ökologische Rucksack weitere Vorteile auf. Der ökologische Rucksack gibt Folgen der Herstellung der Güter an, wie zum Beispiel den Energieverbrauch für Gewinnung, Herstellung und Transport, den Wasserverbrauch oder den Materialeinsatz. Es kann beispielsweise gezeigt werden, dass für 1 t Eisen 15 t Ressourcen, für 1 t Aluminium 85 t Ressourcen oder für 1 t Kupfer 500 t Ressourcen benötigt werden. Beim Recycling ist dieser Rucksack um ein Vielfaches kleiner.

Hinter dem Begriff Urban Mining steht der Ansatz, zukünftig die Rohstoffe in den anthropogenen Lagern verstärkt zu nutzen, um die natürlichen Lagerstätten zu schonen, den Schadstoffausstoß zu minimieren und Energie einzusparen. Städte werden dabei als riesige Rohstofflager angesehen. Die Herausforderung ist es, zukünftig die Rohstoffe aus den Gebäuden und den Gütern zurück zu gewinnen. Welche Maßnahmen zu setzen sein werden, kann derzeit noch nicht abgeschätzt werden. Zu vielfältig sind die unterschiedlichen Interessen an dem Stofflager Stadt. Während einige den Schwerpunkt auf die Entfrachtung von Schadstoffen aus dem Lager legen, interessieren sich andere um die eingebauten Massenrohstoffe, anderer wiederum suchen im Kontext der „Gewürzmetallproblematik“ (siehe 3.6.3) nach seltenen, wertvollen Stoffen. Eine Voraussetzung zur Entwicklung von Technologien und Konzepten zum Rückbau von Stoffen aus dem urbanen Lager und zur Rückgewinnung von Stoffen aus Abfällen ist ein umfassendes Wissen über die Art und Verteilung der im Lager eingebauten Stoffe. Eine Bewirtschaftung dieser Lager ist notwendig, um auch langfristig das Ziel der Ressourcenschonung zu erreichen. Ein effizientes Ressourcenmanagement wird die Abfallwirtschaft der Zukunft und die Städte von heute werden die Bergwerke der Zukunft sein.

Im Bereich Urban Mining ergeben sich spannende Fragen für die Stadt der Zukunft:

- Wie können die Lager erkannt und erfasst werden?
- Wie kann das Lager in Zukunft gestaltet werden, dass eine flexible Nutzung, wie sie heute im Hochbau angestrebt wird, für ganze Stadtteile möglich wird?
- Mit welchen Technologien und zu welchen Kosten können die Lager rückgebaut werden?

3.4.9 Recycling, stoffliche und energetische Verwertung

Der Überbegriff Recycling bezeichnet die Aufbereitung von Abfallstoffen zu Sekundärrohstoffen. Ziel ist es, Stoffe möglichst unter Minimierung der Verluste und Vermeidung von Qualitätseinbußen im Kreis zu führen. Es eignen sich allerdings nicht alle Stoffgruppen gleichermaßen für ein Recycling und selbst bei prinzipiell gut geeigneten Stoffen, wie etwa Metallen, kann es durch unvermeidliche Verunreinigungen (Legierungen, Fremdmetalle,...) zu einer Qualitätsminderung kommen. Die Grenzen des Recyclings sind letztlich durch den ökonomischen und ökologischen Aufwand zur Sammlung, Reinigung und Aufbereitung gegeben. Ökologisches Produktdesign, effizientere Recyclingverfahren und effizientes Abfallmanagement können zu einer verbesserten Kreislaufführung beitragen. [von Gleich, 2005]

Es wird zwischen mehreren Arten der stofflichen Verwertung unterschieden [Reisinger & Krammer, 2006a].

- **Werkstoffliche Verwertung:** Die Stoffe werden chemisch nicht verändert. Beispiele sind das bekannte Recycling von Papier, Glas oder Metallen.
- **Rohstoffliche Verwertung:** Es kommt zu einer chemischen Veränderung der Stoffe. Ein Beispiel ist die Umwandlung von Altkunststoffen zu Syntheseöl. Eine rohstoffliche Verwertung ist meist mit einem höheren energetischen Aufwand verbunden.
- **Biologische Verwertung:** Organische Substanzen (Bioabfall, Grünschnitt,...) werden durch Mikroorganismen ab- und umgebaut, wobei meist Kompost oder Biogas erzeugt wird.

Bei der energetischen Verwertung werden Abfälle als Brennstoff oder als Mittel zur Energieerzeugung eingesetzt. Die thermische Verwertung erfolgt hauptsächlich in Abfallverbrennungsanlagen. Neue Entwicklungen gehen unter anderem in Richtung der Optimierung des Verbrennungsvorganges (minimierte Abluftbehandlung, Kostensenkung für kleine Anlagen) und neuer Anlagenkonzepte. Das sind zum Beispiel Anlagen, welche im Gegensatz zu üblichen Müllverbrennungsanlagen, speziell auf die Verbrennung eines bestimmten Abfallgemisches ausgelegt werden. Zudem nimmt die Nutzung von Abfällen mit hohem Heizwert (Sekundärbrennstoffen) in Industriefeuerungen zu. Wesentliche Voraussetzungen für die Verwendung von Sekundärbrennstoffen sind unter anderem, dass dadurch Produktionsprozesse und Produkteigenschaften nicht beeinträchtigt werden und der zusätzliche Aufwand für Qualitätskontrollen, Fördersysteme, Lagerung oder Entsorgung der Rückstände relativ gering bleibt. [Friege, 2005]

Durch ein geeignetes Abfallmanagement können Effizienzsteigerungen im Zusammenhang mit Sammlung, Transport, Sortierung, Aufbereitung und Überwachung von Abfallstoffen erreicht werden. Im Projekt i-Waste wird beispielsweise ein intelligentes Abfallmanagementsystem entwickelt und getestet. Das System basiert auf einer Kombination von Computational Intelligence Methoden (Neuronale Netze, Genetische Algorithmen) mit einem Geoinformationssystem (GIS) und umfasst unter anderem: Automatisiertes Berichtswesen, Optimierung der Logistik, örtlich differenzierte Prognosen für Abfallaufkommen und Abfallzusammensetzung.

zung, Datenaufzeichnung an Deponien sowie Modellierung und Simulation des Systems. [van den Dool et al., 2004]

Zusätzlich zu den bekannten Recyclingpraktiken gilt es auch neue Wege zu finden um die urbanen Stoffkreisläufe zu schließen. Einen Ansatz stellt zum Beispiel die Rückgewinnung von Platin aus Straßenstaub dar. Platin wird in Automobilkatalysatoren eingesetzt und im Laufe der Zeit in geringen Mengen freigesetzt. Die Metalle gelangen in den Straßenstaub und werden letztlich im Container von Straßenkehrmaschinen konzentriert. An der Universität Cardiff werden Methoden untersucht um wertvolle Metalle aus diesen Abfällen kosteneffizient zurückzugewinnen. [Prichard, 2007]

Nach [Friege, 2005] ist es wesentlich, dass die zukünftige Infrastruktur der Abfallwirtschaft auf einer umfassenden Betrachtung der urbanen Stoffströme beruht. Hierzu bieten sich vor allem die Methoden des regionalen Ressourcenmanagements an. (Siehe 3.8.1.4)

3.5 Mobilität

Der Bedarf nach Mobilität entsteht aus der Notwendigkeit an räumlich getrennten Aktivitäten (Wohnen, Arbeiten, Freizeit,...) teilzunehmen. Darüber hinaus gibt es noch ein intrinsisches Bedürfnis nach Mobilität. Die Umsetzung des Mobilitätsbedürfnisses äußert sich schließlich in Verkehr.

Weltweit ist eine Zunahme des Stadtverkehrs zu beobachten, mit weitreichenden Folgen für Mensch, Wirtschaft und Umwelt. Die chronische Verkehrsüberlastung in den Städten kostet die europäische Wirtschaft alljährlich etwa 100 Mrd. Euro. Abgas und Lärmemissionen nehmen ebenfalls stark zu. Etwa 40% der CO₂-Emissionen und 70% sonstiger Schadstoffemissionen des Straßenverkehrs entfallen auf den Nahverkehr. In den Städten stellen insbesondere die Feinstaub- und NO_x-Emissionen ein Problem dar. Der Verkehrssektor ist für etwa ein Drittel des gesamten Endenergieverbrauchs verantwortlich. Die Zahl der Verkehrsunfälle in Städten ist ebenfalls steigend, wobei gerade die umweltfreundlichsten Verkehrsteilnehmer, Fußgänger und Radfahrer, besonders gefährdet sind. Verkehrsinfrastrukturen wie Straßen, Wege oder Schienen beanspruchen einen signifikanten Anteil wertvoller Stadtfäche und tragen zur Bodenversiegelung bei. [Kommission der Europäischen Gemeinschaften, 2007] [Lautso et al., 2004]

3.5.1 Verkehr und urbane Struktur

Verkehr und urbane Struktur sind aufs engste miteinander verknüpft. Eine wichtige Erkenntnis ist, dass der Mobilitätsradius hauptsächlich durch die zur Verfügung stehende Zeit limitiert wird. Das durchschnittliche Zeitbudget liegt bei etwa einer Stunde pro Tag. Wird die Reisesgeschwindigkeit durch neue Mobilitätstechnologien oder einen besseren Ausbau erhöht, so erhöhen sich auch die täglich zurückgelegten Distanzen. Damit ändert sich die räumliche Struktur der Stadt. Umgekehrt beeinflusst die räumliche Entwicklung die Verkehrsnachfrage und individuelle Mobilitätsentscheidungen, wie die Wahl des Verkehrsmittels. [Newman & Jennings, 2008]

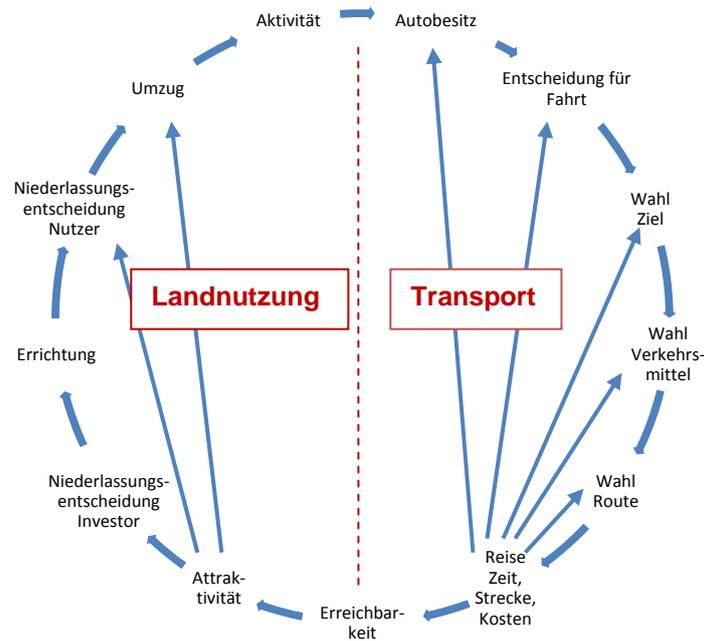


Abbildung 3-18: Feedback Landnutzung Transport, Eigene Abbildung basierend auf [Lautso et al., 2004]

Nachhaltige Stadtentwicklung erfordert eine gemeinsame, integrierte Planung von Stadt und Verkehr. Eine wichtige Rolle kommt in diesem Zusammenhang der Erreichbarkeit (Accessibility) zu [Wulfhorst, 2007]. Je nach Zielsetzung gibt es unterschiedliche Definitionen. Vielfach wird die Erreichbarkeit über die Anzahl von Aktivitäten welche mit einem bestimmten Aufwand (Zeit, Geld) erreicht werden können, definiert. Sie hängt sowohl von der Raumstruktur (Dichte und Verteilung von Aktivitäten) als auch von der Verkehrserschließung (Geschwindigkeit, Kosten,...) ab [Gonzales et al., 2008]. Die Erreichbarkeit bietet einen Ansatz zur Verknüpfung von Standortpotentialen mit der Raum- und Verkehrsentwicklung sowie individuellen Mobilitätsentscheidungen und stellt damit eine Basis für eine integrierte, strategische Planung von Raum und Verkehr dar. [Wulfhorst, 2007]

In [Gaffron et al., 2005b] wird eine Prioritätsreihung für Maßnahmen zum Erreichen einer nachhaltigen urbanen Mobilität angegeben:

1. Wege/Fahrten Vermeiden
2. Fußgänger und radfahrgerechte Strukturen schaffen
3. Öffentlichen Nahverkehr fördern
4. Nachhaltig motorisierten Individualverkehr fördern

Zu 1.): Durch entsprechende, Planung und Ausstattung multifunktionaler Gebäude kann der Mobilitätsbedarf verringert werden. Voraussetzung ist das Bereitstellen der entsprechenden Funktionen innerhalb des Gebäudes. So kann beispielsweise bis zu einem gewissen Grad die Fahrt zur Arbeit durch einen entsprechend gestalteten Telearbeitsplatz, oder die Fahrt ins Grüne durch eine entsprechend gestaltete Dachterrasse, vermieden werden.

Zu 2.): Zur Förderung nichtmotorisierter Fortbewegungsarten ist eine fußgänger- und fahrradgerechte Siedlungsplanung notwendig. Die Entfernungen sollten so kurz gestaltet werden, dass Fahrradfahren oder zu Fuß gehen die attraktivste Fortbewegungsvariante ist. Neben kompakten und funktionsgemischten Siedlungsstrukturen sind auch entsprechende Infrastrukturen, wie Rad- und Gehwege, notwendig. Das Wegenetz sollte für alle Gruppen attraktiv und barrierefrei zugänglich sein. Darüber hinaus sind auch Fahrradinfrastrukturen, wie sichere Fahrradabstellplätze oder öffentliche Reparaturstationen hilfreich. Auch der Qualität der Umgebung kommt eine entscheidende Rolle zu. Empirische Untersuchungen zeigen, dass in einer entsprechend gestalteten autofreien Umgebung die akzeptierte Gehdistanz um bis zu 70% höher ist als in einer auf das Auto ausgerichteten Umgebung [Knoflacher, 2003].

Einen interessanten Ansatz zur Raumnutzung stellt das „Shared Space“ Konzept dar. Ziel ist eine Gestaltung des öffentlichen Raums, in dem Verkehr, Verweilen und andere räumliche Funktionen miteinander im Gleichgewicht sind. Die Grenzen zwischen Fahrbahn, Gehweg, Radweg verschwinden und alle nutzen dieselbe Fläche. Dadurch soll das Verkehrsverhalten dahingehend verändert werden, dass die Verkehrsteilnehmer mehr Rücksicht aufeinander nehmen. Zudem soll der Straßenraum besser nutzbar und sicherer werden. [Keuning Institut, 2005]

Zu 3.): Als entscheidende Maßnahmen, um den Modalsplit zu Gunsten öffentlicher Verkehrsmittel zu verschieben, werden Parkraumbewirtschaftung und Verkehrsberuhigung angesehen [Kommission der Europäischen Gemeinschaften, 2007]. Die Verfügbarkeit von kostenlosen Parkplätzen in unmittelbarer Nähe der Ausgangspunkte (Wohnung) und Ziele (Einkaufen, Arbeit,...) führt zu verstärkter Autonutzung. [Knoflacher, 2003] schlägt vor, Parken nur in zentralen Garagen zu gestatten und entsprechend das Angebot öffentlicher Verkehrsmittel zu erhöhen. Kompakte Siedlungsstrukturen erleichtern die effiziente Anbindung an öffentliche Verkehrsmittel. [Saarinen et al., 2009]

In [Kemming et al., 2007] werden Möglichkeiten zur Integration von Mobilitätsmanagement in die Stadtplanung untersucht. Dabei lassen sich Ansätze auf drei verschiedenen Ebenen ableiten:

- Abstimmung und integrierte Betrachtung von Stadt und Verkehrsplanung - kommunale Mobilitätspläne und regionale Mobilitätsverträge
- Umweltschutz in Stadt- und Regionalplanung – betriebliche Mobilitätsbilanzen und betriebliche Mobilitätspläne
- Mobilitätsmanagement im Planungs- und Baurecht

Im PROPOLIS Projekt werden sieben europäische Städte mittels kombinierten Flächennutzungs- und Verkehrsmodellen simuliert. Mit diesen Modellen können unterschiedliche verkehrs- und raumplanerischen Maßnahmen getestet und soziale, ökonomische und ökologische Auswirkungen ermittelt werden. Die Ergebnisse zeigen, dass mit konsistenten, an lokale Gegebenheiten angepassten Maßnahmenbündeln effektive Verbesserungen in allen drei urbanen Nachhaltigkeitsdimensionen erreicht werden konnten. [Lautso et al., 2004]

3.5.2 Neue urbane Verkehrstechnologien

Nachhaltige urbane Mobilität benötigt an urbane Anforderungen angepasste Fahrzeugkonzepte und Antriebstechnologien. Eine urbane Umgebung hat besonders hohe Anforderungen in puncto Lärm- und Schadstoffemissionen sowie Flächenbedarf. Um eine effektivere Organisation des urbanen Verkehrs zu ermöglichen wird versucht Fahrzeuge zunehmend interoperabel und kommunikationsfähig zu machen.

3.5.2.1 Antriebssysteme

Eine wesentliche Rolle spielt die Entwicklung alternativer Antriebstechnologien und Kraftstoffe. Ziel ist eine Reduktion von Energieverbrauch, Schadstoff- und Lärmemissionen. Von besonderer Bedeutung für urbane Systeme sind verbrennungslose Konzepte wie Elektroantriebe und Brennstoffzellensysteme, sowie Konzepte zur Verwendung alternativer (Bio-) Treibstoffe (Wasserstoff, Bio-Gas, Synthetische Treibstoffe,...) und Treibstoffkombinationen. Ein wichtiges Kriterium für alternative Kraftstoffe ist die Kompatibilität mit der bestehenden Verteilungslogistik und die Art ihrer Erzeugung. Die Entwicklung alternativer Treibstoffkonzepte bedingt auch die Entwicklung neuer Speicherkonzepte mit hohen Speicherdichten und möglichst geringen Speicher- und Umwandlungsverlusten. Die Energieeffizienz kann darüber hinaus durch Maßnahmen wie Bremsenergierückgewinnung oder Verlustwärmespeicherung gesteigert werden. [Grünwald, 2006] [Leschus & Vöpel, 2008]

3.5.2.2 Fahrzeugkonzepte

Als Beispiel für ein zukunftsorientiertes Stadtautokonzept kann das am MIT Media Lab entwickelte Citycar dienen [Mitchell, 2008]. Es handelt sich um ein kompaktes, stapelbares Elektroauto für zwei Personen welches speziell für den Einsatz in dichtbesiedelten urbanen Gebieten entwickelt wurde. Das Fahrzeug besitzt sogenannte „Wheel Robots“, jedes Rad wird durch einen „in-wheel“ Elektromotor angetrieben und digital gesteuert. Dadurch kann auf konventionelle Antriebsstrangsysteme (Getriebe, Motorblock,...) verzichtet werden. Durch die Wheel Robots kann das Fahrzeug in alle Richtungen bewegt werden und sich am Stand drehen. Die Fahrzeuge sind so gestaltet, dass mehrere Citycars ineinander geschoben werden können, wodurch der Platzbedarf beim Parken erheblich verringert wird. Das Citycar wurde speziell für ein Carsharing-Konzept entwickelt, bei dem Auto-Stapel im Stadtraum verteilt sind. (siehe 3.5.6)

3.5.2.3 Seilbahnen

Die Seilbahntechnik hat sich als Massentransportmittel in Sommer- und Wintertourismusgebieten bewährt und ist auch als urbanes Personennahverkehrssystem geeignet. Moderne Seilschwebbahnen sind geräuscharm, energieeffizient und weisen einen geringen Flächenverbrauch auf. Systeme mit großer Förderkapazität, wie zum Beispiel Funitels, können ein Ersatz für U-Bahnen sein. In vielen Städten, wie zum Beispiel Caracas, sind Seilbahnsysteme bereits in das öffentliche Verkehrsnetz eingebunden.

3.5.2.4 Selbstfahrende Systeme

Durch die Entwicklung fahrerloser Fahrzeuge werden Effizienzverbesserungen für Nahverkehrssysteme erwartet. Im von der EU Kommission finanzierten CityMobil Projekt wurden verschiedene Fahrerlose urbane Transportsysteme entwickelt und getestet. [IKA, 2008]

Personal Rapid Transit (PRT) Systeme sind fahrerlose, spurgeführte Personentransportsysteme. Kleine unabhängige Kabinen (je nach System ca. 1-10 Personen) können individuell bestellt werden und bringen den Fahrgast an sein gewünschtes Ziel. Sie stellen also eine Form des öffentlichen Individualverkehrs dar. Durch die geringere Reisegeschwindigkeit können leichtere Konstruktionen eingesetzt werden, das Verkehrsleitsystem optimiert den Verkehrsfluss. Dadurch sind PRT Systeme energiesparender und effizienter als PKWs. PRT Systeme wurden bereits erfolgreich getestet, jedoch noch nicht in großen Maßstab umgesetzt. [IKA, 2008]

Dual Mode Vehicles ähneln gewöhnlichen Autos, sie können entweder durch einen Fahrer oder auch vollautomatisch gesteuert werden. [Shepherd et al., 2008]

3.5.2.5 Nicht motorisierte Fahrzeuge



Abbildung 3-19: Velomobil

Fahrzeuge wie Fahrräder, Dreiräder oder Velomobile sind, mit oder ohne elektrischem Zusatzantrieb, äußerst umweltfreundliche Fortbewegungsmittel. Ein entscheidender Faktor für eine weitere Verbreitung außerhalb des Freizeitsektors ist eine Verbesserung der Alltags- und Wettertauglichkeit. [Velo.Info, 2009]

3.5.3 Intelligente Verkehrssysteme

3.5.3.1 Verkehrstelematik

Zur Verkehrstelematik zählen elektronische Steuersysteme mit deren Hilfe der Verkehr koordiniert werden kann. Eine bessere Koordination des Verkehrs soll zu einer Verringerung der Verkehrs- und Umweltbelastung beitragen.

Zu den Zielen zählen unter anderem:

- Stauvermeidung (Gridlock Management)
- Erhöhung der Sicherheit
- Optimierte Logistik (Green Logistics)
- Vermeidung von Leerfahrten
- Verkürzte Parkplatzsuche (Smart Parking)
- Ermöglichen von integrierten Gesamtkonzepten
- Effizientere Nutzung von Straßenflächen

Navigationssysteme sind im Individualverkehr bereits weit verbreitet. In Zukunft werden Fahrzeuge verstärkt untereinander und mit der Infrastruktur kommunizieren. Integrierte Systeme könnten, intelligente Routenplanung mit Systemen zur Fahrerunterstützung, intelligenten Fahrzeugen und kommunikationsfähigen Infrastrukturen kombinieren. Durch intelligente Systeme ist auch eine dynamische Verwaltung der Infrastruktur möglich, wodurch Straßenflächen effizienter genutzt werden können. [Kommission der Europäischen Gemeinschaften, 2007] [Daganzo, 2005]

3.5.3.2 Intelligente Entgeltsysteme

Ein wesentlicher Schritt zur Verwirklichung der Vision einer nahtlosen multimodalen Mobilität ist die Einführung intelligenter Entgeltsysteme. Dazu zählt das einheitliche bargeldlose Bezahlen aller Leistungen entlang der Mobilitätskette mit einem Medium und mit einem Kundenvertrag je Service. Neben dem öffentlichen Verkehr sind auch Dienstleistungen wie Taxi, Mietwagen, Car Sharing oder Mautsysteme einzubinden. Mögliche Bezahlverfahren sind Chipkartensysteme, Pre-/Postpaid Konto Berechtigungen, Online Tickets oder Handytickets.

Im Zusammenhang mit einer automatischen Fahrpreisberechnung bei entfernungsabhängigen Tarifen („Bezahlen wie Gefahren“) werden auch verschiedene Raumerfassungslösungen entwickelt. [Ritschel, 2008]

Dynamische Tarifsysteme können als eine Methode zur Nachfragesteuerung eingesetzt werden. Dabei sind unterschiedliche Möglichkeiten zur Tarifiedifferenzierung, z.B. nach Haupt- und Nebenverkehrszeiten denkbar. Im Individualverkehr sind verschiedene Mautsysteme zur Regelung der Verkehrsnachfrage im Einsatz. Häufig handelt es sich um fixe Gebühren welche den Verkehr zu bestimmten Gebieten (Innenstadt) beschränken soll. Mautgebühren werden aber auch von der Tageszeit, der Anzahl der Personen im Fahrzeug, dem Verkehrsaufkommen oder dem Fahrzeugtyp abhängig gemacht. [Mitchell, 2008] [Kommission der Europäischen Gemeinschaften, 2007]

3.5.3.3 Mobilitäts-Informationssysteme

Eine Voraussetzung für nachhaltige urbane Mobilität ist die einfache Verfügbarkeit von Informationen für die Fahrtplanung. Der Kunde muss in der Lage sein gut informiert über Fahrtzeitpunkt und Verkehrsmittel entscheiden zu können.

Eine Möglichkeit könnten in Zukunft „Personal Mobility Assistants“ bzw. „Personal Travel Assistants“ bieten. Diese mobilen Geräte liefern standortbezogen Informationen über Straßenpläne, Fahrpläne und Verkehrsaufkommen. Ein dahinter liegendes Informationssystem stellt in Echtzeit dynamische Informationen über die Verkehrslage im Straßennetz und in anderen Verkehrsnetzen bereit und gibt, anhand von Modellen, Prognosen über deren zukünftige Entwicklung ab. Sie unterstützen den Nutzer bei der Planung und Ausführung von multimodalen Fahrten indem sie verschiedene Kombinationen von Verkehrsmitteln vorschlagen und Informationen über Reisedauer, Wartezeiten, Kosten oder auch den Energieverbrauch geben. Der Zugriff auf diese Informationsdienste kann ergänzend auch über stationäre Infoterminals (Haltestellen, Bahnhöfe,...) oder das Internet erfolgen. [Mitchell, 2008] [Beutler & Brackmann, 1999]

Mittels Verkehrsanalyssystemen können Daten gewonnen und analysiert werden, welche dabei helfen können den Verkehr dynamischer zu steuern. Das Verkehrsanalyssystem FLEET liefert Echtzeit-Verkehrsinformationen auf Basis von fahrzeuggenerierten Positionsdaten. Dabei werden von satellitenüberwachten Fahrzeugen relevante Daten (Floating Car Data) an einen Zentralrechner geleitet, der alle 15 Minuten ein aktuelles Verkehrslagebild der gesamten Stadt erzeugt. Die räumlich und zeitlich differenzierten Daten werden gesammelt und analysiert. Auf Basis dieser Daten können Reisezeit und Verkehrsprognosen abgegeben werden. [Linauer et al., 2004]

Im Projekt „Real Time Rome“ wurde über Mobilfunkdaten, sowie Satellitendaten von Taxi- und Busbewegungen die urbane Dynamik der Stadt visualisiert und so die Bewegungs- und Nutzungsmuster von Personen und Verkehrssystemen sichtbar gemacht. Dadurch kann ein besseres Verständnis erlangt werden, wie die Verteilung von Bussen und Taxis mit der Personendichte korreliert, wie Waren und Dienstleistungen über die Stadt verteilt werden und wie unterschiedliche Personengruppen, wie z.B. Touristen und Bewohner, sich in der Stadt bewegen. [Apostol et al., 2009]

Im „WikiCity“ Projekt wurde versucht eine echtzeitfähige Plattform zum Austausch von ortsbezogenen Daten zu entwickeln. Die Informationen stammen von Mobilfunkbetreibern, öffentlichen Verkehrsmitteln, kommunikationsfähiger Infrastruktur, Anbietern von Location-based Services, öffentlichen Stellen und den Nutzern selbst. Die Nutzer des Systems können, aufgrund von ortsbasierten Echtzeitinformationen über z.B. Personenverteilung, Verkehrsaufkommen oder Schadstoffkonzentrationen, besser informierte Entscheidungen treffen. Die Stadt könnte so als Echtzeit-Regelungssystem funktionieren. [Calabrese et al., 2007]

3.5.4 Virtuelle Mobilität

Von virtueller Mobilität spricht man, wenn das ursächliche Bedürfnis, an räumlich getrennten sozialen Aktivitäten teilzunehmen, befriedigt werden kann, ohne einen Ortswechsel vorzunehmen. Die rasante Entwicklung der IKT ermöglicht eine teilweise Verlagerung der Aktionsräume von Personen, Unternehmen und Institutionen in den virtuellen Raum. In fast allen Lebensbereichen sind entsprechende Entwicklungen zu finden. Beispiele sind Telearbeit,

Teleconferencing, E-Learning, Online Shopping, E-Banking oder E-Government. [Villa & Mitchell, 2009] [Mitchell & Casalegno, 2008]

Durch diese Verlagerung in den Virtuellen Raum ergeben sich zahlreiche Konsequenzen für den realen Raum. Die tatsächlichen Auswirkungen dieser Entwicklungen auf das reale Mobilitätsverhalten, sowie ökologische, ökonomische und soziale Auswirkungen werden kontrovers diskutiert. [Orwat & Grunwald, 2005]

3.5.5 Mobilitätsdienstleistungen

3.5.5.1 Fahrgemeinschaften

Eine verbreitete Möglichkeit zur Verringerung des Automobilverkehrs stellt die Bildung von Fahrgemeinschaften dar. Potential wird in der gezielten Organisation von Mitfahrgemeinschaften gesehen. Entsprechende Dienstleistungen werden bereits am Markt angeboten. Dabei werden über Software Routenvorschläge für Fahrgemeinschaften entwickelt. Die Dienste beinhalten oft auch eine Mobilitätsgarantie, bei Ausfall der Fahrgemeinschaft kann kostenlos ein Taxi genutzt werden. [Beutler & Brackmann, 1999]

Maßnahmen wie das Einrichten von eigenen Fahrstreifen für Fahrzeuge mit mehreren Personen (HOV-Lanes) oder niedrigere Mautgebühren für mehrfach besetzte Fahrzeuge sind eine zusätzliche Motivation zur Bildung von Fahrgemeinschaften. [Mitchell & Casalegno, 2008]

3.5.5.2 Carsharing, Bikesharing

Carsharing bezeichnet die organisierte gemeinschaftliche Nutzung von Autos. Der Unterschied zur klassischen Autovermietung besteht darin, dass Carsharing auch stundenweise möglich ist, während eine Autoanmietung üblicherweise für mindestens 24 Stunden erfolgt.

Carsharing Standorte befinden sich üblicherweise an Knotenpunkten des öffentlichen Verkehrs und erleichtern somit eine multimodale Nutzung. Die Nutzung setzt in der Regel die Mitgliedschaft in einer Carsharing Organisation voraus. Die Buchung erfolgt meist automatisch über Internet oder Telefoncomputer. Vorteile sind in einer Reduktion der eingesetzten Fahrzeuge und in einer Reduzierung der Automobilbenutzung durch eine veränderte Verkehrsmittelwahl. [Beutler & Brackmann, 1999]

Die öffentliche Bereitstellung von Fahrrädern an dezentralen Standorten ist bereits in vielen Städten erfolgreich umgesetzt worden. Um eine gleichmäßige Verteilung der Räder zu erzielen werden Chipkartensysteme und gestaffelte Entgeltsysteme getestet. [Beutler & Brackmann, 1999]

3.5.5.3 Rufbussysteme

Rufbussysteme können schlecht ausgelastete Linien des öffentlichen Verkehrs ersetzen. So kann die Mobilitätsversorgung bei gleichzeitiger Verminderung von Energieverbrauch und

Emissionen aufrechterhalten werden. Üblicherweise wird ein Tür-zu-Tür Service zu fixen Tarifen angeboten. [Beutler & Brackmann, 1999]

3.5.6 Integrierte Verkehrssysteme:

Für [Zielinski & Berdish, 2008] zeichnen sich die urbanen Verkehrssysteme der nächsten Generation („New Mobility“) durch eine nahtlose Verknüpfung von innovativen Verkehrstechnologien, Informations- und Kommunikationssystemen, Dienstleistungen und urbanen Strukturen aus. An der Universität Michigan werden im Rahmen der SMART Initiative angepasste, integrierte New-Mobility Lösungen für mehrere Städte entwickelt. Die Konzepte gehen über rein technische und mobilitätsbasierte Lösungsansätze hinaus und berücksichtigen auch komplexe soziale und wirtschaftliche Interaktionen, politische Faktoren und Umweltauswirkungen. Die Ansätze basieren auf der Theorie komplexer adaptiver Systeme und zielen auf eine fundamentale, „katalytische“ Transformation des urbanen Mobilitätssystems ab. [Cherubal, 2006]

Das Konzept umfasst unter anderem:

- Skalierbares Mobilitätsnetzwerk
- Multimodale Knotenpunkte („Mobility Hubs“)
- Mobilitätsdienstleistungen (Car-Sharing, Bike-Sharing, Taxi,...)
- Alternative Antriebskonzepte (Elektromobilität,...)
- Work-while-travelling Möglichkeiten
- Vereinheitlichtes elektronisches Bezahlungssystem (Smart-Cards, Handy)
- Dynamische Preisgestaltung
- Ortsbasierte Reiseinformation in Echtzeit

Am MIT Media Laboratory wird ein zukunftsorientiertes, Integriertes Verkehrssystem, Mobility-on-demand, entwickelt [Mitchell, 2008]. Dabei sollen kompakte, energieeffiziente Fahrzeuge (stapelbare Elektroautos, faltbare Elektroscooter, Fahrräder, Segways,...) an Abstellplätzen und Stapeln im Stadtgebiet verteilt werden (siehe 3.5.2.2). An diesen Stationen können die Fahrzeuge ausgeliehen und zurückgegeben werden. Elektrische Fahrzeuge werden an den Stationen automatisch aufgeladen. Ähnlich den Gepäckfahrzeugen am Flughafen werden benutzte Fahrzeuge am Ende der Schlange angedockt und aufgeladene Fahrzeuge vorne bezogen. Die Größe und Lage der Stationen in der Stadt ist relativ flexibel und kann nach und nach an den tatsächlichen Bedarf angepasst werden. Die Anordnung von Stationen an Mobilitätsknoten wie Bahnhöfen oder Bushaltestellen ermöglicht eine einfache Kombination von Individualverkehr und öffentlichem Verkehr. Durch eine großflächige Verteilung können die Fahrzeuge an jeder beliebigen Station zurückgegeben werden, nicht nur dort wo sie ausgeliehen wurden. Dieses One-Way Konzept erleichtert eine an die Nutzung angepasste Verkehrsmittelwahl und eine effiziente multimodale Verknüpfung. Es ist beispielsweise möglich, mit dem Bus oder Fahrrad ins Einkaufszentrum zu fahren, dort ein Citycar zu mieten, mit den Einkäufen nach Hause zu fahren und das Citycar an der nächsten Station abzugeben.

Im Zentrum dieses Mobilitätsnetzwerkes steht ein elektronisches Managementsystem, welches die Nachfrage erkennt und das Angebot, also die Verteilung der Fahrzeuge dementsprechend anpasst. Die Nachfrage wird im Allgemeinen gewisse irreguläre Muster und Spitzen aufweisen. Eine Möglichkeit eine relativ gleichmäßige Fahrzeugverteilung zu gewährleisten bietet die dynamische Preisgestaltung. Dabei wären auch „negative Preise“ möglich. Der Nutzer wird dafür bezahlt, dass er ein Fahrzeug dorthin bringt wo es dringend benötigt wird. Für den Fall, dass dynamische Preisgestaltung nicht ausreicht, müssen sie abgeholt und neu verteilt werden, was in Kombination mit anderen Logistiksystemen möglich ist. Mittels fahrerloser Zukunftstechnologien könnte diese Umverteilung automatisiert erfolgen. Beispiele sind „autonomous driving“, Fahrzeuge werden bei Nacht langsam und fahrerlos umverteilt, oder „virtual towing“, die Fahrzeuge werden ohne physikalische Verbindung an ein gesteuertes Fahrzeug „angehängt“. Für das Managementsystem ist es wesentlich, die räumliche Verteilung der Nachfrage vorherzusagen um rechtzeitig entsprechende Preissignale senden zu können. Die momentane Verteilung der Bevölkerung in der Stadt, und damit eine potentielle Mobilitätsnachfrage kann beispielsweise aus der Mobilfunkaktivität abgeleitet werden. Durch Aufbau und Analyse von umfassenden Datenbanken können Mobilitätsmuster zunehmend besser vorhergesagt werden.

Für den Nutzer ist eine entsprechende ortsbasierte Information über die Mobilitätsoptionen und damit zusammenhängende Auswirkungen (Reisezeit, Kosten,...) notwendig, was über Personal Mobility Assistants (PMA's) möglich ist.

Mobility-on-demand Systeme sind nicht als Konkurrenz, sondern als Ergänzung für öffentliche Verkehrsmittel gedacht. Vor allem bei der Lösung des „first/last kilometer“ Problems, also der Überbrückung der Distanz zwischen dem Ziel bzw. Ausgangspunkt und einer öffentlichen Haltestelle, könnte das System hilfreich sein. Dabei wäre es prinzipiell auch möglich das Fahrzeug über Nacht zu Hause zu parken, dort aufzuladen und die entsprechende Leistung gegenzurechnen. [Mitchell, 2008]

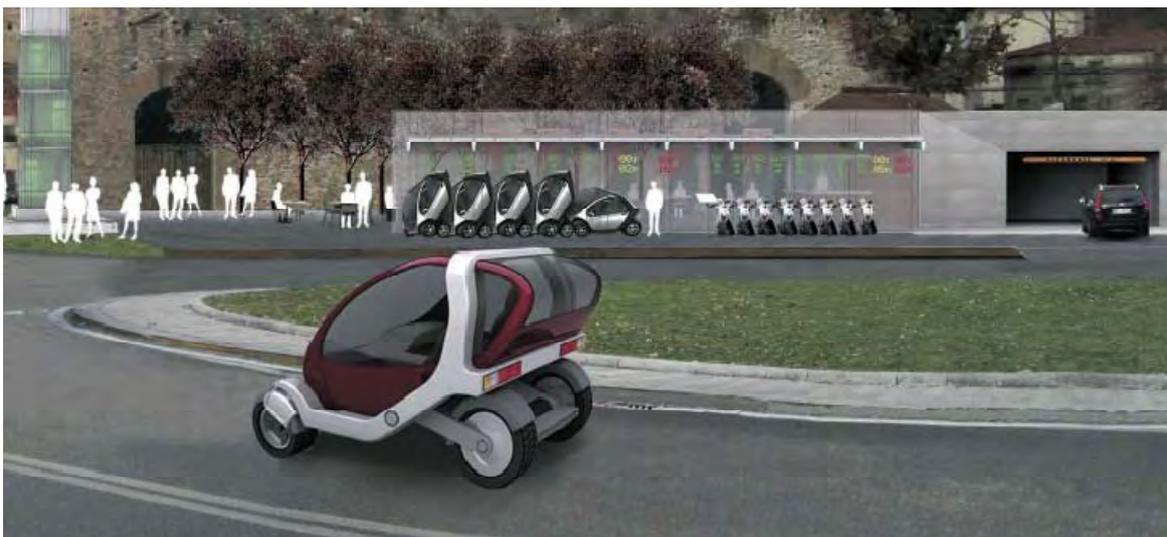


Abbildung 3-20: Smart City Car, MIT "mobility on demand" Konzept

3.6 Ökonomie

Wirtschaftliche Prosperität ist ein wesentliches Kriterium für eine nachhaltige Stadtentwicklung. Vor dem Hintergrund von Strukturwandel und geänderten Rahmenbedingungen werden vor allem die geeignete Vereinbarung von Global- und Regionalökonomie, die finanzielle Sicherung der gewerblichen und infrastrukturellen Basis und die Sicherstellung der Rohstoffbasis als zentrale Herausforderungen der Zukunft gesehen.

3.6.1 Integration von Global- und Regionalwirtschaft

Städte sind die Motoren der Wirtschaft, in welchen ein Großteil der Wertschöpfung eines Landes erzielt wird. Darüber hinaus sind in Städten immense Immobilien und Sachwerte akkumuliert. Städte und Kommunen müssen sich durch veränderte Rahmenbedingungen wie der Globalisierung oder dem Wandel von der Industrie- zur Wissens- und Dienstleistungsgesellschaft in wirtschaftlicher Hinsicht einer Reihe von Herausforderungen stellen. Informations- und Kommunikationstechnologien sowie schnelle und günstige Transportverbindungen haben zu einem globalen „Echtzeitmarkt“ geführt, der den Wettbewerb zwischen Standorten verschärft hat. Städte und Regionen müssen ihre Rolle in diesen Prozessen neu definieren [IFM & TÜV, 2009]. So siedeln sich zum Beispiel Unternehmen aus innovationsabhängigen Branchen verstärkt in urbanen Gebieten mit hochwertiger Infrastruktur und kreativen Netzwerken an [Malle, 2009]. Laut [Reiter, 2008] gewinnen vor allem Stadtregionen mit einer intelligent gesteuerten Verdichtung von Wissen, kooperativen Kommunen und Unternehmen, spezialisierten Dienstleistern sowie einer hohen Lebens- und Freizeitqualität an Bedeutung. Auch [Ledune, 2007] betont die Wichtigkeit von gut ausgebildeten und innovativ denkenden Menschen für den urbanen Standort. Nach [Jenks & Dempsey, 2005] spielt neben einer geeigneten technologischen Infrastruktur vor allem die soziokulturelle Attraktivität der Stadt eine wesentliche Rolle für den Wirtschaftsstandort. Für Städte wesentlich sind auch neue Entwicklungen im Bereich des Arbeitsmarktes. Dazu zählen neue Formen des Arbeits- und Pendelverhaltens, eine zunehmenden Auflösung der Verortung von Arbeitsplätzen, fließende Übergänge zwischen Arbeitnehmer und Unternehmer und eine zunehmende Notwendigkeit von Arbeitnehmermobilität. [Mangels, 2009]

Im Hinblick auf eine nachhaltige Entwicklung fordern einige Experten eine stärkere Orientierung an regionalen Wirtschaftsprozessen [Diefenbach et al., 2002]. Nach [Manstein et al., 2005] sollte nachhaltige Wirtschaftsentwicklung eine Schwerpunktsverschiebung auf die Versorgungs- und Produktionsbeziehungen innerhalb der Region verfolgen, da viele Bereiche der nachhaltigen Entwicklung durch eine regionale Ausrichtung der Wirtschaft gefördert werden. Als Beispiel kann die Regionalisierung der Energieversorgung genannt werden („Energierregionen“). Energie- und Stoffkreisläufe werden lokal geschlossen, wodurch auch Kapital und Kaufkraft in der Region bleiben. Auf diese Weise können regionale Wertschöpfungsketten aufgebaut, mittelständische Strukturen gestärkt und neue Arbeitsplätze geschaffen werden. Zusätzlich gibt es Impulse für das regionale Innovationssystem. Regionale Energieversorgung bedeutet auch verminderte Abhängigkeit von unsicheren globalen Märkten und von Importen aus geopolitisch instabilen Regionen. Als Beispiel kann hier die Ge-

meinde Güssing genannt werden, welche sich durch eine konsequente Regionalisierung der Energieversorgung von einer der ärmsten Regionen Österreichs zu einem international beachteten Vorzeigeprojekt und Kompetenzzentrum in Sachen erneuerbare Energien gewandelt hat (siehe 3.9.15).



Abbildung 3-21: Regionale, regenerative Energieversorgung in Kötschach-Mauthen

Die komplementären Prozesse von Globalisierung und Regionalisierung führen zur Bildung von relativ kleinräumig strukturierten regionalen Wirtschaftssystemen. Diese regionalen Cluster stehen in enger Verbindung mit den Schaltzentralen der Globalökonomie, in denen Geld- und Warenströme zusammenlaufen. Die regionalen Standortssysteme stellen „...räumlich strukturierte Gefüge von Menschen, Bauten, Anlagen, Maschinen, Institutionen, Regeln und Organisationen dar, die miteinander in einem engen Interaktionszusammenhang stehen.“ [Weichhart, 2002]. Für die Regionen stellt sich angesichts des verstärkten Standortwettbewerbs die Frage, wie sie ihre „immobilen Faktoren“ (Infrastruktur, investiertes Sachkapital, rechtliche, gesellschaftliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen, Umweltqualität, Ambiente, etc.) bestmöglich gestalten können, um „mobile Faktoren“ (Unternehmen, qualifizierte Arbeitskräfte, Kapital, etc.) zu halten und weiter anzuziehen. Dabei ist vor allem der örtliche Gesamtzusammenhang essentiell. Erst durch die regionale Bündelung immobiler Standortfaktoren können Synergieeffekte erzielt und die Attraktivität gesteigert werden. Regionale Cluster definieren sich durch soziokulturelle und ökonomische Interaktionszusammenhänge [Weichhart, 2002]. Diese wiederum setzen eine geeignete räumliche Struktur und Infrastruktur voraus, um die notwendige innerregionale Interaktionsdichte herstellen zu können. Für eine ökologisch nachhaltige Stadt- und Regionalentwicklung liegt eine der großen Herausforderungen darin, diese ökonomisch essentiellen Interaktionen durch eine geeignete Kombination von räumlicher Nähe, Mobilität und Kommunikation, möglichst umweltschonend zu ermöglichen (siehe 3.1.1 und 3.5.1).

Grundsätzlich stellt sich die Frage, welche wirtschaftlichen Prozesse auf lokaler Ebene geführt werden können und sollen und in welchen Bereichen umgekehrt eine stärkere Ankopplung an überregionale und globale Wirtschaftssysteme notwendig und hilfreich ist um letztlich eine ökonomisch, ökologisch und sozial nachhaltige Entwicklung zu erreichen.

3.6.2 Ökonomie und urbane Struktur

Zwischen räumlicher Entwicklung, Infrastrukturentwicklung und räumlicher Wirtschaftsentwicklung besteht eine enge Verbindung, auf welche bereits in anderen Kapiteln, im Zusammenhang mit Zersiedelung (siehe 3.1.2), Mobilität (siehe 3.5.1), Standortfragen (siehe 3.6.1) und sozialräumlicher Entwicklung (siehe 3.7.3), eingegangen wurde.

Städte sind seit jeher Zentren der Wirtschaftstätigkeit, welche den Menschen durch räumliche Nähe und eine geeignete Infrastruktur die Möglichkeiten bieten, Waren und Dienstleistungen auszutauschen. Aus ökonomischer Sicht besteht die primäre Aufgabe von räumlicher Struktur und Infrastruktur in der Ermöglichung der für wirtschaftliche Aktivitäten notwendigen Kommunikations- und Austauschprozesse und der Schaffung eines entsprechenden Umfeldes [Bertolini, 2005]. Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten spielen diesbezüglich die Kosten für die jeweiligen Infrastrukturdienstleistungen eine wichtige Rolle. Im Bezug auf die Infrastrukturfolgekosten sind insbesondere die gegenwärtigen Trends der räumlichen Entwicklung kritisch zu hinterfragen. Eine disperse, gering verdichtete Siedlungsentwicklung erfordert eine viel aufwändigere Infrastruktur, als eine kompakte Siedlungsform und ist dementsprechend mit höheren Kosten für Bereitstellung, Betrieb und Unterhalt verbunden. Nach [Schiller & Siedentop, 2005] ist der gravierende siedlungsstrukturelle Einfluss auf die Infrastrukturfolgekosten unbestritten, die konkreten Einsparpotentiale werden jedoch in der Literatur stark unterschiedlich bewertet. Die Autoren kommen zum Schluss, dass gegenüber einer dispersen Siedlungsentwicklung Kosteneinsparungen von mindestens einem Drittel erreicht werden können, wenn eine höhere Dichte umgesetzt wird, eine optimierte Lokalisierung neuer Siedlungsflächen gelingt und eine räumliche Bündelung der Bautätigkeit in größeren Siedlungseinheiten erreicht werden kann.

3.6.3 Urbane Ökonomie und Ressourcenversorgung

In ökonomischer Hinsicht stellt für Städte die künftige Ressourcenversorgung eine wichtige Zukunftsfrage dar. Der Einsatz von Rohstoffen ist unabdingbar für zahlreiche Wirtschaftstätigkeiten und erfordert eine störungsfreie Versorgung mit Rohstoffen zu angemessenen Preisen. Während bei Energieträgern wie Erdöl oder Erdgas die Abhängigkeit allgemein bekannt ist und auf vielfältigen Ebenen an Lösungen gearbeitet wird, ist die Rohstoffabhängigkeit in anderen Bereichen noch nicht so stark im öffentlichen Bewusstsein verankert.

In [Reller, 2009] wurden potentielle Risikoquellen für die Rohstoffbasis der deutschen Wirtschaft identifiziert. Die Ergebnisse der Studie gelten qualitativ auch für andere, ähnlich entwickelte Wirtschaftssysteme. Es werden folgende Risikofaktoren angegeben [Reller, 2009]:

- Wachstum ist rohstoffintensiv: Aufgrund des starken Wachstums aufstrebender Schwellenländer ist zukünftig mit einer gesteigerten Rohstoffnachfrage zu rechnen.
- Hohe Preisschwankungen: Starke Preisschwankungen bei Rohstoffen können, für verbrauchende Unternehmen zu finanziellen Problemen führen.
- Begrenzte Verfügbarkeit: Für manche Rohstoffe ist die natürliche Verfügbarkeit in absehbarer Zeit als kritisch zu bewerten.

- Hohe Bedeutung für Zukunftstechnologien: Wichtige Zukunftstechnologien (Brennstoffzelle, Mikroelektronik, Leichtbau, Energiesparlampen, Akkus,...) benötigen eine Vielzahl von teilweise seltenen Rohstoffen.
- Vorkommen sind regional konzentriert: Für zahlreiche Rohstoffe ist ein Abbau global gesehen nur an wenigen Stellen möglich oder lohnend.
- Rohstoffländer sind oft Risikoländer: Viele Rohstoffvorkommen befinden sich in politisch unsicheren Weltregionen.
- Rohstoffe sind oft Instrumente der strategischen Industriepolitik: Aufgrund der regionalen Konzentration und ihrer hohen strategischen Bedeutung werden Rohstoffe oft zum Instrument strategischer Handelspolitik (Ausfuhrsteuern, Exportverbote, etc.)
- Hohe Marktmacht einzelner Unternehmen: An den Rohstoffmärkten war in den letzten Jahren eine Zunahme der Unternehmenskonzentration zu verzeichnen.
- Zunehmende Materialdiversität: In technologischen Neuentwicklungen werden immer mehr unterschiedliche Materialien eingesetzt, um den erweiterten Anforderungen besser genügen zu können. Während beispielsweise in der Halbleiterindustrie in den 1980er Jahren zwölf Elemente ausreichen, sind derzeit schon knapp 60 Elemente erforderlich. (siehe Abbildung 3-22)
- Eingeschränkte Substituierbarkeit: Für viele Anwendungen sind keine Substitutionsmöglichkeiten zur Aufrechterhaltung einer qualitativ gleichwertigen Produktion absehbar.

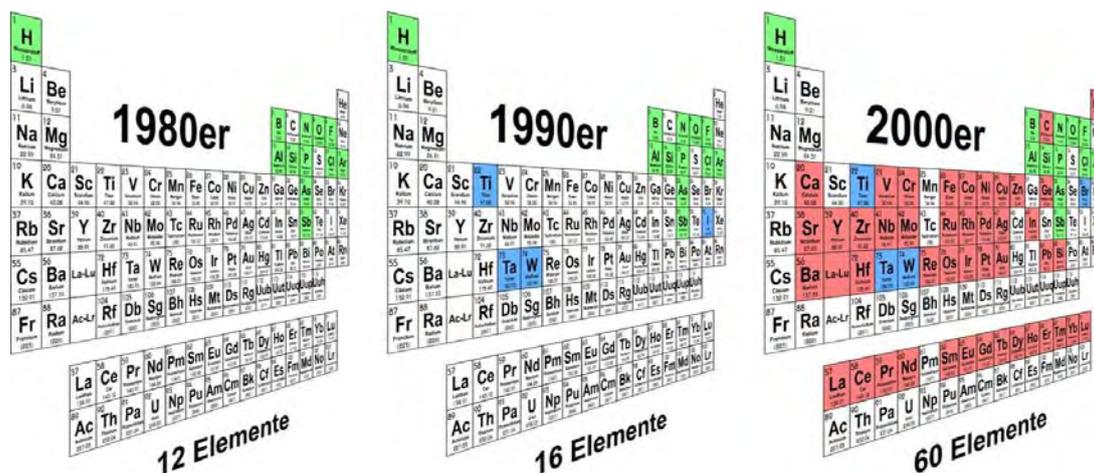


Abbildung 3-22: Zunehmende Materialvielfalt in der Halbleiterindustrie, Quelle: WZU Augsburg

Aus den oben genannten Entwicklungen ergeben sich für urbane Systeme wichtige Konsequenzen. Die gegenwärtige Siedlungs- und Infrastruktur basiert auf der günstigen Verfügbarkeit von Rohstoffen. Durch billiges Erdöl und die weite Verbreitung des Automobils wurde in den letzten Jahrzehnten eine disperse Siedlungsentwicklung ermöglicht, deren Betrieb und Aufrechterhaltung mit hohen Kosten und erheblichem Ressourcenaufwand verbunden ist (siehe 3.1.2.1, 3.5.1, 3.6.1). Eine verringerte Verfügbarkeit und steigende Energiekosten fordern die Städte heraus, ihre Strukturen an die neuen Gegebenheiten anzupassen.

Zudem stecken in Gebäuden, der Infrastruktur, in Elektrogeräten und Fahrzeugen große Mengen wertvoller Rohstoffe. In praktisch allen Bereichen ist eine zunehmende Materialvielfalt zu erkennen. Dabei ist es als besonders kritisch zu sehen, dass viele Zukunftstechnologien, auf einer großen Anzahl von teilweise sehr seltenen und risikobehafteten Rohstoffen basieren: Dünnschicht-Photovoltaik (Gallium, Indium, Selen), Brennstoffzellen (Platin, Scandium), Lithium-Ionen-Technologie (Kobalt, Lithium), Farbstoffsolarzellen (Ruthenium), Displays (Indium), optische Technologien (Germanium), Effiziente Elektromotoren (Kupfer), RFIDs (Silber, Kupfer) [Angerer et al., 2009]. Es besteht die Gefahr, dass durch derartige Technologien zwar einerseits die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern verringert wird, gleichzeitig aber Abhängigkeiten von anderen Ressourcen entstehen. Bei der Bewertung der Abhängigkeiten ist zu beachten, dass nicht nur Rohstoffen, welche in großen Mengen eingesetzt werden, eine hohe Bedeutung zukommt (Kupfer, Aluminium,...). Sogenannte „Gewürzmetalle“ und Seltene Erden werden in modernen Industrieprodukten nur in ganz geringen Mengen verwendet, sind aber für die Funktionalität der Produkte oft unverzichtbar. Versorgungsengpässe bei diesen Rohstoffen können ganze Wertschöpfungsketten lahmlegen. Aus dieser Tatsache ergibt sich auch für Regionen, deren Wirtschaft direkt oder indirekt von strategisch gefährdeten Rohstoffen abhängt, ein potentiell Risiko.

Es ist zu beachten, dass sich Rohstoffabhängigkeiten nicht auf den Energie- und Hochtechnologiektor beschränken. Als Beispiel kann Phosphat genannt werden, welches unter anderem als Düngemittel eingesetzt wird. Weil durch das globale Bevölkerungswachstum der Nahrungsmittelbedarf stark ansteigen wird und die weltweiten Phosphatvorkommen schnell abnehmen, wird die strategische Bedeutung dieses Rohstoffs in den kommenden Jahren zunehmen. In [Reller, 2009] wird eine Reihung von Rohstoffen nach ihrem Risikopotential vorgenommen. Weil Phosphat essentiell für die weltweite Nahrungsmittelversorgung ist und in seiner Funktion als Düngemittel auch nicht substituiert werden kann wird es auf Platz 6 gereiht und fällt in die Gruppe der Rohstoffe, deren Versorgung in Zukunft stark gefährdet sein dürfte. Die Ursache für den hohen Phosphatbedarf liegt in der fehlenden Kreislaufführung von Nähr- und Mineralstoffen begründet. Diese werden mit dem Abwasser in die Meere ausgebracht und gehen unwiederbringlich verloren. Städte können beispielsweise über eine Nährstoffrückgewinnung aus dem Abwasser wesentlich zur Minderung dieser Problematik beitragen. (Siehe 3.3)

Für urbane Systeme gilt es entsprechende strategische Maßnahmen zur Sicherung der Rohstoffbasis zu treffen, wie zum Beispiel die Umsetzung ressourceneffizienter Bebauungs- und Infrastrukturen oder die Entwicklung von Technologien und Konzepten zur Rückgewinnung von Rohstoffen auf urbaner Ebene. Die Technologieentwicklung ist vor allem im Hinblick auf Rohstoffsubstitution und die Entwicklung von Effizienz- und Recyclingkonzepten gefordert.

Für urbane Systeme ergeben sich aus der globalen Ressourcensituation aber auch neue Chancen. Städte und Regionen welche entsprechend ressourceneffiziente Strukturen aufbauen und ein geeignetes Ressourcenmanagement betreiben können so ihre Risiken minimieren und einen Standortvorteil erzielen. Im Energiesektor (Energieautarke Regionen, siehe 3.9.15) und im Wassersektor (Wassermanagement in Singapur, siehe 3.9.16) existieren diesbezüglich schon einige Best-Practice Beispiele.

3.6.4 Finanzierung

Die Errichtung, Erhaltung und der Umbau von urbanen Infrastruktureinrichtungen ist ein kapitalintensiver und langfristiger Bereich. Veränderten Rahmenbedingungen (Demographische Entwicklung,...) und die neuen Anforderungen an Infrastruktursysteme haben mitunter gravierende Auswirkungen auf die Finanzsituation vieler Kommunen. Durch die disperse Raumentwicklung der letzten Jahrzehnte können erforderliche Erneuerungsmaßnahmen in vielen Kommunen bereits heute nicht mehr über Gebühren finanziert werden [Wiechmann & Wirth, 2005]. Ein vielerorts prognostizierter Bevölkerungsrückgang bewirkt verminderte Einnahmen, denen meist keine proportionalen Rückgänge auf der Ausgabenseite gegenüberstehen. Gleichzeitig besteht ein erhöhter Finanzbedarf für die Anpassung an geänderte Rahmenbedingungen und den Übergang zu nachhaltigen Infrastruktursystemen ([Reutter, 2007], [Kluge & Scheele, 2008]). In diesem Zusammenhang werden innovative Finanzierungs- und Betreibermodelle für urbane Technologien und Infrastrukturen erforderlich.

Zunehmend wird in Form von öffentlich-privaten Kooperationen (Public-Private-Partnership) dazu übergegangen, Aufgaben der öffentlichen Hand gemeinsam mit privaten Partnern umzusetzen. Derartige Kooperationen können dabei in unterschiedlichsten Formen bei unterschiedlichen Leistungen bei Planung, Finanzierung, Betrieb oder Instandhaltung, eingegangen werden [Gwechenberger, 2006].

Insbesondere in Schrumpfenden Städten und Regionen stellt die Finanzierung ein Problem dar. Nach [Oswalt, 2005] werden im privaten Bereich neue, alternative Investoren in Sektoren tätig, die vom normalen Markt nicht beachtet werden. Dabei bilden sich neue Kooperationsformen zwischen Eigentümer und Nutzer/Mieter heraus (Mietsanierungsmodelle, Selbstnutzermmodelle,...). Ein zentrales Thema sind Verfügungsrechte an Grundstücken und Gebäuden. Traditionelle Eigentumsrechte werden durch Verfügungsrechte (Pachtmodelle, Erbbaurechtsmodelle, Gestattungsverträge,...) ergänzt, welche beispielsweise Nutzungsrechte im Gegenzug zu Pflege und Instandhaltung beinhalten.

Durch neue Steuerungs- und Messsystemen, wie beispielsweise Smart Metering im Energiebereich oder Verkehrstelematiksysteme im Mobilitätssektor werden künftig auch neue Tarifkonzepte möglich, die als Instrumente zur Finanzierung und Nachfragesteuerung eingesetzt werden können (siehe 3.2.7 und 3.5.3.2).

3.7 Mensch und Umwelt

Städte sind der Lebensraum der Zukunft. Der Trend der globalen Urbanisierung bringt es mit sich, dass Mitte dieses Jahrhunderts mehr als zwei Drittel der Weltbevölkerung in Städten leben werden. Damit ist es eine zentrale Zukunftsaufgabe, den Lebensraum Stadt so zu gestalten, dass er ein lebenswertes und gesundes Umfeld für den Menschen bietet ohne dabei aber auf Kosten von Natur und Umwelt zu gehen.

3.7.1 Lebensstil

Der soziale Wandel der letzten Jahrzehnte hat vielen Menschen neue Möglichkeiten zur individuellen Entfaltung ermöglicht, was sich in einer zunehmenden Ausdifferenzierung der Gesellschaft hinsichtlich Lebens- und Haushaltsformen äußert. Für die nachhaltige Stadtentwicklung wird ein besseres Verständnis individueller und kollektiver Verhaltensmuster und deren Auswirkungen auf das urbane System als wichtig angesehen (siehe 3.1.2.1). Eine Möglichkeit sich dieser Thematik zu nähern bietet das Lebensstilkonzept. Unter Lebensstilen werden relativ stabile Muster der alltäglichen Lebensführung verstanden, welche durch identifizierbare Symbole zum Ausdruck gebracht werden. Diese Zeichen (Kleidung, Körpersprache, Konsumverhalten, Freizeitverhalten, Musikvorlieben, etc.) sind Identitätsstiftend und dienen zum Ausdrücken sozialer Zugehörigkeit. [Jayne, 2006] [Horx, 2009a]

Nach [Moser et al., 2002] ist die gewünschte Wohn- und Lebensform mit tiefsitzenden Sehnsüchten verbunden (Revier, Besitz, Schaffen,...). Die damit einhergehende Verhaltensmuster sind somit mittels sachlicher Argumentation nur schwer veränderbar, was insbesondere dann problematisch ist, wenn damit ökologisch fragwürdige Entwicklungen verbunden sind (Einfamilienhaus, Automobilnutzung,...). Eine Analyse urbaner Lebensstile ermöglicht eine bessere Charakterisierung der Bedürfnisse bestimmter Bevölkerungsgruppen und erlaubt das Ableiten von Ansatzpunkte für Verhaltensänderungen.

[Beckmann et al., 2006] haben das Zusammenwirken von Lebensstilen, Wohnumfeld und Raum-Zeit-Verhalten untersucht und damit die Hintergründe der komplexen Wirkungsbeziehungen von Wohnstandort- und Alltagsmobilität erkundet. Auf Basis dieses erweiterten Erklärungsansatzes konnten Strategien für den planungspraktischen Umgang mit Wohnen und Mobilität im Kontext einer nachhaltigen Stadtentwicklung abgeleitet werden.

Über das Konzept Lebensstil hinausgehend halten [Fischer-Kowalski & Weisz, 2008] die Auseinandersetzung mit dem gesellschaftlichen Metabolismus der Industriegesellschaft für notwendig. Dabei wird Gesellschaft als strukturelle Kopplung eines kulturellen Symbolsystems, welches Sinnhaftigkeit und Absichten bestimmt, mit materiellen Elementen, welche die physische Wirksamkeit ergeben, verstanden. Der Interaktionsprozess zwischen Natur und Kultur kann demnach nur über die biophysischen Strukturen der Gesellschaft erfolgen, in welchen sich der durch Naturgesetze bestimmte Kausalitätsbereich mit dem kulturell-symbolischen Kausalitätsbereich überlappt. Die Analyse des gesellschaftlichen Metabolismus bezieht sich also sowohl auf Material und Energieflüsse zwischen biophysischen Gesellschaftsstrukturen (Menschliche Population, Gebäude, Maschinen, Nutztiere, etc.) und natürlichen Ökosystemen als auch auf die strukturelle Kopplung zwischen biophysischen und symbolischen Elementen.

3.7.2 Lebensqualität

Ein Hauptziel der Bemühungen zur nachhaltigen Stadtentwicklung ist es, den Bewohnern ein lebenswertes Umfeld zu schaffen und einen Beitrag zu einer gesteigerten Lebensqualität zu leisten. Die Aalborg-Charta über zukunftsbeständigen Stadtentwicklung spricht in diesem

Zusammenhang von der Vision „...integrativer, prosperierender, kreativer und zukunftsbeständiger Städte und Gemeinden, die allen Einwohnerinnen und Einwohnern hohe Lebensqualität bieten und ihnen die Möglichkeit verschaffen, aktiv an allen Aspekten urbanen Lebens mitzuwirken.“ [Europäische Kommunalbehörden, 2004]

Lebensqualität ist ein schlagwortartiger Sammelbegriff der den Grad der Zufriedenheit von Personen oder Gemeinschaften beschreiben soll. Der Begriff Lebensqualität wird im gegenwärtigen wissenschaftlichen Gebrauch nicht einheitlich definiert und verwendet. Nach [EEA, 2009] versteht man unter Lebensqualität Faktoren, welche die Lebensbedingungen einer Gesellschaft oder von Individuen ausmachen. Bei der Lebensqualität spielen subjektive Faktoren (Ziele, Standards, Erwartungen, Werte,...) und objektive Faktoren (Verfügbarkeit von materiellen und immateriellen Dingen,...) eine Rolle.

Die individuelle Lebensqualität wird in unserer Gesellschaft vielfach über ressourcenintensiven Konsum definiert. Aus diesem Blickwinkel besteht eine gewisse Diskrepanz zwischen der Verbesserung der gegenwärtigen Lebensqualität und langfristigen Nachhaltigkeitsanforderungen welche eine Voraussetzung für die Erhaltung der Grundlagen der Lebensqualität darstellen [BMLFUW, 2002b]. Nach [EEA, 2009] sollte deshalb zwischen grundlegenden Bedürfnissen und Bedürfnissen die aufgrund einer verbreiteten Konsumkultur entstehen unterschieden werden.

In [EEA, 2009] werden folgende Bereiche zur Lebensqualität gezählt:

- Ökonomische Situation
- Wohnen und Wohnumfeld
- Beschäftigung
- Bildung
- Haushaltsstruktur und Familienverhältnisse
- Work-life Balance
- Gesundheit und Gesundheitsversorgung
- Subjektives Wohlbefinden
- Qualität der Gesellschaft

Die urbane Lebensumgebung steht in enger Verbindung zu diesen Faktoren, ein entsprechend gestaltetes Umfeld ist also unabdingbar für eine hohe Lebensqualität in der Stadt.

Eine wesentliche Grundvoraussetzung für Lebensqualität ist eine gesunde Umgebung. In Städten wird vor allem Lärm und Luftverschmutzung als Problem angesehen [Tarzia, 2003]. Die wichtigsten Luftschadstoffe in urbanen Gebieten sind Feinstaub, Ozon und Stickoxide. So sind nach [EEA, 2009] fast 90% der europäischen Stadtbevölkerung einer Feinstaubbelastung ausgesetzt, welche die von der WHO empfohlenen Richtwerte überschreitet (siehe auch 3.9.17). Eine andauernde Lärmexposition hat nachgewiesenermaßen umfassende Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit, Leistungsfähigkeit und Wohlbefinden [Kundi et al., 2009]. Die wichtigste Lärmquelle in Städten ist der Verkehr.

Eine weitere Herausforderung für die Gesundheit und Lebensqualität in Städten wird in den Folgen des weltweiten Klimawandels gesehen. Neben steigenden Meeresspiegeln, Wasserknappheit und extremen Niederschlagsereignissen stellen vor allem Hitzewellen, welche sich aufgrund des urbanen Wärmeinseleffektes in Städten besonders stark auswirken, ein gesundheitliches Problem dar [Dhakal, 2002].

Ein wesentlicher Faktor für eine hohe urbane Lebensqualität sind entsprechend hochwertige öffentliche Freiflächen und Außenräume. Öffentliche Plätze, Parks, Grünflächen und Freizeiteinrichtungen stellen wichtige Begegnungs-, Kommunikations- und Erholungsräume dar. Studien aus acht europäischen Städten zeigen, dass Personen, welche in der Nähe von großen, grünen Freiräumen leben, mit größerer Wahrscheinlichkeit körperlich aktiv sind und weniger oft an Übergewicht leiden [EEA, 2009]. Städtische Grünflächen leisten darüber hinaus auch einen wichtigen Beitrag zur Verminderung des urbanen Wärmeinseleffektes und bieten einen Lebensraum für Pflanzen und Tierarten (siehe 3.1.2.2, 3.7.4). Die Verfügbarkeit von geeigneten öffentlichen Freiflächen ist unbestritten eine wichtige Voraussetzung für nachhaltige Stadtentwicklung. Gegenwärtige Forschungsanstrengungen beziehen sich vor allem auf Planungs-, Finanzierungs- und Managementansätze, um qualitativ hochwertige Freiflächen bereitstellen und erhalten zu können. [IFM & TÜV, 2009]

Die öffentliche Sicherheit und das persönliche Sicherheitsgefühl sind für das Wohlbefinden der Stadtbewohner von großer Bedeutung. In der stadtbezogenen Forschung wird vermehrt die Frage diskutiert, wie neue Entwicklungen bezüglich Sicherheit in der Stadt erfasst und bewertet werden können, und wie darauf geeignet reagiert werden soll. Nach [Siebel & Wehrheim, 2003] speist sich die gegenwärtige Diskussion über Sicherheit in der Stadt aus einem Gemenge von realen Veränderungen (Demographischer Wandel, Wandel des Arbeitsmarktes, Migration, etc.), geänderten Wahrnehmungsmustern (Mediale Darstellung,...) sowie unbewussten Projektionen und Verschiebungen. Die daraus erwachsende vermehrte Nachfrage nach Sicherheit äußert sich in vielfältiger Weise. Eine extreme Form von Ausgrenzung und Überwachung „öffentlicher“ Räume stellen sogenannte „Gated Communities“ dar. Diese geschlossenen Nachbarschaften sind oft mit Mauern umrahmt und verfügen über zusätzliche Sicherheitseinrichtungen wie private Sicherheitsdienste, Videoüberwachung und Zugangskontrollsysteme. Derartige Entwicklungen werden im Kontext der sozialen Nachhaltigkeit als höchst kritisch beurteilt, weil dadurch zentrale Charakteristika des öffentlichen Raumes, Zugänglichkeit und Anonymität, stark eingeschränkt werden. Kontrollbefugnisse gehen von öffentlichen Akteuren auf private Akteure über, welche politisch schwer kontrollierbar sind [Siebel & Wehrheim, 2003]. Andere Ansätze stellen präventive Maßnahmen in den Vordergrund. In [Schlömer & Schmidt, 2008] wurde der Zusammenhang zwischen baulicher Gestaltung des Wohnumfeldes, Wohnverhalten, Objektbetreuung, Täterverhalten und Kriminalitätsentwicklung untersucht. Darauf aufbauend wurden Ansätze abgeleitet, wie Erkenntnisse der Kriminalprävention unter städtebaulichen und sozialräumlichen Aspekten in der Planungspraxis berücksichtigt werden können.

3.7.3 Sozialräumliche Entwicklung

Innerhalb von Städten existieren oft große Unterschiede im Hinblick auf ökonomische und soziale Möglichkeiten, Infrastrukturversorgung und Umweltqualität. [Göschel, 2009] sieht als Folge der Megatrends (siehe 2.2) eine zunehmende Polarisierung zwischen Milieus und Schichten, Stadtteilen und Quartieren, Städten und Regionen. Zu- und Abwanderungsprozesse verlaufen oft altersstrukturell und sozial selektiv. Während junge, mobile, wohlhabende, gebildete und qualifizierte Bevölkerungsschichten strukturschwache Stadtteile, Städte und Regionen verlassen, kommt es dort zu einer Konzentration benachteiligter Bevölkerungsgruppen. Als Folge leiden solche Regionen häufig unter Imageproblemen. Externe Investoren fallen weg, es kommt zu Nachfragerückgängen und zu einer Abwertung von Immobilienwerten. Derartige Prozesse führen vielfach zu einer Finanzkrise der betroffenen Regionen, was wiederum eine Umsetzung der notwendigen Anpassungs- und Gegenstrategien weiter erschwert. [Baumann et al., 2008]

Im Hinblick auf derartige Trends ist das Herstellen der Integrationsfähigkeit der Stadtgesellschaft ein zentrales Ziel nachhaltiger Stadtentwicklung. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Ausgestaltung der urbanen Infrastruktur und Siedlungsstruktur Einfluss auf die soziale Struktur und Integrationsfähigkeit hat. Nachhaltige Planung muss die Diversität und die abweichenden Anforderungen berücksichtigen, welche aus Unterschieden in Alter, Einkommen, Kultur oder Herkunft entstehen ([Gaffron et al., 2005a] [Reutter, 2007]). Eine heterogene Qualitätsstruktur kann helfen, soziale Segregation und Ghettoisierung zu vermeiden [Poppe & Prehal, 2002]. So sollte beispielsweise bei Siedlungsprojekten eine möglichst große Vielfalt an Wohnungstypen in verschiedenen Größen und Preislagen angeboten werden.

Soziale Stabilität hat auch eine ökonomische Dimension. Quartiere mit funktionierendem sozialen Gefüge und hoher Lebensqualität weisen weniger Leerstand, potentiell höhere Mieten und damit insgesamt bessere Renditen auf. [Gaffron et al., 2005a]

3.7.4 Naturschutz

Die Stadt bietet vielfältigen Tier- und Pflanzenarten einen Lebensraum. Grünflächen, Stadtwälder, Brachflächen, Flussläufe, Teiche, Stadtbäume und Aleen stellen wertvolle städtische Lebensräume für Flora und Fauna dar. Städtische Lebensräume sind für Tiere und Pflanzen ein Ersatz für verloren gegangene Biotope außerhalb des Siedlungsgebietes. Das Ökosystem Stadt weist, im Unterschied zu Ökosystemen in der freien Landschaft, einige spezifische Charakteristika auf. So führen beispielsweise der urbane Wärmeineffekt und durch Bodenversiegelung verursachte Grundwasserabsenkung zu einer vermehrten Einbürgerung von nichteinheimischen Pflanzen- und Tierarten (Neobiota), und zu einer Verdrängung einheimischer Arten. Die Ziele und Maßnahmen für Naturschutz in der Stadt können und sollen sich von jenen im Umland unterscheiden. Der Schwerpunkt der Naturschutzbemühungen im besiedelten Raum liegt bei der Erholungsvorsorge, dem Erhalt der biologischen Vielfalt und der Erhaltung eines guten Zustands von Luft, Boden und Wasser. Möglichkeiten und Instrumente für urbanen Naturschutz stellen z.B. Landschaftsplanung, Bauleitplanung, Grün- und

Freiflächenmanagement, Eingriffsregelung oder die Ausweisung von Schutzgebieten und -objekten dar. [BFN, 2007]

Als positives Beispiel kann das Gesamtkonzept für Naturschutz, Landschaftspflege und Naherholung der Stadt Darmstadt genannt werden. Im Vorfeld der Konzepterstellung wurde eine umfangreiche Nutzungs- und Biotoptypen-Kartierung für das gesamte Stadtgebiet erstellt. Diese erfasst und bewertet alle Grün- und Freiflächen sowie die jeweilige Raumnutzung nach ihrer Bedeutung für Naturschutz, Naherholung und Ressourcenschutz. Zudem wurde ein umfangreicher Katalog von Schutz-, Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen erstellt. Der Landschaftsplan enthält unter anderem Vorschläge zum Ausbau von Grünflächen, der Neuanlage von Grünverbindungen und Wegen, sowie der Neupflanzung von Alleen. Werden Eingriffe in Natur und Landschaft vorgenommen, so sind entsprechende Ausgleichsmaßnahmen zu treffen. Wird z.B. durch einen Neubau ein Feuchtbiotop zerstört, ist als Ausgleichsmaßnahme in der Umgebung ein neues Biotop anzulegen. Auf einem „Ökokonto“ kann man sich freiwillige, „vorlaufende Ersatzmaßnahmen“ als Ausgleich für einen späteren Eingriff anrechnen lassen.

Durch die starke Wechselbeziehung zwischen Stadt und Umland ist, für eine naturverträgliche Siedlungsentwicklung, auch der Naturschutz im natürlichen und naturnahen Raum außerhalb der Bebauung zu berücksichtigen. [BFN, 2007]

3.8 Urbanes Management

Städtische Entwicklungsprozesse ergeben sich aus komplexen gesellschaftlichen, ökonomischen und ökologischen Zusammenhängen. Das Leitbild der nachhaltigen Entwicklung erfordert Ansätze und Methoden, welche in der Lage sind, mit dieser Komplexität geeignet umzugehen. Unter urbanem Management versteht man das koordinierende Zusammenspiel verschiedener Akteure zum Erreichen eines gemeinsamen Ziels. Dazu gehören unter anderem Planung, Leitung, Organisation, Monitoring und Evaluation von urbanen Entwicklungsprozessen [EEA, 2009].

3.8.1 Methoden für Planung, Bewertung und Management

[Göschel, 2009] benennt, vor dem Hintergrund einer immer dynamischer werdenden Gesellschaft, ein grundlegendes Planungsdilemma der modernen Stadtplanung. Je komplexer und dynamischer ein System ist, desto kürzer ist der Zeitraum, über den zuverlässige Prognosen über die weitere Entwicklung abgegeben werden können. Gleichzeitig wirken gesellschaftliche und städtebauliche Maßnahmen unabsehbar weit in die Zukunft.

3.8.1.1 Planungsmethodik für nachhaltige Städte

Im ECOCITY Projekt wurde eine integrierte Planungsmethodik für nachhaltige Städte entwickelt. Merkmale der ECOCITY Planungsmethodik sind:

- Multidisziplinärer Ansatz

- Iterativer Planungsprozess
- Holistische Integration der Ergebnisse aus den Einzelbereichen
- Integration der Stakeholder in den Planungs- und Entscheidungsprozess
- Berücksichtigung lokaler Gegebenheiten und Besonderheiten

Im Rahmen des ECOCITY Projektes wurde die Methodik bei der Planung von sieben Modellsiedlungen angewandt und evaluiert. [Gaffron et al., 2005b]

[von Zadow, 2009] präsentiert Integrierte und kooperative Planungsmethoden für einen nachhaltigen Städtebau. Dabei spielt die Kopplung von sozialen Prozessen und Planungsprozess eine entscheidende Rolle. Es werden drei „Haupt-Sphären“ unterschieden:

- Die Öffentlichkeit (Verbände, Initiativen, Bewohner, Anlieger,...)
- Die Entscheider (Verwaltung, Politik, Investoren,...)
- Das Planer- und Moderationsteam (Stadtplaner, Wissenschaftler, Fachexperten, Mediatoren,...)

Die Interessensparteien werden mit einem Experten- und Moderationsteam zusammengebracht. Dieses Team ist in der Lage Lösungsszenarien zu entwickeln und diese mit den Interessensparteien durchzuspielen.

Die „Environmental Maximisation Method“ ist eine Planungsmethodik für integrierte, multidisziplinäre Planung. Die Planungsschritte umfassen dabei:

- Inventarisieren: Erfassen der Anforderungen und Standortfaktoren
- Maximieren: Ermitteln der Konsequenzen der umweltfreundlichsten Methode für jeden Sektor (Energie, Wasser,...)
- Optimieren: Individuelle Ergebnisse werden zu einem optimalen Umweltkonzept integriert.
- Integrieren: Integration in einen Städtebaulichen Masterplan

Durch die schrittweise Integration der Einzelaspekte werden Konfliktfelder erkennbar, die eine Entscheidung erfordern. [Gaffron et al., 2005b]

Die übliche Vorgehensweise zur der Lösung von wissenschaftlichen oder technischen Problemen ist ein Aufteilen in kleinere, überschaubare Aufgaben, welche in einzelnen Teams gelöst werden und im Anschluss zur Gesamtlösung zusammengefügt werden. Nach [Braha et al., 2006] stößt dieser Ansatz bei hochkomplexen, interdependenten Systemen an seine Grenzen. Die Autoren behaupten, dass nur evolutionäre/adaptive Prozesse in der Lage sind hochkomplexe Systeme zu erzeugen. Aufgabe ist es daher Systeme zu schaffen, welche sich in einem entsprechenden Umfeld über Evolutions- und Selbstorganisationsprozesse optimieren können.

3.8.1.2 Tools für Planung und Management

Integrale Werkzeuge zur Entscheidungsunterstützung für Planung und Management urbaner Systeme beruhen vielfach auf einer Kombination von Simulationsmodellen, Werkzeugen zur Datenanalyse und Verwaltung, sowie Werkzeugen zur Darstellung, Visualisierung und

Kommunikation [Leeuwen & Timmermans, 2005]. Da räumliche Zusammenhänge bei urbanen Prozessen eine wesentliche Rolle spielen werden zunehmend Geo-Informationssysteme (GIS) eingesetzt. Dadurch können wesentliche technische, rechtliche, ökonomische, ökologische und soziale Einflussfaktoren räumlich zusammengeführt, bearbeitet und übersichtlich dargestellt werden.

Im Kompetenzzentrum Virtual Reality und Visualisierung (VRVis) wurde im MetroVis Projekt ein System zur interaktiven real-time 3D-Visualisierung von stadtrelevanten Daten, sowie eine zugehörige Datenbank entwickelt. Die Visualisierung dient zur Unterstützung von Stadtplanungsprozessen, Verwaltung oder zur Information von Touristen und Bürgern. [Borovsky et al., 2004]

Im VivaCity2020-Projekt wurden Tools und Unterlagen entwickelt, um Stadtplaner und Entscheidungsträger bei der Entwicklung nachhaltiger urbaner Lösungen zu unterstützen. [Cooper et al., 2006]

Neben der Prognose und Bewertung kommt, vor allem bei integrierten transdisziplinären Ansätzen, der Kommunikation zwischen allen Beteiligten eine entscheidende Rolle zu. Die Umsetzung von Bürgerbeteiligung in urbanen Entscheidungsprozessen setzt die geeignete Kommunikation (komplexer) Sachverhalte voraus. GIS, Visualisierungen und Internettechnologien können eine gut informierte, gemeinschaftliche Entscheidungsfindung unterstützen, beziehungsweise machen einen partizipativen Entscheidungsfindungsprozess überhaupt erst möglich. [Leeuwen & Timmermans, 2005] [Wissen & Gret-Regamey, 2009]

3.8.1.3 Indikatoren und Bewertungsmethoden

Methoden und Indikatoren zur Nachhaltigkeitsbewertung sind wesentliche Instrumente für ein Nachhaltigkeitsmanagement. Indikatoren werden dabei zu unterschiedlichen Zwecken eingesetzt [The Pastille Consortium, 2002]:

- *Entscheidungen unterstützen*: Festlegen von Zielen, Benchmarking, Vergleichen, etc.
- *Umsetzung steuern*: Monitoring und Evaluation, Interpretation, Controlling, etc.
- *Nachhaltigkeit verstehen*: Identifizieren relevanter Themen, Zustände und Trends erkennen, etc.
- *Konflikte lösen*: Koordination, Mediation, Diskussion verschiedener Wertvorstellungen, etc.
- *Stakeholder einbeziehen*: Beteiligung, Kommunikation, etc.

Gegenwärtig wird eine unüberblickbare Vielzahl von Methoden und Indikatoren zur Nachhaltigkeitsbewertung entwickelt und eingesetzt. Eine kleine Auswahl wird im folgenden Kapitel vorgestellt.

Die Ökobilanzierung (Life Cycle Analysis, LCA) ist ein wichtiges Instrument zur Analyse von Umweltauswirkungen. Bei der Ökobilanzierung werden alle wesentlichen, umweltrelevanten Entnahmen (Rohstoffe, Energie,...) und Emissionen (Abfälle, Schadstoffe,...) über den gesamten Lebenszyklus eines Produktes oder Prozesses berücksichtigt. Der gesamte Res-

sourcesverbrauch und die Emissionen werden dem definierten Nutzen (funktionelle Einheit) gegenübergestellt (Sachbilanz). Für die Abschätzung der ökologischen Auswirkungen werden relevante Wirkkategorien (Treibhauseffekt, Eutrophierung, Versauerung, Ökotoxizität, etc.) ausgewählt und auf Basis der zugehörigen Wirkmodelle und Sachbilanzdaten die Umweltwirkung abgeschätzt (Wirkungsabschätzung, Life Cycle Impact Assessment) [ÖNORM EN ISO 14044, 2006] [Frischknecht et al., 2004]. Die Ökobilanzierung wird derzeit hauptsächlich zur Bewertung von Produkten oder Prozessen eingesetzt. In zunehmendem Maße werden aber Elemente der Ökobilanzierung (Sachbilanz, Wirkkategorien, ...) adaptiert und zur Bewertung von Regionen herangezogen. [Koskela et al., 2003]

Die Methode der Stoffflussanalyse erlaubt eine differenzierte, quantitative Erfassung, Bewertung und Interpretation von Stoffhaushaltssystemen. Dabei wird neben einzelnen Gütern auch die Ebene von chemischen Elementen und deren Verbindungen (Stoffe) betrachtet. Bei einer regionalen Stoffflussanalyse sind sowohl geogene als auch anthropogene Faktoren zu berücksichtigen. Ausgangspunkt für anthropogene Stoffflüsse sind die vier grundlegenden menschlichen Aktivitäten:

- Ernähren
- Reinigen
- Wohnen
- Transportieren und Kommunizieren

Diese Aktivitäten sind Handlungen des Menschen um seine Bedürfnisse zu befriedigen. Aktivitäten können auf unterschiedliche Art, mit unterschiedlichen Prozessen realisiert werden und bieten deshalb einen Ansatz zur Ausschöpfung von Optimierungspotentialen. [Baccini & Bader, 1996] [Baccini & Brunner, 1991]

Das MIPS-Konzept (Material-Input pro Serviceeinheit) ist ein Ansatz zur vereinfachten Abschätzung der Umweltbelastung eines Produktes oder Services. Anders als bei der Ökobilanz, welche die Umweltwirkung aus Input (Ressourcenentnahme,...) und Output (Emissionen,...) auf Basis von komplexen Wirkmodellen abschätzt, wird beim MIPS-Konzept vereinfachend angenommen, dass sich durch eine Reduktion des Materialinputs auch die Umweltwirkungen reduzieren lassen. Bei der Berechnung werden alle zur Herstellung des Produktes notwendigen Energie- und Materialströme erfasst und auf den Nutzen (Serviceeinheit) bezogen. [Schmidt-Bleek, 1998]

Der ökologische Fußabdruck gibt an, welche Fläche notwendig ist um unter bestimmten Voraussetzungen (Konsumverhalten, Produktionsbedingungen,...) die Bedürfnisse eines Menschen dauerhaft zu befriedigen. Dazu zählen sowohl die Flächen zur Produktion von Energieträgern, Nahrung und anderen Gütern, als auch Flächen zur Deponierung von Abfällen und zum Abbau von Emissionen. Diese in Anspruch genommene Fläche kann dann mit den zur Verfügung stehenden Flächen verglichen werden und so nicht nachhaltige Entwicklungen aufzeigen [Wackernagel, 1994]. Der ökologische Fußabdruck der Stadt Wien liegt beispielsweise bei 3,9 Hektar pro Person [Daxbeck et al., 2001]. Damit wird der laut Global

Footprint Network zur Verfügung stehende Wert der Biokapazität von 1,8 ha pro Person klar überschritten.

Der Sustainable Process Index (SPI) ist eine Abwandlung des ökologischen Fußabdruck-Konzeptes und kann auf Produkte, Prozesse und Regionen angewandt werden. Eine Grundannahme des SPI Konzeptes ist, dass jede nachhaltige Gesellschaft nur auf Basis solarer Energie existieren kann. Da die Umwandlung solarer Exergie in nutzbare Produkte und Dienstleistungen Fläche benötigt, wird Fläche als der limitierende Faktor einer nachhaltigen Wirtschaft angesehen. Das Ergebnis der Berechnung ist das Verhältnis der Fläche welche zur Bereitstellung eines bestimmten Produktes oder Services notwendig ist zur Fläche welche in einem bestimmten Kontext (regional, global,...) zur Verfügung steht [Narodoslawsky & Krotscheck, 1995]

Neben den oben vorgestellten allgemeinen Methoden und Indikatoren zur Nachhaltigkeitsbewertung existieren speziell für Städte und Regionen entwickelte Indikatoren und Indikatorensets. Diese basieren zum Teil auf den oben genannten Methoden und Indikatoren.

Im Projekt „European Common Indicators (ECI)“ wurden Indikatoren zur Nachhaltigkeitsbewertung von Städten entwickelt [Tarzia, 2003]. Die zehn Indikatoren (siehe Tabelle 3-1) basieren auf den drei Nachhaltigkeitssäulen und geben somit ein lokales Nachhaltigkeitsprofil der Stadt wieder. Diese Indikatoren können, wenn sie regelmäßig erhoben werden, Entwicklungen anzeigen und ein Feedback über die Auswirkungen von Maßnahmen geben. Bei der Auswahl der Indikatoren wurde berücksichtigt, dass diese in Befragungen relativ einfach erhoben werden können. Im ECI Projekt wurden Datensätze von 42 europäischen Städten und Gemeinden erhoben und ausgewertet.

Im Haus der Zukunft Projekt „LES – Linz entwickelt Stadt“ wurde ein Instrumentarium entwickelt mit dem städtische Entwicklungsvorhaben nach den Kriterien der Nachhaltigkeit evaluiert werden können. Nach Ansicht der Autoren sind auf der Ebene der Stadtentwicklung quantitative Indikatoren entweder nicht verfügbar oder nur begrenzt aussagefähig. Folgende Themenfelder werden bei der Bewertung besonders berücksichtigt [Gunter et al., 2004]:

- Nachhaltige Stadtplanung
- Bodenmanagement und Freiflächen
- Umweltschutz
- Mobilität
- Wirtschaftliche Nachhaltigkeit
- Sozialverträglichkeit

Das Bewertungstool beinhaltet folgende Bausteine:

- Auswahl der Zieldefinition
- Bewertung in interdisziplinären Team mit qualitativen/quantitativen Indikatoren auf Basis der Zieldefinition
- Ergebnisbericht

Das U.S. Green Building Council entwickelt ein System zur Nachhaltigkeitsbewertung und Zertifizierung von Siedlungsentwicklungen (LEED for Neighborhood Development). [US GBC, 2007]

Tabelle 3-1: European Common Indicators (ECI) [Tarzia, 2003]

| ECI | Headline indicator |
|---|---|
| Citizens' satisfaction with the local community | Average satisfaction with the local community (overall and mean) |
| Local contribution to global climate change | CO2 emission per capita |
| Local mobility and passenger transportation | Percentage of trips by motorized private transport |
| Availability of local public open areas and services | Percentage of citizens living within 300 metres from public open areas >5000 m ² |
| Quality of the air | Number of PM10 net overcomings |
| Children's journeys to and from school | Percentage of children going to school by car |
| Sustainable management of the local authority and local enterprises | Percentage of environmental certifications on total enterprises |
| Noise pollution | Percentage of population exposed to L _{night} >55 dB(A) |
| Sustainable land use | Percentage of protected area |
| Products promoting sustainability | Percentage of people buying sustainable products |
| Ecological Footprint | (wider ECI-Set) |

Das SUE-MoT Konsortium (Sustainable Urban Environment – Metrics, Models and Toolkits) entwickelt ein integriertes Nachhaltigkeitsbewertungssystem für Städte (ISAT). Dabei wurden 670 Bewertungstools analysiert und getestet. ISAT erlaubt die Auswahl derjenigen Tools die für den jeweiligen Kontext am besten geeignet sind integriert ihre Ergebnisse in einer umfassenden Gesamtbewertung [SUE-MoT, 2009]. [Thomson et al., 2007] beschreibt die Einbindung eines Wissensmanagementsystems in das ISAT System. Dadurch soll das System als Instrument zur Mediation zwischen verschiedenen Akteuren genutzt werden können.

Im Rahmen des CRISP-Projektes wurde ein europäisches Netzwerk aufgebaut, welches sich mit bauwerks- und stadtrelevanten Nachhaltigkeitsindikatoren beschäftigt. In der CRISP Datenbank sind Indikatoren und Bewertungsmethoden verzeichnet und kategorisiert. [Bourdeau & Nibel, 2004]

Neben den oben zitierten, wissenschaftlichen Bewertungsmethoden werden in der Praxis auch Bewertungen in Form von Städterankings durchgeführt. Die verwendeten Indices beruhen auf unterschiedlichen Bewertungskriterien. Beispiele sind der Global Cities Index des Magazins „Foreign Policy“ (Geschäftsaktivität, Humankapital, Informationsaustausch, kulturelle Erfahrung, politisches Engagement) oder der „Quality of Living“ Index der Unterneh-

mensberatung Mercer (politische Stabilität, Kriminalität, ökonomische Bedingungen, Freiheit des Individuums und der Presse, Gesundheitsversorgung, Schulsystem, Wohnsituation, Umweltverschmutzung, Elektrizitäts- und Wasserversorgung, Telefon- und Verkehrsnetz, Verfügbarkeit von Lebensmitteln und Alkohol,...).

3.8.1.4 Ressourcen Management

Unter nachhaltigem Ressourcenmanagement versteht man einen gezielt geführten Ablauf von Aktivitäten, der den nachhaltigen Schutz natürlicher Ressourcen (Boden, Wasser, Luft, Tier- und Pflanzenwelt, Landschaftsgestalt, etc.) und den effizienten Einsatz von aus der Natur entnommenen Ressourcen anstrebt. Das Ziel eines nachhaltigen Ressourcenmanagements ist die Verbesserung der Lebensqualität innerhalb der Tragfähigkeitsgrenzen der Ökosysteme. Lebensqualität entsteht aus der Gesamtheit aller Faktoren der Entwicklung der Stadt, die sich aus ökonomischer, ökologischer und sozialer Qualität ergeben. Ziel eines Ressourcenmanagements für Materialien ist demnach die Steuerung und Dosierung von Gütern und Stoffen um eine Verträglichkeit mit natürlichen Kreisläufen nach den Kriterien einer ökologisch nachhaltigen Entwicklung zu erreichen. [Obernosterer et al., 2003a]

Das Verstehen des Stoffwechsels einer Stadt ist notwendig, um die Ver- und Entsorgungsprobleme, die sich bei Ballungsräumen ergeben, frühzeitig erkennen und lösen zu können. Das Wissen um den urbanen Stoffwechsel ist für die Entscheidungsträger in der Stadtverwaltung zum Treffen effizienter Entscheidungen in Richtung nachhaltige Entwicklung wichtig. Zukunftsfähige Städte sollten daher ihren Metabolismus kennen und nach den Zielen "langfristige Umweltverträglichkeit" und "optimale Rohstoffnutzung" ausrichten, wobei unter Rohstoff Energie, Materie, Raum und Information zu verstehen sind.

Nachhaltige Ressourcennutzung bedeutet:

- Gewährleistung der Verfügbarkeit von Ressourcen
- Beherrschung der Umweltauswirkungen durch ihre Nutzung und Entsorgung.

Grundsätzlich kann ein Ressourcenmanagement die Bereiche Materialien, Energie, Umweltmedien (z.B. Oberflächengewässer, Erdreich) oder räumliche Ressourcen (z.B. Bodenflächen, Naturräume für die Erhaltung der Biodiversität) betreffen. Für ein Materialmanagement in urbanen Regionen bieten sich insbesondere folgende strategische Bereiche an:

- Wassermanagement (z.B. Trinkwasser, Regenwasser, Abwasser)
- Baumaterialienmanagement (z.B. Schotter)
- Produktions- und Konsumgütermanagement
- Energieträgermanagement
- Nährstoffmanagement (z.B. Stickstoff, Phosphor)
- Wertstoffmanagement (z.B. Aluminium, Eisen)
- Schadstoffmanagement (z.B. Blei, FCKW)

Auf Grund der Vielzahl an in Städten verwendeten Gütern und Stoffen ist es nur unter hohem Aufwand möglich, in allen Bereichen gleichzeitig ein umfassendes Materialmanagement zu

implementieren. Es ist daher notwendig, Schwerpunkte zu setzen und schrittweise an die Umsetzung heranzugehen. Als ein Beispiel kann das im Projekt ÖKOPOLIS entwickelte Ressourcenmanagementkonzept für die Stadt Wien genannt werden [Obernosterer et al., 2003a]. Die Studie baut auf den bestehenden Stoffbilanzen der Stadt auf (siehe 3.4.3) und entwickelt ein Schadstoffmanagementkonzept für diffuse Metallemissionen. Ein wesentlicher Bestandteil bei der Entwicklung von Managementszenarien ist die Partizipation relevanter Kernakteure und Entscheidungsträger. Um von der Stoffflussanalyse und der Bewertung zur Umsetzung der Ergebnisse zu kommen, wurden relevante Akteure, Regelungen, Programme und Technologien erhoben und mit dem Stoffflusssystem verknüpft (siehe Abbildung 3-23).

Im Projekt ÖKOPOLIS werden folgende Schritte zur Erarbeitung und Umsetzung eines Ressourcenmanagementplans angegeben:

- **Erfassung:** Stoffflussanalyse
- **Bewertung:** Erkennen von problematischen Anwendungen und verträglichen Stoffflüssen
- **Vernetzung** bzw. Integration: Verknüpfung der Stoffbilanz mit Kernakteuren und relevanten Regelungen
- **Szenarientwicklung:** Partizipation von Kernakteuren in der Planung von Managementszenarien mit Bezug auf bestehende Programme. Entwurf von mehreren Varianten als Diskussionsgrundlage für die Entscheidung über eine gangbare Strategie.
- **Strategien:** Erstellung eines Ressourcenmanagementkonzepts (Zielsetzung und Strategie) mittels Round-Table Gespräche und Interviews mit Kernakteuren.
- **Rahmenbedingungen:** Schaffung von Rechtsicherheit durch Entscheidungsträger, Festsetzen der Orientierungs-, Grenz- und Richtwerte
- **Dissemination:** Bewusstseinsbildung und Unterstützung bei Umsetzung.
- **Implementierung:** Maßnahmenpaket für die konkrete Umsetzung, Ressourcenmanagementplan
- **Monitoring und Vollzug:** Messungen, Erfolgskontrolle, Berichterstattung, Sanktionen, etc.
- **Evaluation** (Audit): Aktualisierung von Maßnahmen. Qualitätszertifikat

Ein weiteres Beispiel für Ressourcenmanagement im urbanen Kontext findet sich bei [Merl, 2005].

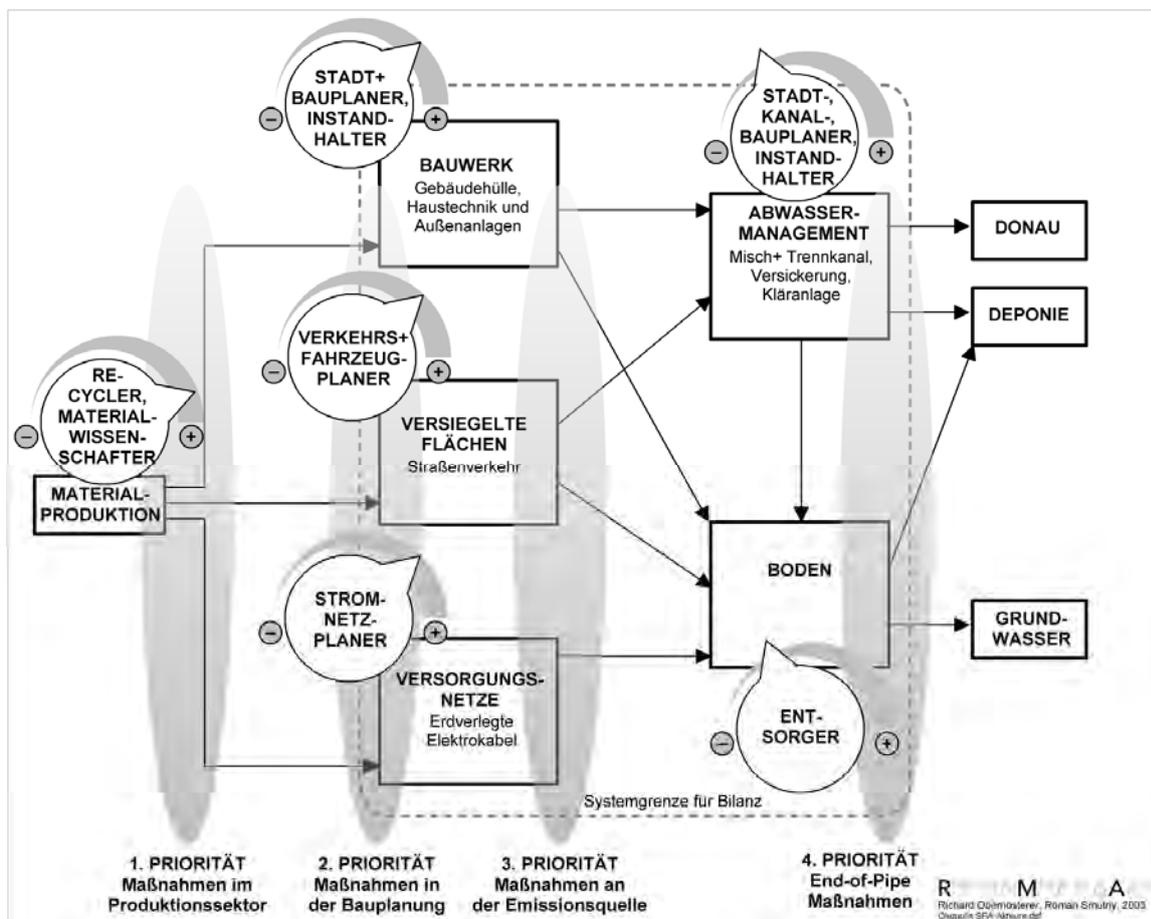


Abbildung 3-23: Akteurs-Stoffflussdiagramm mit prioritären Feldern für Maßnahmen [Obernosterer et al., 2003a]

3.8.1.5 Modellierung und Simulation

Modellierung und Simulation sind in allen Bereichen der Wissenschaft und Technik unerlässliche Werkzeuge für Analyse und Planung. In allen wichtigen urbanen Disziplinen und Bereichen (Stadtentwicklung, Verkehr, Energie, Ressourcen, Sozioökonomie, Klima, Emissionen...) existieren eine Reihe von deskriptiven und analytischen Modellen. Die Bandbreite reicht dabei von einfachen qualitativen Modellen über analytische Gleichgewichtsmodelle bis hin zu räumlich und zeitlich hochaufgelösten, adaptiven Multiagentenmodellen [Torrens, 2000]. Es besteht eine Tendenz diese Einzelmodelle zu kombinieren und zu integralen urbanen Simulationsmodellen weiterzuentwickeln [Batty, 2007]. Durch das Einbinden von geeigneten ökologischen, ökonomischen und sozialen Indikatoren können Maßnahmen auf Ihre Nachhaltigkeit evaluiert werden. Derartige Modelle können eine wertvolle Unterstützung für die Entscheidungsfindung auf strategischer Ebene darstellen.

Eine im urbanen Kontext besonders wichtige Klasse von Simulationsmodellen sind kombinierte Flächennutzungs- und Verkehrsmodelle (Land-Use and Transportation Models). Diese Modelle können das Verhalten von privaten und geschäftlichen Akteuren (Standortwahl, Rei-

severhalten,...) und daraus resultierende Wechselwirkungen und Rückkopplungen (Immobilienpreise, Umwelteffekte,...) räumlich und zeitlich simulieren. Dadurch können Synergien und kompensatorische Effekte von verkehrs- und raumplanerischen Maßnahmen aufgedeckt werden. [Emberger et al., 2005]

Viele der herkömmlichen Städtebaulichen Modellvorstellungen basieren auf sehr stark vereinfachten Annahmen (Stationarität, konzentrische Zonen,...) und können die komplexe Realität moderner Städte nur unzureichend abbilden. Auch viele dynamische Modelle sind theoretisch nicht begründet und liefern teilweise fragwürdige Ergebnisse. Neue Ansätze sind hybride, modulare Simulationskonzepte, welche existierende Simulationstechniken mit neuen Ansätzen aus der Komplexitätstheorie verbinden. Die Komplexitätstheorie erklärt wie aus einfachen Interaktionen elementarer Komponenten ohne zentrale Steuerung eine komplexe makroskopische Dynamik entstehen kann. Beispiele im urbanen Kontext sind das Entstehen von Verkehrsstaus aus individuellen Bewegungsmustern oder soziale Segregation aufgrund von individuellen Vorurteilen. Methoden wie Zelluläre Automaten oder Multiagentensimulationen erlauben es diese Dynamik in einem Bottom-Up Ansatz nachzubilden [Torrens, 2000] [Batty, 2007]. Bei derartigen Simulationsmodellen spielen die Interaktionsregeln, eine entscheidende Rolle. Neue Methoden der künstlichen Intelligenz und der Datenanalyse (Neuronale Netze,...) erlauben es solche Regeln aus Datenmaterial zu extrahieren und zu klassifizieren. [Leeuwen & Timmermans, 2005]

3.8.1.6 Systemwissenschaften, Komplexitätstheorie

Städte sind komplexe Systeme. Sie bestehen aus einer Vielzahl von Akteuren und konstituierenden Elementen, welche in einem vielschichtigen dynamischen Netzwerk parallel agieren und aufeinander reagieren. Städte tauschen Energie, Materie und Information mit ihrer Umgebung aus und können auf diese Weise ihre innere Ordnung aufrechterhalten und sich an geänderte Umgebungsbedingungen anpassen. [Batty, 2007] [Barnett & Bai, 2007]

Bei der Analyse von Stadtsystemen und in der Stadtplanung wird zunehmend versucht Methoden und Erkenntnisse der Systemwissenschaften und der Komplexitätstheorien einzubinden [Cherubal, 2006] [Barnett & Bai, 2007] [Albeverio et al., 2007]. Die Systemtheorien stellen kein einheitliches Konzept dar, sondern beinhalten eine Fülle von Ansätzen zur Analyse komplexer Sachverhalte. Die gemeinsame Grundthese ist, dass die Dynamik komplexer Systeme auf universellen Prinzipien basiert, welche dazu herangezogen werden können, Phänomene aus so unterschiedlichen Disziplinen wie der Laserphysik, der Mikrobiologie oder der Ökonomie sozialer Systeme, zu erklären [Bar-Yam, 1997]. Damit bieten Systemtheorien einen Rahmen für interdisziplinäre Zusammenarbeit und gegenseitigen Austausch von Ideen und Konzepten. Beispiele für Systemtheorien sind Kybernetik, Synergetik, Allgemeine Systemtheorie oder die Theorie Komplexer Adaptiver Systeme.

Im „Urban Resilience“ Programm wird in einem internationalen transdisziplinären Konsortium versucht die Widerstandsfähigkeit (Resilienz) und Adaptionsfähigkeit urbaner Systeme besser zu verstehen. Städte werden als komplexe adaptive Systeme angesehen, also als offene, dynamische Systeme die sich kontinuierlich weiterentwickeln und an geänderte Umwelt-

bedingungen anpassen. Das Programm soll wissenschaftliche Erkenntnisse liefern, welche Faktoren und Prozesse dafür verantwortlich sind, dass manche Städte sehr verwundbar und andere sehr resistent gegen bestimmte externe Störungen (Naturkatastrophen, Wirtschaftskrisen, Terroranschläge,...) sind. Dadurch soll es in Zukunft möglich sein flexiblere und anpassungsfähigere urbane Systeme zu entwickeln, die den Herausforderungen einer unsicheren, dynamischen Umwelt besser gewachsen sind. [Barnett & Bai, 2007]

Doch nicht nur die Stadt selbst, auch eine zunehmende Zahl ihrer technischen Systeme weisen Eigenschaften komplexer (adaptiver) Systeme auf. Erfolgreiche technologische Entwicklungen wie das Internet oder Zukunftstechnologien wie selbstorganisierende Sensornetzwerke, selbstkonfigurierende Roboter oder Schwärme von autonomen Fahrzeugen funktionieren nach den Prinzipien der Selbstorganisation und haben wenig bis gar keine zentrale Steuerung. Als Vorlage und Inspirationsquelle hierfür dienen oft natürliche komplexe Systeme wie Ökosysteme, Insektenkolonien, neuronale Systeme oder Immunsysteme. Diese Systeme haben sich über evolutionäre Prozesse entwickelt und weisen, trotz fehlender zentraler Kontrolle und suboptimaler, fehlerhafter Komponenten eine erstaunliche Stabilität und Leistungsfähigkeit auf. [Braha et al., 2006]

Ein umfassendes Verständnis der Funktionsprinzipien komplexer Systeme bildet eine Basis, sowohl für systemgerechte Eingriffe in natürliche und sozioökonomische komplexe Systeme, als auch für die Entwicklung funktionaler, selbstorganisierender technischer Systeme, und wird somit vielfach als zentrale Zukunftsaufgabe für Wissenschaft und Technik angesehen. [Braha et al., 2006] [Steinmüller & Steinmüller, 2006]

3.8.2 Institutionelle Strukturen

Einflüsse wie Globalisierung, wachsende Vernetzung, Privatisierung öffentlicher Funktionen, oder Dezentralisierung von Kompetenzen und Ressourcen haben den Stellenwert und die Rolle von Städten und Kommunen verändert. Nach [Barnett & Bai, 2007] sind neue, flexible, lernfähige Strukturen und Organisationen erforderlich welche in der Lage sind mit der Komplexität urbaner Systeme umgehen zu können. Auch [EEA, 2009] betont, dass neue Governanceformen notwendig sind um der Komplexität der Probleme und Anforderungen gerecht zu werden. Nach [Wiechmann & Wirth, 2005] erweisen sich die herkömmlichen Strategien politisch –administrativen Problemlösungshandelns als uneffektiv. Städte und Regionen sind in verstärktem Maße „...auf eine Vielzahl privater und halböffentlicher Akteure, auf den intelligenten, abgestimmten Einsatz informativer, persuasiver, finanzieller und regulativer Instrumente angewiesen.“ [Wiechmann & Wirth, 2005] Die Autoren fordern das Experimentieren mit neuen Governance-Formen unter der Beteiligung vielfältiger Interessensgruppen.

Multilevel Governance Ansätze beruhen auf der Verflechtung verschiedener Ebenen, Sektoren und Akteure. In [Armitage, 2008] werden einige Eigenschaften von adaptiven Multi-Level Governance Ansätzen angeführt:

- Partizipation, Kollaboration: Die Vorstellungen, Ideen und Ziele vieler verschiedener Akteure sollen berücksichtigt werden.

- Verflechtung mehrere Ebenen: Organisationsstrukturen aus mehreren, vernetzten aber dennoch relativ unabhängigen Stellen.
- Interaktivität: Ausnützen der Wechselbeziehungen zwischen Ebenen und Akteuren
- Führungsverhalten: Verändertes Rollenbild vom autoritären Entscheidungsträger hin zu einem Moderator und Katalysator.
- Wissens-Pluralismus: Einbeziehen von Wissen und Erfahrungen verschiedener Akteure (Wissenschaftler, Politiker, Manager, Nutzer,...).
- Lernen: Lernen als sozialer Prozess, welcher durch Zusammenarbeit und den Wissensaustausch zwischen Akteuren entsteht.
- Vertrauen: Vertrauen als wichtige Voraussetzung für soziale Prozesse und Kollaborationen.
- Vernetzung: Vernetzung von Akteuren und Ebenen spielt eine Schlüsselrolle.

Auch andere Autoren ([Gaffron et al., 2005a] [Karlstrom et al., 2003] [EEA, 2009]) sehen Partizipation und multisektorale Integration als wichtiges Element nachhaltiger Stadtentwicklung an, weisen aber auch auf damit verbundene Probleme hin.

Durch die Verwendung von IKT können kommunale Kommunikations- und Entscheidungsprozesse unterstützt werden. Im ICiNG-Projekt wurden auf intelligenter Infrastruktur basierende e-Government Konzepte entwickelt und getestet. Das System erlaubt mittels Mobilkommunikation, Internet, öffentlichen Terminals und Umgebungs-Sensoren eine bidirektionale, multimodale Kommunikation zwischen der öffentlichen Verwaltung und den Bürgern, sowie den Bürgern untereinander. Ziel ist eine aktivere Beteiligung der Bürger, das Ausbilden von Lokalen e-Gemeinschaften sowie eine Entscheidungsunterstützung für Bürger und Verwaltung durch location based services. Bürger können über Mobilkommunikation oder Internet Probleme (Überquellende Mülleimer, Vandalismus,...) melden und der Stadt so wertvolle Informationen liefern. [van den Dool et al., 2004]

3.9 Projektbeispiele

Die folgenden Stadtprojekte sind eine kleine Auswahl aus unzähligen nationalen und internationalen Projekten, die sich als ökologische, ökonomische und/oder sozial nachhaltige Städte der Zukunft präsentieren wollen. Die Ansatzpunkte sind sehr unterschiedlich die Lösungen und Lösungsvorschläge sehr breit gestreut. Jedes Projekt nimmt zumindest in Teilaspekten eine Vorbildrolle ein. Ziel bei der Auswahl der Projekte war eine breite Fächerung bezüglich Projektgröße, Projektstandorten, Stadtentwicklungskonzepten (Neubau, Nachverdichtung, Revitalisierung), Städtebau (verdichteter Flachbau bis Wolkenkratzer) und Strategien der Nachhaltigkeit zu erzielen.

Curitiba zeigt nachhaltige städtebauliche Maßnahmen zur Lenkung und Kontrolle einer rasant wachsenden Großstadt auf. Brasilia macht 50 Jahre nach Bau dieser „Reißbrettstadt“ des 20. Jahrhunderts Erfolge und Fehler der Planung deutlich. In Amsterdam werden großflächige Sanierungsarbeiten durchgeführt. Dongtan und Masdar sind große Neubauprojekte, die beide auf rund 600 Hektar für über 50.000 Bewohner errichtet werden sollen. Mittelgroße

Projekte, wie die Eco-city Montecorvo, Kronsberg, solarCity, Bo01 Malmö, Helsinki Virtual Village und die Tübinger Altstadt nehmen Flächen von 30 bis 60 Hektar ein, wobei Kronsberg, solarCity Linz Pichling und Bo01 Malmö bereits realisiert sind und daher schon Erfahrungen vorliegen. Bei der Tübinger Altstadt handelt es sich um eine Revitalisierung eines innerstädtischen Brachlands, deren (Um)Bau sich über Jahre erstreckt. Das Kleinprojekt Bed-ZED (1,7 Hektar) sorgt für nachhaltige urbane Nachverdichtung. Für die Expansion der Städte in die Vertikale stehen hingegen die Projekte Rotating Tower und Vertical Farms. Diese futuristisch anmutenden Konzepte liefern durchaus interessante Ansatz- und Diskussionspunkte. Güssing demonstriert die Bestrebungen einer bestehenden Kleinstadt energieautark zu werden. Auch Singapur hat sich aufgrund seiner Geschichte intensiv einem Teilaspekt gewidmet – nämlich der Wassergewinnung und Abwasserversorgung. Der Eco-Industrial Park Kalundborg demonstriert die synergetische Zusammenarbeit von Industriebetrieben, Energieversorgern und einer Stadt.

3.9.1 Curitiba, Brasilien – Strategien für die nachhaltige Expansion einer Großstadt



Abbildung 3-24: Curitiba

Die Gründung von Curitiba geht auf das Jahr 1693 zurück. Während die Einwohnerzahl in den ersten 200 Jahren nur langsam stieg, wuchs die Bevölkerung im 20. Jahrhundert rasant. Von 35.000 Einwohner 1900, über 360.000 Einwohner 1960, bis 1,3 Mio. Einwohner 1990. Heute hat Curitiba rund 1,8 Mio. Einwohner. Zwar wurden von der Stadtverwaltung immer wieder Maßnahmen zur Planung, Organisation und Reglementierung der Stadtentwicklung getroffen, doch konnten diese mit dem raschen Bevölkerungswachstum kaum mithalten. Der 1934 entwickelte „Agache Plan“ war einer dieser Planungsinstrumente, deren Umsetzung zu langsam vor sich ging. Als in den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts Curitiba die 0,5 Mio. Einwohnermarke erreichte, wurden mit der Gründung von URBS (Planung des öffentlichen Verkehrsnetzes), IPPUC (Institut für Stadtplanung und –forschung) und COHAB-CT (städtische Wohnbaugenossenschaft) Institutionen geschaffen, die die Planung und vor allem die Umsetzung von städtebaulichen Entwicklungskonzepten und Richtlinien vorantreiben sollten. 1966 wurde der neue Masterplan für Curitiba vorgestellt und vor allem das IPPUC sorgte in den folgenden Jahren für die Umsetzung und ständige Anpassung und Weiterentwicklung des Stadtentwicklungsplans.

Daten:

- 1653 gegründet
- ab 1966 große Umgestaltungsmaßnahmen aufbauend auf dem Masterplan
- 1,8 Mio. Bewohner

Ziele des Curitiba Masterplans von 1966:

- Abänderung der radialen Expansion in eine lineare Entwicklung entlang der Hauptverkehrsachsen.
- Entwicklung von Flächenwidmungs- und Bebauungsplänen und Vorschriften.
- Ausbau des Verkehrsnetzes und Befreiung des Stadtzentrums vom Schwerverkehr
- Städtebauliche Sanierungs- und Revitalisierungsmaßnahmen vor allem im historischen Zentrum.
- Kontrollierung und Reglementierung der flächenmäßigen Ausbreitung der Stadt
- Bau von Infrastruktureinrichtungen
- Schaffung von wirtschaftlichen Förderungsmaßnahmen für urbane Entwicklung

Projektschwerpunkte:

- Die strukturelle Veränderung: Die Neugestaltung der Stadt basiert auf den Parametern öffentlicher Verkehr, Flächenwidmung und Verkehrs- und Freiraumnetz. Aufbauend auf das vorhandene Verkehrsnetz wurden neue Entwicklungsachsen geschaffen, entlang welcher eine lineare Entwicklung der Stadt ermöglicht werden sollte. Dazu wurden durch möglichst geringen baulichen Aufwand die existierenden linearen Straßenstrukturen miteinander verbunden und drei parallel verlaufende Straßen geschaffen. Die mittig angeordnete Straße besitzt zwei Fahrbahnen, die ausschließlich dem öffentlichen Verkehr gewidmet sind, beidseitig begleitet von Fahrbahnen die dem individuellen Nahverkehr dienen. Rechts und links dieser Straße befinden sich „fast-traffic streets“ in zwei Fahrrichtungen, die den Durchzugsverkehr aufnehmen. Begleitend dazu wurden schrittweise das Angebot an öffentlichen Verkehrsmittel ausgebaut und erweitert. Heute steht den Bewohnern ein nach Transportgeschwindigkeiten hierarchisch gegliedertes, öffentliches Verkehrsnetz mit barrierefreien Einstiegsstellen zur Verfügung. An sechs lokalen Buserminals wurden „Citizenship Streets“ – kleine Stadtzentren mit diversen Infrastruktur- und Verwaltungseinrichtungen gebaut. Ziel ist die dezentrale Verwaltung – Ämter und Behörden näher beim Bürger.
- Der durch unzählige Arme zerteilte Iguazu River bereitete der Stadt immer wieder Probleme mit Überschwemmungen. In den 1970er Jahren wurde daher mit dem Bau von großzügigen Parkanlagen und Überschwemmungsgebieten entlang der Flussarme begonnen. Dadurch entfielen nicht nur teure Flussregulationen und Dammbauten, sondern es konnte auch die Wasserqualität verbessert und riesige Freizeitgebiete für die Stadtbevölkerung geschaffen werden. Zusammen mit den Plätzen und Gärten der Stadt stehen heute jedem Einwohner 51 m² Grünfläche zur Verfügung.

- Die wirtschaftliche Veränderung: Um der ständig wachsenden Bevölkerung Arbeit bieten zu können, wurde unter anderem in den 1970er Jahren das CIC (Curitiba Industriegebiet) gegründet, das attraktive Standortbedingungen für zahlreiche Firmen bieten sollte. Das CIC ist kein isoliertes und verschmutztes Industriegebiet, sondern ist über Wohnbauten, Freizeit- und Sozialeinrichtungen mit der Stadt verzahnt sowie über Transportachsen mit dem Verkehrsnetz effizient verbunden. Industriebetriebe, die hohe Luft- und Umweltverschmutzungen verursachen, wurden ausgeschlossen.
- Die kulturelle Veränderung: Um trotz des rasanten Wachstums und Fortschritts die Identität und die Geschichte von Curitiba zu bewahren, wurden schon in den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts Pläne, Schutz- und Revitalisierungsmaßnahmen für das historische Zentrum beschlossen. Damit zahlreiche alte Gebäude nicht verfallen, wurden sie mit neuen Nutzungen – meist Kultureinrichtungen – belegt. 1972 wurde die Hauptstraße zur ersten Fußgängerzone Brasiliens. 1992 erhielt Curitiba mit der Oper ein neues Wahrzeichen. 1995 öffnete das erste von 40 Wissenszentren – Bibliotheken die in der Nähe von Schulen errichtet wurden und nicht nur Schülern und Studenten sondern der gesamten lokalen Bevölkerung zugängliche sind.
- Die soziale Veränderung: 1968 wurde der Plan für ein Bildungsnetzwerk entwickelt und mit der Realisierung (über 200 Schulen entstanden) begonnen. Jedes Kind zwischen 7 und 14 Jahren sollte leichten Zugang zur Bildung haben, d.h. der Schulweg sollte maximal 2 km betragen, nicht stark befahren sein und keine Barrieren enthalten. In den Folgejahren wurde mit der Planung und dem Bau von Gesundheits- (über 100) und Kinderbetreuungseinrichtungen (über 200) begonnen.

Für besonders arme Stadtgebiete hat die Stadt ein spezielles Sozialprogramm entwickelt. Umgebaute Busse versorgen die Bevölkerung mit Lebensmittel, Dienstleistungen und Bildung. In der „Linha da Economica“ („Geschäftebus“) werden Gegenstände des täglichen Bedarfs um ein Drittel des Marktpreises verkauft. Die Lebensmittel stammen großteils von lokalen Bauern – teilweise kauft die Stadt deren Überproduktion dafür auf. Mit Hilfe der Busse des Programms „Olhos da Agua“ („Augen des Wassers“) möchte man der armen Bevölkerung zeigen, wie fragil das Ökosystem der Stadt ist und wie wichtig eine intakte Umwelt ist. Die Armenviertel von Curitiba befinden sich vor allem entlang von Flüssen und tragen massiv zu dessen Verschmutzungen bei. Der „Linha do Lazer“ („Freizeitbus“) fährt Schulen, Krankenhäuser und Altersheime an. Junge Lehrer bieten Unterhaltung, Spiele, Sportprogramme, aber auch Informationen über gesundes Leben und Ernährung an. Die „Cárie Zero“ („Null-Zahnloch“) Busse wurden gebaut um vor allem Kindern die Mund- und Zahnhygiene näher zu bringen.

Aber nicht nur zahlreiche Infrastruktureinrichtungen sollten die Lebensqualität der Bewohner erhöhen, sondern auch mit diesen geographisch verbundene Wohnbauten. 1976 startete das Projekt Slum-Umsiedelung. Nicht riesige Wohnkomplexe wurden gebaut, sondern Siedlungen mit individuellen Gebäuden, integriert in die urbane Landschaft.

Heute benutzen 32% der Einwohner von Curitiba täglich öffentliche Verkehrsmittel und Curitiba weist die geringsten Stauquoten und Luftverschmutzungsraten brasilianischer Großstädte auf (siehe auch: Abbildung 3-2 Treibhausgasemissionen durch Verkehr in Abhängigkeit von der Dichte). 115 km Fahrradwege verbinden zahlreiche Stadtteile. Curitiba hat 1989 als erste Stadt Brasiliens ein Abfalltrennungssystem für Hausmüll eingeführt. Das Programm ermöglicht unter anderem den Tausch von recycelbaren Abfall gegen Lebensmittel der Saison. Umweltbildung wird in Curitiba großgeschrieben. Beispielsweise überwachen Schüler unter der Aufsicht von Technikern die Wasserqualität der wichtigsten Gewässer der Stadt.

Durch konsequente und kreative Stadtplanung über mehrere Jahrzehnte ist es Curitiba gelungen mit den Problemen, wie rasantem Bevölkerungswachstum, Verkehr, Umwelt- und Luftverschmutzung, Armut und geringen öffentlichen Budget, umzugehen und ökonomisch, ökologisch und sozial nachhaltige Lösungsansätze zu entwerfen und umzusetzen. Stadtplanung und -entwicklung ist ein dynamischer Prozess, der ständig neue Konzepte erfordert. Curitiba hat noch nicht alle seine Probleme gelöst, doch durch innovative Projekte gezeigt, dass vieles möglich ist. [Curitiba, 2009], [IPPUC, 2009], [Frontline World, 2003]

3.9.2 Brasilia, Brasilien – eine „Reißbrettstadt“

Bereits seit 1789 gab es Bestrebungen eine neue Hauptstadt für Brasilien zu schaffen. 1889 wurde Brasilien eine Republik und in ihrer ersten Verfassung von 1891 wurde der Bau einer neuen Hauptstadt festgeschrieben. Aber erst 1953 wurden durch Präsident Getulio Vargas mit der Standortwahl für diese Stadt (15°30' bis 17° südliche Breite und 46°30' bis 49°30' westliche Länge) neue Schritte gesetzt. Doch Vargas beging im darauffolgenden Jahr Selbstmord, und so sah es sein Nachfolger Juscelino Kubitschek als seine Aufgabe an, den Plan von einer neuen Hauptstadt für Brasilien – zentral im Landesinneren gelegen – zu verwirklichen. Der gewählte Standort hat eine Entfernung von 1015 km nach Sao Paulo und 1148 km nach Rio de Janeiro. Zu Beginn der Arbeiten war die nächste Eisenbahn 125 km, die nächste befestigte Straße 640 km und der nächste Flughafen 190 km entfernt. Sand und Schotter für den Bau der Gebäude war vorhanden, doch Bauholz musste aus 1200 km und Stahl aus 1600 km Entfernung antransportiert werden. (Forster, 1986). Juscelino Kubitschek gründete NOVACAP, die mit der Stadtprojektierung beauftragt wurde. Als Vorsitzender war der Architekt Oscar Niemeyer tätig. Einer seiner ersten Aufgaben war die Ausschreibung eines städtebaulichen Wettbewerbs. Als Gewinner ging Lucio Costa, Architekt und Schüler von Le Corbusier, hervor. Sein einfacher Plan hatte die Form eines Flugzeugs und wurde unter dem Namen „Pilot-Plan“ bekannt.

Daten:

- Planung: Lucio Costa (Städtebau), Oscar Niemeyer (öffentl. Gebäude) und Burle Marx (Landschaftsplanung)
- Baubeginn: 1956
- Einweihung: 21. April 1960
- 1,75 Mio. Bewohner (Großraum Brasilia)
- ungefähre Flächenumfang: 5.800 km²

Ziele:

Als Verfechter der klassischen Moderne glaubte Lucio Costa, dass ungeplante Entwicklung zu einem Chaos führt, hingegen zentralisierte Planung die perfekte Stadt und in Folge die perfekte Gesellschaft formen kann. In Brasilia sollten daher die in „Le Corbusier’s Letter of Athens“ festgeschriebenen Lehren verwirklicht werden:

- gut belüftete Wohnungen mit Nähe zu Grünraum.
- Trennung von Wohn- und Arbeitsplatz, Industrie separiert von der Kernstadt
- Kulturzentren in der Nähe der Wohngebiete
- Trennung von Personen- und Kraftverkehr (Wright and Turkienicz, 1988)

Die charakteristischen Elemente des Städtebaulichen Entwurfs (Pilot-Plan) waren:

- zwei Hauptverkehrsachsen, die in Form eines Flugzeuges angeordnet und an deren Kreuzung das Zentrum der Stadt liegt: Die Monumentale Achse entspricht dem Rumpf des Flugzeuges, die Wohnachse den Flügeln.
- ein durch die Enden der Flugzeugflügel und des Rumpfes gebildetes Dreieck, das die Grenzen der Stadt bilden soll
- und die terrassierte Anordnung der Stadt entlang Lake Paranoa. (Holston, 1989)

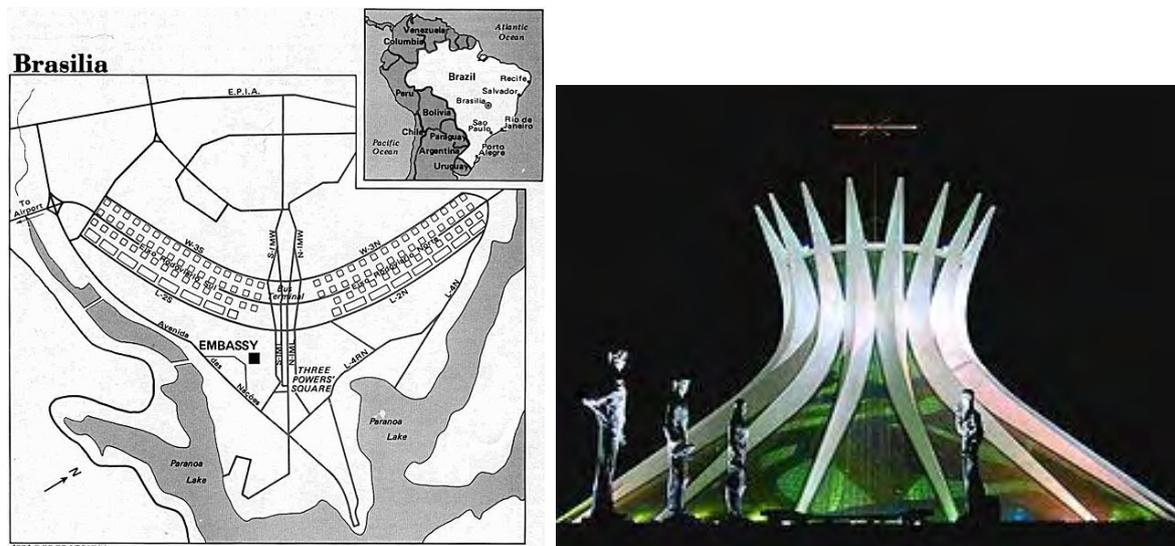


Abbildung 3-25: Pilot Plan von Lucio Costa (links), Kathedrale von Brasília (rechts)

Costa entwarf eine Stadt der 4 „Maßstäbe“:

- den monumentalen Maßstab: Getragen durch die Hauptverkehrsachsen mit 6 Fahrbahnen in beide Richtungen, die zentrale Busstation am Kreuzungspunkt dieser Verkehrsachsen, die Esplanade mit den Ministerien und öffentlichen Gebäuden, die Kathedrale und die „Plaza of Three Powers“ soll Brasília die Würde einer Hauptstadt verleihen.

- den Wohn-Maßstab: die „geplanten“ 600.000 Einwohner von Brasilia sollten vor allem in sogenannten Superblocks leben – Große Gruppen von systematisch angeordneten Wohnblöcken mit einer einheitlichen Höhe von 6 Stockwerken.
- den sozialen Maßstab: Immer 4 Superblocks sind zu einer „Nachbarschaft“ mit eigener Kirche, Schule, Kino, Jugendzentrum, Sportflächen und Einkaufszentrum zusammengeschlossen. Sie sollen als Zentrum des sozialen Lebens dienen. Ziel war, dass Menschen aller sozialen Schichten in den Superblocks nebeneinander wohnen und damit eine klassenlose Gesellschaft bilden.
- den landschaftlichen Maßstab: Riesige Park- und Grünflächen umgeben die Gebäudekomplexe und verwandeln Brasilia in eine Gartenstadt. (Wright and Turkienicz, 1988)

Resumee:

2010 feiert Brasilia sein 50 jähriges bestehen. Die Meinungen darüber, ob Brasilia und damit die zentralisierte Planung einer Millionenstadt im Zentrum Brasiliens gelungen oder gescheitert ist, gehen auseinander:

- *Eine Stadt, derartiger Größe im Niemandsland, tausende Kilometer von den anderen Metropolen Brasiliens entfernt und hunderte Kilometer von den nächsten Verkehrswegen, hat mit dem heutigen Verständnis von ökonomischer, ökologischer und sozialer Nachhaltigkeit wohl nichts gemein. Nicht nur dass Baumaterial und Arbeitskräfte aus tausenden Kilometer Entfernung antransportiert werden mussten, es mussten auch sämtliche Verkehrswege dafür erst geschaffen werden. Das positive ist, dass diese neuen Verkehrswege Brasilien besser verbanden und seine wichtigsten Städte „zusammenführte“. Der Westen Brasiliens wurde erschlossen und aufgewertet.*
- *Zweifellos war die Umsetzung des Pilot Plans in nur 4 Jahren (auch wenn zur Einweihung noch nicht alles fertig war) eine beeindruckende Leistung. Dies brachte Brasilien zwar internationale Anerkennung und steigerte Stolz und Nationalbewusstsein der Brasilianer, verschlang jedoch auch Millionen von Steuergeldern und war Mitgrund für die hohe Inflation und das enorme Staatsdefizit in den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts. 1964 lösten diese Probleme schließlich einen Militärputsch aus.*
- *Die Entstehung und das Erscheinungsbild von Brasilia sind sicher einmalig auf der Welt. Auch wenn es andere „Reißbrett-Städte“ gibt, erreichen diese nicht die Dimension der Stadt und die Monumentalität der Architektur. Lucio Costa hat mit seinem „Pilot-Plan“ eine große, perfekt angelegte Gartenstadt und Oskar Niemeyer mit seinen öffentlichen Bauten herausragende Architektur geschaffen. Brasilia ist die einzige Stadt des 20. Jahrhunderts, die sich UNESCO-Weltkulturerbe nennen darf.*
- *Die großzügig angelegten Freiräume der Stadt sorgen zwar für viel Grünraum, aber auch für eine Stadt der langen Wege. Das öffentliche Verkehrsnetz ist schlecht ausgebaut und ineffizient und wird daher nur wenig benutzt. Die langen Distanzen machen die Fortbewegung zu Fuß oder per Fahrrad unattraktiv. Bei der Planung der Stadt wurde auf die räumliche Vernetzung von Wohnen, Arbeiten, Freizeit und Versorgung*

zu wenig geachtet, was das Alltagsleben für Bewohner ohne eigenes Auto oft erschwert.

- *Brasilia wurde in der Vergangenheit oft als reine „Arbeitsstadt“ ohne soziales und kulturelles Leben bezeichnet. Auch der Begriff "three day city" (Brunn and Williams, 1993) wurde verwendet, weil die wohlhabenden Regierungsmitglieder und Beamten oft nur 3 Wochentage zum Arbeiten in der Stadt verbrachten und an den Wochenenden in die pulsierenden Metropolen wie Rio und Sao Paulo flogen. Über die Jahrzehnte haben die Bewohner von Brasilia anscheinend eine Beziehung zur ihrer Stadt aufgebaut. Heute wird sie auch als lebendig, wohlhabend und perfekt hergerichtet bezeichnet und ihr hervorragende Restaurants, Bars und Freizeiteinrichtungen zugeschrieben.*
- *Die Bezeichnung Brasilia wird für vieles verwendet. Offiziell heißt nur einer der drei Bezirke des „Pilot-Plans“ Brasilia. Oft wird aber der gesamte Pilot-Plan als Brasilia bezeichnet und manche zählen auch die Satelliten-Städte dazu. Als Brasilia gebaut wurde kamen Massen an Arbeitskräften aus dem ganzen Land. Diese wurden in Arbeitscamps untergebracht. Die Lebensbedingungen waren für alle gleich und für die meisten viel besser als zu Hause. So holten viele, entgegen der Vorstellungen der Stadtplaner, ihre Familien nach und entschieden sich zu bleiben. Im Pilot-Plan war für sie kein Platz und in unmittelbarer Nähe wollte man keine Siedlungen. Erstens um das Gesamtbild zu wahren und zweitens aus Hygienegründen. Der Pilot-Plan war nur mit 2 Kläranlagen ausgestattet. Daher entstanden in einiger Entfernung zahlreiche ungeplante Satelliten-Städte mit sehr unterschiedlicher Lebensqualität, deren Vernetzung mit der Kernstadt nur unzureichend ist. [Areal, 2008], [Moerschel, 1996]*

3.9.3 Amsterdam, Niederlanden – Großprojekt, Sanierung

Im Bezirk Amsterdam Neu-West werden im Rahmen der Initiative „CONCERTO – Projekt Ecostiler“ der Europäischen Union 300 Wohnhäuser aus den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts saniert und an ein neues Fernwärmenetz angeschlossen.

Daten:

- Baubeginn: 2006
- geschätzte involvierte Einwohnerzahl: 75.000
- ungefähre Flächenumfang: 20 km²

Ziele:

- 25 % Energieeinsparung gesamt
- Einsparung an Heizenergie: 2.790 MWh/a
- Durch lokale erneuerbare Energiequellen produzierte Heizenergie: 30.500 MWh/a
- Durch lokale erneuerbare Energiequellen produzierte elektr. Energie: 28.048 MWh/a

Projektschwerpunkte:

- Errichtung einer neuen Biogasanlage, die Abfall in Energie umwandelt. Alle renovierten Gebäude werden an das Fernwärmenetz angeschlossen. Dadurch erhöht sich die

Effizienz der Energieumwandlung von Abfällen zu Biogas von 50 auf 90 %. Die Anlage reduziert außerdem den Ausstoß von Methan.

- Sanierung von 300 Wohnhäusern aus den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts: Alle Gebäude sollen mit wärmedämmenden Fassaden, modernen Heizungsanlagen, Warmwasserversorgungssystemen und Fenstern ausgestattet werden.
- Als erstes Vorzeigeobjekt gilt das 2007 mit dem niederländischen Preis für das beste renovierte Gebäude des Jahres ausgezeichnete „De Leeuw van Vlaanderen“. Das neben einer Autobahn liegende Wohngebäude wurde innen radikal umgestaltet - die Wohnräume und Balkone wurden an die „ruhige Seite“ des Gebäudes verlegt. An der Straßenseite wurde als Lärmschutz eine Glasfassade vor das Gebäude gehängt.

Der Bezirk soll nicht nur als Vorbild für 50.000 weitere zu sanierende Wohnungen sondern für ganz Amsterdam dienen. Ziel ist eine 40 %-ige CO₂-Reduktion bis 2025 für ganz Amsterdam, sowie eine 70 %-ige CO₂-Reduktion für jedes sanierte Gebäude zu erreichen. Dies soll durch eine Kombination von Maßnahmen, wie Erhöhung des Wärmedämmstandards, Anschluss an das Fernwärmenetz oder die Installation von Wärmepumpen, sowie dem kollektiven Kauf von Ökostrom, erzielt werden. [Europäische Gemeinschaft, 2006], [Europäische Gemeinschaft, 2008]

3.9.4 Dongtan, China – Großprojekt, Neubau

An der Süd-Ostspitze der Insel Chongming, 15km nördlich von Shanghai im Yantze-Delta soll eine autonome, ressourcenschonende und hochintegrative neue Stadt entstehen. Dongtan wird über eine Brücke und einen U-Bahn-Tunnel mit Shanghai verbunden sein und Wohn- und Arbeitsplatz für bis zu einer halben Million Menschen bieten.

Daten:

- Planung: Arup Group
- Baubeginn: 2008
- 5.000 Bewohner bis 2010, 80.000 bis 2020 und 500.000 bis 2050
- 630 Hektar Bruttobaugebiet

Ziele:

- Eine autarke Stadt
- Selbstversorgung mit 100% erneuerbarer Energie
- Selbstversorgung mit Lebensmittel
- Wasser in einem gut durchdachten Kreislaufsystem hoch effizient nutzen
- Nachbarschaft von Wohnen, Arbeiten und Freizeit
- „Autofrei“ (keine mit Benzin und Diesel betriebene Fahrzeuge)
- Verkleinerung des ökologischen Fußabdrucks um 75% gegenüber anderen Shanghai-Bürgern

Projektschwerpunkte:

- Umweltverträglichkeit: Eine 3,5 km breite natürliche, bewaldete Pufferzone wird die Stadt von einem Naturpark für ansässige Zugvögel trennen. Schon in der Bauphase wird auf Ressourcenschonung Wert gelegt und soviel Baumaterial wie möglich aus der Umgebung bezogen. Später sollen dann 100% aller organischen Abfälle und 90% aller sonstigen Abfälle recycelt werden.
- Architektonische Nachhaltigkeit: Da der Sedimentboden ganz besondere Anforderungen an die Fundamentierung stellt, werden die Gebäude nur zwischen 4 und maximal 8 Geschossen hoch sein. Die Dächer werden begrünt sein. Bäume rundherum spenden im Sommer den nötigen Schatten. Die Bebauung soll eine natürliche Ventilation fördern. Zur sommerlichen Kühlung und zur Beheizung im Winter wird Tiefenwärme herangezogen und mittels Bauteilaktivierung genutzt.
- Mobilitätskonzept: Kurze Wege, gut ausgebaute und ansprechende Fuß- und Radwege, ein dichtes öffentliches Verkehrsnetz, nur Fahrzeuge mit alternativen Antriebssystemen (Elektro- oder Brennstoffzellenantrieb, Wasserstoff gespeiste Busse und photovoltaisch angetriebene Wassertaxen) sollen unzählige Tonnen CO² einsparen. Dieser Verkehr ohne Abgase und geringen Lärmemission macht die natürliche Belüftung (Fensterlüftung) der Gebäude attraktiver, was wiederum zu vermindertem Stromverbrauch für mechanische Belüftung (v.a. Kühlung) führen soll.
- Energetische Optimierung: Das vorrangige Ziel ist, den Primärenergiebedarf möglichst gering zu halten. Dafür wird unter anderem eigens ein Informationszentrum eingerichtet, in dem vermittelt wird, wie Strom gespart werden kann, ohne auf Lebenskomfort verzichten zu müssen. Weiters wird überlegt den Strompreis ab einer gewissen Verbrauchsmenge überproportional zu erhöhen. Der verbleibende Energiebedarf wird zu 100% von der Stadt selbst gedeckt, und zwar ausschließlich aus erneuerbarer Energie, wie großen und kleinen Windanlagen und Solarpaneelen auf den Gebäuden. Bio-Gas wird aus den organischen Abfällen und den nicht essbaren Resten von Getreide oder Reispflanzen erzeugt und dann für den Betrieb von KWK Anlagen eingesetzt.
- Wasserkonzept: Unbedenkliche Haushaltsabwässer sollen nicht mehr durch übliche Kläranlage laufen, sondern durch ein pflanzliches Biotop gereinigt werden, aus dem dann wieder sauberes Wasser gewonnen werden kann, das sowohl in der Bewässerung der Felder als auch in den Sanitäranlagen der Häuser wiedereingesetzt werden kann.

[Venn, 2008]

Dongtan sollte ein Vorzeigeprojekt im Zuge der Expo 2010 werden, konnte aber nicht rechtzeitig fertiggestellt werden. Da die Insel gut mit dem Wirtschaftszentrum von Shanghai Pudong verbunden ist, entstehen bereits erste herkömmliche Hochhäuser. [Pearce, 2009]

3.9.5 Masdar, VAE – Großprojekt, Neubau



Abbildung 3-26: Masdar, Copyright: Foster & Partners

Masdar soll die erste CO₂-neutrale, abfallfreie Stadt der Welt werden, die nur durch erneuerbare Energie gespeist wird. Sie liegt 30 km östlich von Abu Dhabi City, Vereinigte Arabische Emirate. Masdar bedeutet „Ausgangspunkt, Quelle“ und kommt auch im arabischen Wort für „Energiequelle“ vor. In der Stadt soll eine Universität entstehen, die sich ausschließlich mit Nachhaltigkeitsthemen beschäftigt und Know-how in diesem Bereich ins Land bringt.

Daten:

- Planung: Architekt Foster + Partners
- Bauzeit: 2008 - 2016
- 50.000 Bewohner und 1.500 Betriebe
- 600 Hektar Bruttobaugebiet

Ziele:

- 100% erneuerbare Energie
- CO₂-neutrale Stadt
- 100% Recycling
- Gründung des Master Institut of Science and Technology (Bildung)
- Bau der nachhaltigsten Geschäftsgebäude der Welt
- Kompetenzzentrum für nachhaltige Technologien
- Internationales Vorzeigebispiel für Forschung und Entwicklung zum Thema Nachhaltigkeit in der Praxis

Projektschwerpunkte:

- Architektonische Nachhaltigkeit: Vorteile der traditionellen arabischen Architektur werden wiederentdeckt. Die ummauerte Siedlung erhält zwei von Nordwesten nach Osten ziehenden Grünschnitten, welche die Luftzirkulation aus den beiden Hauptwindrichtungen tagsüber und in der Nacht fördern. Auch weiß-getünchte Lehmgebäude, enge überdachte Gassen, Springbrunnen, grüne Plätze und Windtürmchen sollen für erträgliche Außentemperaturen sorgen.

- Mobilitätskonzept: dichtes und umweltfreundliches öffentliches Verkehrskonzept. Konventionelle Autos müssen draußen bleiben.
- Energetische Optimierung: 75% Reduktion des Energieverbrauchs gegenüber dem Standard in den VAE. Die restliche Energie wird über Solarkraftwerke und Windanlagen erzeugt.
- Wasserkonzept: 60% Reduktion des Wasserverbrauchs. Das benötigte Frischwasser wird in solar betriebenen Entsalzungsanlagen hergestellt.
- Abfallkonzept: Konsequente Mülltrennung soll zu 60% Recycling führen. Der Rest kommt in Verbrennungsanlagen und dient der Energiegewinnung.

[Neue Züricher Zeitung Online, 2008a] [Reuters, 2008]

Die vereinten Arabischen Emirate, die den größten ökologischen Fußabdruck pro Kopf weltweit haben, wollen mit diesem ehrgeizigen Projekt zeigen, dass ein ökologisch freundlicher Lebensstil nicht nur besser ist, sondern auch kommerziell erfolgreich sein kann und damit die Bewohner des Landes zum Umdenken animieren. Doch werden die Emirati, die große Häuser, benzinfressende Autos und energieverschwendenden Luxus gewöhnt sind, tatsächlich in dieser neuen Stadt leben wollen? Woher werden die Bediensteten der Bewohner von Masdar-City kommen? Dürfen sie in der Öko-Stadt leben, werden also auch bisherige Klassenschränken aufgehoben? Oder kommen sie von außerhalb, aus dem energieverschwendenden Abu Dhabi? [Neue Züricher Zeitung Online, 2008b]

3.9.6 Aspern, Österreich – Großprojekt, Neubau

Auf dem ehemaligen Flugfeld Wien Aspern soll eines der größten Stadtentwicklungsprojekte Europas umgesetzt werden. Auf einem Planungsgebiet von über 240 ha soll in den nächsten zwei Jahrzehnten ein Stadtteil für 20.000 Bewohner geschaffen werden. Das Projekt „Aspern Die Seestadt Wiens – nachhaltige Stadtentwicklung“ wird als Haus der Zukunft Plus Leuchtturmprojekt geführt. [Hinterkörner et al., 2009]

Daten:

- Projektleitung: Aspern Development AG
- Baubeginn: in Planung
- 20.000 Bewohner
- 20.000 Arbeitsplätze
- 240 Hektar Bruttobaugebiet

Ziele:

- Leuchtturmprojekt für nachhaltige Stadtentwicklung
- Überdurchschnittliche Gebäudestandards (Plus Energie Häuser in den Demonstrationsvorhaben)
- Schaffung von Synergien im Energiebereich

Projektschwerpunkte:

- Freiraum und Mikroklima
- Gebäudeübergreifende Energieversorgung und -nutzung
- Demonstrationsvorhaben aus den Bereichen Wohnen, Büro, Produktion und Mobilitätsmaßnahmen
- Monitoringsysteme

3.9.7 Eco-city Montecorvo Logroño, Spanien – Mittelgroßes Projekt, Neubau

Die Eco-city Montecorvo in Spanien wird nördlich der Stadt Logroño entlang zweier Hügel Montecorvo und la Fonsalada angelegt. Das formal an Konzepte der 40er und 70er Jahre des 20. Jahrhunderts erinnernde Konzept beansprucht eine Pionierrolle im Städtebau der Zukunft. Nur rund 11% des 56 Hektar großen Areals werden von kompakten, mehrgeschossigen, in Summe ein Kilometer langen Gebäudekomplexen eingenommen, der Rest wird als Erschließungsfläche und vor allem als Energie-Park genutzt.



Abbildung 3-27: Logroño Eco-City, Masterplan, Quelle: MVRDV 2008

Daten:

- Planung: Architekten MVRDV und GRAS
- Baubeginn: in Planung
- 3.000 Wohneinheiten
- 56 Hektar Bruttobaugebiet

Ziele:

- Selbstversorgung mit 100% erneuerbarer Energie
- CO₂-neutrale Stadt
- Forschung und Wissenstransfer im Bereich nachhaltiger Technologien

Projektschwerpunkte:

- Architektonische Nachhaltigkeit: Ein lange geschwungene Linie von Gebäuden unterschiedlicher Höhe und Ausformungen erstreckt sich von West nach Ost und nutzt in ihrer terrassenartigen Anordnung die natürliche Topografie. Die nördlichen Bauten sind meist 7 Geschosse hoch, die südlich angeordneten sind niedriger (3 Geschosse). Letztere besitzen Gründächer, die als halböffentlicher Freiraum dienen. Die Gebäude sind untereinander durch Brücken verbunden. Von allen Wohnungen hat man einen Ausblick nach Süden und damit auf Logroño und die Provinz La Rioja. Durch die unterschiedliche Gestaltung von Fassaden und Fenstern und die verschiedenen Höhen bekommt jedes Gebäude seine eigene Identität. Die kompakte Bauweise hilft Baumaterial, Baukosten und Energie zu sparen.
- Mobilitätskonzept: Unter den Gebäuden befinden sich je nach Anforderung mehrere Ebenen von Tiefgaragen. Der Stadtteil wird über eine Autobahn mit dem Zentrum von Logroño verbunden sein. Das auf einem Hügel liegende Museum und Forschungszentrum wird über Seilbahnen zu erreichen sein.
- Energetische Optimierung: Photovoltaik Paneele werden nicht nur auf einigen Gebäudedächern zu finden sein sondern auch die südlichen Ausläufer der Hügel vor den Gebäuden werden wie ein Teppich mit PV-Paneele überspannt. Hier entsteht ein Energiepark – eine Mischung aus Grünraum und Energiegewinnung. Auf den Bergkuppen nördlich der Wohn- und Geschäftsbauten werden Windkraftanlagen aufgestellt.
- Wasserkonzept: Abwasser wird aufbereitet und zur WC-Spülung und Bewässerung wiederverwendet.

[MVRDV Architekten, 2008] [Designbuild-network, 2008]

Leider wurde bei diesem Projekt keine Erschließung mit öffentlichen Verkehrsmitteln eingeplant. Warum eine Eco-City nur über eine Autobahn erschlossen wird und man mit nahen Tiefgaragen die Benützung des PKWs weiter fördert, muss noch beantwortet werden. Die kompakte Anordnung der Gebäude bringt jedoch viele Vorteile mit sich, wie kurze Wege, geringe Gebäudeoberflächen, große zusammenhängende Grünflächen. Es bleibt zu hoffen, dass mit der Architektur auch eine soziale Nachhaltigkeit geschaffen werden kann, die die Probleme der Massenwohnblocks der 70er Jahre völlig vergessen lässt.

3.9.8 Ökologische Optimierung Kronsberg, Deutschland – Mittelgroßes Projekt, Neubau

Im Zuge der Expo 2000 entstand in Hannover ein neuer Stadtteil bei dem die neuesten Erkenntnisse im Bereich des ökologischen Bauens und Wohnens umgesetzt wurden. Das 3km lange und 0,5km breite Areal liegt auf einem Hang. Am Fuße, entlang der Hauptstraßen befinden sich die höchsten Gebäude mit 4,5 Geschossen. Hinauf zum Kamm und damit zur freien Landschaft hin reduzieren sich Baudichte und Bauhöhe. Den Abschluss bilden 2,5 ge-

schoßige Reihenhäuser. Das Angebot erstreckt sich von Einzimmerwohnungen bis zu Reihenhäusern für 6-köpfige Familien.

Daten:

- Planung: Architekt H. Welp, Braunschweig
- Bauzeit: 1997-2000
- 3.000 Wohneinheiten
- 6.000 Bewohner
- 60 Hektar Bruttobaugebiet

Ziele:

- Reduktion des Heizenergieverbrauches um 45%, Reduktion des Stromverbrauchs um 30%, Reduktion der CO₂-Emissionen beim Gesamtenergieverbrauch im Wohnbereich (Heizung, Warmwasser, Strom) um 60% (unter Berücksichtigung der Windkraftanlagen sogar 80%). Als Vergleich dient der Stand der Wärmeschutzverordnung 1995 mit Einzelversorgung der Gebäude durch Gasbrennwertkessel.
- flächensparendes Bauen
- umweltfreundliche Verkehrsmittel
- qualitätsvolle Freiflächen
- Nachbarschaft von Wohnen, Arbeiten und Freizeit

Projektschwerpunkte:

- Energetische Optimierung: Niedrigenergiebauweise (Heizwärmebedarf < 55 kWh/m²a) mit Qualitätssicherung und Qualifizierung, Nahwärmeversorgung mit gasbetriebenen Blockheizkraftwerken (BHKWs), Stromsparprogramm. Später kamen noch 3 Windkraftanlagen dazu.
- Wasserkonzept: Durch ein neuentwickeltes Regenwasserbewirtschaftungssystem wird der natürliche Wasserhaushalt auf künstliche Weise beibehalten. Verschiedene Rückhaltesysteme in den grünen Innenhöfen und ein straßenbegleitendes, insgesamt elf Kilometer langes "Mulden-Rigolen-System" gewährleisten, dass sämtlicher Niederschlag der auf versiegelten Flächen fällt, gesammelt und verzögert abgeleitet wird. In Rasenmulden versickert der Regen in ein darunter liegendes Kiesbett, die Rigole. Dabei wird es gleichzeitig gereinigt, gespeichert und teilweise an das Grundwasser abgegeben. Zusätzlich sind im gesamten Stadtteil Spar-Perlatoren in die Armaturen eingesetzt worden.
- Abfallkonzept: Die konsequente Abfallvermeidung, -trennung und -verwertung wird in Bau- und Nutzungsphase verfolgt. Durch die ausschließliche Verwendung von umwelt- und gesundheitsverträglichen Baumaterialien und die getrennte Erfassung der Bauabfälle konnte eine Verwertungsquote von über 80% erreicht werden. Optisch ansprechende Müllplätze und die Förderung von Eigenkompostierung in den Gärten sollen die Mülltrennung der Nutzer forcieren. Ein dichtes Netz von Reparatur- und Ände-

zungsdienstleistungen soll dazu führen, dass wieder mehr repariert und weniger weg-
geworfen wird.

- Bodenmanagement: Der gesamte Bauaushub wurde auf dem Areal zur Landschafts-
gestaltung wiederverwendet. Es wurden Lärmschutzwälle, Biotope und Aussichtshügel
geschaffen. Verkehrsemissionen durch LKW-Abtransporte konnten dadurch vermieden
werden.

[Kreisköther, 2006]

*Das Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg erstellte CO₂-Bilanzen des Stadt-
teils Kronsberg für die ersten Nutzungsjahre. Diese ermöglichten einen Vergleich mit den
gesteckten Zielen. Während die CO₂ Emissionen im Wärmesektor erheblich reduziert wer-
den konnten (-74%), blieben die Einsparungen im Strombereich (-5,3%) weit hinter den Er-
wartungen. Insgesamt wurde eine 45% Reduktion (vgl. Ziel: 60%) der CO₂-Emissionen er-
reicht. Würde man jedoch die vermiedenen CO₂-Emissionen durch die Stromerzeugung der
3 Windkraftanlagen mit einbeziehen, würde die Reduktion 74% betragen. Dies kommt dem
Ziel von 80% sehr nahe. [Hertle et al., 2003]*

3.9.9 solarCity Linz Pichling, Österreich – Mittelgroßes Projekt, Neubau



Abbildung 3-28: Masterplan (l.), Landschaftspark (l.o.), Ortszentrum (l.m.), Wohnungen Neue Heimat (l.u.), Quelle: Stadt Linz

Unter den drei Eckpfeilern der Nachhaltigkeit Ökologie, Ökonomie und Soziales entstand am südlichen Stadtrand von Linz ein neuer Stadtteil, der als Musterbeispiel für die Stadtentwicklung des 21. Jahrhunderts gesehen werden kann. Um die hohe Qualität des neuen Stadtteils von der Planung bis zur Ausführung und Nutzung sicher zu stellen wurde ein eigenes Projektmanagementteam in der Baudirektion der Stadt Linz eingerichtet. Dieses schloss Verträge mit den 12 beteiligten Wohnungsgesellschaften, in denen die Ziele ausformuliert und verbindlich festgehalten wurden. Gemeinsam mit den fünf Untergruppen Soziales, Bau, Energie, Entsorgung und Marketing wurde die Einhaltung der Ziele in allen Projektphasen überprüft.

Daten:

- Planung Städtebau: Norman Foster, Richard Rogers, Thomas Herzog, Martin Treberspurg, etc.
- Bauzeit: 1999 - 2008
- 1.300 Wohneinheiten
- 3.000 Bewohner
- 32 Hektar Bruttobaugebiet

Ziele:

- Gleichrangige und gleichzeitige Berücksichtigung von ökologischer, ökonomischer und sozialer Nachhaltigkeit
- Aufwertung eines Stadtrandbereichs, Verhinderung von Zersiedelung
- Schaffung von moderner soziokulturellen und familiengerechter Infrastruktur
- Mustersiedlung für Niedrigenergiebauweise und Solararchitektur
- durchschnittliche Energiekennzahl (Heizwärmebedarf bezogen auf ein Referenzklima) aller Gebäude < 44 KWh/m²a
- zukunftsweisende Energieversorgung- und Entsorgung
- Warmwassererzeugung zu 34% aus Sonnenenergie
- „Abwasserfreie Siedlung“

Projektschwerpunkte:

- Soziales Konzept: Um die Entwicklung einer zukunftsfähigen Bevölkerungs- und Sozialstruktur zu ermöglichen wurde vor dem Bau der solarCity ein soziostruktureller Gesamtplan erstellt. Dieser empfiehlt unter anderem Mischnutzung, Freihalten von Orten für künftige Entwicklungen, ausgewogene Mischung der Rechtsformen (Miete, Eigentum, Mietkauf), Partizipation der künftigen Nutzer, durchmischte Altersstruktur und Berücksichtigung neuer Familienstrukturen. In Qualitätsvereinbarungen mit den 12 Bauträgern wurde die Umsetzung dieser Anforderungen festgeschrieben.
- Architektonische Nachhaltigkeit und Städtebau: Rund um das Stadtteilzentrum, das Infrastruktureinrichtungen wie diverse Geschäfte, Polizei, Ärztezentrum, Musikschule, Bibliothek, etc. beherbergt, sind die Wohnbauten meist tangential angeordnet. Den nördlichen Abschluss bildet das Naherholungsgebiet mit Sport- und Freizeitanlagen, einem Naturschutzgebiet (Traun-Donau-Auen) und dem kleinen Weikerlsee. Schulzentrum mit Hort, Kindergarten, Familienzentrum, Seelsorge- und Begegnungszentrum

bilden weitere öffentliche Kontaktpunkte innerhalb des Stadtteils. Die zahlreichen Infrastruktureinrichtungen kommen nicht nur den Bewohnern der solarCity zugute sondern auch den Alt-Pichlingern.

- **Mobilitätskonzept:** Jede Wohnung hat einen Tiefgaragenplatz und es gibt auch zahlreiche Besucherparkplätze. Der Autoverkehr wird nur entlang der Promenade und zu den einzelnen Tiefgaragen geführt und bleibt sonst zum Schutz des Wohnklimas und zum Schutz der Kinder auf ein Minimum reduziert. Innerhalb der Siedlung wird dem Fußgänger- und Radfahrverkehr größte Priorität eingeräumt. Durch die Verlängerung der Straßenbahnlinie 2 wird der neue Stadtteil über 3 Stationen an das öffentliche Verkehrsnetz von Linz angeschlossen. Weiters wurde eine direkte Busverbindung zwischen der solarCity und Alt-Pichling eingerichtet.
- **Energetische Optimierung:** Größtes Augenmerk wurde auf die Solararchitektur (Optimierte Lage der Gebäude zueinander, Ausrichtung zur Sonne und damit passive Solarnutzung und hohe natürliche Belichtung, Kompakte Bauweise, hohe Wärmedämmung) gelegt. Durch den ausschließlichen Bau von Niedrigenergie- und Passivhäusern beträgt die durchschnittliche Energiekennzahl aller Gebäude nur 36 kWh/m²a (vgl. Ziel: 44 kWh/m²a). Solaranlagen auf den Dächern der Gebäude decken 50% (vgl. Ziel: 34%) des Warmwasserbedarfs des Stadtteils. Der restliche Wärmeenergiebedarf der Gebäude wird über Fernwärme gedeckt.
- **Wasserkonzept:** Das Regenwasserbewirtschaftungskonzept sieht eine dezentrale Ableitung, Sammlung und Abwirtschaftung des Regenwassers über Rinnen, Gräben, Retentions- und Versickerungsmulden vor. Diese entlasten das Kanalsystem, ermöglichen die verzögerte Ableitung bzw. Versickerung des Regenwassers und tragen zur Vermeidung von Überschwemmungen bei. Weiters wird in der solarCity ein Pilotprojekt zum Thema „Abwasserfreie Siedlung“ durchgeführt. In 88 Wohnungen und in der öffentlichen Schule wurden Urinseparationstoiletten und zwei separate Leitungssysteme für Grau- und Braunwasser sowie Urin installiert. Der gesammelte Urin soll in der Landwirtschaft als Flüssigdünger verwendet werden. Die Braun- und Grauwasser werden filtriert, der Überlauf wird in einer Pflanzenkläranlage aufbereitet und abgeleitet, die Feststoffe werden kompostiert und als Dünger verwendet.

Mit der solarCity gelang Linz die nachhaltige Aufwertung eines Stadtrandgebiets. Die zahlreichen Infrastruktureinrichtungen, die neue Anbindung mit öffentlichen Verkehrsmitteln an das Zentrum von Linz und das Naherholungsgebiet erhöht den Lebensstandard der Bewohner von Alt-Pichling, der Bewohner des neuen Stadtteils und lassen hoffen, dass auch zukünftige Generationen davon profitieren. Mit dem hervorragenden Standard der Gebäude und vor allem mit dem Pilotprojekt „Abwasserfreie Stadt“ werden auch in der Gebäudetechnologie und Stadtbewirtschaftung zukunftsweisende Schritte gesetzt. [Stadtkommunikation Linz, 2008]

3.9.10 Bo01 Malmö, Schweden – Mittelgroßes Projekt, Neubau

In Malmö's „Västra Hamnen“, einem ehemaligen Industriegebiet, entstand in Zuge der ersten „European Housing Expo“ 2001 der Vorzeigestadtteil „Bo01 Malmö – City of Tomorrow“. Um die hohe Qualität in Planung und Ausführung zu garantieren, wurden für das Gebiet von der Stadt Malmö strenge Richtlinien, wie architektonische Rahmenbedingungen, die Farben der Fassaden, der ausschließliche Einsatz von ökologischen Baumaterialien, energiesparende Bauweise und vor allem der „green space factor“ und „green points“, definiert. Diese Richtlinien waren Teil des Vertrags mit den ausführenden Bauträgern.

Daten:

- Masterplan: Klas Tham
- Weitere Architekten: Santiago Calatrava, Gert Wingard, Kai Wartiainen, Ralph Erskine, Bertil Öhrström, etc.
- Bauzeit: 1995 - 2005
- 1.600 Wohneinheiten
- Büros, Geschäfte und Infrastruktureinrichtungen
- 2.350 Bewohner
- 22 Hektar Bruttobaugebiet

Ziele:

- Bau einer „Stadt der Zukunft für eine ökologische, nachhaltige und soziale Informationsgesellschaft“
- Internationales Vorzeigebispiel für die nachhaltige Entwicklung von dicht bebauter urbaner Umwelt
- Soziale Durchmischung
- „Autofrei“ (keine mit Benzin und Diesel betriebene Fahrzeuge)
- Nachbarschaft von Wohnen, Arbeiten und Freizeit
- Der Gesamtenergieverbrauch der Gebäude muss unter 105 kWh/m²a liegen.
- Selbstversorgung mit 100% erneuerbarer Energie

Projektschwerpunkte:

- Soziales Konzept: Mischung von Luxuswohnungen und Sozialwohnungen. Nutzungsmischung - Wohnungen, Büros, Geschäfte, Infrastruktureinrichtungen, etc.
- Architektonische Nachhaltigkeit und Städtebau: Das 30 Hektar große Gebiet erstreckt sich in Nord-Süd-Richtung. Im Westen wird es vom Meer begrenzt, im Osten von Vastra Varvsgatan – einer Allee. Mittig wird es von einem Kanal und einem diesen begleitenden Park durchzogen, der neben der Meeruferpromenade für öffentlichen Freiraum sorgt. Durch Blockbebauung entstehen viele weitere halböffentliche, intime Freiflächen. Da für die Luxuswohnungen die schönen Ausblicke nach Westen (Richtung Meer und Kanal) von höchster Priorität waren, wurde großteils eine Gebäudeausrichtung nach Westen gegenüber der Südorientierung bevorzugt. Als Wahrzeichen des Stadtteils kann das Wohnhochhaus „Turning Torso“, entworfen von Architekt Santiago Calatrava, gesehen werden.

- **Mobilitätskonzept:** Oberstes Ziel bei der Planung war, dass möglichst wenig Bewohner den Stadtteil für ihre täglichen Bedürfnisse verlassen müssen und die Wege innerhalb Bo01 zu Fuß oder per Fahrrad zurückgelegt werden. Es wurden daher zahlreiche Arbeitsplätze, diverse Infrastruktureinrichtungen und attraktive Fuß- und Radwege geschaffen. Individualverkehr mit herkömmlichen Antriebsmittel wird ausgeschlossen. Ein Parkplatz pro Wohnung steht am Rande des Quartiers zur Verfügung. Zudem wurde großer Wert auf eine gute Anbindung an das öffentliche Verkehrsnetz von Malmö gelegt. Diese öffentlichen Verkehrsmittel verfügen über alternative Antriebsmittel und –systeme (Elektro-, Gas- oder Hybridfahrzeuge). Darüber hinaus wird auch der „umweltfreundliche“ Individualverkehr gefördert. Sämtliche Fahrzeuge, die für die Instandhaltung des Stadtteils benötigt werden, werden elektrisch betrieben. Es gibt Elektro- und Gastankstellen. Ein „car sharing club“ mit einer Auswahl an Fahrzeugen mit alternativen Antriebsmitteln und –systemen steht für die Bewohner zur Verfügung. Für die optimale Information der Bewohner über alle Möglichkeiten der umweltfreundlichen Fortbewegung wurde eine „Mobility Office“ eingerichtet. Dieses koordiniert auch den öffentlichen und den individuellen Verkehr. An Kreuzungen wird beispielsweise durch spezielle Ampelsteuerungen dem öffentlichen Verkehr der Vorrang gegeben.
- **Energetische Optimierung:** In erster Linie wurde auf einen geringen Energiebedarf der Gebäude geachtet. Der Gesamtenergieverbrauch pro Gebäude sollte 105 kWh/m²a nicht übersteigen. Dies wurde durch einen hohen Gebäudestandard, sowohl was die Außenhülle als auch die Gebäudetechnik betrifft, erreicht. Weiters erhielten die Bewohner Schulungen zum Thema nachhaltigem Lebensstil. Die Wärmebedarfsbereitstellung erfolgt zu 83% durch Wärmepumpen, welche die Energie dem Meeres- und Grundwasser entziehen. Der Rest wird von 2.000 m²-Solarkollektoren und Biogas, das aus Abfall und Abwasser erzeugt wird, aufgebracht. Strom wird mittels Windkraft (2 MV Leistung) und Photovoltaik (120 m²) erzeugt. Das Lokale Versorgungsnetz ist mit dem Versorgungsnetz der Stadt Malmö verbunden. Überschüssige Energie kann so in das Gesamtnetz eingespeist werden. Wird auf dem Gelände zu wenig Energie erzeugt, kann der restliche Bedarf über das Gesamtnetzwerk gedeckt werden. Über das Jahr gesehen wird aber in Bo01 mehr Energie erzeugt als benötigt wird.
- **Freiraum- und Grünkonzept:** Durch das Meer, den großen Salzwasserkanal, kleine Süßwasserkanäle und Teiche, Meeresuferpromenade, größere öffentliche Parkflächen und kleine halböffentliche, begrünte Innenhöfe entsteht eine Vielzahl von Freiräumen unterschiedlicher Qualität. Doch nicht nur die unbebauten Flächen weisen Grünraum auf, sondern auch auf begrünte Dächer und Fassaden wurde Wert gelegt. Mit Hilfe des „green space factor“ wurden die Bauträger aufgefordert, „Ersatznaturflächen“ für die durch das Gebäude versiegelten Flächen, zu schaffen. Maßnahmen, wie das Anlegen artenreicher Pflanzenbeete, das Begrünen von Dächern oder das Anlegen von Biotopen wurden mit Faktoren von 0 bis 1 belegt. Jeder Bauträger verpflichtet sich mindestens einen Faktor von 0,5 zu erreichen. Mit diesen Frei- und Grünflächen sollte auch eine große Vielfalt an Flora und Fauna erreicht werden. Daher wurde auch eine Liste von 35 „green points“ entwickelt, von denen mindestens 10 Punkte erreicht werden

mussten. Punkte gab es z.B. für die Anbringung eines Vogelnistkastens pro Wohnung, für die einer natürlichen Entwicklung der Vegetation überlassenen Flächen und für Innenhöfe die mindestens 50 schwedische Wildblumen beherbergen.

- Wasserkonzept: Durch den geringen Anteil an versiegelten Flächen kann der Großteil des Regenwassers an Ort und Stelle versickern. Das restliche Regenwasser wird in offene Gräben geleitet. Diese versorgen die Biotope und Teiche und in weiterer Folge wird das überschüssige Wasser in den Kanal oder direkt ins Meer geleitet. Abwasser wird in das Kanalsystem der Stadt Malmö geleitet.
- Abfallkonzept: Im Stadtteil gibt es 6 Sammelstationen, von denen je 2 Vakuumröhren zu einem Abfallsammel- und Recyclingzentrum führen. In einer Röhre wird Biomüll (Nassmüll) transportiert, in der anderen der restliche Müll (Trockenmüll). Der Restmüll wird verbrannt und speist das Fernwärmenetz der Stadt Malmö. Aus dem Biomüll wird Biogas und Dünger gewonnen. Das Biogas wird zur Strom- und Wärmeproduktion verwendet oder nach weiterer Aufbereitung in das Gasnetz geleitet.
- Informations- und Kommunikationsnetzwerk: Die Bewohner haben die Möglichkeit ihren Wasser- und Energieverbrauch ständig zu überwachen, die Resultate der Mülltrennung zu verfolgen, Informationen und Empfehlungen zum Umweltschutz abzurufen, Leihautos des ortsansässigen „car-sharing-clubs“ von zu Hause zu buchen sowie die nächste Abfahrtszeit des Busses abzulesen.

Bo01 ist nur ein kleiner Teil des „Västra Hamnen“ (175 ha), in dem derzeit noch einige Bauprojekte, wie Wohnungen, Schulen, Freizeitparks, Einkaufszentren und eine Universität im Entstehen sind. Die ökonomischen, ökologischen und sozial nachhaltigen Konzepte sollen auch hier angewendet und noch weiter entwickelt werden. [Green Guide Malmö, 2004], [Malmö stad, 2008], [Smith, 2003, 2007]

3.9.11 „Helsinki Virtual Village“, Finnland – Mittelgroßes Projekt, Neubau

Das alte Industriegebiet Arabianranta, ca. 4 km vom Stadtzentrum entfernt, ist eines der wichtigsten Stadterneuerungsprojekte von Helsinki. Der neue Stadtteil beherbergt Wohnungen, Universitäten und Schulen aber auch zahlreiche Klein- und Mittelunternehmen im Bereich Kunst, Design und Multimedia. Die Stadt Helsinki begleitet das Projekt. Alle beteiligten Bauträger müssen sich an diverse Vorgaben durch die Stadt halten. Eines der Kernziele ist die Entwicklung des Stadtteils zum „Helsinki Virtual Village“.

Daten:

- Bauzeit: 1992 - 2010
- 10.000 Bewohner
- 6.000 Studenten
- 7.000 Arbeitsplätze

Ziele:

- Durchmischung von Mietwohnungen (auch Sozialwohnungen) und Eigentumswohnungen (auch mit erhöhtem Standard)
- Nachbarschaft von Wohnen, Arbeiten und Bildung
- Integration von Kunst in Architektur und Freiraumgestaltung
- Durchdringender Einsatz von neuen IuK-Technologien

Projektschwerpunkte:

- Kooperation von Bildungseinrichtungen und Unternehmen: Unter dem Projekttitel „Art and Design City Helsinki“ entsteht in Arabianranta ein Campus von Kunst, Design und Medienhochschulen und Klein- und Mittelbetrieben mit gleicher Fachausrichtung. Von der engen Zusammenarbeit im Bereich Forschung, Entwicklung und Angebot von Dienstleistungen profitieren nicht nur die Bildungseinrichtungen und Unternehmen sondern auch die Bewohner.
- Integration von Kunst: 1-2% der Gesamtbaukosten müssen in Kunst investiert werden. Ein Kunst-Koordinator sorgte in Zusammenarbeit mit Bauträgern, Architekten und Künstlern dafür, dass unter anderem Kunstwerke und spezielle Fassadengestaltungen in die Gebäudearchitektur aber auch in die Freiraum- und Straßengestaltung integriert werden.
- Einsatz von IuK-Technologien: Unter dem Projekttitel „Helsinki Virtual Village“ wird jede Wohnung und jedes Gebäude des Stadtteils über LAN oder W-LAN miteinander vernetzt. Hierzu werden alle Gebäude mit Intranet ausgestattet und sogenannte "Resident Moderators" ausgebildet, die das Intranet und die Verbindung zum LAN sowie weitergehende Angebote betreuen. Diese umfassen unter anderem eine elektronische Tageszeitung, die Vermittlung von zertifizierten Dienstleistungen im Bereich Homeservices, Dienstleistungsangebote von Bewohnern für Bewohner sowie eine digitale Arbeitsvermittlung, bei der die Profile zwischen dem Jobangebot und dem Jobsuchenden datentechnisch abgeglichen werden, um die Vermittlungsgenauigkeit zu erhöhen. Weiterhin dient das IuK-Netzwerk auch als Plattform für die zahlreichen lokalen Initiativen der Gemeinde.

In der Literatur wird als Adresse für das lokale Portal der „Helsinki Virtual Village“ folgende Internetadresse angegeben: www.helsinkivirtualvillage.fi. Trotz zahlreicher Versuche war es nicht möglich eine Verbindung zu dieser Seite herzustellen. Die aktuellsten uns zugänglichen Informationen stammen von 2006. Hier heißt es, dass das lokale Netzwerk seit 2002 in Betrieb ist. Informationen über den Fortbestand des lokalen Netzwerks, über Nutzerakzeptanz beziehungsweise über Verwendungshäufigkeiten, etc. konnten im Zuge der Studie nicht recherchiert werden. [Scharp, 2005b], [European Urban Knowledge Network, 2009]

3.9.12 Tübinger Südstadt, Deutschland - Mittelgroßes Projekt, Revitalisierung und Nachverdichtung



Abbildung 3-29: Tübinger Südstadt, Quelle: Stadtsanierungsamt Tübingen

Bei der Tübinger Südstadt handelt es sich um die Revitalisierung eines innerstädtischen Brachlands auf dem sich eine ehemalige französische Kaserne befand. Es entsteht ein spannender Gegensatz von sanierten Kasernengebäuden und Neubauten auf dem weitläufigen Areal. Die zu Grunde liegenden Bebauungspläne belassen eine relativ hohe Gestaltungsfreiheit. Bei der Grundstücksvergabe wird kleinen Baugemeinschaften gegenüber großen Bauträgern der Vorzug gegeben. Dadurch wird nicht nur die Vielfalt, Kleinteiligkeit und Nutzungsmischung gefördert sondern diese Vorgehensweise führt auch zur Stärkung der Verantwortung und Identifikation mit dem Quartier.

Daten:

- Bauzeit: 1991 -2012
- 6.500 Bewohner bis 2012
- 2.000 Betriebe bis 2012
- 60 Hektar Bruttobaugebiet

Ziele:

- Umnutzung und Nachverdichtung ehemaliger Militärareale
- Innenstadtentwicklung statt Außenentwicklung
- Schaffung eines verdichteten, urbanen Gefüges mit Wohnen, Gewerbe, Kultur
- Vielfalt der räumlichen Standards, der Grundstücksgrößen, der Eigentumsverhältnisse, der Bauformen und der Akteure
- Flexibilität des Bauablaufs
- Stärkung des bürgerschaftlichen Engagements
- ÖPNV Anschluss und Verkehrssicherheit

Bei diesem Projekt liegt die Nachhaltigkeit in der Nutzung vorhandener Gebäude und Brachflächen, in der Integration in vorhandene städtische Gefüge und Infrastruktur und in der aktiven Beteiligung der späteren Nutzer, was zu einer hohen Akzeptanz und Identifikation mit dem Stadtteil führen soll. Das heißt, der Rahmen und das Gebiet werden vorgeben und dann wird „gebaut wo es gebraucht wird, wie viel gebraucht wird und von wem es gebraucht wird“. [Werkstatt-Stadt, 2008]

3.9.13 Beddington Zero Energy Development (BedZED), Großbritannien – Kleinprojekt, Nachverdichtung

BedZED wurde auf einem Brachland in London errichtet und zeichnet sich durch relativ hohe Dichte, Mischnutzung und geringe Bodenversiegelung aus. Die Schaffung von Gemeinschaftseinrichtungen, halböffentlichen Freiflächen und privaten Dachgärten sorgen für soziale Nachhaltigkeit. Oberstes Prinzip war, nachhaltiges Wohnen einfach, attraktiv und leistbar zu machen.

Daten:

- Planung: Bill Dunster Architects und Arup Group
- Bauzeit: 2000 - 2002
- 82 Wohneinheiten
- 2500 m² für Büro-, Geschäftsflächen und Gemeinschaftseinrichtungen
- 244 Bewohner
- 1,7 Hektar Bruttobaugebiet

Ziele:

- Selbstversorgung mit 100% erneuerbarer Energie
- Regionale Ver- und Entsorgung
- Schutz von Grün- und Agrarland, wenig Flächenverbrauch
- Geringer Eingriff in Natur und Umwelt durch nachhaltige Planung
- Förderung lokaler Betriebe
- Hohe Lebensqualität
- Leistbares Wohnen

Projektschwerpunkte:

- Architektonische Nachhaltigkeit: Durch eine kompakte Anordnung und intelligente Höhenstaffelung der Gebäude, sowie der Zonierung von unterschiedlichen Nutzungen konnten trotz hoher Dichte, qualitätsvolle Innen- und Außenräume geschaffen werden. Die dreigeschossigen Wohngebäude sind alle nach Süden orientiert und nutzen dank großer Verglasungen die passive Sonnenenergie. Im „Schatten“ der Wohngebäude liegen die ein- bis zwei geschoßigen Büro- und Geschäftsflächen, die von Norden und von oben belichtet werden und daher blendfreies Arbeiten ermöglichen. Auf den Dächern dieser Gebäude sind terrassenartig Frei- und Grünflächen angeordnet.
- Mobilität: Der „Green Transport Plan“ sieht eine Siedlung der kurzen Wege vor und legt den Schwerpunkt auf Fuß- und Radwege. Zahlreiche Infrastruktureinrichtungen, wie eine Kinderbetreuungseinrichtung, ein Cafehaus, ein Dorfplatz, Freizeit- und Sportanlagen, sind zu Fuß erreichbar. Ein Bahnhof und ein Car-sharing-Club sind ebenfalls in Gehweite. Weiters gibt es Förderungen für die Anschaffung von Elektroautos. Durch die Photovoltaikanlagen können bis zu 40 Autos mit alternativem Treibstoff versorgt werden.

- Energetische Optimierung: Durch passive und aktive Solarnutzung (Photovoltaik) und Biomassekraftwerk mit Kraft-Wärme-Kopplung wird die gesamte benötigte Energie erzeugt. Eine Besonderheit sind die auf den Dächern schon von weiten sichtbaren „Wind Cows“. Diese vereinen Frischluftversorgung der Innenräume mit Wärmerückgewinnung aus der Abluft ohne Stromverbrauch. Durch die spezielle Form der „Wind Cows“ entsteht schon bei geringen Windgeschwindigkeiten ein Überdruck in den Zuluftleitungen und ein Unterdruck in den Abluftleitungen. Dadurch kann die Luft durch das Gebäude und den Wärmetauscher ohne die Hilfe von Strom transportiert werden. Der Wärmerückgewinnungsgrad beträgt rund 70%.
- Wasserkonzept: Sammlung von Regenwasser und Grauwasseraufbereitung vor Ort für Gartenbewässerung und WC-Spülung. Klärschlamm wird als Dünger verwendet. Überschüssiges Regenwasser wird auf dem Grundstück versickert.
- Ressourcenschonender Einsatz von Baumaterialien: Der Primärenergiegehalt der Baumaterialien sollte möglichst gering sein. Daher wurden regional verfügbare und recycelte Materialien bevorzugt.
- Landwirtschaftliche Bewirtschaftung: Lavendelfelder, Stadtwald, Permakulturgärten.

2003 wurden erste Untersuchungen durchgeführt, die die Erwartungen mit den tatsächlichen Werten verglichen. Die Reduktion des Wärmeenergiebedarfs sollte gegenüber dem durchschnittlichen Verbrauch in Großbritannien 90% betragen, erreicht wurden 88%. der Warmwasserverbrauch sollte um 33% reduziert werden, erzielt wurden sogar 57%. Das Ziel von 33% Stromeinsparungen konnte mit 25% nicht ganz erreicht werden. Hingegen wurde der Kaltwasserverbrauch um 50% gesenkt (Ziel war 33%). Der Benzinverbrauch der Einwohner für ihre PKW's sollte um 50% reduziert werden, erreicht wurden 65%. [Housing Energy Efficiency, 2002] [Bioregional, 2008] [Newman & Jennings, 2008] [zedfabric, 2004]

3.9.14 Vertical farms, USA – Wolkenkratzer der Zukunft?

Im Jahr 2050 wird die Weltbevölkerung 9 Milliarden erreicht haben, davon werden über 70% in Städten leben. Um die Versorgung mit Lebensmittel der Bewohner der Megacities sicher zu stellen, bedarf es laut Dickson Despommier, Professor an der Columbia University, USA „Vertical Farms“. Diese „gestapelten“ Glashäuser sollen die Möglichkeit bieten Nahrungsmittel dort anzubauen, wo sie gebraucht werden, nämlich direkt in den Städten.



Abbildung 3-30: Entwurf Vertical Farm (l.), High-Tech-Glashaus (r.o.), Glashaus-Image (r.u.),
Quelle: Despommier, Kurasek

Glashäuser in großen Dimensionen, wie beispielsweise Eurofresh in Arizona, USA (ca. 1,3 km² groß) und Thanet Earth, Großbritannien gibt es bereits. In diesen High-Tech-Produktionsstätten wachsen Pflanzen auf Steinwolle anstelle von Erde. Es herrscht ständig das optimale Klima. Den Pflanzen werden Nährstoffe und Feuchtigkeit kontrolliert und voll automatisch zugeführt. Schädlinge werden ausgesperrt und das Pflanzenwachstum wird genau überwacht um Krankheiten möglichst vermeiden oder früh bekämpfen zu können. Dadurch kann ständig und ohne Abhängigkeit von Jahreszeit und Witterung produziert werden. Zudem kann auf den Einsatz von Pestiziden weitgehend verzichtet werden und der Wasserverbrauch kann gegenüber dem Anbau in freier Natur um 2/3 gesenkt werden. In Glashäusern wächst auf der gleichen Fläche 4- bis 6-mal so viel wie in freier Natur.

„Vertical Farms“ bestehen aus mehreren Geschoßen von Glashäusern und sollen mitten in Großstädten stehen. Vorteile sind der geringe Flächenverbrauch, Wasser-Recycling, kein Treibstoffverbrauch für Traktoren, Ernte- und Sähmaschinen, kurze Transportwege zu den Verbrauchern und zusätzliche Arbeitsplätze in den Städten.

In zahlreichen Entwürfen wird an der Realisierung von „Vertical Farms“ geplant. Hier wird auch die Kombination mit Geschäften, Büros, Wohnungen und Forschungs- und Bildungseinrichtungen, usw. angedacht. Auch der Einsatz von erneuerbarer Energie, wie Geothermie, Sonnenenergie und vor allem Biomasse-Kraftwerke gespeist von Pflanzenabfällen ist ein großes Thema. Regenwassergewinnung, Schmutzwasseraufbereitung in eigenen Kläranlagen und Wiederverwendung des Wassers als Brauchwasser werden eingeplant. [Despommier, 2009]

Autarke Wolkenkratzer die nicht nur im Sinne der Versorgung mit Energie und Wasser sondern auch im Sinne der Versorgung mit Nahrungsmitteln autark werden. Die Funktionen Woh-

nen, Arbeiten, Freizeit aber auch Ver- und Entsorgung werden alle von einem Gebäude übernommen. Ein völlig autarker Wolkenkratzer, der nicht verlassen werden muss, mitten in einer Megacity. Ist das möglich, macht das Sinn und wird das die Zukunft bringen? Dieses Konzept liefert erste Diskussionsansätze dafür.

3.9.15 Güssing, Österreich – Energieautarke Kleinstadt

Die Bezirksstadt Güssing im Südburgenland war 1988 die ärmste Region Österreichs, mit 70% Berufspendlern, keinen größeren Gewerbe- und Industriebetrieben und großer Kapitalabwanderung aus der Region durch fossile Energiezukaufe. Dies veranlasste den Gemeinderat 1990 zum Grundsatzbeschluss des „Modell Güssing“ – 100% Ausstieg aus der fossilen Energieversorgung.

Daten:

- Umsetzung: ab 1990
- 27.000 Bewohner

Ziele:

- 100% Ausstieg aus der fossilen Energieversorgung
- Energieunabhängigkeit: Energieerzeugung aus regional vorhandenen und nachwachsenden Rohstoffen.
- Schaffung von Arbeitsplätzen in der Region
- Vorzeigeprojekt

Projektschwerpunkte:

- Energetische Sanierung aller Gemeindebauten
- Errichtung einer Biodieselanlage und des Biomasse-Fernheizwerks Güssing (bei seiner Gründung das größte Europas)
- 1996 Fertigstellung des weltweit einzigen Biomasse-Kraftwerks, das Strom und Wärme mit einer Wirbelschicht-Dampfvergasungstechnologie aus Holz erzeugt.
- Ausbau des Fernwärmenetzes: 2002 konnten mit 27 km Netz 37 Groß- und 208 Kleinabnehmer versorgt werden. Die Fernwärmeleistung betrug 32,25 Mio kWh.
- Nachhaltige Organisation von Waldbewirtschaftung, Holzlogistik und Holz Trocknung sorgen für eine effiziente Auslastung des Fernwärmenetzes und dafür, dass mehr Holz nachwächst als für die Energieproduktion benötigt wird.
- 2008 Inbetriebnahme der Methanierungsanlage

2006 wurde in Güssing im Bereich Wärme, Kraftstoff und Strom in der Jahresbilanz mehr Energie aus regionalen Rohstoffen erzeugt als die Stadt tatsächlich benötigte. Die jährlichen CO₂-Emissionen betragen nur noch 8% (2.800 t/a) des Bezugsjahres 1995. 2008 wurde jedoch die Biodieselerzeugung eingestellt und ein 12% höherer Energiebedarf vor allem aufgrund des Zuwachses von Industrie- und Gewerbe in der Stadt festgestellt. Der Eigenversorgungsgrad sank auf 51%, die CO₂-Emissionen stiegen auf 25.000 t/a. Die neue Methanierungsanlage wird in der Lage sein etwa 7.500 MWh/a in Form von synthetischem

Erdgas als Brenn- bzw. Treibstoff zu liefern. Damit soll sich der Eigenversorgungsgrad wieder auf 56% erhöhen, und die CO₂ Emissionen auf ca. 22.500 t/a reduzieren. Die mittelfristig vorgesehene Produktion von synthetischem Benzin und Diesel nach dem Fischer-Tropsch Verfahren (derzeit läuft lediglich ein Probetrieb) soll sowohl die Energie- als auch die CO₂-Bilanz weiter verbessern und die Stadt Güssing wieder in Richtung der vollständigen Energieautonomie bringen.

Die Stadt Güssing ist ein national und auch international viel beachtetes Vorzeigeprojekt und Kompetenzzentrum geworden. Industrie, Gewerbe und Know-how vor allem im Bereich der erneuerbaren Energieversorgung haben sich angesiedelt und Arbeitsplätze in der Region geschaffen. Weiters wird die Stadt von zahlreichen „Energietouristen“ besucht. Das Modell Güssing ist ein Erfolgskonzept und hat eine wesentliche Aufwertung der Region im Südburgenland bewirkt. [Europäisches Zentrum für Erneuerbare Energie Güssing, 2008] [Stadtgemeinde Güssing, 2005]

3.9.16 Singapur, Singapur – Wasserversorgung, Abwasserbehandlung

Singapur, an der Südspitze der hinterindischen und malaiischen Halbinsel gelegen, ist seit 1965 eine unabhängige parlamentarische Republik. Der kleine Stadtstaat hat mit Ressourcenknappheit in mehreren Bereichen zu kämpfen. Der Landknappheit wird z. B. durch die Verfrachtung von Erdmaterial aus einigen Bergen, dem Meeresboden und den umliegenden Staaten entgegengewirkt. So hat sich die Fläche von Singapur von 581,5 km² in den 1960er Jahren auf heute rund 700 km² vergrößert und soll bis 2030 noch um etwa 100 km² (auf 800 km²) wachsen.

In der Wasserversorgung ist Singapur teilweise von Malaysia abhängig, was immer wieder zu Streitigkeiten führt. In den ersten Jahren der Unabhängigkeit hatte der kleine Stadtstaat auch mit extremer Wasserknappheit zu kämpfen. Um sich von dieser Abhängigkeit zu lösen und eine Wasserversorgung der wachsenden Bevölkerung zu garantieren, entwickelt und verwirklicht Singapur nun bereits seit Jahrzehnten innovative Technologien zur Wassergewinnung, Speicherung und Aufbereitung und wurde somit zu einem weltweiten Innovationszentrum für Wasserversorgung und Abwasseraufbereitung.

Daten:

- 4,8 Mio. Bewohner
- heute rund 700 km²
- 2400 mm mittlerer Jahresniederschlag

[Wikipedia, 2009]

„the 4 national Taps“ – die 4 Grundpfeiler der Wasserversorgung Singapurs

- Regenwassersammlung und Aufbereitung: 2011 wird Singapur 15 Wasserreservoirs haben und so 2/3 seiner Fläche für die Regenwassersammlung nutzen. Damit sammelt Singapur einen Großteil seines Wassers in verbautem Gebiet. Das sich derzeit noch im Bau befindende Marina Reservoir z. B. wird sein gesamtes Regenwasser di-

rekt in der Stadt sammeln (Einzugsgebiet 10.000 Hektar). Ein Netzwerk von Kanälen, Tunneln und Flüssen verbindet die Reservoirs untereinander und fördert das Wasser zu Aufbereitungsanlagen. Zahlreiche Aufklärungskampagnen sollen das Bewusstsein der Öffentlichkeit fördern und die Verschmutzung des Regenwasser-Kanalnetzes so gering wie möglich halten.

- Wasserimport: Singapur importiert Wasser aus Johor und Malaysia. Die beiden bilateralen Übereinkommen laufen 2011 und 2061 aus.
- Aufbereitung von Brauchwasser („NEWater“): Seit 2003 wird in Singapur Brauchwasser derart gut aufbereitet, dass es als Trinkwasser verwendet werden kann. Heute decken die 4 Aufbereitungsanlagen 25% des Frischwasserverbrauchs Singapurs. 2011 wird eine weitere Anlage eröffnet und damit kann 30% des Frischwassers aus Brauchwasser hergestellt werden. Das Wasser wird vor allem in der Industrie verwendet. Trinkwasser wird nur in Flaschen für Marketingzwecke abgefüllt. Bereits seit den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts wurde intensiv an der Entwicklung von Brauchwasseraufbereitungsanlagen gearbeitet doch erst Ende der 90er Jahre ermöglichten neue Technologien und billigere Membranen eine rentable Umsetzung. Unter anderem mit dem „NEWater Visitor Centre“ wird die Öffentlichkeit über die Verfahren zur Frischwasseraufbereitung aus Brauchwasser informiert und damit die Scheu vor dieser Methode genommen.
- Destillation von Meerwasser (Salzwasser): Seit 2005 gewinnt Singapur mit der Eröffnung der „SingSpring Desalination Plant“ Frischwasser aus dem Meer. Die Anlage kann 136.000 m³ Frischwasser am Tag produzieren. Auch diese Methode der Wasseraufbereitung profitiert von den neuen Technologien und billigeren Membranen, die die Destillation von Salzwasser konkurrenzfähig machen. (PUB, Singapore's national water agency)

Singapur versucht nicht nur durch die Wassersammlung und Wasseraufbereitung die Versorgung zu garantieren und unabhängig von den Nachbarländern zu werden, sondern möchte auch auf der Verbraucherseite ansetzen. Zahlreiche Programme sollen die Bevölkerung zu einem sparsamen Umgang mit Frischwasser animieren. Unter anderem kommen freiwillige Berater ins Haus und informieren die Bewohner über die Installation von wassersparenden Armaturen und Toilettenspülungen sowie generell über den sparsamen Umgang mit Wasser. Neue oder neu renovierte Wohn- oder Geschäftsgebäude müssen mit wassersparenden Armaturen und Toilettenspülungen ausgestattet werden. [PUB, 2008]

Ziele bis 2030:

- Wasserverbrauch von derzeit 156 Liter/Tag und Person auf 140 Liter/Tag und Person zu senken.
- Ausbau von „NEWater“ (Brauchwasseraufbereitung) und der Salzwasserdestillation (Meerwasseraufbereitung) um den zukünftigen Bedarf der Industrie decken zu können.
- Generelle Verbesserung der gesamten Wasserqualität, insbesondere an den beliebten Stränden.

[Ministry of the Environment and Water Resources, 2008]

In Singapur entstand in den vergangenen Jahrzehnten, aufgrund der Notwendigkeit für die Ressourcenknappheit Wasser eine Lösung zu finden, ein internationales Vorzeigeprojekt und Innovationszentrum im Bereich Wassergewinnung, -verteilung und –aufbereitung. Unter anderem findet in der Stadt seit 2008 die „International Water Week“ statt. 2009 nahmen an dem Kongress 10.000 Politiker, Wissenschaftler, Industrievertreter, etc. aus 82 Ländern teil um Herausforderungen der Wasserversorgung der Zukunft zu diskutieren, neue Technologien zu präsentieren, Ideen und Anregungen zu sammeln und Errungenschaften der Vergangenheit zu feiern. [Singapore International Water Week, 2009]

3.9.17 Klagenfurt, Österreich – Feinstaub

Klagenfurt ist durch seine Beckenlage und den damit verbundenen geringen Luftaustausch stark von der Feinstaubproblematik betroffen. Vor allem in den Wintermonaten führen Emissionen aus Verkehr und Hausbrand in Kombination mit Inversionswetterlagen zu hohen Partikelkonzentrationen. Die hohe Feinstaubbelastung stellt ein großes Umwelt und Gesundheitsproblem dar. Zahlreiche Studien belegen den Zusammenhang zwischen Feinstaubbelastung und Atemwegserkrankungen, Herz-Kreislaufkrankungen und Lebenserwartung.

Aufgrund dieser gravierenden Probleme wurde das Thema seitens der Stadt zum Schwerpunktthema erklärt und ein Maßnahmenpaket erarbeitet und umgesetzt. Im EU LIFE Projekt „KAPA GS“ wurden über drei Jahre unterschiedlichste Maßnahmen zur Reduktion der Feinstaubbelastung simuliert, modelliert und getestet. In einem ersten Schritt wurden Ausbreitungs- und Prognosemodelle für Feinstaub und andere Luftschadstoffe erstellt und mit einem verdichteten Luftgütemessnetz validiert. Zudem wurden vielfältige technologische Maßnahmen (z.B. Partikelabscheidesysteme für Stadtbusse, alternative Streumittel, innovative Kehrmaschinen) und organisatorische Maßnahmen (z.B. Verkehrsberuhigung, Park&Ride-System, Optimierung von Winterstreudienst und Straßenreinigung, Forcierung von Gas- und Fernwärmeanschlüssen) getestet und die Auswirkungen auf die Luftgüte untersucht. Darüber hinaus wurden auch Maßnahmen zur Bewusstseinsbildung umgesetzt.

Aufbauend auf den Ergebnissen des Projektes werden derzeit in Folgeprojekten konkrete Technologieentwicklungen durchgeführt. Im EU LIFE Projekt SPAS (Sound and Particle Absorbing System) wird eine Lärmschutzwand mit Feinstaubfiltersystem entwickelt und getestet. An stark befahrenen Straßen und in Tunnelportalen sollen Feinstaub-Partikel aus Wiederaufwirbelung direkt am Entstehungsort gefiltert werden. Im EU-LIFE-Projekt CMA+ wird die Anwendung von Calcium-Magnesium-Acetat (CMA) als „Feinstaubkleber“ und Enteisungsmittel untersucht.

Mit diesen Initiativen hat sich die Stadt Klagenfurt zu einem Zentrum für die Feinstaubthematik entwickelt (Feinstaubkongress,...) und ein Beispiel abgegeben, wie örtliche Probleme letztlich in Stärken umgewandelt werden können.

3.9.18 Eco-Industrial Park Kalundborg, Dänemark – Industrial Ecology

In Kalundborg entstand über Jahrzehnte eine Symbiose zwischen mehreren Industriebetrieben, die in der Literatur immer wieder als gutes Beispiel für den „Industrial Symbiosis“ Ansatz zitiert wird. Die ursprüngliche Motivation für die Zusammenarbeit war Kostenreduktion durch Abfallverwertung zu erreichen. Erst langsam wurden auch die ökologischen Vorteile seitens der Industrie und der Stadt erkannt.

Die 7 wichtigsten Partner sind:

- „Asnaes Power Station“: Das Wärmekraftwerk produziert 10% des Stromverbrauchs Dänemarks.
- „Statoil Refinery“: Dänemarks größte Ö raffinerie mit bis zu 4,8 Mio. Tonnen Jahresproduktion.
- „Gyproc“ stellt Gipskartonplatten her.
- „Novozymes“ produziert industrielle Enzyme, „Novo Nordisk“ stellt Pharmazeutische Produkte her.
- „Kara / Noveren“: Abfallsammelzentrum
- „RGS 90“: Recyclingfirma (von verunreinigten Böden)
- „The Municipality of Kalundborg“: Die Stadt Kalundborg.

Weitere kleinere Partner sind eine Fischerei (Fish farm), Beton- Zementindustrien (Concrete and Cement Industry), Düngerindustrien (Fertilizer Industry), Schweinebauern (Pig Farms) und Bauern (Farms).

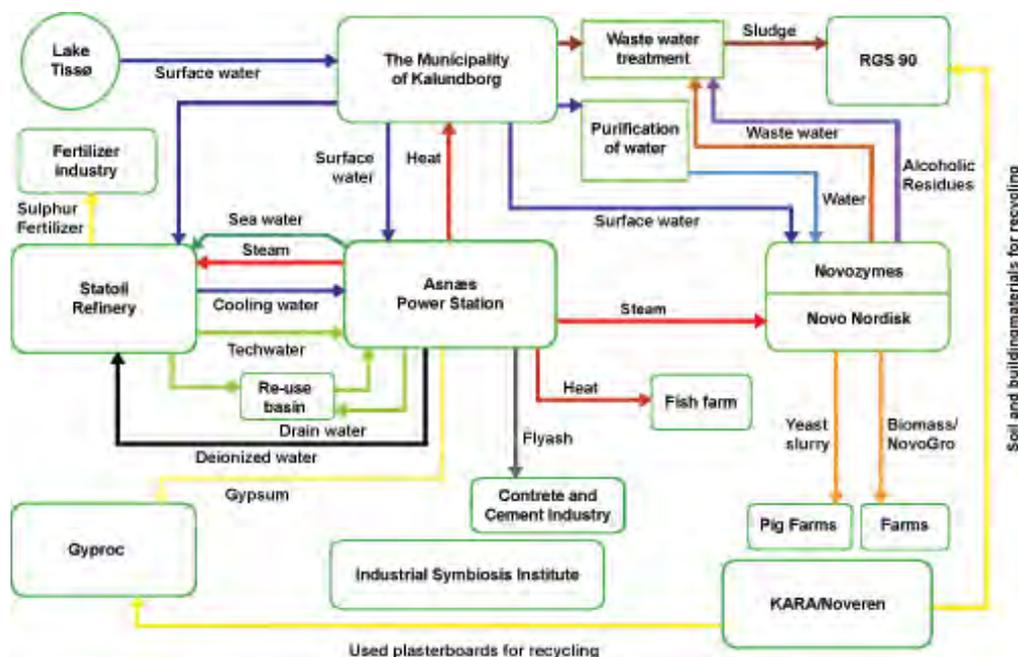


Abbildung 3-31: Kalundborg "Industrial Ecosystem"

Die Abbildung zeigt, wie die einzelnen Partner im Laufe der Jahre die „Abfallprodukte“ anderer Partner als wertvolle Roh-, Hilfs- und/oder Betriebsstoffe zu nutzen wussten und wie da-

durch ein Netzwerk von Synergien entstand, das ökonomische und ökologische Vorteile für die beteiligten Betriebe und die Region bringt.

Die wichtigsten Kooperationen sind:

- Asnaes Power Station versorgt die Stadt Kalundborg und eine Fischerei mit Wärme, Novozymes / Novo Nordisk und Statoil Refinery mit Wasserdampf, die Beton- und Zementindustrie mit Asche, Gyproc mit industriellen Gips und Statoil Refinery mit Wasser.
- Statoil Refinery versorgt Asnaes Power Station mit Kühlwasser und die Düngerindustrie mit Schwefel.
- Novozymes / Novo Nordisk liefert Bioabfall (wird zu Dünger verarbeitet) und Hefeschlamm (dient als Futtermittel für Schweine) an Bauern und Abwässer an die Kläranlage (der Stadt Kalundborg), die wiederum RGS mit Klärschlamm versorgt.
- Die Stadt Kalundborg versorgt die rund 20.000 Einwohner mit Fernwärme sowie die Industrie und Wohngebäude mit Frischwasser.
- „Kara/Noveren“ liefert verwendete Gipskartonplatten an Gyproc und Bauschutt sowie Erdaushub an RGS für Recycling.

Einige Vorteile, die sich durch die Kooperation der Firmen ergeben, sind:

- Durch die Zusammenarbeit der Firmen und Wiederaufbereitung von Abwässern werden jährliche 3 Mio. m³ Frischwasser eingespart.
- Die Abwärme, die von Asnaes Power Station produziert wird und an die Partner geliefert wird, entspricht rund 240.000 Tonnen CO₂, die durch die Verwendung der anderen Firmen praktisch eingespart werden, beziehungsweise nur ein Mal freigesetzt werden.
- Aus den Abgasen der Asnaes Power Station wird Schwefel gewonnen, das mit Calcium und gereinigtem Abwasser industriellen Gips ergibt. Gemeinsam mit dem recycelten Gips aus verwendeten Gipskartonplatten, die Kara/Noveren liefert, spart Gyproc natürlichen Gips in einer Menge, die 15 Mio. m² Gipskartonplatten entspricht.
- Ein Nebenprodukt der Insulinherstellung von Novo Nordisk wird zu Hefeschlamm, gemischt mit Zucker, Wasser und Milchsäurebakterien weiterverarbeitet. Dieses Schweinefutter ersetzt rund 70% der Sojaproteine in üblichen Futtermischungen.

„The industrial Symbiosis Institute, Kalundborg“ unterstützt die Firmen bei ihren Kooperationen und hilft bei der Entwicklung neuer Symbiosen. Zukünftige Ziele sind die Integration von erneuerbarer Energieproduktion (Biomasse, Solarenergie, Geothermie), weitere Reduktion des Wasserverbrauchs durch Wiederverwendung von aufbereitetem Abwasser und die Entwicklung neuer, innovativer Möglichkeiten Abfall- und Nebenprodukte als Rohstoffe wieder zu verwenden. [Indigo Development, 2003], [Industrial Symbiosis Institute, 2008]

3.9.19 Zusammenfassung Projektbeispiele

Nach der Analyse der untersuchten Projektbeispiele lässt zusammenfassend folgendes feststellen:

- Die Wichtigkeit von Lösungskonzepten auf Siedlungsebene wird in zunehmendem Maße erkannt, was sich in der Vielzahl verschiedener Visionen, Ansätze und Umsetzungsbeispiele manifestiert.
- Energie und Mobilität werden weltweit als Hauptprobleme gesehen, was sich in der Schwerpunktsetzung der untersuchten Projekte widerspiegelt.
- Weitere Prioritäten sind stark von den jeweiligen regionalen Verhältnissen abhängig (Wasser, Demographie, Ernährung, Klimaanpassung,...).
- Im Bereich des Neubaus von Städten bzw. Stadtteilen existieren eine Reihe von innovativen Ansätzen und Konzepten (Dongtan, Masdar, Bo01 Malmö,...).
- Im Umbaubereich gibt es deutlich weniger großmaßstäbliche Beispiele (Rückbau ganzer Stadtteile, Nachverdichtung,...). Umbau und Rückbau von Städten und Stadtteilen werden aber zunehmend als zukunftsweisende Themen erkannt.

4 Technologie und Forschung in Österreich

Österreich besitzt ein breit gestreutes Spektrum an Unternehmen und Forschungsinstitutionen mit Know-how im Bereich urbaner Technologien und Dienstleistungen, von der Stadtplanung über Energie- und Verkehrstechnologien bis hin zu Abfall- und Abwassertechnologien. Generell ist die österreichische Wirtschaft stark im unteren und mittleren Technologie-segment verankert. Es besteht vor allem Nachholbedarf bei den Hochtechnologien. In vielen Nischen haben österreichische Unternehmen bereits Technologieführerschaft erreicht [FFG, 2006]. Laut [FIW, 2008] ist der Wandel Österreichs von einem Technologienehmerland zu einem Technologiegeberland eine der wichtigsten Herausforderungen der nächsten Jahre. Dazu sei vor allem eine Spezialisierung auf höherwertige Produkte und die Übernahme der Technologieführerschaft in ausgewählten Bereichen erforderlich. Das BMVIT ist ein zentraler Akteur des österreichischen FTI-Systems, welcher durch die Gestaltung und Abstimmung von Forschungsförderprogrammen Forschung und Entwicklung in allen Schlüsselfeldern der Technologiepolitik ermöglicht.

Im folgenden Kapitel soll ein Überblick über die österreichische Forschungs- und Technologielandschaft gegeben werden. Das Ziel ist es die Bandbreite der österreichischen Kompetenzen im Bereich urbaner Technologien und Dienstleistungen sowie stadtbezogener Forschung und Entwicklung zu illustrieren. Die Aufzählung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

4.1 Thematische Aktivitäten auf österreichischer und europäischer Ebene

In diesem Abschnitt werden einige themenrelevante Aktivitäten (Strategieprozesse, Forschungsprogramme, Förderprogramme, Initiativen, Netzwerke, Plattformen, etc.) auf österreichischer und internationaler Ebene vorgestellt.

4.1.1 Thematische Aktivitäten auf österreichischer Ebene

4.1.1.1 Strategieprozesse

Im Jahre 2002 wurde von der österreichischen Bundesregierung die „Österreichische Strategie für Nachhaltige Entwicklung“ beschlossen. Die Strategie gliedert sich in vier Handlungsfelder mit je 5 Leitziele [BMLFUW, 2002a]. Die Handlungsfelder sind:

- Lebensqualität in Österreich
- Österreich als dynamischer Wirtschaftsstandort
- Lebensräume Österreichs
- Österreichs Verantwortung

Ebenfalls im Jahre 2002 wurde, den Empfehlungen des Rats für Forschung und Technologieentwicklung folgend, die FORNE-Initiative (Forschung für Nachhaltige Entwicklung) be-

gründet. Ziel ist es, das Zukunftsfeld Forschung und Entwicklung zu Stärken und international zu positionieren, sowie eine optimale Abstimmung zwischen den österreichischen Forschungsprogrammen und der Umsetzung der Österreichischen Nachhaltigkeitsstrategie zu gewährleisten.

Im Jahre 2009 wurde von der Österreichischen Bundesregierung ein partizipativer Prozess zur Erstellung einer Energiestrategie Österreich eingeleitet. Die Strategie zeigt die strategischen Schwerpunkte einer künftigen Energie- und Klimapolitik auf. Die angegebenen Maßnahmenvorschläge stellen einen Weg zur Erreichung der Energie- und Klimaziele dar. [BMWFJ & BMLFUW, 2010]

Im Strategieprozess ENERGIE 2050 wurde auf Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie eine Langfristvision für die österreichische Energiezukunft erarbeitet. Dabei wurden folgende Anliegen und Ziele verfolgt:

- Erarbeitung einer gemeinsamen Sicht der Problemlage
- Entwicklung und Bewertung von langfristigen Energie - Optionen
- Etablierung eines F&E - Schwerpunktes
- Ableitung von technologischen Innovationsstrategien

Auf Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie und des Rates für Forschung und Technologieentwicklung wurde auf Basis der Ergebnisse des Strategieprozesses ENERGIE 2050 die "Energieforschungsstrategie für Österreich: Vorschläge für Maßnahmen im Bereich Forschung, Technologie und Innovation" erarbeitet. [Paula et al., 2009]

4.1.1.2 Forschungs- und Technologieprogramme

Das Impulsprogramm „Nachhaltig Wirtschaften“ ist ein Forschungs- und Technologieentwicklungsprogramm des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie. Es besteht aus den Programmlinien „Haus der Zukunft“, „Fabrik der Zukunft“ und „Energiesysteme der Zukunft“.

Durch das Forschungs- und Technologieprogramm „Haus der Zukunft“ wurden in den Jahren 1999 bis 2007 etwa 300 Projekte im Bereich Nachhaltiges Bauen finanziert. Ziel der Programmlinie war die Erforschung und Entwicklung von marktfähigen Komponenten, Bauteilen und Baukonzepten für Wohn-, Büro- und Nutzbauten, welche den Kriterien der Nachhaltigkeit in hohem Maße entsprechen [BMVIT, 2009].

Aufbauend auf den Erfahrungen aus „Haus der Zukunft“ und dem Strategieprozess ENERGIE 2050 wird mit dem Programm „Haus der Zukunft Plus“ fortgesetzt. Die überarbeiteten Schwerpunkte liegen bei Technologien und Konzepten welche den Gebäudebereich vom Energienutzer zum Energieerzeuger machen, der industriellen Umsetzung sowie bei Konzepten für Siedlungen und Systemintegration.

Die Programmlinie „Fabrik der Zukunft“ zielt auf die Initiierung und Realisierung von beispielhaften Technologieentwicklungen in Unternehmen ab. Dabei wurden insbesondere die Be-

reiche nachhaltige Technologien und Innovationen für Produktionsprozesse, Nutzung nachwachsender Rohstoffe, sowie Produkte und Dienstleistungen betrachtet. [BMVIT, 2008]

Das Programm „Energiesysteme der Zukunft“ zielt auf die Entwicklung von Technologien und Konzepten für ein nachhaltiges Energiesystem ab. Aufbauend auf Grundlagenstudien, Konzepten und Technologieentwicklungen wurden konkrete Pilot- und Demonstrationsprojekte realisiert.

Das Programm „ENERGIE DER ZUKUNFT“ wurde vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie und vom Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit initiiert. Das Programm unterstützte Forschungs-, Entwicklungs-, Demonstrations- und Verbreitungsvorhaben in den Bereichen Effizienter Energieeinsatz, Erneuerbare Energieträger und Intelligente Energiesysteme.

„NEUE ENERGIEN 2020“ ist das Forschungs- und Technologieprogramm des Klima- und Energiefonds. Das Programm baut auf den Ergebnissen des Strategieprozess „ENERGIE 2050“ und auf den Erfahrungen der Ausschreibung „ENERGIE DER ZUKUNFT“ auf und berücksichtigt die besonderen Anliegen des Klima- und Energiefonds. Themenfelder der letzten Ausschreibungen waren unter anderem: Energiesysteme, Netze und Verbraucher, Fortgeschrittene Speichertechnologien, Energieeffizienz in Industrie und Gewerbe, Energieeffiziente Fahrzeugkomponenten und –systeme, Klima- und Energie-Modellregionen.

Im Forschungs- und Technologieprogramm „IV2S – Intelligente Verkehrssysteme und Services“ wurden in den Jahren 2002 bis 2006 Projekte zu strategisch wichtigen Themen und Technologiefeldern im Verkehrsbereich gefördert. Das Programm gliedert sich in die drei Programmlinien „A3 – Austrian Advanced Automotive“, „ISB – Innovatives System Bahn“, „I2 – Intelligente Infrastruktur“.

Aufbauend auf den Erfahrungen des Programms „IV2S“ wurde unter veränderter Schwerpunktsetzung das Strategieprogramm „Intelligente Verkehrssysteme und Services Plus“ initiiert. Das Programm gliedert sich in die Impulsprogramme „A3plus“ (Alternative Antriebssysteme und Treibstoffe), „IV2“ (Intermodalität und Interoperabilität von Verkehrssystemen), „ways2go“ (Innovation und Technologie für den Wandel der Mobilitätsbedürfnisse) und die Aktionslinie „impuls“ (Grundlagenforschung für Innovationen im Verkehr).

Im Forschungsprogramm „Kulturlandschaftsforschung“ (KLF) des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung wurden in den Jahren 1995 bis 2004 wissenschaftliche Grundlagen für die nachhaltige Entwicklung der Landschaften und Regionen Österreichs erarbeitet. Themenfelder waren unter anderem: Biodiversität und Lebensqualität, Wahrnehmung, Genese und Wandel der Landschaft, Multifunktionalität und Nutzungskonflikte, Steuerung und Umsetzung gesellschaftlicher Infrastruktur, Wasser und Feuchtgebiete, Stadt - Umland, ländliche Entwicklung.

Das Forschungsprogramm „proVision:Vorsorge für Natur und Gesellschaft“ des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung widmet sich den Zusammenhängen zwischen Klimawandel, Raumentwicklung und Lebensqualität. Ziel von „proVision“ ist es, jenes Wissen, welches zur Bewältigung von Nachhaltigkeitsaufgaben notwendig ist, bereitzustellen.

Dazu zählen unter anderem: Einflussnahme auf den Klimawandel und auf seine Folgen, schonende Nutzung des Lebensraumes, Entwurf adäquater Lebens- und Wohlstandsmodelle, Schutz, Schonung und Entwicklung der Lebens- und Wirtschaftsgrundlagen.

Im Forschungsprogramm „PFEIL05“ des Lebensministeriums wurde in den Jahren 2002-2005 angewandte Forschung im Bereich der Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft unterstützt. Im Anschluss daran wurden die Förderungsaktivitäten mit dem „Programm für Forschung und Entwicklung im Lebensministerium 2006-2010“ (PFEIL10) fortgesetzt. Die Forschungsaktivitäten gliedern sich in drei Strategiefelder und 21 Forschungsbereiche: Lebensgrundlagen (Klimawandel und Anpassungsstrategien, Nachwachsende Rohstoffe, Ressourcenmanagement, etc.), Lebensmittel (Biologische Landwirtschaft, nachhaltige landwirtschaftliche Produktionssysteme, etc.) und Lebensraum (Biodiversität und Ökosysteme, ländlicher Raum und ländliche Entwicklung, etc.)

4.1.2 Thematische Aktivitäten auf europäischer Ebene

4.1.2.1 Leipzig Charta

Die „Leipzig-Charta zur nachhaltigen europäischen Stadt“ ist ein politisches Dokument der EU Mitgliedsstaaten. Die für Stadtentwicklung zuständigen Ministerinnen und Minister haben sich im Mai 2007 im Rahmen eines informellen Ministertreffens auf gemeinsame Grundsätze und Strategien für die Stadtentwicklungspolitik geeinigt. In der Leipzig-Charta verpflichteten sich die Unterzeichner:

- auf nationaler Ebene eine politische Initiative zur Integration der Grundsätze und Strategien der Leipzig Charta zu starten.
- auf nationaler Ebene geeignete Rahmenbedingungen zu schaffen um das Instrument der integrierten Stadtentwicklung voranzubringen.
- Eine ausgeglichene räumliche Entwicklung auf Basis eines europäischen Städtesystems zu fördern.

Empfehlungen der Leipzig Charta sind:

- Stärkere Nutzung einer integrierten Stadtentwicklungspolitik
 - Herstellung und Sicherung qualitätsvoller öffentlicher Räume
 - Modernisierung der Infrastrukturnetze und Steigerung der Energieeffizienz
 - Aktive Innovations- und Bildungspolitik
- Besondere Aufmerksamkeit auf benachteiligte Stadtquartiere im gesamtstädtischen Kontext
 - Städtische Aufwertungsstrategien verstetigen
 - Stärkung der lokalen Wirtschaft und der lokalen Arbeitsmarktpolitik
 - Aktive Bildungs- und Ausbildungspolitik für Kinder und Jugendliche
 - Leistungsstarken und preisgünstigen Stadtverkehr fördern

4.1.2.2 Thematische Strategie für die städtische Umwelt

Die Europäische Kommission hat eine „thematische Strategie für die städtische Umwelt“ verfasst. Dadurch soll die Anwendung des bestehenden EU-Umweltrechts auf lokaler Ebene verbessert werden. Stadtverwaltungen werden dazu ermutigt, integrierte Konzepte für die Stadtentwicklung umzusetzen. Die Strategie unterstützt die Entwicklung von Leitlinien für ein integriertes Umweltmanagement und eine nachhaltige Planung des städtischen Verkehrs. Zudem soll die Ausbildung der kommunalen Verwaltungen im städtischen Umweltbereich verbessert und ein EU-weiter Austausch von Best-Practice Beispielen forciert werden. [Commission of the EC, 2006]

4.1.2.3 Aktionsplan urbane Mobilität

Im „Aktionsplan urbane Mobilität“ werden 20 Maßnahmen zur Unterstützung einer nachhaltigen urbanen Mobilität vorgeschlagen [Commission of the EC, 2009a]. Diese basieren auf dem von der Kommission veröffentlichten „Grünbuch - Hin zu einer neuen Kultur der Mobilität in der Stadt“ [Kommission der Europäischen Gemeinschaften, 2007].

4.1.2.4 SET-Plan

Im SET-Plan (Strategic Energy Technology Plan) der Europäische Kommission sind Strategien für die Entwicklung und Umsetzung von Low-Carbon Technologien festgelegt. Der Plan umfasst dabei Maßnahmen zur Planung, Entwicklung, Umsetzung und internationalen Kooperation im Bereich Energietechnologien. Teil der Strategie ist die „Smart Cities Initiative“, welche auf die Unterstützung von Pilotprojekten im Bereich energieeffizienter Städte abzielt. Die Hauptkomponenten der Initiative betreffen Gebäude, lokale Energienetzwerke und das Transportsystem. [Commission of the EC, 2009b]

4.1.2.5 URBAN-NET:

Das URBAN-NET Projekt hat das Ziel, gemeinschaftliche Forschungsaktivitäten im Bereich Urbane Nachhaltigkeit auf europäischer Ebene zu forcieren und thematisch zu koordinieren.

URBAN-NET wird über das 6. EU-Forschungsrahmenprogramm im Rahmen der ERA-NET Initiative gefördert. Österreichische Konsortialpartner von URBAN-NET sind das Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung (BMWF) und das Umweltbundesamt (UBA).

Wesentliche Ziele des Projektes sind:

- Koordination der Forschungsförderung zum Thema Urbane Nachhaltigkeit in Europa
- Vernetzung relevanter Stakeholder
- Identifizieren transnationaler Forschungsanforderungen
- Unterstützung der Umsetzung der European Research Area im Bereich Urbane Nachhaltigkeit
- Unterstützung der Entwicklung europäischer Strategien

Im Rahmen des Projektes wurden Forschungsfelder zur urbanen Nachhaltigkeit identifiziert, aus denen vier „Priority Research Areas“ (fett markiert) hervorgehoben wurden [IFM & TÜV, 2009]:

- **Integrated urban management and city leadership**
- **Sustainable land-use in city regions**
- **Climate Change in the urban context**
- **Health, quality of life and public spaces**
- Proximity, access, transport and mobility
- Social stability and deprived neighbourhoods
- Energy efficiency and infrastructure management
- Competitive urban futures and adaption to globalisation
- Environmental management and social behaviour
- Demographic change – opportunities and consequences for cities
- Migration and diversity as a challenge and an opportunity
- Heritage, identity, culture, tourism and branding
- Shrinking Cities
- Commercial locations and centralised supply areas
- Housing and urban design in highly differentiated cities

4.1.2.6 Forschungsrahmenprogramm

Programme für Forschung, technologische Entwicklung und Demonstration werden in der EU in zeitlich befristeten Forschungsrahmenprogrammen (FRP) gebündelt. Derzeit läuft das 7. EU-Rahmenprogramm für Forschung, Technologische Entwicklung und Demonstration (FP7). In vergangenen Rahmenprogrammen wurden zahlreiche Projekte gefördert, welche sich mit nachhaltiger Stadtentwicklung oder urbanen Kernthemen beschäftigen. Beispiele sind unter anderem:

- ECOCITY - Urban Development towards Appropriate Structures for Sustainable Transport
- PROPOLIS - Planning and Research of Policies for Land Use and Transport for Increasing Urban Sustainability
- POLYCITY – Sustainable Energy Systems
- PROSPECTS - Procedures for Recommending Optimal Sustainable Planning of European City Transport Systems
- SUTRA – Sustainable Urban Transportation
- CRISP - A European Thematic Network on Construction and City Related Sustainability Indicators
- PASTILLE - Promoting Action for Sustainability at the Local Level in Europe
- PLUME - Planning and Urban Mobility in Europe
- ISHTAR Project (Integrated Software for Health, Transport efficiency and Artistic Heritage Recover

- CITYMOBIL - Towards advanced transport for the urban environment
- ARTISTS Project - Arterial Streets Towards Sustainability

4.1.2.7 Förderprogramme der Europäischen Kommission für urbane Gebiete

Die Europäische Kommission betreibt eine Reihe von Förderprogrammen welche speziell auf urbane Themenstellungen zugeschnitten sind, bzw. die urbane Dimension mit umfassen. Einige wichtige Initiativen sind im Folgenden genannt.

URBAN ist eine Gemeinschaftsinitiative welche im Rahmen der Kohäsionspolitik der Europäischen Union durchgeführt wird. Ziel ist die Erneuerung städtischer Gebiete und krisenbetroffener Stadteile.

URBACT fördert den Erfahrungsaustausch von nachhaltigen urbanen Entwicklungsprojekten und unterstützt die Zusammenarbeit zwischen Städten.

Im Rahmen der CONCERTO Initiative werden Städte und Gemeinden bei der Entwicklung und Umsetzung integrierter Energieeffizienz-Strategien unterstützt.

Die CIVITAS Initiative unterstützt Städte bei der Entwicklung von saubereren, nachhaltigen und energieeffizienten Transportsystemen.

4.2 Verknüpfung österreichischer F&E-Kompetenzen mit den Themenfeldern

Wie in Abschnitt 1.3 beschrieben, wurden die erhobenen Akteure mit den in Kapitel 3 identifizierten Forschungsfeldern der Stadt der Zukunft in Form einer Matrix verknüpft. Bei der Interpretation der Matrix ist zu beachten, dass es sich bei der Zusammenstellung um keine vollumfängliche Auflistung aller österreichischen Kompetenzträger handelt. Wie in Abschnitt 1.3 beschrieben wurde, der Zielsetzung der vorliegenden Studie entsprechend, die Recherche und Auswertung abgebrochen, wenn aus der Qualität der Beiträge und der Anzahl der Akteure auf eine entsprechende Kompetenz in einem Themenfeld geschlossen werden konnte.

Die Zuordnung der Kompetenzträger zu den einzelnen Themenfeldern erfolgte primär auf Basis der durch sie in den Forschungsprojekten behandelten Themen. Darüber hinaus wurde versucht (z.B. durch Angaben auf der Homepage der Unternehmen/Institute) auch andere themenrelevante Kompetenzfelder der jeweiligen Institute und Unternehmen zu berücksichtigen.

Die Matrix hat, entsprechend der thematischen Breite, eine beachtliche Größe. Insgesamt wurden mehr als 350 österreichische Kompetenzträger (Universitätsinstitute, Industrieunternehmen, Dienstleister,...) mit über 70 stadtrelevanten Themenbereichen verknüpft. Aufgrund der Größe kann die Matrix in diesem Bericht nicht vollumfänglich dargestellt werden. Die Auswertung der Matrix und die aus der Verknüpfung gezogenen

Schlussfolgerungen sind in Abschnitt 4.2.2 beschrieben. Die gesamte Matrix kann auf Anfrage bei der RMA (office@rma.at) als MS-Excel File übermittelt werden.

| Institut/Firma | Architektur | Raumplanung | Städtebau | Verkehrsplanung | Verkehrsforschung | Verkehrstechnologie, DL | Gebäude- und Bautechnologie | Energieforschung, Energieberatung | Energieechnologie | Energieversorgung | Wasser-/Abwassertechnologie | Wasserversorgung | Abwasserentsorgung | Umwelt/ Ressourcen/Nachhaltigkeit | Abfallwirtschaft | Landwirtschaft, Forstwirtschaft | Wirtschaftsforschung | Sozialforschung | Informatik, Datenverarbeitung | Elektronik, Telematik | Telekommunikation | Governance Forschung | Klimaforschung | Life Science Biotechnologien |
|--|-------------|-------------|-----------|-----------------|-------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|------------------|--------------------|-----------------------------------|------------------|---------------------------------|----------------------|-----------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------|----------------------|----------------|------------------------------|
| TU Graz - Institut für Wärmetechnik | | | | | | | | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | |
| TU Graz - Institut für Gebäude und Energie | x | | | | | | | x | x | | | | | | | | | | | | | | | |
| TU Graz - Institut für Städtebau | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TU Graz - Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | |
| TU Graz - Institut für Straßen- und Verkehrswesen | | | | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TU Graz - Institut für Hochbau und Bauphysik | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TU Graz - Institut für technische Anlagen | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | |
| TU Graz - Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation | | | | | | | | x | x | | | | | | | | | | | | | | | |
| TU Graz - Institut für Elektrische Anlagen | | | | | | | | x | x | | | | | | | | | | | | | | | |
| TU Graz - Institut für Thermische Verfahrenstechnik und Umwelttechnik | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | | | | |
| TU Graz - Institut für Prozess und Partikeltechnik | | | | | | | | x | x | | | | | | | | | | | | | | | |
| KFU Graz - Institut für Systemwissenschaften, Innovations- u. Nachhaltigkeitsforschung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| KFU Graz - Institut für Chemie | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| KFU Graz - Institut für Geographie und Raumforschung | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x |

Abbildung 4-1: Ausschnitt aus der Verknüpfungs-Matrix

4.2.1 Beispiele für österreichische F&T-Kompetenz in den Themenfeldern

Im folgenden Abschnitt werden Beispiele für österreichische Forschungs- und Technologiekompetenzen in den einzelnen Themenfeldern gegeben.

4.2.1.1 Energie

Solarthermie

In Österreich hat der Bereich der Entwicklung und Umsetzung von Solarthermiesystemen eine lange Tradition. Dementsprechend gut sind viele österreichische Unternehmen in diesem Bereich am Weltmarkt positioniert. Zahlreiche namhafte Kollektorhersteller und Systemanbieter sind in Österreich beheimatet, darunter auch der weltgrößte Flachkollektorhersteller. Aber nicht nur in der Produktion von Solarkollektoren, auch in der Entwicklung und Produktion von anderen Komponenten (Speicher, Regelung, Pumpen,...) und Solarsystemen sind österreichische Unternehmen erfolgreich tätig. [Fink et al., 2008]

Mehrere renommierte österreichische Forschungseinrichtungen beschäftigen schwerpunktmäßig mit solarthermischen Fragestellungen. Zudem existieren Kooperationen zwischen Solarforschungszentren und Institutionen mit anderen Kernkompetenzen sowie der österreichischen Solarindustrie. Koordination und Erfahrungsaustausch wird über die Austrian Solar Thermal Technology Plattform (ASTTP) durchgeführt.

Namhafte Akteure aus Forschung und Wirtschaft sind unter anderem:

- AEE – Institut für nachhaltige Technologien (AEE-INTEC)
- Austrian Institute of Technology (AIT), Department Energy
- Austrian Solar Innovation Center (ASIC)
- GASOKOL
- GREENoneTEC
- Institut für Wärmetechnik der Technischen Universität Graz (IWT)
- SIKO Solartechnik
- Solarfocus
- SOLID
- Sun Master
- TISUN

Photovoltaik

Österreichische Unternehmen sind hauptsächlich im Bereich der PV-Modulherstellung und Zulieferung von Einzelelementen (Einkapselungsfolien, Verdrahtungen, Wechselrichter,...) tätig und zum Teil auch am Weltmarkt hervorragend positioniert [Fechner et al., 2007].

Namhafte Akteure aus Forschung und Wirtschaft sind unter anderem:

- Austrian Institute of Technology (AIT), Department Energy
- Energetica
- Ertex-Solar
- FRONIUS
- KIOTO
- Konarka
- K-Projekt IPOT („Intelligent Photovoltaic Module Technologies“)
- PVT Austria
- SOLON-Hilber

Energetische Biomassenutzung

Österreich ist in einigen Bereichen der energetischen Biomassenutzung Technologieführer und verfügt über hohes Potential zur Technologieentwicklung. [Tragner et al., 2008]

Namhafte Akteure aus Forschung und Wirtschaft sind unter anderem:

- GUNTAMATIC
- Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften der TU Wien
- Institut für Wärmetechnik der TU Graz
- K1-Zentrum BIOENERGY 2020+
- Kohlbach
- KWB Biomasseheizungen

- REPOTEC Umwelttechnik GmbH
- URBAS

Regionale Energieversorgung

Österreichische Akteure besitzen international beachtetes Know-How bei der Erstellung und Umsetzung von regionalen Energiekonzepten. [Späth et al., 2007]

Beispielgebend sind Energieregionen wie:

- Güssing
- Kötschach-Mauthen
- Murau
- Weiz-Gleisdorf

Energieeffizientes Bauen

Österreich ist bei der Forschung und Entwicklung von energieeffizienten Gebäudetechnologien weltweit im Spitzenfeld. Insbesondere in der Passivhaustechnologie sind österreichische Unternehmen führend.

Namhafte Akteure aus Forschung und Wirtschaft sind unter anderem:

- Drexel und Weiss Energieeffiziente Haustechniksysteme
- Freisinger Fensterbau GmbH
- Institut für Bauphysik der Universität Innsbruck
- Institut für Gebäude und Energie der TU Graz
- Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie der TU Graz
- Institut für Wärmetechnik der TU Graz
- Kompetenzzentrum Multifunctional Plug & Play Facade (K-Projekt)
- Massivhaus Systembau GmbH
- Österreichische Energieagentur
- Österreichisches Institut für Baubiologie und Bauökologie (IBO)
- WEISSENSEER HOLZ-SYSTEM-BAU GmbH

Smart Grids

Österreich verfügt im Bereich „Smart Grids“ über eine aktive Forschungscommunity und Unternehmen mit anerkannten Produkten und Innovationen [SMARTGRIDS AUSTRIA, 2009].

Namhafte Akteure aus Forschung und Wirtschaft sind unter anderem:

- Austrian Institute of Technology (AIT), Department Energy
- Fronius
- Infineon
- Institut für Computertechnik der TU Wien
- Institut für elektrische Anlagen der TU Graz

- Institut für elektrische Anlagen und Energiewirtschaft der TU Wien
- Schrack Technik
- Siemens
- Ubitronix System Solutions

4.2.1.2 Mobilität

Österreichische Forschungsinstitute und in Österreich ansässige Unternehmen verfügen in vielen Bereichen des Mobilitätssektors über hohes technologisches Know-How und international anerkannte Produkte. Die Ergebnisse der Forschungsprogramme des bmvit zu Mobilitäts- und Verkehrstechnologien (siehe 4.1.1.2) können die Qualität österreichischer Forschung in diesen Bereichen dokumentieren.

Verkehrstelematik, Intelligente Verkehrssysteme

In Österreich wird Spitzenforschung im Bereich Forschung und Entwicklung im Bereich Verkehrstelematik und intelligente Verkehrssysteme geleistet.

Namhafte Akteure aus Forschung und Wirtschaft sind unter anderem:

- AIT Department Mobility
- Frequentis
- Kapsch TrafficCom
- Lakeside Labs
- Magna
- SKIDATA
- SWARCO
- RISC Software

Elektromobilität

Zahlreiche Unternehmen und Forschungseinrichtungen beschäftigen sich auf hohem Niveau mit dem Themenfeld Elektromobilität. In Vorarlberg wurde eine Modellregion zur Einführung und Entwicklung der Elektromobilität umgesetzt.

Namhafte Akteure aus Forschung und Wirtschaft sind unter anderem:

- AIT Department Mobility
- Institut für elektrische Anlagen und Energiewirtschaft der TU Wien
- KEBA
- KTM
- Magna

4.2.1.3 Urbane Struktur

Unter dem Themenfeld Urbane Struktur werden Fragen zur physischen Struktur und zur räumlichen Organisation der Stadt zusammengefasst. Zahlreiche österreichische Forschungsinstitute befassen sich Schwerpunktmäßig mit Fragestellungen zu Siedlungsformen und Stadtformen, der Bebauungsstruktur, der Erschließungsstruktur, der urbanen Flächennutzung sowie der Dynamik von städtebaulichen Veränderungsprozessen. Diesbezügliche Forschungsaktivitäten finden in Österreich sowohl an universitären Forschungsinstituten als auch an außeruniversitären Forschungseinrichtungen statt.

Namhafte Akteure aus Forschung und Wirtschaft sind unter anderem:

- Abteilung Stadt, Region und räumliche Entwicklung der IFF-Fakultät der Universität Klagenfurt
- Competence Center of Urban and Regional Planning (CORP)
- Department für Raum, Landschaft und Infrastruktur der Universität für Bodenkultur Wien
- Institut für Stadt- und Regionalforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften
- Institut für Städtebau der TU Graz
- Institut für Städtebau und Raumplanung der Universität Innsbruck
- Institut für Städtebau, Landschaftsarchitektur und Entwerfen der TU Wien
- Österreichisches Institut für Raumplanung (ÖIR)
- Salzburger Institut für Raumordnung und Wohnen (SIR)

International beachtete Projekte zur nachhaltigen Siedlungs- und Stadtentwicklung belegen die Qualitäten österreichischer Akteure. Darunter befindet sich unter anderem eines der derzeit größten Stadtentwicklungsprojekte Europas (Aspern Die Seestadt Wiens).

- Aspern, die Seestadt Wiens (siehe 3.9.6)
- Die Solar City in Linz Pichling (siehe 3.9.9)
- ECR Energy City Graz
- Stadtwerk Lehen in Salzburg

4.2.1.4 Wasser/Abwasser

Zahlreiche österreichische Forschungseinrichtungen befassen sich mit der Entwicklung von nachhaltigen Konzepten zur Wasserversorgung und Abwasserentsorgung.

Die österreichische Wirtschaft weist im Sektor Wasserversorgung und Abwasserentsorgung eine breite Palette an Technologieherstellern und Dienstleistern auf, welche über hohes technologisches Know-How und international anerkannte Produkte verfügen.

Namhafte Akteure aus Forschung und Wirtschaft sind unter anderem:

- Best Water Technology AG (BWT)

- Institut für Siedlungswasserbau, Industrieressourcenmanagement und Gewässerschutz der Universität für Bodenkultur Wien
- Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau der TU Graz
- Institut für Thermische Verfahrenstechnik und Umwelttechnik der TU Graz
- Institut für Umweltbiotechnologie des Interuniversitären Department für Agrarbiotechnologie (IFA-Tulln)
- Institut für Wasser und Ressourcenmanagement, Joanneum Research
- Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft der TU Wien
- SW Umweltechnik Stoiser & Wolschner AG
- VA TECH WABAG GmbH
- VTA Engineering und Umwelttechnik GmbH
- WTE Wassertechnik GmbH

4.2.1.5 Produkte/Abfälle

In diesem Themenfeld werden Fragestellungen zusammengefasst, welche sich mit der Herstellung und Nutzung von Produkten in der Stadt, sowie der Rückführung und Entsorgung von Abfällen aus der Stadt beschäftigen. Österreich verfügt in relevanten Unterpunkten dieses sehr breiten Themenfeldes über eine ausgeprägte Forschungslandschaft und eine Vielzahl von international erfolgreichen Unternehmen. Die Ergebnisse der Forschungsprogramme „Fabrik der Zukunft“ und „Haus der Zukunft“ können die Qualität österreichischer Forschung in diesen Bereichen dokumentieren.

Nachwachsende Rohstoffe (NAWARO)

Namhafte Akteure aus Forschung und Wirtschaft sind unter anderem:

- AURO Naturfarben GmbH
- Gruppe Angepasste Technologien (GrAT)
- Holzforschung Austria (HFA)
- Institut für Chemie der KFU Graz, Arbeitsgruppe "Nachwachsende Rohstoffe"
- Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme, Joanneum Research
- Isocell
- Lignosol Technologie
- Natur&Lehm
- TILLY-Holzindustrie Gesellschaft m.b.H.
- VTU-Engineering GmbH (Verfahrenstechnik)
- Wood COMET (COMET K1-Zentrum)

Abfallwirtschaft

Namhafte Akteure aus Forschung und Wirtschaft sind unter anderem:

- Institut für Abfallwirtschaft der Universität für Bodenkultur Wien

- Institut für nachhaltige Abfallwirtschaft und Entsorgungstechnik der Montanuniversität Leoben
- Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft der TU Wien
- KOMPTECH GmbH
- Lindner Recyclingtech
- M-U-T Maschinen-Umwelttechnik-Transportanlagen GmbH
- Rubble Master
- Saubermacher Dienstleistungs AG (Abfallentsorgungs- und Verwertung)
- Thöni Umwelt- und Energietechnik
- UEG - Umwelt- und Entsorgungstechnik AG

4.2.1.6 Ökonomie

Zahlreiche österreichische Forschungseinrichtungen befassen sich mit wirtschaftlichen Fragen zur Stadt- und Regionalentwicklung.

Namhafte Akteure sind unter anderem:

- Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung (WIFO)
- Institut für Regional- und Umweltwirtschaft der WU Wien
- Institut für nachhaltige Wirtschaftsentwicklung der Universität für Bodenkultur Wien
- Institut für Geographie und Regionalforschung der Universität Klagenfurt
- Institut für Geographie und Regionalforschung der Universität Wien

4.2.1.7 Mensch und Umwelt

In diesem Themenfeld werden Fragen zum Lebensraum Stadt, sowie zum Zusammenhang zwischen sozialer, wirtschaftlicher und ökologischer Entwicklung zusammengefasst. Die Qualität österreichischer Forschung in diesem Sektor wird unter anderem durch die Ergebnisse der Forschungsprogramme proVIsion und PFEIL (siehe 4.1.1.2) dokumentiert.

Sozial und Nachhaltigkeitsforschung

Namhafte Akteure sind unter anderem:

- Abteilung für Wirtschaftssoziologie und Stadt- u. Regionalforschung der Johannes Kepler Universität Linz
- Fachbereich Soziologie des Department für Raumentwicklung, Infrastruktur- und Umweltplanung der TU Wien (ISRA)
- Institut für Soziale Ökologie der IFF Fakultät der Universität Klagenfurt
- Interuniversitäres Forschungszentrum für Technik, Arbeit und Kultur (IFZ)
- Österreichisches Institut für Nachhaltige Entwicklung (ÖIN)
- Zentrum für Soziale Innovation

Naturschutz:

Namhafte Akteure sind unter anderem:

- AVL - ARGE Vegetationsökologie und Landschaftsplanung
- Department für Integrative Biologie und Biodiversitätsforschung der Universität für Bodenkultur Wien
- Fachbereich für Landschaftsplanung und Gartenkunst der TU Wien
- Naturschutzzinstitut Steiermark
- Naturschutzbund Österreich

4.2.1.8 Urbanes Management

Unter urbanem Management versteht man das koordinierende Zusammenspiel verschiedener Akteure zum Erreichen eines gemeinsamen Ziels. Dazu gehören unter anderem Planung, Leitung, Organisation, Monitoring und Evaluation von urbanen Entwicklungsprozessen.

Nachhaltigkeitsbewertung und -management

Eine Vielzahl österreichischer Institute und Unternehmen hat einen methodischen Schwerpunkt im Bereich der Nachhaltigkeitsbewertung und dem Nachhaltigkeitsmanagement von urbanen Systemen oder relevanten Teilbereichen.

Namhafte Akteure sind unter anderem:

- Institut für industrielle Ökologie
- Institut für Systemwissenschaften, Innovation- und Nachhaltigkeitsforschung der Universität Graz (ISIS)
- Österreichisches Ökologie Institut
- Ressourcen Management Agentur (RMA)
- Sustainable Europe Research Institute (SERI)

Governance

Mehrere österreichische Institute betreiben Forschung im Bereich von Governancestrukturen und -formen in Städten und Kommunen.

Namhafte Akteure sind unter anderem:

- Abteilung Organisationsentwicklung und Gruppendynamik der IFF Fakultät der Universität Klagenfurt
- Department für Governance & Public Administration der Donau-Universität Krems
- Institut für Politikwissenschaft der Universität Wien
- Zentrum für Verwaltungsforschung Managementberatungs- und WeiterbildungsgmbH (KDZ)

4.2.2 Folgerungen aus der Verknüpfung

Die Verknüpfung der Akteure mit den in Kapitel 3 identifizierten Forschungsfeldern der Stadt der Zukunft zeigt, dass österreichische Unternehmen und Institute Know-how und Forschungskompetenz in allen relevanten Themenbereichen aufweisen. Unter Berücksichtigung der durch die gewählte Methodik bedingten Einschränkungen können folgende, für die Studienziele relevanten Aussagen abgeleitet werden:

- Zahlreiche österreichische Forschungsinstitute beschäftigen sich im Rahmen ihres Schwerpunktes explizit mit dem System Stadt. Darunter sind vielfältige wissenschaftliche Disziplinen und Zugänge vertreten (Urbanistik, Siedlungsgeographie, Städtebau, Regionalökonomie, etc.).
- Eine Vielzahl österreichischer Forschungseinrichtungen betreibt technologieorientierte Forschung und Entwicklung, in für nachhaltige Stadtentwicklung wichtigen Teilbereichen. Im Wesentlichen sind alle in Kapitel 3 identifizierten, für urbane Systeme wichtigen Themenbereiche (Energie, Mobilität, Wasser, Abfall,...) abgedeckt.
- Aus den großen F&T Programmen (Haus der Zukunft, Energiesysteme der Zukunft,...) und der Schwerpunktsetzung der Forschungszentren (COMET K, Kplus,...) kann unter anderem auf große F&E Kompetenzen in den Bereichen Energie (Solarthermie, Energetische Biomassenutzung, Smart Grids,...), Gebäude (Passivhaus, Solares Niedrigenergiehaus,...) und Mobilität (Verkehrstelematik, Elektromobilität,...) geschlossen werden.
- Viele österreichische Forschungsinstitute haben Erfahrung mit interdisziplinärem und transdisziplinärem Arbeiten. Aufgrund der breiten Teilnahme an inter- und transdisziplinär ausgerichteten Forschungsprogrammen kann auf eine entsprechende Verbreitung diesbezüglicher Methodenkompetenz geschlossen werden.
- Österreichische Unternehmen verfügen in vielen stadtrelevanten Infrastrukturbereichen, wie etwa dem Gebäude-, Verkehrs-, Energie-, Wasser-, Abwasser- und Umweltsektor, über hohes technologisches Know-How und international anerkannte Produkte (siehe 4.2.1).
- In einzelnen stadtrelevanten Technologiebereichen besitzt Österreich ausgeprägte Stärkefelder und nimmt im weltweiten Vergleich Spitzenpositionen ein. Beispiele sind unter anderem die Passivhaustechnologie, die energetische Biomassenutzung und die Solarthermie (siehe 4.2.1.1).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass österreichische Unternehmen und Institute hinreichendes Know-how und Forschungskompetenz in allen relevanten Themenbereichen aufweisen und daher die grundsätzlichen wissenschaftlich-technologischen Voraussetzungen für die Etablierung eines F&E Schwerpunktes im Bereich „Urban Future“ gegeben sind.

5 Leitfragen für die „Stadt der Zukunft“ – Eine etwas andere Zusammenfassung

Aufgrund der Breite des Themenkomplexes „Stadt der Zukunft“ ist eine explizite Auflistung aller relevanten Forschungsfragen kaum möglich. In diesem Abschnitt werden auf Basis der erhobenen Forschungsfelder einige übergeordnete Leitfragen entwickelt, die zur Diskussion über Lösungsperspektiven für urbane Technologien und Konzepte anregen sollen.

Welche künftigen Herausforderungen und Chancen ergeben sich aus Megatrends?

Im vorliegenden Bericht wurden bereits einige Schlüsseltrends beschrieben, welche für die künftige Stadtentwicklung und die Entwicklung urbaner Technologien von großer Bedeutung sind (siehe 2.2). Aus diesen Trends ergeben sich eine Reihe von neuen, technologischen, wirtschaftlichen und gesellschaftspolitischen Herausforderungen und Chancen.

Die jetzigen und künftigen Herausforderungen denen sich Städte stellen müssen sind nicht überall dieselben. Unterschiedliche, teils gegensätzliche Entwicklungen stehen nebeneinander. Während etwa viele schrumpfende Städte mit einer zu groß gewordenen, veralteten Infrastruktur kämpfen, kommt es andernorts zu einem regelrechten Ansturm auf urbane Zentren. Vor allem in Schwellen- und Entwicklungsländern hinkt vielfach der infrastrukturelle Ausbau dem rasanten Bevölkerungswachstum der Megacities hinterher. Experten prognostizieren einen Peak der Weltbevölkerung, etwa im Jahre 2060, bei knapp 9 Milliarden Menschen. Danach führen sinkende Geburtenraten zu einer Bevölkerungsabnahme auf prognostizierte 5 Milliarden Menschen. Andernorts stellt der demographische Wandel eine der größten Herausforderungen der kommenden Jahre dar. Eine zahlenmäßig abnehmende Bevölkerung mit einem immer größer werdenden Anteil alter Menschen hat weitreichende Auswirkungen auf die künftige Stadtentwicklung. Zudem ist ein Wertewandel zu verzeichnen, welcher sich in veränderten Lebensstilen, Lebensformen und Haushaltsstrukturen äußert. Eine Konsequenz davon ist unter anderem die Zunahme der Wohnfläche pro Person und damit verbunden eine Ausdehnung der Siedlungsfläche, selbst bei stagnierendem Bevölkerungswachstum. Der wirtschaftliche Wandel zu einer Wissens- und Dienstleistungsökonomie führt zur Bildung neuer Standortfaktoren und stellt viele regionale Wirtschaftssysteme auf eine völlig neue Basis. Auf politischer Ebene stärkt die Globalisierung die Bedeutung der Kommunen, Städte und Regionen. Die technologische Entwicklung verändert das menschliche Zusammenleben in vielen Bereichen, und ermöglicht neue Wohn-, Arbeits-, Kommunikations- und Mobilitätsformen. Auch globale Umweltveränderungen haben vielfältige Konsequenzen für Städte und Kommunen. Der weltweite Klimawandel fordert Städte in zweierlei Hinsicht heraus. Als Hauptverursacher müssen sie ihre Treibhausgasemissionen drastisch reduzieren um die Auswirkungen des Klimawandels in Grenzen zu halten. Darüber hinaus müssen Städte geeignete Strategien entwickeln, um sich den erwarteten Folgen des Klimawandels, wie steigender Meeresspiegel, extreme Wetterereignisse und häufigere Hitze- und Trockenperioden, anzupassen. Zudem hat die globale Ressourcenverknappung zunehmend Konsequenzen für die Rohstoffmärkte und erfordert in ökonomischer und ökologischer Hinsicht ei-

nen Umbau der urbanen Systeme. Die gegenwärtige Siedlungs- und Infrastruktur basiert auf der günstigen Verfügbarkeit von Rohstoffen. Durch billiges Erdöl und die weite Verbreitung des Automobils wurde in den letzten Jahrzehnten eine disperse Siedlungsentwicklung ermöglicht, deren Betrieb und Aufrechterhaltung mit hohen Kosten und erheblichem Ressourcenaufwand verbunden ist. Eine verringerte Verfügbarkeit und steigende Rohstoffkosten fordern die Städte heraus, ihre Strukturen an die neuen Gegebenheiten anzupassen. Insbesondere bei historisch gewachsenen Städten gilt es im Spannungsfeld zwischen Erneuern und Bewahren geeignete Umbaukonzepte zu finden.

Die Auswirkungen und Folgen welche sich für urbane Systeme aus den Schlüsselrends ergeben sind noch nicht hinreichend analysiert und bewertet. Diesbezüglich können unter anderem folgende Leitfragen formuliert werden:

- *Welche wirtschaftlichen, technologischen, soziokulturellen und umweltbezogenen Entwicklungen sind zu erwarten und wie beeinflussen diese die Stadtentwicklung?*
- *Welche spezifischen Chancen und Herausforderungen ergeben sich daraus?*
- *Wie können diese Prozesse besser verstanden werden und wie kann strategisch darauf reagiert werden?*
- *Wie müssen Städte gestaltet werden, dass sie den erweiterten Anforderungen der Funktionsvariabilität, Umnutzbarkeit sowie der Um- und Rückbaubarkeit entsprechen?*
- *Wie soll mit dem Bestand historisch gewachsener Städte umgegangen werden?*
- *Wie kann der derzeitige hohe Infrastrukturstandard in Zukunft finanziert werden?*
- *Wie können die Hauptaktivitäten (Ernähren, Wohnen, Reinigen, Transportieren und Kommunizieren) künftig mit neuen Technologien befriedigt werden?*
- *Welche Rohstoffe sind für urbane Zukunftstechnologien notwendig?*
- *Stehen diese Ressourcen künftig auch in ausreichendem Maße zur Verfügung?*

Wie kann und soll mit Komplexität und Interdependenz im System Stadt umgegangen werden?

Komplexität, Diversität, Vielschichtigkeit, Interdependenz und Dynamik sind wesentliche Charakteristika urbaner Systeme. Städte sind gekennzeichnet durch verschachtelte Entscheidungs- und Handlungsebenen (Haushalte, Verwaltungsebenen, Wirtschaft,...), überlappende Cluster technischer Infrastruktursysteme, sowie verflochtene soziale und wirtschaftliche Interaktionsnetzwerke. Im vorliegenden Bericht wurden bereits einige Beispiele vorgestellt, welche die Komplexität des urbanen Systems zeigen und die Interdependenzen zwischen einzelnen Elementen, Ebenen und Sektoren illustrieren. An dieser Stelle wird auf den Zusammenhang zwischen urbaner Struktur und Mobilitätsverhalten (siehe 3.1.2.1 und 3.5.1), den Zusammenhang zwischen Lebensstilen, regionaler Standortpolitik, Investitionsentscheidungen und disperser Raumentwicklung (siehe 3.1.2.1) oder die Abwärtsspirale strukturschwacher Städte und Stadtteile, wie sie im Kontext von Wirtschaftswandel, Attraktivitätsverlust, sozial selektiver Wanderungsprozesse und kommunalem Finanznotstand entsteht (siehe 3.1.2.1) verwiesen.

Durch die vielfältigen Zusammenhänge gilt der Grundsatz, dass in einem komplexen System Veränderungen eines Systembereichs praktisch immer mit Konsequenzen für andere Systembereiche verbunden sind. Diese Konsequenzen können sich entweder in Form von unerwünschten Nebenwirkungen oder in Form von wünschenswerten Synergien äußern. Eine isolierte „Optimierung“ von Einzelaspekten kann durchaus negative Auswirkungen auf andere Teilsysteme oder das Gesamtsystem haben. So kann zum Beispiel eine Effizienzsteigerung auf Gebäudeebene (Passivhaus,...) die Effizienz des Wärmenetzes vermindern, die „rücksichtslose“ Optimierung der Solarnutzung eines Einzelgebäudes eine verstärkte Verschattung von Nachbargebäuden hervorrufen oder eine unreflektierte Umsetzung von Wassereffizienzmaßnahmen die Funktionsfähigkeit der Schwemmkanalisation beeinträchtigen (siehe 3.3.1). Ein Beispiel für positive Synergienutzung bietet etwa der „Industrial Symbiosis“ Ansatz. Auf der Basis von Verschiedenartigkeit und räumliche Nähe werden durch geeignete Kopplung symbiotische Austauschprozesse ermöglicht (siehe 3.4.2). Möglichkeiten zur Nutzung von Synergiepotentialen bestehen auch zwischen verschiedenen Sektoren. So können künftig beispielsweise Elektrofahrzeuge die Speicherkapazität ihrer Batterien intelligenten Stromnetzen zur Verfügung stellen und damit die Fluktuationen dezentraler, regenerativer Energiequellen abpuffern. Umgekehrt ermöglichen diese Smart Grids eine auf regenerativem Strom basierende Elektromobilität (siehe 3.2.7).

Generell gilt, dass die verschiedenen Ebenen des urbanen Systems untereinander in enger Wechselwirkung stehen. Die Interaktion von Einzelobjekten (Personen, Gebäude, Fahrzeuge, Unternehmen, etc.) führt zu kollektiven Phänomenen auf höherer Ebene. Diese aggregierten Strukturen (Siedlungsstrukturen,...) schaffen wiederum den Rahmen für die Dynamik der Einzelobjekte und beeinflussen so deren weitere Entwicklung. In solchen Fällen kann eine integrierte Betrachtung der Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Systemebenen hilfreich sein. Bei holistischen Ansätzen besteht potentiell jedoch immer auch die Gefahr durch eine zu umfassende Betrachtungsweise gewissermaßen in die „Komplexitätsfalle“ zu tappen und dadurch handlungsunfähig zu werden. Diesbezüglich gilt es eine adäquate Beschreibungsebene zu finden und durch partielle Entkopplung die Komplexität auf ein handhabbares Maß zu reduzieren.

In jedem Fall muss stadtbezogene Forschung und Entwicklung die Komplexität und die daraus resultierenden Interdependenzen in geeigneter Weise berücksichtigen. In diesem Zusammenhang können unter anderem folgende Leitfragen formuliert werden:

- *Welche Berührungspunkte, Widersprüche und Synergiepotentiale bestehen zwischen einzelnen Sektoren (Energie, Wasser, Verkehr,...)?*
- *Welche Fachdisziplinen müssen zur Erarbeitung von integrierten Lösungsansätzen zusammenarbeiten und wie soll diese Zusammenarbeit gestaltet werden?*
- *Welche Forschungsmethodik ist dabei zielführend?*
- *Welcher Systemdefinition (Untersuchungsraum) ist für die jeweilige Bearbeitung sinnvoll, um für die bestehende Problematik weder zu kurz gefasst noch zu weit gefasst zu sein?*
- *Welche Methoden der Komplexitätsreduktion sind im jeweiligen Kontext angebracht?*

- *Welche Handlungsstrategien lassen sich für den Umgang mit komplexen Systemen ableiten?*

Welche Leitbilder, Zielvorstellungen und Orientoren sind hilfreich für eine zukunftsfähige Entwicklung urbaner Systeme?

Wie bei jedem längerfristigen Vorhaben spielen auch in der Stadtentwicklung Zielvorstellungen und Leitbilder eine wesentliche Rolle. Welcher Zielzustand soll angestrebt werden? Woraan soll man sich orientieren? Mit welchen Ansätzen kann das Ziel erreicht werden?

Grundkonsens der derzeitigen Diskussion ist, dass eine zukunftsfähige Entwicklung urbaner Systeme auf dem Prinzip der Nachhaltigkeit beruhen muss. Aufbauend auf diesem Grundprinzip gilt es geeignete Denkansätze und Umsetzungsstrategien zu entwickeln.

Eine wesentliche Nachhaltigkeitsstrategie ist die Orientierung am Effizienzprinzip. Effizienz ist das Verhältnis des Nutzens zum Aufwand. Ziel der Effizienzstrategie ist es letztlich, den Einsatz von Stoffen und Energie pro Ware bzw. Dienstleistung zu verringern. Für eine Umsetzung des Nachhaltigkeitsprinzips greifen reine Effizienzstrategien jedoch oft zu kurz. Ein Problem ist der sogenannte Rebound-Effekt: eine erhöhte Effizienz (geringerer spezifischer Aufwand) begünstigt das Wachstum und geht oft mit einem erhöhten Konsum einher, wodurch letztlich die erzielten Einsparungen kompensiert werden. Weitere Nachhaltigkeitsstrategien (Konsistenz, Suffizienz,...) werden in Abschnitt 3.4.2 diskutiert.

Neben den oben genannten Orientierungsprinzipien, welche im Wesentlichen aus der Umweltdiskussion stammen, werden vermehrt auch Ansätze aus den Systemwissenschaften zur Orientierung und Strategieentwicklung herangezogen. Ein Beispiel findet sich in [Bossel, 2004]. Demnach müssen zukunftsfähige Systeme mit sechs grundlegenden Umwelteigenschaften umgehen können. Daraus lassen sich die jeweils zugehörigen Systemeigenschaften ableiten welche als allgemeine Leitwerte für zukunftsfähige Systeme dienen können.

Umwelteigenschaft

Normalzustand
Ressourcenknappheit
Umweltvielfalt
Umweltschwankungen
Umweltwandel
Andere Systeme

Systemeigenschaft

Existenz
Effizienz
Handlungsfreiheit
Sicherheit
Adaptivität
Koexistenz

Die Qualität eines komplexen Systems lässt sich nicht darauf reduzieren eine bestimmte Aufgabe in einem bestimmten Kontext hocheffizient lösen zu können. Aufgabe ist es vielmehr, bestimmte Grundfunktionen unter eine Vielzahl von Randbedingungen hinreichend erfüllen zu können. Ein hocheffizientes Versorgungssystem ist praktisch wertlos, wenn es nicht oder nur mit sehr hohem Aufwand an veränderte Rahmenbedingungen (Rohstoffsituation, Nachfrage,...) angepasst werden kann. Als ein Vorbild können in dieser Beziehung natürliche Ökosysteme dienen. Im Vergleich mit technischen Systemen weisen sie eine relativ geringe Effizienz in Einzelkomponenten und eine fast verschwenderische Vielfalt an Erschei-

nungsformen auf. Durch ihre konsistente Art der Energie- und Stoffnutzung und ihre enorme Anpassungsfähigkeit stellen sie dennoch ein Musterbeispiel für eine konsistente, nachhaltige Systementwicklung dar. In diesem Zusammenhang werden neben der Effizienz zunehmend Meta-Attribute wie Resilienz, Flexibilität, Adaptierbarkeit und Evolvierbarkeit zur Beurteilung komplexer Systeme herangezogen.

Im Zusammenhang mit der Leitbildentwicklung zukunftsfähiger Städte können unter anderem folgenden Leitfragen formuliert werden:

- *Welche Nachhaltigkeitsstrategien sind im gegebenen Kontext sinnvoll?*
- *Welche Indikatoren können die gewünschten Eigenschaften abbilden?*
- *Inwiefern bringt eine Orientierung an Prozessen, Funktionen und Bedürfnissen neue Lösungsansätze?*

Welche Strukturen und Organisationsformen ermöglichen eine nachhaltige Entwicklung?

Derzeit besteht kein Konsens darüber wie die nachhaltige „Stadt der Zukunft“ aussehen kann und soll. Eine Kernfrage diesbezüglich ist, welche Strukturen und Organisationsformen letztlich eine nachhaltige Stadtentwicklung möglich machen.

Die gegenwärtigen Ver- und Entsorgungsstrukturen sind überwiegend zentral organisiert:

Strom wird im Wesentlichen in wenigen Großkraftwerken produziert, ganze Städte werden zentral mit Fernwärme versorgt, Gas wird tausende Kilometer über Pipelines transportiert, Treibstoffe werden in zentralen Raffinerien erzeugt, große Kläranlagen bereiten die Abwässer ganzer Regionen auf und Abfälle werden kommunal gesammelt und in überregionalen Müllverbrennungsanlagen verwertet. Dem gegenüber besteht in vielen Infrastrukturbereichen die Tendenz, vermehrt dezentrale, kleinräumig organisierte Systeme zu entwickeln und einzusetzen, welche sich durch eine hohe Diversität und eine Orientierung an räumlichen Angebots- und Nutzungsmustern auszeichnen. So erfordert beispielsweise die vergleichsweise geringe Energiedichte erneuerbarer Energien eher kleinere, dezentrale Strukturen und eine räumliche Nähe zum Nutzer. Beide Systemkonzepte haben spezifische Vor- und Nachteile. So sind zum Beispiel große, zentrale Strukturen oft effizienter in der Umwandlung, aber die lange Lebensdauer und die hohe Kapitalbindung begrenzen deren Anpassungsfähigkeit. Hier gilt es geeignete Kompromisse zwischen Zukunftsoffenheit, Flexibilität, Steuerbarkeit, Kosten- und Ressourceneffizienz zu finden.

Eine Systemoptimierung erfordert die Orientierung der Infrastruktur an den räumlichen und zeitlichen Angebots- und Nachfragemustern, unter Berücksichtigung der jeweiligen Vor- und Nachteile der Systemstruktur (zentral, semizentral, dezentrale) sowie den zur Verfügung stehenden technologischen Optionen für Umwandlung, Verteilung, Speicherung und Nutzung. Grundsätzlich gilt, dass sich in räumlich und zeitlich größer gefassten Systemen und in größeren Kollektiven Angebot und Nachfrage leichter in Einklang bringen lassen und Synergieeffekte genutzt werden können. Überschüssige Gewinne können in übergeordnete Netze eingespeist und andernorts genutzt werden. Das überwinden räumlicher Distanzen und die

zeitliche Speicherung ist jedoch mit infrastrukturellem Aufwand, Kosten und Verlusten verbunden. Unter diesem Gesichtspunkt erfordert eine Systemoptimierung auch eine Veränderung der räumlichen und zeitlichen Angebots- und Nachfragemuster selbst. Räumliche Nähe und Diversität in Angebot und Nachfrage (Nutzungsmischung,...) können wesentlich dazu beitragen den Aufwand für Transport und Umwandlung zu verringern. Bei der Optimierung der räumlichen Struktur ist wiederum auf die Zusammenhänge zwischen den Sektoren Rücksicht zu nehmen. Eine beispielsweise aus energetischer Sicht optimale Dichte kann unter Umständen in anderen Sektoren (Wohnen, Verkehr,...) zu Dichtestress und Kapazitätsproblemen führen.

Neben der räumlichen Struktur stellt auch die Systemsteuerung und Koordination ein wichtiges Kriterium dar. Eine optimierte Steuerung von Energie-, Stoff- und Verkehrsflüssen bietet Optimierungspotentiale in vielen Bereichen. Als Beispiele können Smart Grids (siehe 3.2.7) oder Verkehrstelematiksysteme (siehe 3.5.3.1) genannt werden. Grundsätzlich gilt, dass die zentrale Steuerung von hochgradig dezentralen Prozessen mit einem hohen Kommunikationsaufwand verbunden und damit nur für Systeme begrenzter Größe geeignet ist. Alternative Ansätze beruhen auf den Organisationsprinzipien natürlicher Systeme. Prozesse mit hohen Informationsanforderungen operieren nur lokal (dezentrale Interaktion) wodurch Aufwand und Kosten gesenkt werden können. Die globale Koordination entsteht letztlich durch Selbstorganisations- und Adaptionprozesse auf Basis geeignet definierter lokaler Wechselwirkungen (siehe 3.5.6 und 3.8.1.6).

Im Zusammenhang mit nachhaltigen Strukturen und Organisationsformen lassen sich unter anderem folgende Leitfragen formulieren:

- *Welche Strukturen und Organisationsformen ermöglichen eine nachhaltige Entwicklung?*
- *Welche spezifischen Vor- und Nachteile sind mit den jeweiligen Strukturen und Organisationsformen verbunden? (Skaleneffekte, Flexibilität, Kostenstruktur, Lebensdauer, Kapitalbindung,...)*
- *Welche technologischen Optionen stehen zur Verfügung?*
- *Welche Schnittstellen zwischen Systemen sind notwendig?*
- *Welche angebots- und nachfrageseitigen Steuerungsmechanismen stehen zur Verfügung?*
- *Wie sehen flexible, anpassungsfähige Infrastrukturen und Organisationsstrukturen aus?*

Wie sind die Beziehungen zur Systemumgebung zu gestalten?

Die Stadt steht auf vielfältigen Ebenen im intensiven Austausch mit ihrer nahen und fernen Umgebung. Diese Austauschprozesse sind ein wesentliches Merkmal der Stadt und müssen bei stadtbezogener Forschung und Entwicklung entsprechend berücksichtigt werden. Ein energieautarker Stadtteil etwa, welcher durch seine Nutzungsstruktur große Pendlerströme hervorruft und verkehrsmäßig schlecht angebunden ist, greift hinsichtlich Nachhaltigkeit auf ähnliche Weise zu kurz wie das vielzitierte „Passivhaus auf der grünen Wiese“.

Durch die funktionsräumliche Arbeitsteilung zwischen Stadt und Umland sowie die Einbindung in globale Produktions- und Konsumationsnetze sind Städte von ihrem Hinterland abhängig. Um ihre innere Ordnung aufrechterhalten zu können müssen Städte energetische und stoffliche Ressourcen aus dem regionalen und globalen Hinterland importieren und umgekehrt Emissionen und Abfälle exportieren. Diese Flüsse aus Baustoffen, Nahrungsmitteln, Konsumgütern, Wasser, Energieträgern, Abfällen, Abwässer, etc. verursachen direkt oder indirekt verschiedenste Umwelteffekte bei ihrer Herstellung, Nutzung und Entsorgung. Für Städte stellt sich letztlich die Frage, wie sie die Verantwortung für die weitreichenden Folgen ihres Konsums wahrnehmen wollen.

In diesem Kontext sind auch gewisse Ansätze aus der Autarkiediskussion kritisch zu hinterfragen. Insbesondere stellt sich die Frage, welche Produktions- und Prozessketten lokal/regional geschlossen werden können und sollen, in welchem Sektor und in welchem Grade Autarkie und Selbstversorgung anzustreben ist und auf welcher Ebene autarke Einheiten sinnvoll umgesetzt werden können.

Im Zusammenhang mit Stadt-Umlandbeziehungen lassen sich unter anderem folgende Leitfragen formulieren:

- *Wie soll das Stadt-Umland Beziehungsgefüge gestaltet werden?*
- *Welcher Grad an Autarkie und Selbstversorgung ist anzustreben?*
- *Können und sollen Produktions- und Prozessketten lokal/regional geschlossen werden?*
- *Für welche Produkte wäre das sinnvoll?*
- *Auf welcher Ebene (Gebäude, Quartier, Stadt, Region,...) können einzelne Probleme am effektivsten gelöst werden?*
- *Wie können urbane, regionale und internationale Ver- und Entsorgungsräume zu einem nachhaltigen Beziehungsgefüge integriert werden?*
- *Wie können integrierte Konzepte für die Optimierung des urbanen Metabolismus entwickelt werden?*
- *Wie ist die Relevanz von regionalen und überregionalen Austauschprozessen zu bewerten?*

Wie kann ein Systemwechsel hin zu nachhaltigen Systemen umgesetzt werden?

Ein Grundproblem beim Übergang zu nachhaltigen urbanen Systemen stellt die sogenannte „Pfadwechsel“-Problematik dar. In einer Vielzahl von wirtschaftlichen, technologischen und gesellschaftlichen Systemen kann man das Ausbilden von Pfadabhängigkeiten beobachten: Eine einmal eingeschlagene Entwicklungsrichtung wird durch positive Rückkopplungsschleifen zementiert. Die Innovationsfähigkeit solcher Systeme ist stark eingeschränkt (Lock-In) und eine Veränderung (Pfadwechsel) ist vielfach nur mit drastischen Maßnahmen möglich. [Gößling-Reisemann, 2008]. Beim Umgang mit urbanen Systemen ist zu beachten, dass diese gewissermaßen eine Mischform zwischen natürlichen und technischen Systemen darstellen. Während technische Systeme zur Erfüllung einer spezifischen Funktion entworfen und konstruiert werden, entstehen natürliche Systeme durch Selbstorganisationsprozesse in ei-

ner komplexen, dynamischen Umwelt. Urbane Systeme weisen Eigenschaften und Organisationsmerkmale beider Systemklassen auf und erfordern aufgrund dieser hybriden Stellung geeignete Ansätze für ihre Analyse und Gestaltung. Städte wachsen, schrumpfen und verändern sich aufgrund einer inneren Dynamik und äußerer Randbedingungen, sozialer, wirtschaftlicher, rechtlicher und physikalischer Natur. Planung und Steuerung kann diese Dynamik unterstützen, hemmen und lenken aber niemals gänzlich ersetzen oder ausschalten.

Letztlich gilt es ein besseres Verständnis der Dynamik und wechselseitigen Beeinflussung zu erhalten und darauf aufbauend Strategien für einen fundamentalen Systemwechsel hin zu nachhaltigen urbanen Systemen zu entwickeln. In diesem Zusammenhang lassen sich unter anderem folgende Leitfragen formulieren:

- *Wie kann, ausgehend von heutigen Systemen, ein Übergang hin zu nachhaltigen urbanen Systemen realisiert werden?*
- *Welche Akteure spielen in diesem Transformationsprozess eine Rolle?*
- *Wie kann der Systemwechsel initiiert und gemanaged werden?*
- *Welche Regelungssysteme müssen verändert werden?*
- *Welche Steuerungsmöglichkeiten (Raumplanung, Gesetze, Regulative Instrumente, Fiskale Instrumente,...) sind für welche Zielsetzungen und unter welchen Bedingungen notwendig?*
- *Wie ist die Dynamik von Umbauprozessen zu bewerten und zu steuern? Welche Zeithorizonte sind realistisch?*
- *Welche Innovations- und Diffusionshemmnisse bestehen?*
- *Welche Leitziele sind für einen beschleunigten Strukturwandel hilfreich?*

6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen für die österreichische Forschungs- und Technologiepolitik

6.1 Schlussfolgerungen

„Stadt“ ist Zukunftsthema mit hohem strategischem Stellenwert

Der Trend der globalen Urbanisierung bringt es mit sich, dass Mitte dieses Jahrhunderts mehr als zwei Drittel der Weltbevölkerung in Städten leben werden. Die Stadt ist der menschliche Lebensraum der Zukunft. Bis 2050 werden voraussichtlich neue Städte für mehr als 2 Milliarden Menschen gebaut, der Großteil davon in Entwicklungs- und Schwellenländern. Städte sind die Zentren menschlicher Aktivität und als solche sowohl die Zentren von Kultur, Innovation und Wirtschaftstätigkeit, als auch die Brennpunkte von globaler Ressourcenkonsumation und sozialen Konflikten. Die weltweite Urbanisierung steht somit in engem Zusammenhang mit den ökologischen, ökonomischen und sozialen Problemen unserer Zeit und wird zunehmend als eine der zentralen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts angesehen. Andererseits bieten Städte zahlreiche Chancen und Potentiale für eine nachhaltige Entwicklung. Eine Schwerpunktsetzung zum Thema „Stadt der Zukunft“ bietet die Möglichkeit zur Bündelung der Anstrengungen aus vielfältigen Bereichen (Klimawandel, Energie, Mobilität, Soziales, Wirtschaft,...). Diesbezüglich ist es wichtig wie die künftigen Herausforderungen in Angriff genommen werden. Begegnet man den drohenden Slums mit Hightech-Lösungen oder begnügt man sich mit bescheidenem Wachstum [Radermacher, 2002].

Stadt muss neu gedacht werden

In unserer modernen Gesellschaften finden gegenwärtig tiefgreifende technologische, ökonomische, ökologische und soziale Entwicklungsvorgänge statt (Demographischer Wandel, Wirtschaftswandel, Klimawandel, etc.). Auch wenn diese Megatrends regional zu gänzlich unterschiedlichen Herausforderungen führen, ist all diesen vielfältigen Entwicklungen letztlich gemeinsam, dass durch veränderte Anforderungen und Rahmenbedingungen weltweit ein erheblicher Restrukturierungsbedarf für Städte und Stadtregionen entstehen wird. Städte müssen sich anpassen und neue Wege finden, wie sie ihre Vitalität in einer dynamischen, ungewissen Umwelt erhalten können. Dazu muss die Art und Weise wie Städte gebaut werden fundamental neu gedacht werden. Es gilt wesentliche Trends und Entwicklungen rechtzeitig zu erkennen und zu bewerten und darauf aufbauend geeignete, zukunftsorientierte Lösungen zu entwickeln. Als zentrale Frage wird sich stellen, wie die menschlichen Bedürfnisse, wie Ernährung, Arbeit, Wohnen und Freizeit, möglichst ressourceneffizient befriedigt werden können. Diese Lösungen führen zu Standortfaktoren, welche im wirtschaftlichen Wandel zur Wissens- und Dienstleistungsökonomie von entscheidender Bedeutung für die Attraktivität urbaner Zentren sind. Im Hinblick auf die oben formulierte These eines globalen Bevölkerungsspeaks im Jahre 2060, aber auch aufgrund der Auswirkungen des demographischen Wandels, sollten Städte so gebaut werden, dass sie einfach umbau- und rückbaubar sind

und die verbauten Ressourcen zukünftig wiederverwendet und/oder unter ökologischen Gesichtspunkten wieder der Natur rückgeführt werden können.

Orientierung an Systemkriterien

Städte sind Musterbeispiele für komplexe Systeme, in welchen eine isolierte Optimierung von Einzelaspekten aufgrund der vielschichtigen, wechselseitigen Abhängigkeiten für gewöhnlich nicht zielführend ist. In diesem Zusammenhang gilt es Systemlösungen zu entwickeln, welche die Widersprüche und Synergiepotentiale zwischen einzelnen Ebenen und Sektoren geeignet berücksichtigen bzw. nutzen. Eine wesentliche Voraussetzung für nachhaltige urbane Systeme ist die gesamtheitliche Optimierung des urbanen Ressourcenhaushaltes nach den Kriterien der Energie- und Ressourceneffizienz. Dies bedeutet, dass jedes urbane Zentrum mit seinem zur Ver- und Entsorgung notwendigen Um- und Hinterland seinen Energie- und Ressourcenhaushalt kennen und entsprechend effizient steuern muss. In diesem Zusammenhang ist nicht nur auf die offensichtlich Input- und Outputströme zu achten, sondern auch auf die Emissionen aus dem Bestand, welche durch die Nutzung der vielfältigen Produkte innerhalb der Stadt entstehen. Urbane Agglomerationen stehen im Brennpunkt der Ressourcenfrage. Darüber hinaus spielen in zunehmendem Maße Meta-Attribute wie Resilienz, Adaptivität, Flexibilität und Evolvierbarkeit eine zentrale Rolle. Für die Entwicklung zukunftsfähiger Ansätze ist eine geeignete Berücksichtigung der internen Systemdynamik (individuelle und kollektive Verhaltensmuster, Selbstorganisation,...) und der Beziehungen zur Systemumwelt erforderlich (Stadt-Umland Beziehung, Einbindung in regionale/globale Kreisläufe,...).

Orientierung an Bedürfnissen

Jegliche Bemühungen zur Systemoptimierung dürfen nicht am Menschen vorbei zielen sondern müssen die Befriedigung menschlicher Bedürfnisse als Ausgangspunkt haben. Es gilt ein lebenswertes Umfeld zu schaffen und einen Beitrag zu einer gesteigerten Lebensqualität zu leisten. Wichtige Faktoren in diesem Zusammenhang sind unter anderem Bildung, Kultur, Gesundheit und Sicherheit. Zudem kann eine konsequente Orientierung der F&E Anstrengungen an den zur menschlichen Bedürfnisbefriedigung ausgeübten Aktivitäten (Ernähren, Transportieren und Kommunizieren, Wohnen und Arbeiten, Reinigen) zu neuen Lösungsansätzen für urbane Systeme führen.

Integrierte Ansätze erfordern Kooperation

Um der Komplexität des „Systems Stadt“ und den umfassenden Anforderungen des Leitziels Nachhaltigkeit gerecht werden zu können ist in verstärktem Maße integrative Forschung, inter- und transdisziplinäre Zusammenarbeit und kooperative Technologieentwicklung unter einer holistischen Betrachtungsweise notwendig. Erst durch die enge Zusammenarbeit von Forschung, Wirtschaft und Kommunen können die anstehenden Problemfelder wirkungsvoll in Angriff genommen werden. Neue Medien bieten hier große Potentiale zur wirkungsvollen Bearbeitung transdisziplinärer Ansätze.

Systemtechnologien und –konzepte

Der Nachfrage an Systemlösungen steigt weltweit. Auch Städte wollen vermehrt nicht einzelne Tätigkeitsfelder, wie Raumplanung, Siedlungswasserbau, Energieinfrastruktur oder Abfallmanagement vergeben, sondern wollen eine Systemlösung die vielschichtig die Herausforderungen der nachhaltigen Stadtentwicklung löst. Daher steigt auch der Bedarf High Tech Dienstleistungen mit High Tech Industrie zu verknüpfen. Ziel der Bemühungen sind Systemtechnologien und –konzepte für nachhaltige Städte, wie zum Beispiel:

- Konzepte für den ökologischen Umbau von Städten und Regionen im Spannungsfeld zwischen Erneuern und Bewahren
- Konzepte für effiziente, konsistente und zukunfts offene Strukturen und Organisationsformen (Umnutzbarkeit, Um- und Rückbaubarkeit, Adaptivität, Lernfähigkeit,...)
- Infrastrukturen für eine Gesellschaft im Wandel
- Integrierte Ver- und Entsorgungskonzepte für Gebäudekollektive und Stadt(teile) (Umwandlung, Transport, Logistik, Infrastruktur, Speicherung, Nutzung, Steuerung,...)
- Integrale Werkzeuge zur Entscheidungsunterstützung für Planung und Management welche eine Kopplung von sozialen Prozessen und Planungsprozessen verwirklichen (automatische Datenerfassung, Datenanalyse, (Geo-) Informationssysteme, Simulationsmodelle, Indikatoren, Bewertungsverfahren, Expertensysteme, Visualisierung und Kommunikation)

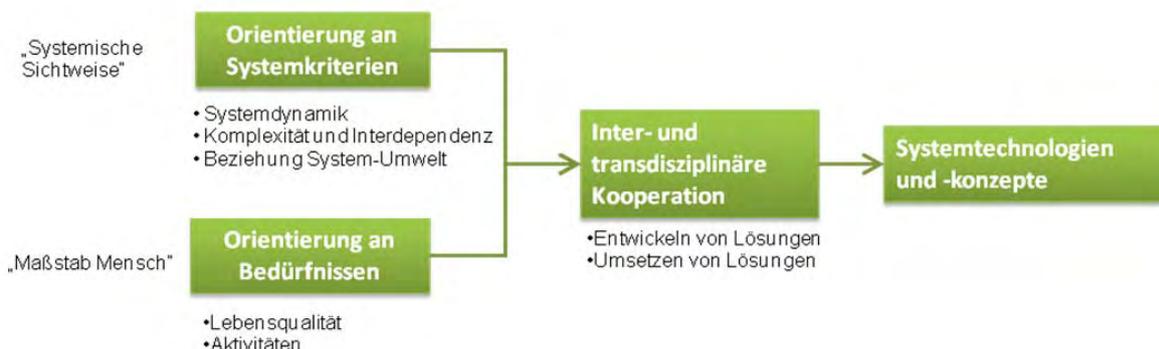


Abbildung 6-1: Integrative Ansätze für die „Stadt der Zukunft“

Themenrelevante Forschung und Technologie in Österreich

Österreichische Unternehmen und Institute können Know-how und Forschungskompetenzen in allen stadtrelevanten Themenbereichen aufweisen. Österreichische Unternehmen verfügen in vielen stadtrelevanten Infrastrukturbereichen, wie etwa dem Gebäude-, Verkehrs-, Energie-, Abwasser, IKT- und Umweltsektor, über hohes technologisches Know-How und international anerkannte Produkte. In einigen Teilbereichen davon sind österreichische Firmen Markt- und Technologieführer. Daraus kann gefolgert werden, dass die grundsätzlichen wissenschaftlich-technologischen Voraussetzungen für die Etablierung eines F&E Schwerpunk-

tes im Bereich „Urban Future“ gegeben sind. Dadurch können themenrelevante Kompetenzen vertieft werden und neue Produkte und Dienstleistungen entstehen.

Zukunftsmarkt für Urban Technologies und Dienstleistungen

Sogenannte „Urban Technologies“ bieten Chancen für die österreichische Wirtschaft auf Inlands- und Auslandsmärkten. Durch den weltweit wachsenden Investitionsbedarf werden „Urban Technologies“ als ein beträchtlicher Zukunftsmarkt angesehen. Dabei stehen nicht wie bisher, einzelne Komponenten und Anlagen für bestimmte Infrastrukturbereiche, sondern umfassende Systemlösungen für die komplexen Probleme in sozialer, ökologischer und ökonomischer Hinsicht der Städte im Vordergrund.

6.2 Empfehlungen für die österreichische F&E

„Stadt der Zukunft“ als strategisches Schwerpunktthema

Das Thema „Stadt der Zukunft“ stellt aus Sicht der Autoren ein geeignetes strategisches Schwerpunktthema und Zukunftsfeld für die österreichische FTI Politik dar. Der Schwerpunkt orientiert sich, im Sinne des Begriffes der neuen Missionsorientierung, an zentralen gesellschaftlichen Problemfeldern und unterstützt das, zur Problemlösung notwendige, Wechselspiel technologischer und sozio-ökonomischer Innovationen. Die Bündelung vorhandener wissenschaftlicher und technologischer Stärkefelder (Passivhaustechnologie, Umwelttechnologie, Energietechnologie, Verkehrstechnologie, IKT,...) im Schwerpunktthema „Stadt der Zukunft“ unterstützt eine konvergente Entwicklung und ermöglicht eine Synergiebildung zwischen den breit gestreuten Kompetenzen des österreichischen Forschungs- und Technologieportfolios.

Integrative Ansätze und Fachspezifische F&E

Eine Hauptaufgabe des vorgeschlagenen F&E Schwerpunktthemas liegt in der Entwicklung von integrativen Systemtechnologien und –konzepten für die „Stadt der Zukunft“. Dazu ist eine Kombination aus fachspezifischer Spitzenforschung (in Abbildung 6-2 horizontal dargestellt) und auf einem integrativen Systemansatz beruhende inter- und transdisziplinärer Forschung (vertikal dargestellt) notwendig. Die Weiterführung fachspezifischer Forschung sichert die zur Entwicklung von Spitzentechnologien notwendige fachliche Tiefe. Integrative Ansätze zur „Stadt der Zukunft“ verknüpfen die Ansätze der Einzeldisziplinen und ermöglichen die Entwicklung von übergeordneten Systemtechnologien und –konzepten mit dem Ziel der Befriedigung menschlicher Bedürfnisse.

Im Vergleich zum Wasser- und Luftdurchsatz der Städte ist die Menge an Konsum- und Investitionsgütern mengenmäßig wesentlich geringer. Bei diesen vorwiegend festen Gütern kommt es zu dem Phänomen der Lagerbildung. In Wien hat die Menge an akkumulierten Gütern 350 t pro Einwohner erreicht.

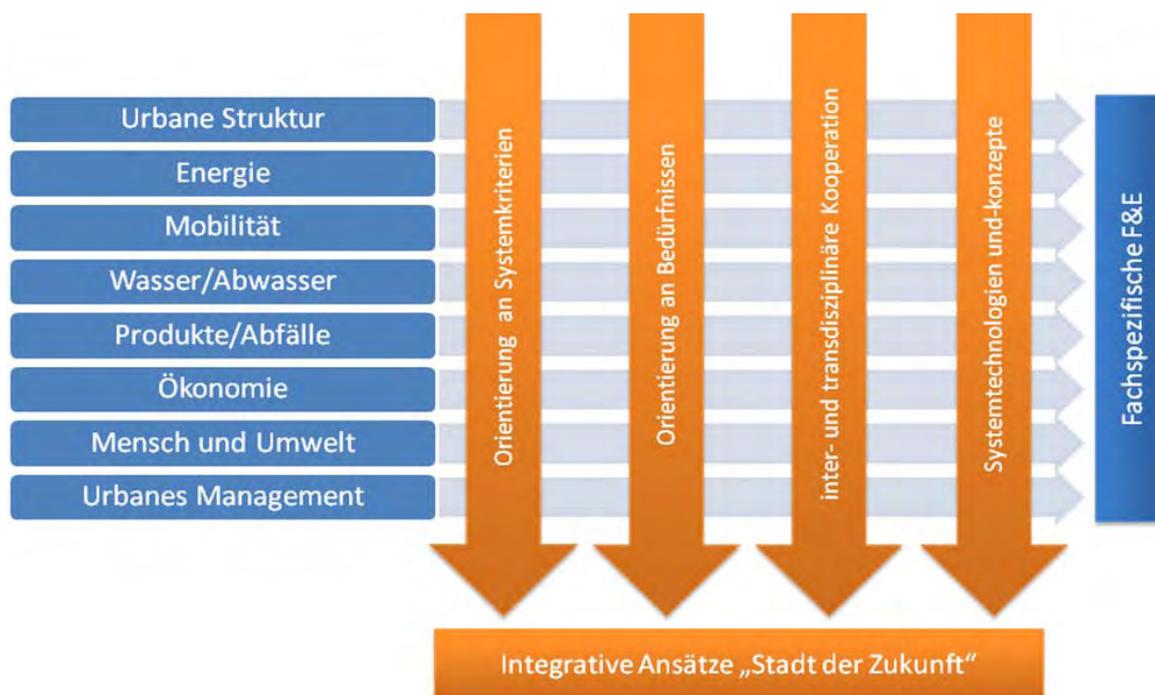


Abbildung 6-2: Integrative Ansätze und Fachspezifische F&E

Schaffen von effizienten Strukturen und Rahmenbedingungen für inter- und transdisziplinäre Zusammenarbeit

Durch die steigende Bedeutung von integrativer Forschung, inter- und transdisziplinärer Zusammenarbeit und kooperativer Technologieentwicklung ist es notwendig, effiziente Strukturen und Rahmenbedingungen zu schaffen bzw. weiter auszubauen welche das Herausbilden von Netzwerken, Partnerschaften und Kooperationen unterstützen und so integrative Forschung und Entwicklung ermöglichen.

Berücksichtigung in F&E Programmen

Grundsätzlich ergeben sich mehrere Möglichkeiten, wie das Thema „Stadt der Zukunft“ in den österreichischen F&E Programmen berücksichtigt werden kann. Auf Grund der Themenvielfalt wird eine schrittweise Herangehensweise in einzelnen thematischen Ausschreibungsschritten notwendig sein. Sollten die ersten Schwerpunkte im Bereich Energie und Mobilität gesetzt werden, so ist eine Weiterführung bestehender Programme (HdZ Plus, KLIEN,...) mit einer entsprechenden thematischen Ausrichtung denkbar. Für eine breitere Abdeckung des Themenfeldes und die vollumfängliche Ausschöpfung der Innovationspotentiale integrativer Forschung ist die Etablierung eines eigenen F&E Programms zum Thema „Stadt der Zukunft“ zu empfehlen. Grundsätzlich ist zur Vorbereitung der F&E Programme ein systematischer Prozess anzuraten in welchem, unter Einbeziehung von Experten verschiedenster Fachrichtungen, die Schwerpunktsetzung und Ausrichtung der Programme auf Grundlage der vorliegenden Studie weiter vertieft wird (Symposien, Workshops, Studien, etc.). In der

folgenden Abbildung 6-3 sind einige Ziele und Rahmenbedingungen zusammengefasst, an welchen sich eingereichte Projekte orientieren sollen.

| Orientierung an Systemkriterien | Orientierung an Bedürfnissen | inter- und transdisziplinäre Kooperation | Systemtechnologien und-konzepte |
|---|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Nachhaltigkeit • Systemeffizienz • Resilienz • Flexibilität • Adaptivität • Evolvierbarkeit • Systemdynamik und Interdependenz • Stadt-Umland • ... | <ul style="list-style-type: none"> • Lebensqualität • Aktivitäten : Ernähren, Reinigen, Wohnen, Transportieren und Kommunizieren • Bildung • Kultur • Gesundheit • Sicherheit • ... | <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenarbeit und Vernetzung • Nahtstelle statt Schnittstelle • Synergiepotentiale nutzen • Widersprüche auflösen • integrierte, strategische Planung • Industrie-DL Cluster • ... | <ul style="list-style-type: none"> • Integrierte Ver- und Entsorgungslösungen • Lösungen für Gebäudekollektive und Stadt(teile) • effiziente, konsistente und zukunfts offene Strukturen und Organisationsformen • Kopplung Erzeugungs- / Versorgungsstrukturen mit regionalen Nachfragestrukturen • Umbau-Neubau • ... |

Abbildung 6-3: Integrative Ansätze zur „Stadt der Zukunft“

Einbindung in die europäische Forschungslandschaft

Aufgrund der hohen Komplexität und der großen thematischen Breite des Themenfeldes ist eine verstärkte Einbindung der österreichischen F&E Aktivitäten in die europäische Forschungslandschaft zu empfehlen. Sollte eine Einbindung über die Teilnahme an EU Projekten umgesetzt werden, so sind entsprechende themenspezifische Voraussetzungen hinsichtlich der Kofinanzierung und Anbahnungsfinanzierung zu schaffen.

7 Bildquellen und Bildrechte

Titelbild: „Graz UF“, Urheber: Richard Obernosterer, RMA

Abbildung 2-1: Eigene Abbildung, Verwendetes Bild: „Graz UF“, Urheber: Richard Obernosterer, RMA

Abbildung 3-1: Eigene Abbildung

Abbildung 3-2: Quelle: [The World Bank, 2009b], Daten [Kenworthy & Laube, 2001] [City Mayors, 2007]

Abbildung 3-3: Bild: „Graz“, Urheber: Richard Obernosterer, RMA

Abbildung 3-4: Eigene Abbildung basierend auf [Lau et al., 2005]

Abbildung 3-5: Eigene Abbildung basierend auf [Bertolini, 2005]

Abbildung 3-6: Eigene Abbildung basierend auf [Viljoen et al., 2005]

Abbildung 3-7: Bild: Petra Blauensteiner, Quelle: ATB Becker, www.atb-becker.com

Abbildung 3-8: Bild: Martin Schweighofer, Quelle: ESB Linz

Abbildung 3-9: Quelle: Thomas Kirschner, SOL4

Abbildung 3-10: Eigene Abbildung

Abbildung 3-11: Quelle: [Settle & Pattersen, 1980]

Abbildung 3-12: Quelle: [Daxbeck et al., 1996]

Abbildung 3-13: Quelle: [Obernosterer et al., 1998a]

Abbildung 3-14: Quelle: [Möslinger, 1998]

Abbildung 3-15: Quelle: [Obernosterer et al., 1998b]

Abbildung 3-16: Eigene Abbildung

Abbildung 3-17: Quelle: [Obernosterer et al. 1998]

Abbildung 3-18: Eigene Abbildung basierend auf [Lautso et al., 2004]

Abbildung 3-19: Quelle: www.go-one.de

Abbildung 3-20: Quelle: Smart Cities group at the MIT Media Lab

Abbildung 3-22: Quelle: WZU Augsburg, [Reller, 2009]

Abbildung 3-23: Quelle: [Obernosterer et al., 2003a]

Abbildung 3-24: Dieses Bild basiert auf dem Bild „Curitiba Panorama.jpg“ (http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Curitiba_Panorama.jpg?uselang=de) aus Wikimedia Commons von User „Sqibb“ und steht unter Creative Commons CC-BY-SA 3.0 zur Verfügung.

Abbildung 3-25: links: Lizenzfrei, Quelle:

http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Mapa_bras%C3%ADlia_pc000279.jpg&filetimestamp=20060325185748

Abbildung 3-25: rechts: Foto:Victor Soares/ABr, Dieses Bild basiert auf dem Bild „Brazil.Brasilia.01.jpg“

(<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Brazil.Brasilia.01.jpg?uselang=de>) aus Wikimedia Commons von User „Limongi“ und steht unter Creative Commons License Attribution 2.5 Brazil zur Verfügung.

Abbildung 3-26: Quelle: Foster & Partners

- Abbildung 3-27: Quelle: MVRDV 2008
- Abbildung 3-28: Quelle: Stadt Linz
- Abbildung 3-29: Quelle: Stadtsanierungsamt Tübingen
- Abbildung 3-30: Quelle: Despommier, Kurasek
- Abbildung 3-31: Quelle: Industrial Symbiosis
- Abbildung 4-1: Eigene Abbildung
- Abbildung 6-1: Eigene Abbildung
- Abbildung 6-2: Eigene Abbildung
- Abbildung 6-3: Eigene Abbildung

8 Literaturverzeichnis

Albeverio, S.; Andrey, D.; Giordano, P.; Vancheri, A. (Hrsg.) (2007) The Dynamics of Complex Urban Systems. An Interdisciplinary Approach. Physica-Verlag. Heidelberg.

Angerer, G.; Marscheider-Weidemann, F.; Lüllmann, A.; Erdmann, L.; Scharp, M.; Handke, V.; Marwede, M. (2009) Rohstoffe für Zukunftstechnologien. Einfluss des branchenspezifischen Rohstoffbedarfs in rohstoffintensiven Zukunftstechnologien auf die zukünftige Rohstoffnachfrage. Schlussbericht - Kurzfassung. Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI. Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung IZT GmbH. Hrsg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Berlin.

Apostol, I.; Panayotis, A.; Banerjee, T. (2009) Places on the Net. REAL CORP 2009: Cities 3.0 - Smart, Sustainable, Integrative. Sitges.

Areal, A. C. B. (2008) Info Brasilia. www.infobrasilia.com.br.

Armitage, D. (2008) Governance and the commons in a multi-level world. In: International Journal of the Commons. 2. 1. S. 7-32.

Baccini, P. (2008) Zukünfte urbanen Lebens mit Altlasten, Bergwerken und Erfindungen. In: Industrial Ecology. Hrsg. v. von Gleich, A.; Gößling-Reisemann, S. Vieweg + Teubner Verlag. Wiesbaden. S. 218-237.

Baccini, P.; Bader, H.-P. (1996) Regionaler Stoffhaushalt. Erfassung, Bewertung und Steuerung. Hrsg. v. Spektrum Akademischer Verlag. Heidelberg, Berlin, Oxford.

Baccini, P.; Brunner, P. H. (1991) Metabolism of the Anthroposphere. Hrsg. v. Springer-Verlag. Berlin, New York.

Baccini, P.; Daxbeck, H.; Glenck, E.; Henseler, G. (1993) Güterumsatz und Stoffwechselprozesse in den Privathaushalten einer Stadt. Projekt METAPOLIS. Eidg. Technische Hochschule (ETH) Zürich. Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG). Abteilung Abfallwirtschaft und Stoffhaushalt. 34A. Nationales Forschungsprogramm "Stadt und Verkehr". Zürich.

Baccini, P.; Kytzia, S.; Oswald, F. (2002) Restructuring Urban Systems. In: Future Cities. Dynamics and Sustainability. Vol. 1. Hrsg. v. Kauffman, J. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Boston, London. S. 17-43.

Baccini, P.; Oswald, F. (Hrsg.) (1998) Netzstadt. Transdisziplinäre Methoden zum Umbau urbaner Systeme. Ergebnisse aus dem ETH-Forschungsprojekt SYNOIKOS - Nachhaltigkeit und urbane Gestaltung im Raum Kreuzung Schweizer Mittelland. Vdf Hochschulverlag. Zürich.

Bar-Yam, Y. (1997) Dynamics of Complex Systems. Studies in Nonlinearity. Hrsg. v. Addison-Wesley. Cambridge.

Barnett, G.; Bai, X. (2007) A Research Prospectus for Urban Resilience. A Resilience Alliance Initiative for Transitioning Urban Systems towards Sustainable Futures. Resilience Alliance. Canberra.

Bartuska, T.; Kazimee, B. (2005) Sustainable Cells of Urbanism. Regenerative Theory and Practice. In: Future Forms and Design for Sustainable Cities. Hrsg. v. Jenks, M.; Dempsey, N. Architectural Press. Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo. S. 221-243.

Batty, M. (2007) Complexity in City Systems. Understanding, Evolution, and Design. University College London. Centre for Advanced Spatial Analysis. 117. UCL Working Paper Series. London.

Batty, M.; Besussi, E.; Chin, N. (2003) Traffic, Urban Growth and Suburban Sprawl. University College London. Center for Advanced Spatial Analysis. 70. UCL Working Paper Series. London.

Baumann, K.; Karsten, M.; Kleinert, R.; Stellfeldt-Koch, C. (2008) Stadtumbau West. Stadtumbau in 16 Pilotstädten - Bilanz im ExWoSt-Forschungsfeld Stadtumbau West. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung. Berlin, Oldenburg.

Beckmann, K. J.; Hesse, M.; Holz-Rau, C.; Hunecke, M. (2006) StadtLeben - Wohnen, Mobilität und Lebensstil: Neue Perspektiven für Raum- und Verkehrsentwicklung Hrsg. v. VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage GmbH. Wiesbaden.

Behrendt, S. (2008) Wie schwer wiegt ein Bit? Ressourceneffizienz in der Informationsgesellschaft. In: Industrial Ecology. Hrsg. v. von Gleich, A.; Gößling-Reisemann, S. Vieweg + Teubner Verlag. Wiesbaden. S. 129-138.

Bendel, C.; Nestle, D. (2006) Integration dezentraler regenerativer Energieversorgungsanlagen in den Netzbetrieb. Versorgungssicherheit im Wohnbereich. ISET. Kassel.

Bertaud, A.; Lefevre, B.; Yuen, B. (2009) GHG Emissions, Urban Mobility and Efficiency of Urban Morphology: A Hypothesis. 5th Urban Research Symposium. Cities and Climate Change. Responding to an Urgent Agenda. Marseille.

Bertolini, L. (2005) The Multi-modal Urban Region: A Concept to Combine Environmental and Economic Goals. In: Future Forms and Design for Sustainable Cities. Hrsg. v. Jenks, M.; Dempsey, N. Architectural Press. Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo. S. 311-337.

Beutler, F.; Brackmann, J. (1999) Neue Mobilitätskonzepte in Deutschland. Ökologische, soziale und wirtschaftliche Perspektiven. Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung. Berlin.

BFN (2006) Landschaftsplanung: Planung für mehr Naturschutz in der Stadt. Expertenworkshop. 08.-10. November. Vilm.

BFN (2007) Natur in der Stadt, Begleitheft zur Ausstellung StadtNatur - NaturStadt. Bundesamt für Naturschutz. Leipzig.

Bioregional (2008) Bioregional. BedZED & Eco-Village Development. BedZED monitoring data.

BMLFUW (2002a) Österreichischen Strategie zur Nachhaltigen Entwicklung. www.nachhaltigkeit.at/reportagen.php3?id=3.

BMLFUW (2002b) Österreichs Zukunft nachhaltig gestalten. Die österreichische Strategie zur nachhaltigen Entwicklung. Eine Initiative der Bundesregierung. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW). Wien.

BMVIT (2004) Grüne Bioraffinerie. Ein innovatives Technologiekonzept zur Schaffung einer nachhaltigen Rohstoffbasis im Rahmen von "Fabrik der Zukunft". Forschungsforum 1/2004. Wien.

BMVIT (2008) Fabrik der Zukunft. Highlights aus der Programmlinie. Wien. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.

BMVIT (2009) 10 Jahre Programmlinie Haus der Zukunft 1999 - 2009. Wien. Broschüre des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.

BMWFJ; BMLFUW (2010) Energiestrategie Österreich, Maßnahmenvorschläge. Wien.

Bölling, L.; Sieverts, T. (2004) Mitten am Rand. Auf dem Weg von der Vorstadt über die Zwischenstadt zur regionalen Stadtlandschaft. 1. Hrsg. v. Müller + Busmann. Wuppertal.

Borovsky, P.; Hesina, G.; Tobler, R. (2004) MetropoVis: Time-Dependent Real-Time Rendering of Large and Photorealistic Virtual Cities. REAL CORP 2004. Wien.

Bossel, H. (2004) Systeme, Dynamik, Simulation. Modellbildung, Analyse und Simulation komplexer Systeme. Hrsg. v. Books on Demand. Norderstedt.

Bourdeau, L.; Nibel, S. (2004) CRISP: A European thematic network on construction and city related sustainability indicators. Final report - Publishable part. The European Commission. Energy, Environmental and Sustainable Development.

Braha, D.; Minai, A. A.; Bar-Yam, Y. (Hrsg.) (2006) Complex Engineered Systems. Science Meets Technology. Springer Complexity. Springer. Berlin, Heidelberg, New York.

Brandstätter, R. (2008) Industrielle Abwärmenutzung. Beispiele und Technologien. Sachverständigenbüro Brandstätter. Linz.

Bretschneider, B.; Herzog, M.; Zelger, T. (2002) Multifunktionaler Stadtnukleus. Planung eines multifunktionalen Gebäudekomplexes unter Berücksichtigung energetischer Planungsfaktoren. Berichte aus Energie- und Umweltforschung. Nr. 34/2002. Hrsg. v. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technik (BMVIT). Wien.

Brunner, P. H.; Baccini, P.; Deistler, M.; Udo de Haes, H. A.; Lohm, U.; Vijverberg, A. J. (1998) Materials Accounting as a Tool for Decision Making in Environmental Policy. (Project MAc TEmPo). Summary Report. European Commission. 4th EC Environmental Research Programme. Research Area III. Economic and Social Aspects of the Environment. ENV4_CT96_0230. Final Report. Wien.

Brunner, P. H.; Obernosterer, R. (1999) Differenzierung der Ressourceneffizienz. In: Ökoeffizienz. Management der Zukunft. Hrsg. v. Ulrich von Weizsäcker, E.; Seiler-Hausmann, J.-D. Birkhäuser Verlag. Berlin. S. 5.

Bucar, G.; Schweyer, K.; Fink, C.; Riva, R.; Neuhäuser, M.; Meissner, E.; Streicher, W.; Halmdienst, C. (2005) Dezentrale erneuerbare Energie für bestehende Fernwärmenetze. Grazer Energieagentur. Berichte aus Energie- und Umweltforschung. Nr. 78/2006. Hrsg. v. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT). Wien.

Bundesamt für Energie (2006) Solare Siedlungsentwicklung. Raumplanung mit der Sonne. Bern.

Calabrese, F.; Ratti, C.; Kloeckl, K. (2007) WikiCity: Real-Time Location-Sensitive Tools for the City. Massachusetts Institute of Technology. MIT SENSEable City Laboratory. Cambridge, MA.

Calkins, M. (2009) Materials for Sustainable Sites. A Complete Guide to the Evaluation, Selection, and Use of Sustainable Construction Materials. Hrsg. v. John Wiley & Sons. Hoboken.

Cherubal, R. (2006) New Mobility Hubs in Chennai. University of Michigan. Janaagraha.

City Mayors (2007) The Largest Cities in the World by Land Area, Population and Density. City Mayors. London.

Commission of the EC (2006) Thermische Strategie für die städtische Umwelt. Kommission der Europäischen Gemeinschaften. Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament. Brüssel.

Commission of the EC (2009a) Action Plan on Urban Mobility. Commission of the European Communities. Brussels.

Commission of the EC (2009b) Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Investing in the Development of Low Carbon Technologies (SET-Plan). Brussels.

Cooper, R.; Davey, C.; Hanson, J.; Evans, G.; Sharples, S. (2006) VivaCity 2020, Urban design decision-making process. London.

CRF (2006) Sustainable Energy Systems. Report on communal energy management systems specifications. DD3.2.

Curitiba (2009) Curitiba. English. www.curitiba.pr.gov.br/siteidioma/?idiomacultura=2.

Daganzo, C. (2005) Improving City Mobility through Gridlock Control. An Approach and Some Ideas. UC Berkeley Center for Future Urban Transport. Berkeley.

Daxbeck, H.; Brunner, P. H. (1992) Symposium Proceedings: Regional Material Balance as a Tool for Environmental Monitoring. International Symposium on Environmental Contamination in Central and Eastern Europe. Budapest. S. 474-476.

Daxbeck, H.; Kisliakova, A.; Obernosterer, R. (2001) Der ökologische Fußabdruck der Stadt Wien. Projekt Footprint. Ressourcen Management Agentur (RMA). Initiative zur Förderung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung. Wien.

Daxbeck, H.; Lampert, C.; Morf, L.; Obernosterer, R.; Rechberger, H.; Reiner, I.; Brunner, P. H. (1996) Der anthropogene Stoffhaushalt der Stadt Wien. Projekt PILOT. Technische Universität Wien. Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft. Abteilung Abfallwirtschaft. Wien.

Daxbeck, H.; Neumayer, S.; Schindl, G.; Kisliakova, N. (2009) Urban Mining. Die Stadt - das Bergwerk der Zukunft? In: RAUM. Österreichische Zeitschrift für Raumplanung und Regionalpolitik. 73/09. März. S. 28-31.

Designbuild-network (2008) desognbuild-network.com.projects. Logrono Montecorvo Eco City, La Rioja, Spain.

Despommier, D. (2009) The Vertical Farm Project. www.verticalfarms.com.

Dhakal, S. (2002) The Urban Heat Environment and Urban Sustainability. In: Future Cities: Dynamics and Sustainability. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Boston, London.

Diefenbach, N.; Enseling, A.; Werner, P.; Sturm, P.; Kieslich, W. (2002) Null-Emissions-Stadt. Sondierungsstudie im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Institut Wohnen und Umwelt GmbH. Darmstadt.

Ebert, H.-P. (2006) Rationelle Energieverwendung und Solares Bauen. ZAE Bayern. Würzburg.

Echenique, M. (2005) Forecasting the Sustainability of Alternative Plans. The Cambridge Futures Experience. In: Future Forms and Design for Sustainable Cities. Hrsg. v. Jenks, M.; Dempsey, N. Architectural Press. Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo. S. 113-133.

ECO WORLD STYRIA (2009) ECO Future Radar. Chancen für Ihre unternehmerische Zukunft in der Umwelttechnik. Graz.

ECODESIGN Infoknoten (2010) ECODESIGN Infoknoten. www.ecodesign.at.

EEA (2006) Urban sprawl in Europe. The ignored challenge. European Environment Agency. 10/2006.EEA Report. Copenhagen.

EEA (2009) Ensuring quality of life in Europe's cities and towns, Tackling the environmental challenges driven by European and global change. European Environment Agency (EEA). Report. Copenhagen.

El-Sioufi, M. (2009) Escaping Slums, confronting a global urban crisis. In: Urban World. 1. 4, October 2009. S. 11-14.

Emberger, G.; Ibesich, N.; Pfaffenbichler, P. (2005) Die Entwicklung eines integrierten dynamischen Siedlungsentwicklungs- und Verkehrsmodells für Asiatische Städte. CORP 2005 & Geomultimedia05. Wien.

Europäische Gemeinschaft (2006) CONCERTO I Broschüre. Europäische Gemeinschaft. Belgien.

Europäische Gemeinschaft (2008) CONCERTO Brochure 2008. Europäische Gemeinschaft.

Europäische Kommission (2008) CONCERTO. Cities Demonstrate Energy and Climate Change Policy. Brüssel.

Europäische Kommunalbehörden (2004) Aalborg+10-Inspiring Futures (Aalborg Commitments). Europäischen Kampagne Zukunftsbeständiger Städte & Gemeinden. Aalborg.

Europäisches Zentrum für Erneuerbare Energie Güssing (2008) EEE. Modell Güssing. www.eee-info.net.

European Urban Knowledge Network (2009) European Urban Knowledge Network. E-library-Urban Policy. Urban Environment. Urban renewal. Waterside development. Arabianranta-area construction project.

Everding, D. (2005) Solarer Städtebau. Pilotprojekte, Lösungsmodelle, Potenziale. Ökologische Siedlungsentwicklung im Spiegel aktueller Trends und Praxiserfahrungen. Osnabrück.

Everding, D. (2009) Mehrwert Region für Wärme und Strom aus erneuerbaren Energien. REAL CORP. 22.-25. April Sitges.

Fechner, H.; Lugmaier, A.; Suna, D.; Resch, G.; Haas, R.; Lopez-Polo, A. (2007) Technologie-Roadmap für Photovoltaik in Österreich. arsenal research. Geschäftsfeld Erneuerbare Energietechnologien. Berichte aus Energie- und Umweltforschung. 28/2007. Hrsg. v. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technik (BMVIT). Wien.

FFG (2006) Österreich - Land der Forschung. Forschungsförderungsgesellschaft. Wien.

Fink, C.; Müller, T.; Weiss, W. (2008) Solarwärme 2020. Eine Technologie- und Umsetzungsroadmap für Österreich. AEE INTEC. Gleisdorf.

Fisch, N. (2008) Energieeffizientes Planen, Bauen und Betreiben. In: Umweltbewusstes Bauen. Energieeffizienz-Behaglichkeit-Materialien. Hrsg. v. Maas, A. Fraunhofer IRB Verlag. Stuttgart. S. 93-108.

Fischedick, M.; Schüwer, D.; Venjakob, J.; Merten, F.; Mitze, D.; Nast, M.; Schillings, C.; Krewitt, W.; Bohnenschäfer, W.; Lindner, K. (2007) Potenziale von Nah- und Fernwärmenetzen für den Klimaschutz bis zum Jahr 2020. Umweltbundesamt Dessau-Roßlau.

Fischer-Kowalski, M.; Weisz, H. (2008) Das industrielle sozialökologische Regime und globale Transitionen. In: Industrial Ecology. Erfolgreiche Wege zu nachhaltigen industriellen Systemen. Studium. 1. Auflage. Hrsg. v. Gleich von, A.; Gößling-Reisemann, S. Vieweg + Teubner Verlag. Wiesbaden.

Fischer, H. (2008) Pflanzen als Grundlage einer solaren Chemie. In: Industrial Ecology. Hrsg. v. von Gleich, A.; Gößling-Reisemann, S. Vieweg + Teubner Verlag. Wiesbaden.

FIW (2008) Österreichs Außenwirtschaft 2008. FIW Kompetenzzentrum "Forschungsschwerpunkt Internationale Wirtschaft". Wien.

Franz, O.; Wissner, M.; Büllingen, F.; Gries, C.-I. (2006) Potenziale der Informations- und Kommunikations- Technologien zur Optimierung der Energieversorgung und des Energieverbrauchs (eEnergy). wik-Consult. Bad Honnef.

Friege, K. H. (2005) Infrastruktur für eine moderne Abfallwirtschaft. In: Die Zukunft der Infrastrukturen. Intelligente Netzwerke für eine nachhaltige Entwicklung. Metropolis-Verlag für Ökonomie, Gesellschaft und Politik GmbH. Marburg.

Frischknecht, R.; Jungbluth, N.; Althaus, H.-J.; Doka, G.; Dones, R.; Hischier, R.; Hellweg, S.; Humbert, S.; Margni, M.; Nemecek, T.; Spielmann, M. (2004) Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods. Swiss Centre for Life Cycle Inventories. ecoinvent report No. 3. Dübendorf.

Frontline World (2003) Frontline World. About Frontline/World. What is world. Fellows. Brazil, Curitiba's urban experiment by Tim Gnatek. www.pbs.org/frontlineworld/fellows/brazil1203/.

Fuhrmann, F.; Gailing, L.; Riedel, K. (2006) Neue Felder für die Stadt - urbane Landwirtschaft als Instrument der Stadtentwicklung?. Dokumentation zum Workshop. Berliner Gartenamtsleiterkonferenz. Berlin.

Fussler, C. (2005) Die Öko-Innovation voranbringen. In: Erde 2.0 - Technologische Innovationen als Chance für eine nachhaltige Entwicklung? Hrsg. v. Mappus, S. Springer. Berlin, Heidelberg, New York. S. 61-73.

Gaffron, P.; Huismans, G.; Skala, F.; Messerschmidt, R.; Verdaguer, C.; Kunz, J.; Mayerhofer, R.; Koren, C.; Rauhala, K.; Raksanyi, P.; Sartogo, F. (2005a) Ecocity. Book I. A better place to live. Hamburg University of Technology, Dutch Agency for Sustainability and Innovation. Senter Novem, Vienna University of Economics and Business Administration. Department of Environmental Economics and Management. Hamburg, Utrecht, Vienna.

Gaffron, P.; Huismans, G.; Skala, F.; Messerschmidt, R.; Verdaguer, C.; Kunz, J.; Mayerhofer, R.; Koren, C.; Rauhala, K.; Raksanyi, P.; Sartogo, F. (2005b) Ecocity. Book II. How To Make It Happen. Hamburg University of Technology, Dutch Agency for Sustainability and Innovation. Senter Novem, Vienna University of Economics and Business Administration. Department of Environmental Economics and Management. Hamburg, Utrecht, Vienna.

Gantner, K. (2002) Nachhaltigkeit urbaner Regenwasserbewirtschaftungsmethoden. Dissertation. Technische Universität Berlin. Fakultät III - Prozesswissenschaften. Berlin.

Genske, D.; Jödecke, T.; Ruff, A.; Porsche, L. (2009) Nutzung städtischer Freiflächen für erneuerbare Energien. Fachhochschule Nordhausen. Bonn.

Girardet, H. (1996) Creating a Sustainable London: London's Metabolism. The Metabolism of Greater London. www.greenchannel.com/slt/substant.htm.

Gonzales, E.; Geroliminis, N.; Cassidy, M.; Daganzo, C. (2008) Allocating city space to multiple transportation modes: A new modeling approach consistent with the physics of transport. UC Berkeley Center for Future Urban Transport. UCB-ITS-VWP-2008-1. Working Paper. Berkeley.

Göschel, A. (2009) Zur Zukunft der Europäischen Stadt. Megatrends, Zukunftssicherheit, Nachhaltigkeit. In: Stadt im Umbau. Grundlagen - Visionen - Vorschläge. Hrsg. v. Straßl, I. Salzburger Institut für Raumordnung & Wohnen. Salzburg. S. 9-15.

Gößling-Reisemann, S. (2008) Pfadwechsel - schwierig aber notwendig. In: Industrial Ecology. Erfolgreiche Wege zu nachhaltigen industriellen Systemen. Studium. 1. Auflage. Hrsg. v. Gleich von, A.; Gößling-Reisemann, S. Vieweg + Teubner Verlag. Wiesbaden.

Green Guide Malmö (2004) Green Guide Malmö. English. NEW: Bo01 - City of tomorrow. www.greenguide.nu/index.eng.html.

Green, R. (2005) Creating a Sustainable City Region. In: Future Forms and Design for Sustainable Cities. Hrsg. v. Jenks, M.; Dempsey, N. Architectural Press. Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo. S. 95-112.

Gruber, K.; Hamann, E.; Hammer, M.; Karner, A.; Schretzmayer, B.; Sehling, K.; Stockmayer, M. (2005) Multifunktionale Energieversorgung in Städten. KWI Management Consultants & Auditors GmbH. Berichte aus Energie- und Umweltforschung. Nr. 1/2007. Hrsg. v. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technik (BMVIT). Wien.

Grünwald, R. (2006) Perspektiven eines CO₂- und emissionsarmen Verkehrs. Kraftstoffe und Antriebe im Überblick. Arbeitsbericht. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag. Nr. 111. Berlin.

Gunter, A.; Reinthaler, E.; Bruck, M.; Lechner, R.; Koblmüller, M. (2004) LES! - Linz entwickelt die Stadt! Kriterien für eine nachhaltige Stadtentwicklung. Magistrat der Stadt Linz. Kanzlei Dr. Bruck. Ökologie-Institut. Hrsg. v. Bundesministerium für Verkehr, I., Technologie, (BMVIT). Linz / Wien.

Gwechenberger, M. (2006) Öffentlich-private Kooperation bei der Stadtentwicklung, Analysen und Perspektiven zur kommunalen Verkehrsplanung in den Metropolregionen Rhein-Main und Rhein-Neckar. Dissertation. Ruprecht-Karls-Universität. Heidelberg.

Hall, P.; Pfeiffer, U. (2002) Urban Future 21. A Global Agenda for Twenty-First Century Cities. Hrsg. v. Spon Press. London, New York.

Heins, M.; Kircher, W. (2009) Green Spaces 3.0 - Wissensmanagement zur Planung, Bereitstellung und Bewirtschaftung urbaner Vegetation durch Kommunikations- und Informationstechnologien. REAL CORP. 22.-25. April 2009. Sitges.

Heins, M.; Pietsch, M. (2009) Green Spaces 3.0 - Qualitätsmanagement für die nachhaltige Sicherung der Funktionsfähigkeit von Grünflächen in urbanen Räumen. REAL CORP. 22.-25. April 2009. Sitges.

Hertle, H.; Kolbe, P.; Wolpensinger, H. (2003) CO2-Bilanz 2001 Hannover Kronsberg. Zusammenfassung. Heidelberg GmbH. Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu). Heidelberg.

Hiesl, H. (2005) Wassertechnologien für eine nachhaltige Zukunft. In: Erde 2.0 - Technologische Innovationen als Chance für eine nachhaltige Entwicklung? Hrsg. v. Mappus, S. Springer. Berlin, Heidelberg, New York. S. 141-173.

Hinterberger, F.; Hammer, M.; Jasch, C.; Hrauda, G.; Hammerl, B.; Kaltenecker, I.; Wimmer, W.; Pamminger, R. (2006) Leuchttürme für industrielle Produkt-Dienstleistungssysteme. Potentialerhebung in Europa und Anwendbarkeit in Österreich. Sustainable Europe Research Institute (SERI). Berichte aus Energie- und Umweltforschung. Nr. 15/2006 Hrsg. v. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT). Wien.

Hinterkörner, P.; Müller, G.; Nutz, C. (2009) aspern, Die Seestadt Wiens. Wien.

Hofbauer, H.; Rauch, R.; Fürnsinn, S.; Aichernig, C. (2006) Energiezentrale Güssing. Energiezentrale zur Umwandlung von biogenen Roh- und Reststoffen einer Region in Wärme, Strom, BioSNG und flüssige Kraftstoffe. Berichte aus Energie- und Umweltforschung. Nr. 79/2006. Wien.

Hoffmann, P.; Werthschützky, A. (2004) Regional City, Smart Growth, New Urbanism. Die Rettung der amerikanischen Metropolregion? Technische Universität Berlin. Berlin.

Horenkamp, W.; Hube, W.; Jäger, J. P.; Kleimaier, M.; Kühn, W.; Nestle, D.; Pickhan, R.; Pokojski, M.; Raphael, T.; Scheffler, J.; Schulz, C.; Schwaegerl, C.; Wielsch, D.; Witzmann, R. (2007) Dezentrale Energieversorgung 2020. Studie der ETG. Kurzfassung. Hrsg. v. Energietechnische Gesellschaft im VDE (ETG). Frankfurt.

Hornbacher, D.; Bärnthaler, J.; Bergmann, H.; Konrad, G.; Kryvoruchko, V.; Pinter, C.; Targyik-Kumer, L.; Wartha, C. (2008) Gasversorgung mittels lokaler Biogas-Mikronetze. HEI Consulting GmbH. Wien.

Horx, M. (2009a) Das Buch des Wandels. Wie Menschen Zukunft gestalten. Hrsg. v. Deutsche Verlags-Anstalt. München.

Horx, M. (2009b) Wie wir leben werden. Unsere Zukunft beginnt jetzt. Hrsg. v. Piper Verlag GmbH, München.

Housing Energy Efficiency (2002) BedZED - Beddington Zero Energy Development, Sutton. Housing Energy Efficiency. 89. General Information Report. Best Practice Programme. Watford, United Kingdom.

Huber, J. (1999) Industrielle Ökologie. Konsistenz, Effizienz und Suffizienz in zyklusanalytischer Betrachtung. "Global Change" VDW-Jahrestagung. 28.-29. Oktober 1999. Berlin.

IEA (2007) World Energy Outlook 2007- China and India Insights. International Energy Agency. Paris.

IFM; TÜV (2009) URBAN-NET, Strategic Research Framework in the Field of Urban Sustainability. Cologne, Germany. Spreedruck GmbH, Berlin.

IKA (2008) CityMobil. Towards advanced transport for the urban environment. European Commission.

Indigo Development (2003) Indigo Development. Sustainable Communities. Kalundborg. <http://indigodev.com/kal.html>.

Industrial Symbiosis Institute (2008) Industrial Symbiosis. www.symbiosis.dk.

IPPUC (2009) IPPUC. English. thinking the city. www.ippuc.org.br/pensandro_a_cidade/index_pensando_ingles.htm.

Irrek, W.; Kora, K. (2008) Ressourceneffizienz: Warum sie verdient, viel schneller umgesetzt zu werden. Wuppertal Papers Nr. 176. Hrsg. v. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. Wuppertal.

Jayne, M. (2006) Cities and Consumption. Routledge critical introductions to urbanism and the city. Hrsg. v. Routledge. London, New York.

Jenks, M.; Dempsey, N. (2005) Future Forms and Design for Sustainable Cities. Hrsg. v. Architectural Press. Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo.

Junkers; Kruse (2003) Städte als Standortfaktor. Neue Stadtumbaupotenziale. Junker und Kruse Stadtforschung. Dortmund.

Kaido, K. (2005) Urban Densities, Quality of Life and Local Facilities Accessibility in Principal Japanese Cities. In: Future Forms and Design for Sustainable Cities. Hrsg. v. Jenks, M.; Dempsey, N. Architectural Press. Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo. S. 311-337.

Kaltschmitt, M.; Streicher, W.; Wiese, A. (2006) Erneuerbare Energien. Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. Hrsg. v. Springer. Berlin, Heidelberg, New York.

Karlstrom, A.; Marler, N.; Matthews, B.; Minken, H.; Monzon, A.; Page, M.; Pfaffenbichler, P.; Shepherd, S. (2003) PROSPECTS, Entwicklung nachhaltiger urbaner Flächennutzungs- und Verkehrsstrategien, Handbuch für Entscheidungsträger. Leeds.

Keirstead, J.; Samsatli, N.; Pantaleo, A. M.; Shah, N. (2009) Evaluating integrated urban biomass strategies for a UK eco-town. Imperial College. London UK.

Kemming, H.; Reutter, U.; Stiewe, M.; Benden, J.; Witte, A.; Bruns, A.; Mühlhans, H. (2007) Mobilitätsmanagement in der Stadtplanung. 1. Zwischenbericht. Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung und Bauwesen des Landes Nordrhein-Westfalen. Dortmund.

Kenworthy, J.; Laube, F. (2001) The Millennium Cities Database for Sustainable Transport. International Union of Public Transport. Brussels.

Keuning Instituut (2005) Shared Space: Raum für alle. Neue Perspektiven zur Raumentwicklung Groningen, Niederlande.

Kluge, T.; Scheele, U. (2008) Von dezentralen zu zentralen Systemen und wieder zurück? Räumliche Dimensionen des Transformationsprozesses in der Wasserwirtschaft. In: Infrastrukturnetze und Raumentwicklung. Hrsg. v. Moss, T.; Naumann, M.; Wissen, M. oekom verlag. München. S. 143-172.

Knoflacher, H. (2003) A New Parking Organisation: The Key for a Successful Sustainable City of the Future. Technische Universität Wien. Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik. Wien.

Koch, R.; Brunner, C.; Hacker, J.; Urschik, A.; Sabara, D.; Hotwagner, M.; Aichernig, C.; Hofbauer, H.; Rauscher, W.; Fercher, E. (2006) Energieautarker Bezirk Güssing. Europäisches Zentrum für Erneuerbare Energie Güssing GmbH. Berichte aus Energie- und Umweltforschung. Nr. 82/2006. Hrsg. v. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT). Wien.

Kommission der Europäischen Gemeinschaften (2007) GRÜNBUCH. Hin zu einer neuen Kultur der Mobilität in der Stadt. Kommission der Europäischen Gemeinschaften. Brüssel.

Koskela, S.; Seppälä, J.; Melanen, M.; Hiltunen, M.-R. (2003) Use of LCI data in the construction of ecological indicators for regions. International Workshop on LCI-Quality 2003. 20.-21.10.2003. Karlsruhe.

Koziol, M. (2008) Räumliche Differenzierung der Infrastrukturversorgung. Chancen und Restriktionen im Rahmen des Stadtumbaus. In: Infrastrukturnetze und Raumentwicklung. Zwischen Universalisierung und Differenzierung. Hrsg. v. Moss, T. oekom verlag. München.

Kreisköther, K. (2006) Kronsberg.info. Der Kronsberg.
<http://Kronsberg.info/category/information-zum-kronsberg>.

Kundi, M.; Haider, T.; Hutter, H.-P.; Moshammer, H.; Wallner, P. (2009) Bewertung und Auswirkungen von unzumutbaren Belästigungen durch Fluglärm. Institut für Umwelthygiene der Medizinischen Universität Wien. Wien.

Lau, S.; Wang, J.; Giridharan, R.; Ganesan, S. (2005) High-density, High-rise and Multiple and Intensive Land Use in Hong Kong. A Future City Form for the New Millennium. In: Future Forms and Design for Sustainable Cities. Hrsg. v. Jenks, M.; Dempsey, N. Architectural Press. Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo. S. 153-165.

Lautso, K.; Spiekermann, K.; Wegener, M.; Sheppard, I.; Steadman, P.; Martino, A.; Domingo, R.; Gayda, S. (2004) PROPOLIS. Planning and Research of Policies for Land Use and Transport for Increasing Urban Sustainability. LT Consultants. Helsinki.

Ledune, P. (2007) Von der Industrie- zur Dienstleistungsgesellschaft. Dortmund.

Leeuwen, J. P.; Timmermans, H. J. P. (2005) Recent Advances in Design and Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning. New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow. Springer Science + Business Media, Inc.

Leitinger, C. (2009) Leistungsbedarf und Ladestrategien elektrischer Mobilität für zukünftige Energiesysteme. Smart Grids-Week Salzburg 09. Dezentrale Erzeugung und Intelligente Stromnetze - Eine Roadmap für Österreich. Salzburg.

Leschus, L.; Vöpel, H. (2008) Wasserstoff im Verkehr - Anwendungen, Perspektiven und Handlungsoptionen. Hamburgisches WeltWirtschaftsinstitut. Hamburg.

Linauer, M.; Asamer, J.; Laborczi, P.; Leihs, D.; Reitmeier, M.; Balomiri, P.; Reinthaler, M. (2004) FLEET. Verkehrsinformationsdienst basierend auf Floating Car Daten. arsenal research. Geschäftsfeld Verkehrstechnologien. Wien.

Linz, M. (2004) Weder Mangel noch Übermaß. Über Suffizienz und Suffizienzforschung. Wuppertal Papers Nr. 145. Hrsg. v. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. Wuppertal.

Loibl, W.; Giffinger, R.; Sedlacek, S.; Kramar, H.; Schuh, B. (2002) "STAU-Wien". Stadt-Umlandbeziehungen in der Region Wien: Siedlungsentwicklung, Interaktionen und Stoffflüsse. ARC seibersdorf research. Wien.

Maier, R.; Punz, W.; Weish, P.; Dörflinger, A. N.; Eisinger, K.; Fussenegger, K.; Geisler, A.; Gergelyfi, H. (1995) Der natürliche Stoffhaushalt als Grundlage einer nachhaltigen Entwicklung Wiens unter besonderer Berücksichtigung des natürlichen Kohlenstoff-, Stickstoff- und Bleihaushaltes. Universität Wien. Institut für Ökologie und Naturschutz. Abteilung für Ökophysiologie der Pflanzen. Wien.

Malle, K. (2009) Top oder Flop. Herausforderungen und Chancen für österreichische Unternehmen in der multipolaren Welt. Hrsg. v. Linde Verlag. Wien.

Malmö stad (2008) Malmö stad. English. Western Harbour. www.malmo.se/westernharbour.

Mangels, K. (2009) Erfolgsfaktoren für eine innovative Positionierung von Städten und Regionen. REAL CORP 2009. Sitges.

Manns, J. (2007) "EnBW EnyCity": Energiestadt der Zukunft. Ein innovatives Konzept für eine nachhaltige Energieversorgung urbaner Räume. 5. Salzburger Verkehrstage. Salzburg.

Manstein, C.; Rohn, H.; Strigl, A. W.; Brenzel, S.; Schmid, B.; Scharf, M.; Palla, A. (2005) FABRIKregio, Weiterentwicklung, Erprobung und Verbreitung von Modellen zur Selbstbewertung betrieblicher Nachhaltigkeitspotenziale unter besonderer Berücksichtigung regionaler Erfolgsfaktoren. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 20/2006. Wien.

Mardaljevic, J. (2005) Quantification of Urban Solar Access. In: Future Forms and Design for Sustainable Cities. Hrsg. v. Jenks, M.; Dempsey, N. Architectural Press. Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo. S. 371-391.

Mayerhofer, R.; Walchhofer, H. P.; Voigt, A.; Linzer, H. (2008) Ressourceneffiziente Bebauungsstrukturen und Stadtgestalt. Technische Universität Wien. Institut für Örtliche Raumplanung. Wien.

McDonough, W.; Braungart, M. (2002) Cradle to cradle: remaking the way we make things. Hrsg. v. North Point Press.

Merl, A. D. (2005) Bau - Ressourcenmanagement in urbanen Räumen. Fallstudie Wien. Nachhaltiger Einsatz von Holz im Rohbau.

Miles, C. (2006) Survey of Urban Wind Energy Technology. In: Sustainability and the Built Environment. Nr. 10/2006.

Ministry of the Environment and Water Resources (2008) Ministry of the Environment and Water Resources. Programmes/Initiatives. Singapore Green Plan. Beyond 2012. Summary Sustainable Singapore Blueprint.

Mitchell, W. J. (2005) How Ubiquitous Digital Connectivity Adds Value to Floor Space. MIT. Cambridge.

Mitchell, W. J. (2008) mobility on demand. Future of transportation in cities. Massachusetts Institute of Technology. MIT Media Laboratory. Cambridge, MA.

Mitchell, W. J.; Casalegno, F. (2008) Connected Sustainable Cities. Cambridge. MIT Mobile Experience Lab Publishing.

Moerschel, J. (1996) Brasilia.
<http://www.macalester.edu/courses/geog61/jmoersch/geography.html>.

Moser, W.; Reicher, D.; Rosegger, R.; de Frantz, M.; Havel, M. (2002) Was ist so schön am Eigenheim. Ein Lebensstilkonzept des Wohnens. Endbericht. Hrsg. v. Bundesministerium für Verkehr Innovation und Technologie (BMVIT). Graz.

Möslinger, J. (1998) Stadtstrukturbezogene Analyse des Güter- und Stoffhaushaltes der Stadt Wien. Technische Universität Wien. Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, Abteilung Abfallwirtschaft und Stoffhaushalt. Wien.

MVRDV Architekten (2008) MVRDV. Projects. Urbanism. Eco City News.
www.mvrdv.nl/#/projects/urbanism/logronomontecorvoecocity.

Narodoslawsky, M.; Krotscheck, C. (1995) The Sustainable Process Index (SPI): Evaluating Processes According to Environmental Compatibility. In: Journal of Hazardous Materials. 41. S. 383-397.

Neue Züricher Zeitung Online (2008a) NNZ Online. Nachrichten. International. Abu Dhabi baut die Ökostadt der Superlative.
www.nzz.ch/nachrichten/international/abu_dhabi_baut_die_oekostadt_der_superlative_1.1293310.html.

Neue Züricher Zeitung Online (2008b) NZZ Online. Nachrichten. Panorama. "Masdar-City" wird die Öko-Stadt in der Wüste. .

Newman, P.; Jennings, I. (2008) Cities as Sustainable Ecosystems. Principles and Practices. Hrsg. v. Island Press. Washington, DC.

Obernosterer, R.; Brunner, P. H.; Daxbeck, H.; Gagan, H.; Glenck, E.; Hendriks, C.; Morf, L.; Paumann, R.; Reiner, I. (1998a) Materials Accounting as a Tool for Decision Making in Environmental Policy. (Project MAC TEMPo). Case Study Report 1. Urban Metabolism. The City of Vienna. European Commission. 4th EC Environmental Research Programme. Research Area III. Economic and Social Aspects of the Environment. ENV4_CT96_0230. Final Report. Wien.

Obernosterer, R.; Möslinger, J.; Brunner, P. H. (1998b) Der Einfluß der Raumplanung auf den regionalen Stoff- und Energiehaushalt. Ein Beitrag zur Bestimmung und Quantifizierung. Projekt RAUMPL. Technische Universität Wien. Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft. Abteilung Abfallwirtschaft. Wien.

Obernosterer, R.; Reiner, I.; Smutny, R. (2003a) Urbanes Ressourcen Management - Fallstudie Wien. Teilbereich Schadstoffmanagement diffuser Metallemissionen. Projekt Ökopolis. Endbericht. Ressourcen Management Agentur (RMA). Initiative zur Förderung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung. Villach, Wien.

Obernosterer, R.; Reiner, I.; Smutny, R. (2003b) Urbanes Ressourcen Management - Fallstudie Wien. Teilbereich Schadstoffmanagement diffuser Metallemissionen. Projekt Ökopolis. Zusammenfassung. Ressourcen Management Agentur (RMA). Initiative zur Förderung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung. Villach, Wien.

Oggier, P.; Righetti, A.; Bonnard, L. (2001) Zerschneidung von Lebensräumen durch Verkehrsinfrastrukturen. Schriftenreihe Umwelt. Natur und Landschaft. Nr. 332. Hrsg. v. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). Bern.

Okabe, A. (2005) Towards the Spatial Sustainability of City-regions. A Comparative Study of Tokyo and Randstad. In: Future Forms and Design for Sustainable Cities. Hrsg. v. Jenks, M.; Dempsey, N. Architectural Press. Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo. S. 55-71.

ÖNORM EN ISO 14044 (2006) Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen (ISO 14044:2006). ÖN EN ISO 14044. 01.10.2006.

Orwat, C.; Grunwald, A. (2005) Informations- und Kommunikationstechnologien und nachhaltige Entwicklung. In: Erde 2.0 - Technologische Innovationen als Chance für eine nachhaltige Entwicklung? Hrsg. v. Mappus, S. Springer. Berlin, Heidelberg, New York. S. 242-253.

Oswalt, P. (2005) Schrumpfende Städte 2: Handlungskonzepte. Hrsg. v. Hatje Cantz Verlag. Ostfildern.

Padinger, R.; Wenzel, A.; Zeiner, H.; Kienast, G.; Puschnig, P. (2003) Verringerung des Energieeinsatzes im "Haus der Zukunft" durch Nutzung innovativer Informationstechnologien. Institut für Energieforschung Joanneum Research. Institut für Informationssysteme und Informationsmanagement. Institut für Wärmetechnik TU Graz. Hrsg. v. Bundesministerium für Verkehr Innovation und Technologie (BMVIT). Graz.

Papousek, B. (2009) Energie und Politik - eine städtische Symbiose. Vienenergy 2009 - Financing Municipal Energy Infrastructure. Wien.

Paula, M.; Cerveny, M.; Gadner, J.; Indinger, A. (2009) Energieforschungsstrategie für Österreich. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Wien.

Paumann, R.; Obernosterer, R.; Brunner, P. H. (1997) Wechselwirkung zwischen anthropogenem und natürlichem Stoffhaushalt der Stadt Wien am Beispiel von Kohlenstoff, Stickstoff und Blei. Projekt WAU. Technische Universität Wien. Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft. Abteilung Abfallwirtschaft und Stoffhaushalt. Wien.

Pearce, F. (2009) Guardian.co.uk.environment.Greenwash: The dream of the first eco-city was built on a fiction. www.guardian.co.uk/environment/series/greenwash.

Poppe, H.; Prehal, A. (2002) S I P - Siedlungmodelle in Passivhausqualität. POPPE*PREHAL ARCHITEKTEN. Hrsg. v. Bundesministerium für Verkehr Innovation und Technologie (BMVIT). Steyr.

Prichard, H. (2007) Today's Waste, Tomorrow's Fuel: Sustainable Energy From Urban Waste. <http://www.sciencedaily.com/releases/2007/07/070703172040.htm>. 25.06.2009.

PUB (2008) PUB, Singapore's national water agency. www.pub.gov.sg/water/Pages/default.aspx.

Radermacher, F. J. (2002) Balance oder Zerstörung. Ökosoziale Marktwirtschaft als Schlüssel zu einer weltweiten nachhaltigen Entwicklung. Hrsg. v. Ökosoziales Forum Europa. Wien.

Raith, E. (2000) Stadtmorphologie. Annäherungen, Umsetzungen, Aussichten. Hrsg. v. Springer. Wien.

Rapp, F.; Keim, C.; Viejo Garcia, P.; Peter, M. (2009) Energy demand assessment of European urban structures based on a multi-scale approach. 45th ISOCARP Congress. 18-22 October, 2009. Porto.

Reisinger, H.; Krammer, H. J. (2006a) Abfallvermeidung und -verwertung in Österreich. Materialband zum Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006. Umweltbundesamt. REP-0018. Hrsg. v. Umweltbundesamt.

Reisinger, H.; Krammer, H. J. (2006b) Abfallvermeidung und -verwertung in Österreich. Materialienband zum Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2006. Umweltbundesamt. Wien.

Reisinger, H.; Krammer, H. J. (2008) Dienstleistung statt Produkt. Innovative Dienstleistungen aus Sicht der Abfallvermeidung. Umweltbundesamt. REP-0191. Hrsg. v. Umweltbundesamt. Wien.

Reiter, A. (2008) Lebensqualität als Standortfaktor. ztb-zukunft. Wien.

Reller, A. (2009) Rohstoffsituation Bayern: Keine Zukunft ohne Rohstoffe. Strategien und Handlungsoptionen. IW Consult GmbH. WZU Augsburg. Hrsg. v. Verein der Bayrischen Wirtschaft (VBW). München.

Reuters, T. (2008) Reuters. news. Abu Dhabi's Masdar Initiative Breaks Ground on Carbon-Neutral City of the Future.

Reutter, O. (2007) Ressourceneffizienz - Der neue Reichtum der Städte. Impulse für eine zukunftsfähige Kommune. Hrsg. v. oekom verlag. München.

Ripl, W.; Petersen, H.; Gerlach, I.; Peickert, U.; Schmalstieg, F. (2002) Integratives Energie-, Wasser- und Stoffstrommanagement für dezentrale, autarke Ver- und Entsorgungsstrukturen. BIODROM. Machbarkeitsstudie. TU Berlin. Systeminstitut Aqua Terra. Berlin.

Ritschel, M. (2008) Elektronisches Ticket und Bezahlen: Von der Multifunktionalität zur Multimodalität. Transport and Communication Assessment Center.

Riva, R.; Fink, C. (2009) Modulare solarunterstützte Biomassenahwärmenetze. AEE - Institut für Nachhaltige Technologien. Gleisdorf.

- Robinson, D.; Campbell, N.; Gaiser, W.; Kabel, K.; Le-Mouel, A.; Morel, N.; Page, J.; Stankovic, S.; Stone, A. (2007) SUNtool - A new modelling paradigm for simulating and optimising urban sustainability. In: Solar Energy. Vol. 81. Nr. 07/2007. S. 1196-1211.
- Saarinen, S.; Granberg, A.; Koucky, M. (2009) Nachhaltige Mobilität. Handbuch für eine nachhaltige städtische Verkehrsplanung. Union der Ostseestädte. Kommission für Umwelt.
- Schaeffer, R. (2005) Produktive Nachhaltigkeit: Infrastrukturinnovation als politische Strategie. In: Die Zukunft der Infrastrukturen. Intelligente Netzwerke für eine nachhaltig Entwicklung. Metropolis-Verlag für Ökonomie, Gesellschaft und Politik GmbH. Marburg.
- Schaller, S.; Wallbaum, H.; Merkel, W. (2007) Herausforderungen, Nachhaltigkeitsziele und Entwicklungspfade der kommunalen Wasserwirtschaft. In: Ressourceneffizienz - Der neue Reichtum der Städte. Hrsg. v. Reutter, O. oekom verlag. München.
- Scharp, M. (2005a) Nachhaltiges Bauen und nachhaltige Flächennutzung. Arbeitsbericht. Nr. 13/2005. Hrsg. v. Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung. Berlin.
- Scharp, M. (2005b) Zukunft des Bauen Zukunft des Wohnens. Arbeitsbericht. Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung. Berlin.
- Schettkat, R. (2009) Analyzing Rebound Effects. University of Wuppertal. Wuppertal Papers No. 177. Hrsg. v. Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy. Wuppertal.
- Schiller, G.; Siedentop, S. (2005) Infrastrukturfolgekosten der Siedlungsentwicklung unter Schrumpfungbedingungen. In: DISP. 160. S. 83-93.
- Schindegger, F.; Tatzberger, G. (2002) Polyzentrismus. Ein europäisches Leitbild für die räumliche Entwicklung. Österreichisches Institut für Raumplanung. Wien.
- Schlömer, N.; Schmidt, J. A. (2008) Lebensqualität durch Sicherheit. Eine Studie über den Zusammenhang zwischen Städtebau, Architektur, Sicherheit u. Kriminalität am Beispiel der Wohnsiedlung HEEME in Essen. ISS Universität Duisburg-Essen. Essen.
- Schmid, F. (2007) Wärmerückgewinnung aus Abwasser. Potentialerhebung im Rahmen des GEP. In: gwa. Nr. 6/2007. S. 405-411.
- Schmidt-Bleek, F. (1998) Das MIPS-Konzept. Weniger Naturverbrauch - mehr Lebensqualität durch Faktor 10. Hrsg. v. Droemer Knauer. München.

Schmidt-Bleek, F. (2007) FUTURE.Beyond Climatic Change. Factor Ten Institute. Position Paper. Nr. 08/01. Carnoules.

Schweizer, P.; Pletzer, T.; Gutmann, R.; Gruber, S.; Raspotnig, P.; Wallner, G. (2003) BAU-LAND-GEWINN ohne Erweiterung. Weiterentwicklung von Einfamilienhaus-Siedlungen. Hrsg. v. Bundesministerium für Verkehr Innovation und Technologie (BMVIT). Salzburg.

Settle, D. M.; Pattersen, C. C. (1980) Lead in albacore: guide to lead pollution in America. In: Science. Vol. 207. Nr. 4436. S. 1167-1176.

Shepherd, S.; Muir, H.; Pfaffenbichler, P. (2008) Modelling automated technologies within a strategic transport model. CORP 08. Mobility Nodes as Innovation Hubs. Wien.

Siebel, W.; Wehrheim, J. (2003) Öffentlichkeit und Privatheit in der überwachten Stadt. In: DISP Nr. 153 / 4. 02/2003.

Singapore International Water Week (2009) Singapore Internatnaional Water Week. The Event. About Singapore International Water Week.

SMARTGRIDS AUSTRIA (2009) Roadmap Smart Grids Austria.Der Weg in die Zukunft der elektrischen Stromnetze!.Vorabversion anlässlich der Smart Grids Week Salzburg 2009. Wien.

Smith, P. F. (Hrsg.) (2003, 2007) Sustainability at the cutting edge. Emerging technologies for low energy buildings. Architectual Press Elsevier. Amsterdam, Bosten, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo

Smutny, R. (1998) Vergleich der Umwelteinwirkungen von linearen versus zyklischen Bleiflüssen anhand der Verwendung von Bleiakumulatoren in Wien. Institut für Wassergüte, Ressourcenmanagement und Abfallwirtschaft, TU Wien. Wien.

Späth, P.; Koblmüller, M.; Kubeczko, K.; Faber, F.; Bärnthaler, J.; Bergmann, H.; Luttenberger, C.; Breisler, A. (2007) Energieregionen. Wirksame Leitbildprozesse und Netzwerke zur regionalen Gestaltung sozio-technischen Wandels. IFZ. Berichte aus Energie- und Umweltforschung. Nr. 29/2007. Hrsg. v. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technik (BMVIT). Wien.

Stadtgemeinde Güssing (2005) Güssing. Wirtschaft. Einergieautarke Stadt. www.guessing.at/frame.asp?Bereich=Wirtschaft.

Stadtkommunikation Linz (2008) Linz_Willkommen. Leben in Linz. Stadtentwicklung. solarCity Pichling.

Stark, W.; Kernbeis, R.; Raeissi, H.; Brunner, P. H. (1995) Wo liegen die Grenzen der Schadstoffentfrachtung des Klärschlammes? 1. Teil: Schwermetalle (Projekt NÖKS). Technische Universität Wien. Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft. Abteilung Abfallwirtschaft. Wien.

Steinmüller, K.; Steinmüller, A. (2006) Die Zukunft der Technologien. Hrsg. v. Murmann Verlag. Hamburg.

Strebl, M. (2009) Smart Grids - der Salzburger Ansatz. Smart Grids-Week Salzburg 09. Dezentrale Erzeugung und Intelligente Stromnetze - Eine Roadmap für Österreich. Salzburg.

SUE-MoT (2009) ISAT, The development of a generic, integrated assessment framework. The SUE-MoT Consortium. Glasgow.

Tarzia, V. (2003) European Common Indicators Towards a Local Sustainability Profile. Ambiente Italia Research Institute. Mailand.

The Pastille Consortium (2002) Indicators into Action: Local sustainability indicator sets in their context. Project PASTILLE. Final Report. EU-FP5. London.

The World Bank (2009a) 5th Urban Research Symposium. Concept Note. 5th Urban Research Symposium. Cities and Climate Change. Responding to an Urgent Agenda. 28.06.-30.06.2009. Marseille.

The World Bank (2009b) The Little Green Data Book 2009. Hrsg. v. The World Bank. Washington.

Thomson, C.; El-Haram, M.; Walton, J.; Hartcastle, C. (2007) The Role of Knowledge Management in Urban Sustainability Assessment. International Conference on Whole Life Urban Sustainability and its Assessment. Glasgow.

Tietz, H.-P. (2007) Systeme der Ver- und Entsorgung. Funktionen und räumliche Strukturen. Hrsg. v. Teubner. Wiesbaden.

Tobias, M.; Höhn, R.; Pongratz, S.; Karch, P. (2008) Energie- und Ressourceneffizienz durch Ecodesign und innovative Nutzungskonzepte, Der Beitrag der Informations- und Kommunikationstechnologien. In: Industrial Ecology. Hrsg. v. von Gleich, A.; Gößling-Reisemann, S. Vieweg + Teubner Verlag. Wiesbaden. S. 119-128.

Torrens, P. M. (2000) How Land-Use-Transportation Models Work. University College London. Centre for Advanced Spatial Analysis. London.

Tragner, F.; Lins, S.; Hornbacher, D.; Kryvoruchko, V.; Konrad, G.; Bomatter, A. (2008) Biogas Branchenmonitor, Erhebung von Wirtschaftsdaten und Trends zu Biogas in Österreich. Wien.

Tragner, M.; Theißing, M.; Kraußler, A.; Schloffer, M.; Schuster, D.; Theißing-Brauhart, I. (2007) Regenerative Energieversorgung einer Industrieregion. Chancen-Potenziale-Grenzen. FH Joanneum Kapfenberg. Berichte aus Energie- und Umweltforschung. Nr. 52/2007. Hrsg. v. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technik (BMVIT). Kapfenberg.

UN-HABITAT (2006) State of the World's Cities Report 2006/2007, The Millennium Development Goals and Urban Sustainability: 30 Years of Shaping the Habitat Agenda. United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT). Nairobi.

UNESCO (2009) Water in a Changing World. The United Nations World Water Development Report 3. World Water Assessment Programme. Paris, London.

US GBC (2007) LEED for Neighborhood Development Rating System. US Green Building Council. New York.

van den Dool, G.; Mustonen, T.; Sirvo, K.; Kolehmainen, M.; Ruuskanen, J. (2004) i-Waste. Intelligent Waste Management. University of Kuopio. Department of Environmental Sciences. Kuopio.

Velo.Info (2009) The European Network for Cycling Expertise. <http://www.velo.info/>. 09.07.2009.

Venn, A. (2008) City Innovations review (Urbanisierung - Städte im Trend). Dongtan - Chinas grüne Stadt zur Expo 2010.

Viljoen, A.; Bohn, K.; Howe, J. (2005) Continuous Productive Urban Landscapes. Designing Urban Agriculture for Sustainable Cities. Hrsg. v. Architectural Press. Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo.

Villa, N.; Mitchell, S. (2009) Connecting Cities: Achieving Sustainability Through Innovation. 5th Urban Research Symposium. Cities and Climate Change. Marseille.

von Gleich, A. (2005) Die stofflichen Grundlagen nachhaltigen Wirtschaftens - Anforderungen und Möglichkeiten. In: Erde 2.0 - Technologische Innovationen als Chance für eine nachhaltige Entwicklung? Hrsg. v. Mappus, S. Springer. Berlin, Heidelberg, New York. S. 115-137.

von Weizsäcker, E. U.; Lovins, A. B.; Lovins, L. H. (1995) Faktor vier: doppelter Wohlstand - halbiertes Naturverbrauch: der neue Bericht an den Club of Rome. Hrsg. v. Droemer Knauer. München.

von Zadow, A. (2009) Konzertierte Aktionen für einen integrativen Stadtumbau. In: Stadt im Umbau. Grundlagen - Visionen - Vorschläge. Hrsg. v. Straßl, I. Salzburger Institut für Raumordnung & Wohnen. Salzburg.

Wackernagel, M. (1994) Ecological Footprint and Appropriated Carrying Capacity: A Tool for Planning Towards Sustainability. Dissertation. University of British Columbia. School of Community & Regional Planning. Vancouver. Kanada.

Weichhart, P. (2002) Glocalization, Die Globalisierung und ihre Auswirkungen auf die Regionen. Institut für Geographie und Regionalforschung der Universität Wien. Wien.

Werkstatt-Stadt (2008) Werkstattstadt. Projekte. Städteliste A-Z. Tübingen.
www.werkstatt.stadt.de/projekte/74.

Wiechmann, T.; Wirth, P. (2005) Ökologischer Umbau in Städten und Regionen. Relevanz ökologischer Belange in stadtreionalen Umbauprozessen. IÖR-Schriften / Band 46. Hrsg. v. Leibnitz Institut für ökologische Raumentwicklung e.V. Dresden.

Wikipedia (2009) Wikipedia.Geographie.Asien.Singapur.
<http://de.wikipedia.org/wiki/Singapur>.

Wilderer, P.; Paris, S. (2001) Integrierte Ver- und Entsorgungssysteme für urbane Gebiete. Technische Universität München. Lehrstuhl und Versuchsanstalt für Wassergüte- und Abfallwirtschaft. Garching.

Wimmer, R.; Hohensinner, H. (2004) S-HOUSE, Innovative Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen am Beispiel eines Büro- und Ausstellungsgebäudes. Wien.

Wissen, U.; Gret-Regamey, A. (2009) Advanced analysis of spatial multi-functionality to determine regional potentials for renewable energies. REAL CORP 2009. Sitges.

Wittwer, C. (2009) Bidirektionale Netzintegration von E-Fahrzeugen mit neuen Smart Metering Systemen am Beispiel des Flottenversuchs VW-EON. Smart Grids-Week Salzburg 09. Dezentrale Erzeugung und Intelligente Stromnetze - Eine Roadmap für Österreich. Salzburg.

Wulfhorst, G. (2007) Erreichbarkeit als Ansatz zur Abstimmung von Verkehr und Raumentwicklung. Technische Universität München. Fachgebiet für Siedlungsstruktur und Verkehrsplanung. München.

zedfabric (2004) zedfabric. product range. Wind Cowl.
www.zedfactory.com/zf_pr_windcowl.htm.

Zielinski, S.; Berdish, D. (2008) New Mobility Solutions for Urban Transportation. In: The Journal of the International Institute. Fall 2008.

Zinke, M. (2009) E-Energy: Auf dem Weg zum Internet der Energie. Smart Grids-Week Salzburg 09. Dezentrale Erzeugung und Intelligente Stromnetze - Eine Roadmap für Österreich. Salzburg.