

Berichte aus Forschung und Praxis

Peter Sturm, Nikolaus Diefenbach, Andreas Enseling, Peter Werner

Vision Zero Emission Cities

Schlagwörter: Klimaschutz, Null-Emissions-Ansätze, Nachhaltige Stadtstrukturen, Energieeffizienz, Schadstoff- und Abfallreduzierung

Keywords: climate protection, zero-emission-approach, sustainable urban structures, energy efficiency, reduction of waste and pollution

Kurzfassung

Die von den Städten der Industrieländer ausgehenden Emissionen stellen im Hinblick auf die globalen Belastungen und Ursachen des Treibhauseffektes nach wie vor das Hauptproblem dar. Dies und die weltweit weiter zunehmende Verstädterung sprechen dafür, mit Strategien und Konzepten zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen an urbanen Strukturen anzusetzen. Der vorliegende Beitrag stellt zur Diskussion, inwieweit das zunächst utopisch erscheinende Konzept der „Zero-Emission-City“ (ZEC) – einer möglichst emissionsfreien Stadt – eine geeignete Leitvision zur nachhaltigen Stadtentwicklung darstellen kann. Es werden siedlungsstrukturelle und technologische Möglichkeiten aufgezeigt, an denen die Strategien für eine ZEC ansetzen und welche technologischen Wege zur Umsetzung genutzt werden können. Abschließend werden konkrete Zielwerte genannt, die eine Orientierung für einen fiktiven Masterplan zur Erreichung einer ZEC bis zum Jahre 2050 geben sollen.

Abstract

Emissions caused by towns and cities of industrialised countries can be regarded as a main problem in terms of global pollution and the reasons for the greenhouse effect. For this reason, strategies and concepts aiming at a reduction of greenhouse emissions should focus on urban structures. In this paper it is discussed if the concept of a "Zero-Emission-City" (ZEC) – a city which is to a large extent emission free (which seems to be utopian at first view) – might be an appropriate guideline vision for a sustainable urban development. The paper shows spatial and technological opportunities, which are suitable both for a ZEC-strategy and as recommendations for technological approaches for its implementation. Finally concrete target values are provided, in order to give orientation for a notional master plan for reaching ZEC until 2050.

1 Einleitung

Die bisherigen Analysen der regionalisierten Klimagutachten aus Deutschland und anderen europäischen Ländern bestätigen, dass folgende Aspekte der Klimaänderung für die Stadtentwicklung und für den Gebäudebereich von besonderer Bedeutung sind (OcCC/Proclim, 2007, UBA, 2007):

- Anstieg der Jahresdurchschnittstemperaturen, besonders im Winterhalbjahr,
- Zunahme von Hitzewellen im Sommer,
- Veränderungen im Wasserhaushalt (sommerliche Trockenheit, winterliche Zunahme der Niederschlagsmenge),

- Zunahme, insbesondere von winterlichen Starkniederschlägen,
- Steigende Hochwassergefahr im Winter und Frühjahr,
- Zunahme von Winterstürmen,
- Zunahme von Gewittern mit Hagel, Starkregen und Starkböen.

Dieser bevorstehende Klimawandel stellt Stadtentwicklung und Stadtplanung vor Herausforderungen, die sowohl den Klimaschutz, d. h. die Reduktion der Treibhausgasemissionen, als auch die Anpassungsstrategien (Adaptation) und Strategien zur Wirkungsminderung (Mitigation) betreffen. Während die Auseinandersetzung mit dem Klimaschutz schon seit mehreren Jahren geführt wird, rücken die The-

men Anpassung und Wirkungsminderung erst nach und nach in das Bewusstsein der Stadtplanung. Bisher wurde verdrängt, dass der Klimawandel stattfinden wird und dass es dringend notwendig ist, sich auf diesen einzustellen. In Deutschland ist erst im Dezember 2008 die nationale Anpassungsstrategie an den Klimawandel vom Bundeskabinett verabschiedet worden (BMU 2998), in der auch Anpassungserfordernisse an die Stadtentwicklung formuliert sind. In Großbritannien ist bereits frühzeitiger reagiert worden und es liegen erste Ergebnisse von Modelluntersuchungen vor, die die Möglichkeiten von Anpassungsstrategien und Wirkungsminderungen, etwa durch entsprechende Grünplanung und -gestaltung, untersucht und geprüft haben (Handley & Carter, 2006). Vor dem Hintergrund der Hitzewellen diskutieren Architekten, ob nicht Straßenräume in Zukunft schattiger nach dem Vorbild mediterraner Städte zu gestalten sind und ob nicht die Gestaltung von Gebäuden nach neuen Gesichtspunkten erfolgen müssten (Roaf, 2005, Werner & Chmella-Emrich, 2008).

Der Klimaschutz bleibt aber eine unverzichtbare Aufgabe und es ist darauf zu achten, dass dieser in der Diskussion um Anpassungsprozesse nicht vernachlässigt wird. Die von den Städten der Industrieländer ausgehenden Emissionen stellen im Hinblick auf die globalen Belastungen und Ursachen des Treibhauseffektes das Hauptproblem dar. Es treten jedoch Länder wie China, Indien und Brasilien hinzu, deren Urbanisierungs- und Einkommensentwicklungen weitere negative Schübe in Bezug auf die Zunahme von Treibhausgasemissionen erwarten lassen. Da die Städte das Hauptproblem sind, bietet es sich natürlich an, dort zentral einzugreifen und den Gedanken einer „Zero-Emission-City“ (ZEC), einer möglichst emissionsfreien Stadt aufzugreifen. Eine Vision, die zunächst utopisch erscheint, aber in eine operationalisierbare Form gebracht, ein innovatives Handlungsmodell sein kann.

Ziel des vorliegenden Beitrags ist es, Wege aufzuzeigen, wie diese zunächst utopisch erscheinende Vision in eine operationalisierbare Form gebracht und zu einem innovativen Handlungsmodell weiterentwickelt werden kann. Zu diesem Zweck werden zunächst die vorhandenen Zero-Emission-Ansätze im Hinblick auf nutzbare Anknüpfungspunkte gesichtet. Anschließend werden für die zentralen Felder Raumstrukturen, Energie und Kreislaufwirtschaft strategische Vorschläge abgeleitet, die als Grundlage für Handlungskonzepte vor Ort dienen können. Diese Empfehlungen münden in die Angabe von konkreten Zielwerten, die Orientierung für einen fiktiven Masterplan zur Erreichung einer ZEC bis zum Jahre 2050 geben sollen.

2 Vision und Eckpunkte einer Zero-Emission-City (ZEC)

Dass die Vision einer ZEC nicht aus der Luft gegriffen ist, zeigen die bereits vielfältigen so genannten Zero-Emission-Ansätze, die beispielsweise von der ZE-Region über das ZE-Village und der ZE-Enterprises bis hin zum ZE-Gebäu-

de und sogar ZE-Flugzeug reichen. Derzeit spektakuläre große Siedlungsentwicklungsvorhaben, die das Bilanzziel von Nullemissionen bei dem Treibhausgas CO₂ verfolgen, sind das Riverside One-Projekt in Middlesbrough in England (Daily Express vom 15. Februar 2008), das Siedlungsprojekt Dongtan bei Schanghai in China und das Projekt Masdar in Abu Dhabi in den Vereinigten Arabischen Emiraten (Biello 2009).

Der folgende Beitrag basiert in wesentlichen Teilen auf den Ergebnissen eines Projektes, welches das Institut Wohnen und Umwelt und das Zentrum für integrierte Verkehrssysteme, beide aus Darmstadt, im Auftrag des Bundesforschungsministeriums durchgeführt haben (IWU & ZIV, 2002). Aufgabe der Untersuchung war es zu prüfen, inwieweit die ZEC eine nutzbare Leitvision darstellen kann. Voraussetzung für eine derartige Vision ist es, Eckpunkte und Strategien zu benennen, die machbare Handlungsoptionen enthalten und gleichzeitig die besonderen Anstrengungen verdeutlichen. Wir haben dieses als den notwendigen Quantensprung bezeichnet, der mit diesem ehrgeizigen Ziel verbunden ist. Die ZEC orientiert sich gleichzeitig an den Zielen einer nachhaltigen Stadtentwicklung, das heißt, dass auch aus diesem Erfahrungs- und Diskussionspool geschöpft wird.

Zunächst ist ein allgemeiner Zielwert zu finden, der diesem Anspruch gerecht wird. Es kann sich nicht um einen physikalisch definierten absoluten Nullwert handeln, da dieser jegliche Aktivitäten ausschließen würde. Erler et al. (2000) zählen drei Möglichkeiten für eine operationalisierbare Definition auf. Das Ziel Null ist erreicht, wenn die Emissionen (verändert nach Erler et al. 2000 und ergänzt um Fürst & Scholles, 2001):

- unterhalb analytischer Nachweisbarkeit bzw. unterhalb eines „no observed effect-level“,
- unterhalb von schadens- bzw. wirkungsbezogenen Grenzwerten,
- unterhalb von natürlichen Massenströmen liegen.

Vor allem die zweite Definition ist zielführend. Sie hat zum einen den Vorteil, dass sie sich an bereits bewährten und praktikablen Konzepten (z. B. Critical-Load- bzw. Critical-Level-Konzept) orientiert, und zum andern bezieht sie sich auf das übergreifende Konzept der ökologischen Tragfähigkeit (Carrying Capacity). Dieses Konzept ist ein seit Jahren diskutiertes ökologisches Rahmenkonzept und wird in vielfältiger Weise als Leitkonzept in der ökologischen Planung genutzt. Es findet zum Beispiel Anwendung in der ökologischen Risikoanalyse oder bei der Formulierung von Leitzielen zu Natur und Landschaft.

Weiterhin stellte sich relativ schnell heraus, dass folgende Eckpunkte und Rahmenbedingungen die Vision einer ZEC leiten:

- Die Siedlungsform Stadt wird nicht in Frage gestellt, sondern bleibt in ihrer Grundstruktur – nämlich relativ

hohe Bevölkerungsdichte, die mit hoher baulicher Verdichtung einhergeht – erhalten.

- Der Energieverbrauch ist soweit zu senken und anzupassen, dass die Bedarfsdeckung vollständig über regenerative (solare) Energiequellen möglich wird.
- Die Kreislaufwirtschaft muss zur bestimmenden Wirtschaftsform werden.
- Der Zielwert Nullemissionen ist nicht innerhalb der stadträumlichen Grenzen, sondern innerhalb stadtregionaler Grenzen zu erreichen.

Ausgehend von diesen Eckpunkten wird deutlich, dass zur Umsetzung der Vision einer ZEC eine Auseinandersetzung mit den drei Bereichen Raumstrukturen, Energie und Kreislaufwirtschaft notwendig ist, die in den folgenden Kapiteln kurz abgearbeitet werden.

3 Raumstrukturen

Es ist weitgehend anerkannt, dass ein Zusammenhang zwischen Stadtgestalt, dargestellt über die Parameter Größe, Dichte und Kompaktheit, und ökologischen Einflüssen von Städten besteht. Als eines der ersten Phänomene, welches auf diesen Zusammenhang hinweist, ist bereits vor mehr als einhundert Jahren die Ausbildung eines spezifischen Stadtklimas wahrgenommen worden. Bebauungsdichte und Einwohnerzahl einer Stadt beeinflussen maßgeblich Ausdehnung und Stärke der städtischen Wärmeinsel (Sukopp & Wittig, 1998). Ein weiteres vielfach beschriebenes Beispiel ist die Wechselwirkung zwischen Siedlungsstrukturen und dem Vorkommen und der Verteilung von Pflanzen- und Tierarten (Werner, 2007). Somit überrascht es nicht, dass seit einigen Jahren eine intensive wissenschaftliche und politische Diskussion über die Bedeutung von Stadtgestalt und nachhaltiger Stadtentwicklung geführt wird (Jenks & Dempsey, 2005, Williams et al., 2000).

In der Leipziger Charta zur nachhaltigen europäischen Stadt (2007) sind zwei konkrete Forderungen enthalten, die die baulich-räumliche Dimension der Stadtentwicklung betreffen: die Modernisierung der Gebäude und die Modernisierung der technischen Infrastruktur. Die Umsetzung siedlungsstruktureller Ziele ist dabei komplizierter und langwieriger als die eines Gebäudesanierungsprogramms (Guerra, 2007). Dies ist jedoch nur ein Aspekt im Hinblick auf die Wirksamkeit von raumstrukturellen Leitbildern. So sind in der Leipziger Charta unter anderem als weitere wichtige Aspekte die Gestaltung des Stadtverkehrs und die Qualität öffentlicher Räume angesprochen. Eine vorrangig an Bau- und Siedlungsformen orientierte Betrachtung greift für eine umfassende Beurteilung der Wirkungen im Hinblick auf Energieeffizienz und CO₂-Reduzierung auch deshalb zu kurz, weil insbesondere hinsichtlich der Folgen der Mobilität auch die Art und Verteilung der jeweiligen Nutzungen sowie das Mobilitätsverhalten eine

entscheidende Rolle für Verkehrssparsamkeit und Schadstoffreduzierung spielen. Bezogen auf das Spannungsfeld von Mitigation (Bekämpfung unerwünschter Entwicklungen) und Adaptation (Anpassung an stattfindende Entwicklungen) bedeutet dies, dass im Sinne der Mitigation auch eine günstige Siedlungsstruktur nur eine notwendige, jedoch nicht hinreichende Voraussetzung darstellt.

Im Mittelpunkt der Diskussion um raumstrukturelle Leitbilder steht die kompakte Stadt (Jenks & Burgess, 2000). Als Vorbild für die kompakte Stadt gilt besonders die historisch gewachsene europäische Stadt, die durch klare bauliche Grenzen und einem dicht bebauten Stadtkern charakterisiert ist. Die kompakte Stadt kann im Hinblick auf den Aufwand für den Bau, den Betrieb und die Unterhaltung von technischer Infrastruktur sowie hinsichtlich der Versorgung mit Ressourcen (wie Energie) als die nachhaltigste Siedlungsform angesehen werden. Bietet Sie vielfältige und kleinteilige Nutzungsmischung, so gilt dies nachweisbar auch hinsichtlich der Verkehrssparsamkeit. Lange Zeit war die „kompakte Stadt“ deshalb das unumstrittene siedlungsstrukturelle Leitbild. Mittlerweile hat dieses Leitbild jedoch zunehmend Konkurrenz bekommen. Dabei sind „Netz-Stadt“, „Zwischenstadt“ und neuerdings „die perforierte Stadt“ allerdings weniger als idealtypische Gegenentwürfe zur kompakten Stadt zu verstehen. Es handelt sich vielmehr um Siedlungsmodelle, die der tatsächlichen Entwicklung Rechnung tragen und bei denen sich Strategien an den daraus resultierenden Herausforderungen orientieren. Diese neueren Leitbilder folgen somit eher einer Strategie der Adaptation. Sie tragen damit der Tatsache Rechnung, dass die über einen langen Zeitraum vorherrschende Tendenz der Dispersion nicht vollständig umkehrbar ist und allenfalls über längere Zeiträume korrigiert werden kann.

So war der in der Fachwelt umstrittene Begriff der „Zwischenstadt“ (Sieverts, 1997) die konsequente und überfällige Reaktion auf eine in der Realität längst vollzogene Entwicklung der Suburbanisierung. Auch das „Netz-Stadt-Modell“ richtet das Augenmerk weniger auf die Innenentwicklung als auf die Verflechtung der Städte innerhalb der Region. Hesse (2000) kommt zu dem Schluss, dass sich „die städtische Realität zunehmend vom Ideal der kompakten Stadt (entkoppelt)“ und dass der „Stadt der kurzen Wege“ mittelfristig ihr Referenzmodell abhanden kommen könnte. Konsequenterweise wurde es deshalb als planerische Notwendigkeit erachtet, die „Stadt der kurzen Wege“ auf der übergeordneten Maßstabsebene um ein Modell „Region der kurzen Wege“ zu ergänzen (Sturm, 2000). Weiterhin sei erwähnt, dass Stadtforschung vornehmlich Großstadtforschung ist und sich somit die meisten Aussagen auf Städte mit mehr als 100.000 Einwohnern beziehen.

Mittlerweile kommt auch der demographische Wandel – lange Zeit nur eine abstrakte Prognosegröße – in der Realität an. Er hat in einigen Städten bereits dazu geführt, dass durch Abriss und Rückbau infolge der Entleerung von

Quartieren neue Freiflächen entstehen. Durch diese Form des Stadtumbaus kommt als neues Siedlungsmodell „die perforierte Stadt“ hinzu (Lütke Daldrup, 2003). Die neuen innerstädtischen Freiflächen, die unter anderem durch die Auflösung ehemaliger Blockstrukturen entstehen, können als Grünflächen und Erholungsräume zur Wohn- und Aufenthaltsqualität beitragen und sollen so Anreize für das Leben in der Stadt setzen. Allerdings dürfen die Freiräume nicht so groß werden, dass der städtische Zusammenhang verloren geht. Deshalb muss der Prozess der behutsamen Auflockerung von einem Rückbau an den Stadträndern begleitet werden, der eine ausreichende Dichte und Nutzungsmischung der Stadt garantiert. Da die Profilierung der Stadtränder mit einer stärkeren Abgrenzung zur Landschaft verbunden ist, deckt sich das Modell der perforierten Stadt in diesem Punkt mit dem Leitbild der kompakten Stadt.

Frei werdende Flächen und Unternutzungen bestehender Infrastrukturen bieten Potenziale, um Teile der Ver- und Entsorgung zu dezentralisieren und nicht nur näher an die Stadt heranzuholen, sondern sogar diese in die Stadt hineinzuholen. In Modellprojekten wird beispielsweise geprüft, inwieweit auf städtischen Freiflächen Biomassegewinnung sowohl zur Ernährung (international mit den Begriffen „Urban Agriculture“ oder „Urban Farming“ belegt, van Veenhuizen, 2006) als auch zur Energienutzung (s. ExWoSt-Vorhaben „Potenziale städtischer Freiflächen zur Erzeugung erneuerbarer Energien, Genske et al., 2008) möglich ist, am besten kombiniert mit Erholungsnutzung (siehe Abbildung 1). Für Salzgitter ist ein Konzept entwickelt worden, das dezentrale Wasserentsorgung auf neu entstandenen Freiflächen organisiert. Diese Konzepte werden nicht nur für schrumpfende Städte angedacht und geprüft, sondern werden zunehmend zum Bestandteil von Überlegungen zur besseren ökonomischen Verwertbarkeit von Regionalparkflächen.

Abbildung 1
„Urban Agriculture“-Projekt in Detroit (USA)



Quelle: www.detroiturbanagriculture.org

In diesem Zusammenhang sei der Hinweis erlaubt, dass der demographische Wandel die langen Wachstumsphasen keineswegs kurzfristig in eine einheitliche „Talfahrt“ umkehrt und zur Schrumpfung führt. Vielmehr verstärkt er die schon immer vorhandenen räumlichen Disparitäten – und zwar auf allen räumlichen Maßstabsebenen. So wird es auch weiterhin auf absehbare Zeit noch Regionen und Städte mit weiterem Bevölkerungswachstum sowie boomenden Stadtteilen geben – zugleich sind jedoch auch an vielen Stellen bis auf die Stadtteilebene hinunter Schrumpfungstendenzen festzustellen. Bedeutsamer als die Entwicklung der Einwohnerzahl werden in vielen Fällen die Veränderungen der Altersstruktur sein.

Die Bedeutung der Siedlungsstrukturen für Mobilität und Verkehr sind seit langer Zeit bekannt. Hierbei ist wichtig, dass dieser Zusammenhang nicht vorrangig auf die räumlichen Siedlungsmuster beschränkt werden kann, sondern dass vor allem die jeweiligen Nutzungen und ihre Verteilung wesentlichen Einfluss auf den resultierenden Verkehrsaufwand haben. So setzen verkehrssparsame Strukturen eine gute Nutzungsmischung der Funktionen (Wohnen, Arbeiten/Ausbildung, Einzelhandel, Ausbildung, Freizeit und Erholung, Kultur) voraus. Dementsprechend ist das als Zielvorstellung nach wie vor gültige Leitbild der „kompakten Stadt“ nicht nur als räumliches Konstrukt zu sehen, sondern als eine Siedlungsform, die auf geringer Fläche eine Vielfalt an Nutzungen bietet. Insofern sollte Tendenzen abnehmender Nutzungsintensität und Nutzungsmischung frühzeitig entgegengewirkt werden. Nach wie vor gilt es die vorhandenen Strukturen der kompakten Stadt zu bewahren und zu stärken. Dort, wo sie aufgrund der langen Wachstumsphasen in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts verbunden mit einer starken Suburbanisierung verloren gegangen sind, ist es jedoch unrealistisch davon auszugehen, man könne sie kurz- oder mittelfristig wieder herstellen.

Die intensiven Stadt-Umland-Verflechtungen haben nicht nur zu einer Zunahme der radial auf die Oberzentren gerichteten Verkehrsströme geführt, insbesondere in den polyzentrischen Regionen haben auch die tangentialen Verkehrsbeziehungen stark zugenommen. Dennoch sind die mittleren Pendlerdistanzen in den monozentrischen Regionen größer als in polyzentrischen Regionen (Sinz & Blach, 1994). Eine Erklärung hierfür ist die auch im regionalen Maßstab bessere Nutzungsmischung polyzentrischer Regionen. Dies ist ein Hinweis darauf, auch in den Städten des Umlandes auf eine angemessene Nutzungsmischung hinzuwirken und Funktionen wie Arbeiten, Einzelhandel und öffentliche Einrichtungen nicht ausschließlich in Oberzentren zu konzentrieren und das Umland auf die Wohnfunktion zu reduzieren. Besonderer Anstrengungen bedarf es, die Wohnfunktion in den Oberzentren in Verbindung mit dem Erhalt des kleinteiligen Einzelhandels zu stärken. Auf diese Weise verbessern sich die Rahmenbedingungen für Nahmobilität, die nicht nur im Hinblick

Abbildung 2
Konventionelles Leihfahrradsystem



Quelle: Peter Sturm

auf den Klimawandel erstrebenswert ist, sondern auch im Hinblick auf den demographischen Wandel. Anzeichen für eine Rückkehr in die Städte gibt es, es handelt sich jedoch noch keineswegs um ein Massenphänomen.

Siedlungsstrukturen sollten so ausgebildet sein, dass eine emissionsarme bzw. emissionsfreie Infrastruktur bereitgestellt werden kann und dass insbesondere die Alltagsaktivitäten ebenfalls emissionsarm bzw. emissionsfrei organisiert werden können. Im Bereich der Mobilität gibt es zahlreiche Hinweise, dass kompakte Städte und polyzentrische regionale Siedlungsstrukturen dieses Ziel unterstützen können. Dennoch bleiben viele Fragen offen. Es fehlt an zufriedenstellenden Modellen und qualifizierten Daten, um die verschiedenen Siedlungsstrukturen und die Stadt-Umland-Beziehungen in Bezug auf ihre emissionsfördernden oder -reduzierenden Wirkungen beurteilen zu können (IWU & ZIV, 2002).

4 Energie

Das wichtigste Treibhausgas CO₂ wird vorwiegend durch Verwendung fossiler Brennstoffe freigesetzt, welche in der heutigen Energieversorgung die dominierende Rolle spielen. Der Klimaschutz stellt daher vielleicht die entscheidende Herausforderung für unseren zukünftigen Umgang mit Energie dar. Bereits die Klimaschutz-Enquete-Kommissionen des Deutschen Bundestages haben das Ziel formuliert, die CO₂-Emissionen weltweit bis 2050 gegenüber 1990 um 50 % zu reduzieren. Um den sich entwickelnden Ländern Spielraum zu lassen, sollen die Industrieländer, also z.B. Deutschland, ihre Emissionen sogar um 80 % senken (Enquete 1990, 1995).

Bereits dies erscheint uns heute als eine äußerst schwierige Aufgabe. Die Frage ist allerdings, ob es als nationales Ziel überhaupt ausreichen wird. In ganz groben Zahlen würde das Einhalten der globalen Vorgabe bei gleichzei-

Abbildung 3
Innovatives elektrobetriebenes Fortbewegungsmittel Segway Personal Transporter



Quelle: Peter Sturm

tiger Annahme einer Weltbevölkerung von dann 10 Mrd. Menschen bedeuten, dass im Durchschnitt pro Kopf und Jahr nur noch eine Tonne CO₂ emittiert werden dürfte. Wollte man dies auf Deutschland übertragen, müssten die Emissionen hierzulande sogar um circa 90 %, also um den Faktor 10 gesenkt werden (vgl. z. B. Loga et al., 2007).

Vor diesem Hintergrund haben wir – entsprechend dem Ziel, dass alle Emissionen auf ein dauerhaft umweltverträgliches Niveau gebracht werden müssen – diese 90prozentige CO₂-Einsparung als Zielwert für die Zero-Emission-City herausgearbeitet. Einerseits ist das offensichtlich sehr ehrgeizig. Andererseits ist durchaus die Frage berechtigt, warum der Begriff „Null-Emission“ hier nicht einfach ganz wörtlich genommen wird. Schließlich werden dem Begriff nach emissionsfreie Fahrzeuge und Null-Energie-Häuser bereits heute gebaut. Somit gibt es vielleicht gerade im städtischen Bereich schon jetzt die entsprechenden Lösungen, die nur noch angewendet werden müssen?

Auf diese Frage gibt es zwei Antworten: Zum Ersten sollten emissionsfreie Lösungen wirklich mitbetrachtet werden. Bei der oben genannten Vorgabe von 90 % handelt es sich

Abbildung 4
Brennstoffzellenfahrzeug mit Wasserstofftankstelle



Quelle: Messer Schweiz AG, Lenzburg, CH, www.messer.ch/produkte_loesungen/Industrie_Wasserstoffantrieb/index.html

um ein Minimalziel – natürlich sollten nach Möglichkeit noch bessere Werte erreicht werden. Zum Zweiten müssen die genannten Konzepte durchaus kritisch hinterfragt werden – es stellt sich nämlich sehr deutlich das Problem der Bilanzgrenzen.

Der Einsatz schadstoffarmer und energieeffizienter Verkehrssysteme muss an verschiedenen Punkten ansetzen. Zum Einen gilt es, die technischen Potenziale der Antriebstechnik bei den Kraftfahrzeugen auszuschöpfen, bzw. deren Effizienzsteigerung weiter zu fördern. Parallel hierzu müssen die Rahmenbedingungen und Anreize für ein energieeffizientes Mobilitätsverhalten kontinuierlich verbessert werden. Hierfür bilden verkehrssparsame Siedlungsstrukturen (siehe Abschnitt 3) eine wichtige Voraussetzung – unterstützt durch Förderung der Nutzung emissionsfreier Fortbewegungsarten (siehe Bilder 2 und 3) und ein begleitendes Mobilitätsmanagement.

Als „Zero-Emission-Vehicles“ werden Fahrzeuge bezeichnet, die selbst keine „klassischen“, für die Stadtbewohner unmittelbar gesundheitsschädlichen Luftschadstoffe wie z.B. Stickoxide oder Feinstaub mehr ausstoßen. Dies ist sicherlich ein wichtiger Aspekt, der auch in der Null-Emissions-Stadt berücksichtigt werden muss. Gleichzeitig handelt es sich aber z. B. um Elektroautos, die durchaus für vorgelagerte Emissionen im Kraftwerkspark verantwortlich sein können (vgl. z. B. Definition von Zero-Emission-Vehicles in Kalifornien s. CARB 2007). Um konsequente Null-Emissionslösungen im Sinne des Klimaschutzes handelt es sich dann also nicht.

Grundsätzlich ist eine Nutzung von Fahrzeugen anzustreben, die mit wenig oder gar keinem aus Erdöl gewonnenen Energieträgern auskommen. Dies ist auch bei alternativen Antriebstechniken wie Erdgas-, Methanol oder Wasserstoffantrieb (siehe Bild 4) zu beachten. Erfahrungen mit dem Einsatz von Wasserstoffbrennstoffzellen im öffentlichen Verkehr liegen unter anderem aus dem 2006 abgeschlossenen Großversuch des EU Projekts CUTE (Clean

Urban Transport for Europe) vor, bei dem vier Millionen Passagiere in neun europäischen Städten störungsfrei mit entsprechend ausgestatteten Bussen befördert wurden (EU-Kommission, 2008). Der lange Zeit propagierte Ansatz, fossile Brennstoffe durch nachwachsende Rohstoffe zu ersetzen (Einsatz von Biodiesel), ist mittlerweile aufgrund der weltweiten Nahrungsmittelverknappung umstritten.

Mit Null-Energie-Häusern sind in der Regel Gebäude mit einem hervorragenden Wärmeschutz, z. B. Passivhäuser (siehe Bild 5), gemeint, bei denen gleichzeitig noch Anstrengungen zur Deckung des bereits minimierten Energiebedarfs über regenerative Energien, z. B. Solaranlagen, unternommen werden. Auch hier kann aber ein Restbedarf fossiler Brennstoffe (z. B. Strombezug aus dem allgemeinen Kraftwerkspark, wenn die Sonne nicht scheint bzw. Gasheizung an den kälteren Wintertagen) im Allgemeinen nicht vollständig vermieden werden. Das „Null-Energie“-Ziel wird sozusagen „per Saldo“ erreicht, indem beispielsweise eine Photovoltaikanlage auf dem Dach mehr Solarstrom an das öffentliche Netz liefert, als zu anderen Zeiten daraus bezogen wird. Auch der erwähnte Restgasverbrauch kann mit dieser Stromgutschrift ausgeglichen werden, wenn durch den verbleibenden Überschussstrom mehr Primärenergie im allgemeinen Kraftwerkspark eingespart wird, als durch den fossilen Brennstoffbedarf im Gebäude verbraucht wird.

In diesem Sinne handelt es sich also beim Null-Energie-Haus um ein höchst begrüßenswertes Konzept, mit dem beispielsweise Bauherren dazu angeregt werden können, verstärkt zukunftsweisende Technologien einzusetzen und ganz besonders viel für den Klimaschutz zu tun. Es ist aber auch klar, dass ein solcher Ansatz nicht beliebig verallgemeinerbar ist: CO₂-Emissionen, die einmal freigesetzt sind, lassen sich nicht zurückholen. Wie wäre z. B. ein nur mäßig wärmedämmtes Gebäude mit noch relativ hohem Gasverbrauch zu beurteilen, bei dem einfach eine entsprechend große Solarstromanlage aufs Dach gesetzt wird? Und könnte man nicht auch Investitionen in Windparks oder Aufforstungsprojekte im Sinne eines Bonus verrechnen und Häuser mit hohem Gas- oder Ölverbrauch so ebenfalls zu Null-Energie-Häusern machen? Prinzipiell ist anzumerken, können emissionsfreie Lösungen auf einer unteren Skalenebene (hier Gebäude) realisiert werden, dann sind auf höheren Ebenen (z. B. Region) keine weiteren Notwendigkeiten gegeben. Das Problem ist quasi abgearbeitet.

Diese Betrachtungen zeigen gleichzeitig, dass der Gutschriftansatz hinterfragt werden muss: Jedenfalls darf hier offensichtlich der Bogen nicht überspannt werden. Die Frage, wie ein Null-Energie oder Null-Emissions-Haus definiert werden sollte, ist also nicht leicht zu beantworten. Sinnvollerweise wird diese Thematik daher u. a. im Rahmen des Bundes-Forschungsförderprogramms „Energieoptimiertes Bauen“, das insbesondere auf technologisch

Abbildung 5
Passivhausgruppe in Darmstadt-Kranichstein



Quelle: Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt

zukunftsweisende Energiespargebäude abzielt, und in der zugehörigen Begleitforschung aufgegriffen (BMWf, 2006; ENOB, 2007; Voss, 2008).

Unser Fazit lautet bis hierhin: Auch wenn heute bereits isolierte Null-Energie- oder Null-Emissions-Lösungen entwickelt und realisiert werden, heißt dies noch nicht, dass schon Klarheit darüber herrschen würde, auf welchem Weg die langfristigen Umweltziele z. B. im Gebäude- oder Verkehrssektor insgesamt zu erreichen sind. Das Interesse ist gerade auch auf das Zusammenspiel der verschiedenen Maßnahmen und ein insgesamt funktionsfähiges, vollständig oder zumindest weitgehend CO₂-freies Gesamtsystem auszurichten, welches seinen Energieverbrauch und seine Emissionen eben nicht einfach in andere Bereiche verlagert. Vor diesem Hintergrund erscheint es als vielversprechend, durch den Übergang vom Einzelgebäude zum städtischen Bereich einen breiteren Rahmen dafür zu schaffen, diese komplexeren Zusammenhänge zu untersuchen.

Dabei stehen die langfristigen Weichenstellungen, also die langlebigen Investitionen in Gebäude und Energieversorgungs-Infrastrukturen im Mittelpunkt des Interesses. In unserer Studie zum Forschungsfeld ZEC haben wir einige wesentliche Fragestellungen herausgearbeitet, um den Forschungsbedarf in diesem Bereich deutlich zu machen. Dabei gehen wir davon aus, dass die Absenkung der CO₂-Emissionen um mehr als eine Größenordnung den Übergang zu einer völlig neuen, vermutlich weitgehend solaren Energiewirtschaft bedeutet. Eine wesentliche Frage lautet daher, ob wir zukünftig eine dezentrale Energiewirtschaft haben werden, die insbesondere unsere heutige zentralisierte Stromwirtschaft mit ihren Großkraftwerken ablöst. Im Hinblick auf die Stadt könnte dies bedeuten, dass ein viel größerer Anteil des Energiebedarfs als bisher innerhalb ihrer Grenzen und in ihrem Umland erzeugt werden kann. Gleichzeitig ist aber auch klar, dass viele Grundsatzfragen, z. B. im Hinblick auf den möglichen Import solarer Energieträger aus Offshore-Windparks und aus im Mit-

telmeerraum installierten Solarkraftwerken, sich nicht auf den Bereich der Stadt und ihrer Region eingrenzen lassen. Die äußere Umgebung der ZEC muss also durch geeignete Modelle mit abgebildet werden. Einen möglichen Ausgangspunkt liefern dabei existierende Aktivitäten zur Untersuchung der zukünftigen Energieversorgungsstruktur in Deutschland (z.B. Nitsch 2007).

Der mit dem Anspruch „Zero-Emission“ zusammenhängende Übergang zu einer emissionsfreien Energiewirtschaft darf natürlich nicht dazu verleiten, das Themengebiet der Energieeinsparung als zweitrangig zu betrachten. Die technische Realisierbarkeit einer CO₂-freien Energieversorgung auch ohne jegliche Energieeinsparung steht rein theoretisch außer Frage, entscheidend ist aber auch die ökonomische Seite. Plakatig gesprochen kann man wohl davon ausgehen, dass sich eine regenerative Energieversorgung nur bezahlen lässt, wenn gleichzeitig erhebliche Anstrengungen zur Verbrauchssenkung unternommen werden. Es gilt also, nach Möglichkeit das Optimum aus Energiesparmaßnahmen und Energieversorgungsmaßnahmen zu finden. Dabei ist aus Forschungssicht sowohl die Frage der Energieeinsparpotentiale als auch die des Zusammenspiels von Energieverbrauch und -versorgung (nicht zuletzt auch im Hinblick auf den zeitlichen Ausgleich von Angebot und Nachfrage) aus der Perspektive der Stadt mit ihren vielfältigen Formen des Energiebedarfs wahrscheinlich als besonders sinnvoll zu behandeln.

Bei einer näheren Betrachtung der vorhandenen Technologien kann festgestellt werden, dass im Einzelnen schon viele Kenntnisse vorliegen, die für die ZEC als Ganzes von Interesse sind und sich in dieser voraussichtlich wiederfinden werden. Dies gilt zum Beispiel für Konzepte zur Reduzierung des Heizwärmebedarfs von Gebäuden, die – wie etwa das Passivhaus – nicht nur erhebliche Energieeinsparungen bewirken, sondern auch ökonomisch tragbar sind. Auf der Versorgungsseite erlangt beispielsweise die Biomasse als relativ kostengünstiger regenerativer Energie-

träger zurzeit ein immer größeres Interesse. Hier ist anzumerken, dass im Hinblick auf eine wirklich nachhaltige Versorgungsstruktur die Rolle der Biomasse aufgrund ihrer langfristig stark begrenzten Potenziale noch weiterer Überlegungen bedarf. Eine reine Versorgung mit Biomasse (aus nachhaltiger Quelle) kann in konkreten Projekten sicherlich eine sinnvolle und zukunftsweisende Option darstellen. Es handelt sich aber nicht um eine verallgemeinerbare Lösung für das Energieproblem, zumal zu beachten ist, dass hier in der Regel auch die klassischen Luftschadstoffe entstehen.

Gerade auch aus Sicht der städtischen Infrastruktur ist die Frage des Energietransports und der Energieverteilung von besonderem Interesse. Während gegenwärtig mehrere Systeme nebeneinander bestehen (Strom, Öl, Gas, Fernwärme), stellt sich die Frage, wie dies in Zukunft aussehen wird. Häufig wird der (solar erzeugte) Wasserstoff als der Energieträger der Zukunft gesehen, der alle Funktionen übernehmen kann. Dies trifft aber, soweit es um Transport und Verteilung und nicht um Speicherung geht, auch auf den elektrischen Strom zu. Werden wir es also eher mit einer „solaren Wasserstoffwirtschaft“ oder mit einer „Solarstromwirtschaft“ zu tun haben? Und welche Rolle spielt dann die Nah- und Fernwärme? Externe Wärmeversorgung stellt sich einerseits im Zusammenhang mit bestimmten regenerativen Energiesystemen als besonders günstig dar (z.B. solare Nahwärme mit saisonalem Wärmespeicher), weist aber andererseits in Wohngebieten mit stark reduziertem Energieverbrauch auch erhebliche Nachteile auf (hohe anteilige Energieverluste und Verlegekosten).

Fragt man nach räumlichen und siedlungsstrukturellen Präferenzen aus dem Blickwinkel der Energieeffizienz im Gebäudesektor, so ist zunächst festzuhalten, dass große, mehrgeschossige Gebäude eine höhere Kompaktheit aufweisen. Damit verbrauchen sie weniger Heizenergie als kleinere Gebäude mit gleichem Wärmeschutz, bei denen die Wärme transportierende Hüllfläche pro Wohn- bzw. Nutzfläche höher liegt. Gleichzeitig ergibt sich bei größeren Gebäuden eine höhere Bebauungsdichte, so dass meist ebenfalls günstigere Voraussetzungen für eine Nah- und Fernwärmeversorgung vorliegen. Andererseits können bei sorgfältiger Planung und entsprechend hohem Wärmeschutz auch Einfamilienhäuser den Passivhausstandard erreichen und es gilt, dass bei kleineren Gebäuden die für Solaranlagen nutzbare Dachfläche pro Wohnfläche größer ist. Hinsichtlich der Ausrichtung von Baukörpern erweisen sich in der Regel eine Südorientierung der Hauptfassaden und eine im Hinblick auf reduzierte Beschattungen ausgerichtete Planung als vorteilhaft, wenn auch sicherlich nicht als allein entscheidend (Diefenbach, 1994). Ähnliche Überlegungen spielen für eine Maximierung der durch Solaranlagen nutzbaren Dachflächen eine Rolle.

In dem Handlungsfeld Mobilität ist die Stärkung des Umweltverbundes (Fuß- und Radverkehr, ÖPNV) der energieeffizienteste Lösungsweg. Nähe und Dichte sind die beiden

Parameter, welche sowohl für Wege zu Berufs- und Ausbildungsstätten als auch im Hinblick auf die Versorgung mit Gütern des täglichen Bedarfs zu Gunsten des Umweltverbundes wirken. Den Restenergiebedarf über die Nutzung regenerativer Energiequellen zu decken, bringt für die Raumplanung die Herausforderung mit sich, Quellen der Energieversorgung zu erschließen und zu sichern, die z. B. im Fall der direkten Wärmegewinnung aus Sonnenenergie bzw. aus dem Erdreich möglichst nahe an den Orten des Energiebedarfs liegen. Vorhandene räumliche Gegebenheiten (z. B. Relief, Standorte für Geothermienutzung), neu entstehende räumliche Strukturen (z. B. das Verhältnis von Frei- zu Gebäudeflächen bei Siedlungswachstum- und -schrumpfung, Ausrichtung von Baukörpern) und mögliche Flächenkonkurrenzen (z. B. zwischen Erholung und Nahrungsmittelproduktion auf der einen und Biomassengewinnung bzw. Windenergienutzung auf der anderen Seite) sind raumplanerisch zu bewältigen.

5 Kreislaufwirtschaft

Im vorliegenden Kapitel soll die Rolle von Industrie und Gewerbe im Rahmen einer am Klimaschutz orientierten visionären Stadtentwicklung skizziert werden. Der Bezug zur Stadt ist implizit durch die Annahme gegeben, dass Unternehmen im Wesentlichen in der Stadt produzieren und dort auch Emissionen abgeben oder durch Wege zum Arbeitsplatz, Gütertransport und Produktnutzung Emissionen induzieren. Industrielle und gewerbliche Unternehmen müssen ihren Standort auch innerhalb der Grenzen einer ZEC finden bzw. weiterhin dort angesiedelt bleiben.

Konstituierendes Prinzip für industrielle und gewerbliche Prozesse auf dem Weg zu „Null-Emissionen“ ist das Kreislaufprinzip. Im Modell der Kreislaufwirtschaft können Bedingungen für eine nachhaltige Entwicklung abgebildet werden. Die Kreislaufwirtschaft soll die traditionelle Durchflusswirtschaft ersetzen, bei der stark vereinfachend ausgedrückt Ressourcen und Energie als Input aus der Ökosphäre entnommen werden, um Produkte herzustellen. Im Anschluss an die Produktions- und Konsumtionsphase werden die Rückstände aus der Produktions- und Konsumtionsphase in einem Entsorgungssystem beseitigt (z. B. in einer Deponie). In jedem der betrachteten Systeme werden Emissionen in Form von Abluft, Abwasser, Abfällen und Abwärme freigesetzt.

Im Gegensatz dazu sollen im Modell der Kreislaufwirtschaft die aus der Produktions- und Konsumtionsphase resultierenden Rückstände so weit wie möglich wieder als Inputs in den Produktionsprozess eingebracht werden. Während die Unternehmen des traditionellen industrieökonomischen Systems ihr Selbstverständnis aus der Herstellung gebrauchts- oder verbrauchsgerechter Güter schöpften, gehört zum Denken und Handeln in Kreisläufen die Berücksichtigung der Phase der Rückführung der Produkte nach der Konsumphase zu möglichst wieder-

verwertbaren Komponenten oder Werkstoffen (Liesegang, 1993).

In den vergangenen Jahren haben sich in der Forschung unterschiedliche Ansätze einer regionalen bzw. lokalen Kreislaufwirtschaft etabliert (Liesegang et al., 2000). Dies ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass sich die Schritte zur Umsetzung einer nachhaltigen Entwicklung im regionalen Kontext am ehesten erproben und umsetzen lassen. Zu erwarten sind positive Effekte beim Umwelt- und Ressourcenschutz (Senkung der Transportkosten etc.) sowie eine Steigerung der regionalen Wertschöpfung und Beschäftigung. Als günstige Voraussetzungen sind dabei die Überschaubarkeit der Region, die kurzen Kommunikationswege der betroffenen Akteure, deren Einbindung in bereits bestehende Netzwerke sowie die Häufigkeit der persönlichen Kontakte innerhalb einer Region zu nennen (GSF, 1999). Idealtypisch zeichnet sich eine regionale Kreislaufwirtschaft durch die regionale Ausgestaltung seiner Subsysteme aus.

Aufgrund der Begrenztheit regionaler Rohstoffvorkommen und der notwendigen Austauschprozesse der Stadt und ihrer national und international agierenden Unternehmen kann eine 100 % lokale bzw. regionale Kreislaufwirtschaft nicht als Leitbild einer ZEC fungieren. Allerdings sollten innerhalb einer ZEC die bestehenden Potenziale an lokal und regional organisierten Kreislaufwirtschaftsprozessen möglichst weitgehend ausgeschöpft werden. Die allgemeine Zielhierarchie der Kreislaufwirtschaft (Vermeiden – Verwerten – Beseitigen) bzw. die Minimierung der Stoff- und Energieströme bei solarer Energieversorgung, gilt es dabei weiterhin zu beachten.

Die Komplexität der Stoffströme in der Stadt macht im Rahmen einer an den Klimawandel angepassten Stadtentwicklung eine Konzentration auf solche Stoffströme erforderlich, die für eine Stadt – unabhängig von spezifischen Besonderheiten – „wesentlich“ erscheinen und in denen die Prozessketten ganz oder in Teilbereichen regional organisiert werden können. Dafür bieten sich insbesondere die Bereiche „Bauen und Wohnen“, „Nahrungsmittel“ und „Wasser“ an.

Darüber hinaus ist es wichtig, Schnittstellen zwischen emissionsrelevanten betrieblichen Prozessen und der „Stadt“ zu erkennen und hierzu neue Konzepte zu erarbeiten bzw. bestehende Konzepte weiterzuentwickeln. Solche Schnittstellen sind vor allem in der Beziehung zwischen Produktion, Konsum, Reduktion und kommunalem Management zu sehen. Stadtspezifische Besonderheiten (Stoffströme, Akteure, Netzwerke, Kooperationen etc.) können hierbei berücksichtigt werden (IWU & ZIV, 2002).

Die Aufgaben der Kommune sind dabei insbesondere zu sehen in:

- Hilfen bei der Existenzgründung für umweltfreundliche Betriebe bzw. Bereitstellung von Fördermitteln für den Bau von „Null-Emissions-Fabriken“ bzw. Passivhaus-

Bürogebäuden auch im Hinblick auf das Zusammenführen von Wohnen und Arbeiten.

- Substitution behördlicher Überwachungspflichten im Umweltschutz z.B. durch die Existenz eines zertifizierten Umweltmanagementsystems (Aufbau einer „Null-Emissions-orientierten“ Verwaltungspraxis)
- Bereitstellung von umfassenden Informationen zum Thema „Null-Emissionen“ und Auf-/und Ausbau von Social-Marketing-Strategien mit der Zielgruppe Industrie und Gewerbe
- Bereitstellung von kommunalen Serviceangeboten (Aufbau von Umweltmanagementsystemen, Energieberatung etc.)
- Hilfe beim Aufbau und der Pflege von Kooperationen und Netzwerken (Stoffströme, regionale Produktvermarktung)
- Stellung einer Leitfigur bzw. eines Promotors (z. B. Oberbürgermeisterin)
- Umfassende Einbindung der Null-Emissions-Thematik in die Kommunalpolitik

6 Schlussfolgerungen

Das Gesamtziel lautet:

- Das Ziel einer „Zero-Emission-City“ ist dann erreicht, wenn die Emissionen, die eine Stadt an ihre Umgebung abgibt, die Aufnahmekapazität der lokalen, regionalen und globalen Umwelt nicht überschreitet. Diese Bedingung muss auch dann gelten, wenn die Emissionen sämtlicher Städte der Erde – dargestellt als fiktive „Zero-Emission-Cities“ – zusammengenommen werden.

Mit dieser Zielformulierung wird deutlich gemacht, dass keine Verlagerung von Emissionen in Vorketten, in andere Handlungsfelder oder in andere regionale und überregionale Räume, die nur eine Umverteilung zur Folge haben, erfolgen darf.

In den verschiedenen Abschnitten sind eine Reihe siedlungsstruktureller und technologischer Möglichkeiten aufgezeigt worden, bei denen die Strategien für eine ZEC ansetzen können und welche technologischen Wege genutzt werden können. Es darf aber nicht vergessen werden, dass Emissionen das Ergebnis von Aktivitäten und Bedürfnisbefriedigungen sind. Zero-Emission-Strategien müssen letztlich daran ansetzen und nicht erst am „Endprodukt“ der Emissionen. Das heißt, die Umsetzung der Ziele einer ZEC ist letztlich nur über ein Zusammenspiel zwischen Effizienz- und Suffizienzstrategien zu erreichen, die durchaus unterschiedlich gewichtet sein können (Bergman et al. 2002). Die Zielwerte für eine ZEC orientieren sich vornehmlich an Konsistenzzielen, wie in Kapitel 2 angesprochen.

Demzufolge können für einen fiktiven Masterplan zur Erreichung einer ZEC bis zum Jahre 2050 folgende Zielwerte, die aus den erwähnten Konsistenzzielen und an Hand der in den verschiedenen Kapiteln dargestellten realistischen Effizienzpotenzialen abgeleitet worden sind, zur Orientierung herangezogen werden:

- Reduktionen der Leitemissionen – Kyoto-Protokoll – in den Größenordnungen von minus 90 % bei CO₂ und minus 80 % bei den anderen Luftschadstoffen,
- Reduktion der Schadstoffe im Wasserpfad auf mindestens minus 80 %,
- Vollständige Reduktion bei festen (Siedlungs-)Abfällen, also minus 100 %,
- Verminderung der Belastung durch Verkehrslärm in dem Umfang, dass weniger als ein Prozent der Bevölkerung die Belastung durch Verkehrslärm als stark belästigend einstuft.

Es ist das Jahr 2050 als Zieljahr gewählt worden, da Stadtumbauprozesse nicht von heute auf morgen möglich

sind. Während in den USA davon ausgegangen wird, dass im Jahre 2030 mehr als die Hälfte der Gebäude nach dem Jahr 2000 gebaut sein werden (Nelson, 2004), werden für Deutschland weitaus längere Zyklen angenommen. Nach Sieverts 1998 ist die Stadt des Jahres 2030 schon zu 85 % gebaut. Nicht nur die Gebäude, sondern auch die infrastrukturelle Grundstruktur, die zum Beispiel durch das Straßennetz oder die Abwasserkanalisation geprägt wird, ist über Jahrzehnte und zum Teil über Jahrhunderte gewachsen. Baccini (2000) geht davon aus, dass 2 bis 3 Generationen benötigt werden, um einen nachhaltigen Stadtumbau verwirklichen zu können. Allerdings weist Newton (1997) darauf hin, dass die Wirkungen der kumulativen Effekte, die durch die vielfältigen kleineren Umbau- und Umstrukturierungsmaßnahmen zustande kommen, bisher wenig erfasst und analysiert worden sind und dass hier eine größere Dynamik verborgen ist, als bisher angenommen wird. Hier gilt es speziell anzusetzen, um bis zum Jahre 2050 die Vision einer Zero-Emission-City Wirklichkeit werden zu lassen.

Literatur

- Baccini, P. (2000): Der Metabolismus urbaner Systeme: Metaphern, Modelle und Methoden. Internationales Forum für Gestaltung, Strategischer Raum – Urbanität im 21. Jahrhundert.. anabas, Frankfurt/M, S. 20-26.
- Bergman, B.; Fuehrer, P.; Gullberg, A. & Höjer, M. (2002): Six attractive cities for the future. Swedish Research for Sustainability No 2/02, p. 10-12.
- Biello, D. (2009): Ökostädte der Zukunft. Spektrum der Wissenschaften 01/09, S. 82-87.
- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen. Die Bundesregierung, Berlin, 78 S.
- BMW – Bundesministerium für Wirtschaft (2006): Förderkonzept „Energieoptimiertes Bauen“.
- CARP – California Environmental Protection Agency, Air Resources Board (2007): Status Report on the California Air Resources Board's Zero Emission Vehicle Program.
- Diefenbach, N. (1994): Untersuchung des Einflusses städtischer Bebauungsweisen auf den Heizenergieverbrauch. Diplomarbeit am 3. Physikalisches Institut A der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, September 1994.
- Diefenbach, N. (2002): Bewertung der Wärmeerzeugung in KWK-Anlagen und Biomasse-Heizsystemen. Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt.
- ENOB (2007): ENOB-Workshop diskutiert Messlatte für ‚Nullenergiegebäude‘. Stand: 10. Oktober 2007: www.enob.info.
- Enquete (1990): Enquete-Kommission „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ des 11. Deutschen Bundestages: 3. Bericht „Schutz der Erde“. Economica Verlag, Bonn, 1990.
- Enquete (1995): Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des 12. Deutschen Bundestages: Schlussbericht „Mehr Zukunft für die Erde“. Economica Verlag, Bonn, 1995.
- Erler, B.; Gwehenberger, G. & Schnitzer, H. (2000): Zero Emission Research in Austria – ZERIA. Projektbericht der Universität Graz, Institut für Grundlagen der Verfahrenstechnik und Anlagentechnik, Bundesministerium für Wissenschaft und Verkehr (Hrsg.), Wien.
- EU-Kommission (Hrsg.) (2008): research*eu – Magazin des Europäischen Forschungsraums, Sonderausgabe Energie, Heft März 2008, Brüssel.
- Fürst, D. & Scholles, F. (Hrsg.) (2001): Handbuch Theorien + Methoden der Raum- und Umweltplanung. Dortmunder Vertrieb f. Bau- und Planungsliteratur, Dortmund.
- Genske, D. D.; Porsche, L. & Ruff, A. (2008): Das urbane solare Potenzial. Urbane Freiflächen für Erneuerbare Energien. Solarzeitalter 1/2008, S. 57-59.
- GSF – Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH (Hrsg.) (1999): Förderinitiative Modellprojekte für nachhaltiges Wirtschaften 2002. Innovative Ansätze zur Stärkung der regionalen Ökonomie, München.
- Guerra, M.W. (2007): Mitigation oder nur Adaptation? – Zur Debatte um die Fortführung des Stadumbaues Ost. vhw FW 6, Dezember 2007, S. 294-298.
- Handley, J. & Carter, J. (2006): Adaptation strategies for climate change in the urban environment (ASCCUE). Draft Final Report to the National Steering Group. Centre for Urban & Regional Ecology (CURE), University of Manchester.
- Hesse, M. (2000): Raumstrukturen, Siedlungsentwicklung und Verkehr – Interaktion und Integrationsmöglichkeiten. Diskussionspapier Nr.2, Hrsg.: IRS/Institut für Regionalentwicklung und Strukturplanung, Erkner. Stand: 2000. http://www.irs-net.de/download/berichte_5.pdf.
- IWU – Institut Wohnen und Umwelt & ZIV – Zentrum für integrierte Verkehrssysteme (2002): Null-Emissions-Stadt. Sondierungsstudie im Auftrag des Bundesministeriums für Forschung und Bildung. IWU, Darmstadt.
- Jenks, M. & Burgess, R. (eds.) (2000): Compact Cities: Sustainable Urban Forms for Developing Countries. Spon Press, London.
- Jenks, M. & Dempsey, N. (eds.) (2005): Future Forms and Design for Sustainable Cities. Architectural Press, Amsterdam et al.
- Leipzig-Charta zur nachhaltigen europäischen Stadt. Dokument der für Stadtentwicklung zuständigen EU-Ministerinnen und -Minister, Leipzig, 24. Mai 2007, Stand: 15.1.2009. www.eu2007.de/de/News/download_docs/Mai/0524-AN/075DokumentLeipzigCharta.pdf.
- Liesegang, D. G. (1993): Reduktionswirtschaft als Komplement zur Produktionswirtschaft – eine globale Notwendigkeit. In: Haller, M. et al. (Hrsg.), Globalisierung der Wirtschaft. Bern. S. 383-395.
- Liesegang, D. G.; Sterr, T. & Ott, T. (Hrsg.) (2000): Aufbau und Gestaltung regionaler Stoffstrommanagement-Netzwerke Reihe: Betriebswirtschaftlich-ökologische Arbeiten, Band 4, IUWA Heidelberg e.V., Heidelberg.
- Loga, T.; Diefenbach, N.; Enseling, A.; Hacke, U.; Born, R.; Knissel, J. & Hinz, E. (2007): Querschnittsbericht Energieeffizienz im Wohngebäudebestand – Techniken, Potenziale, Kosten und Wirtschaftlichkeit. Eine Studie im Auftrag des Verbandes der Südwestdeutschen Wohnungswirtschaft. Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt.
- Lütke Daldrup, E. (2003): Die perforierte Stadt – Neue Räume im Leipziger Osten. In: Informationen zur Raumentwicklung, Heft 1,2/2003, Hrsg.: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Bonn.
- Nelson, A. (2004): By 2030 the US will have re-built almost half its built environment. Research Paper. Stand: 2004. www.citymayors.com/development/built_environment_usa.html
- Newton, P. W. (ed.) (1997): Re-shaping Cities for a More Sustainable Future – Exploring the Link between Urban Form, Air Quality, Energy and Greenhouse Gas Emissions. Australian Housing and Urban Research Institute, Research Monograph 6, Queensland.
- Nitsch, J. (2007): Leitstudie 2007 „Ausbaustrategie Erneuerbare Energie“, Hrsg. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
- OcCC (Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung) und ProClim (Forum für Klima und Global Change) (2007): Klimaänderung und die Schweiz 2050. Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. OcCC/ProClim, Bern.
- Roaf, S. (2005): Adapting Buildings and Cities for Climate Change. Elsevier, Amsterdam et al.
- Sieverts, T. (1997): Zwischenstadt – Zwischen Ort und Welt, Raum und Zeit, Stadt und Land. Bauwelt Fundamente, Band 118, Wiesbaden.

Sieverts, T. (1998): Die Stadt in der zweiten Moderne, eine europäische Perspektive. Informationen zur Raumentwicklung, Heft 7/8, S. 455 – 473.

Sinz, M. & Blach, A. (1994): Pendeldistanzen als Kriterium siedlungsstruktureller Effizienz, In: Informationen zur Raumentwicklung, Heft 7,8/1994, Hrsg.: Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung (BfLR), Bonn.

Sturm, P. (2000): Integrierte Raum- und Verkehrsplanung am Beispiel der Region Frankfurt/RheinMain. In: Zukunftsfähige Mobilität in Stadt und Region, Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Köln.

Sukopp, H. & Wittig, R. (1998): Stadtökologie. Ein Fachbuch für Studium und Praxis. Gustav Fischer, Stuttgart et al.

UBA – Umweltbundesamt (2007): Neue Ergebnisse zu regionalen Klimaänderungen. Das statistische Regionalisierungsmodell WETTREG. Hintergrundpapier. Umweltbundesamt für Mensch und Umwelt, Dessau.

Van Veenhuizen, R. (ed.) (2006): Cities Farming for the Future – Urban Agriculture for Green and Productive Cities. RUAF Foundation, IDRC & IIRR, Silang Cavite.

Voss, K. (2008): Was ist eigentlich ein Nullenergiehaus? Tagungsband der 12. Internationalen Passivhaustagung am 11./12.4. 2008 in Nürnberg, S. 199 – 204.

Werner, P. (2007): Urban form and biodiversity. In: Langner, M. & Endlicher, W. (eds.): Shrinking Cities: Effects on Urban Ecology and Challenges for Urban Development. Peter Lang, Frankfurt a. M. et al., p. 57-68.

Werner, P. & Chmella-Emrich, E. (2008): Folgen des Klimawandels: Gebäude und Baupraxis in Deutschland. Beiträge zur nationalen Anpassungsstrategie. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, BBR-Online Publikation 10/2008, 47 S.

Williams, K.; Burton, E. & Jenks, M. (eds.) (2000): Achieving Sustainable Urban Form. Spon Press, London.

Dr.-Ing. Peter Sturm
ZIV – Zentrum für Integrierte Verkehrssysteme GmbH
Robert-Bosch-Straße 7, D-64293 Darmstadt
Telefon: +49 (0) 61 51 270 28 41
Fax: +49 (0) 61 51 270 28 741
Mail: sturm@ziv.de

Nikolaus Diefenbach
Institut Wohnen und Umwelt
Annastraße 15, D-64285 Darmstadt
Telefon: +49 (0) 61 51 290 432
Fax: +49 (0) 61 51 290 499
Mail: n.diefenbach@iwu.de

Andreas Enseling
Institut Wohnen und Umwelt
Annastraße 15, D-64285 Darmstadt
Telefon: +49 (0) 61 51 290 455
Fax: +49 (0) 61 51 290 497
Mail: a.enseling@iwu.de

Peter Werner
Institut Wohnen und Umwelt
Annastraße 15, D-64285 Darmstadt
Telefon: +49 (0) 61 51 290 439
Fax: +49 (0) 61 51 290 497
Mail: p.werner@iwu.de