



Stadt der Zukunft – Strategieelemente einer nachhaltigen Stadtentwicklung

K. Weinert/K. J. Beckmann/J. Encarnação/
O. Herzog/H. Höcker/A. Kuhn/M. Mühlhäuser/
O. Schober/D. Spath/K. Thoma

acatech MATERIALIEN

Autoren/Herausgeber:

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Klaus Weinert
Waldstraße 18
34225 Baunatal

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Klaus J. Beckmann
KJ.Beckmann:ProStadt
c/o UrbanPlan
Lützowstraße 102-104
10785 Berlin

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Dr. E.h. José Luis Encarnação
Technische Universität Darmstadt
Mornewegstraße 28-32
64293 Darmstadt

Prof. Dr. Otthein Herzog
Jacobs University Bremen und
Universität Bremen
Am Fallturm 1
28359 Bremen

Prof. Dr. rer. nat. Dr. h.c. Hartwig Höcker
Am Dorbach 23
52076 Aachen

Prof. Dr.-Ing. Axel Kuhn
Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik
Joseph-von-Fraunhofer Straße 2-4
44227 Dortmund

Prof. Dr. Max Mühlhäuser
Technische Universität Darmstadt
Hochschulstraße 10
64289 Darmstadt

Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. Otmar Schober
Von-Esmarch-Straße 125
48149 Münster

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Dieter Spath
Wittenstein AG
Walter-Wittenstein-Straße 1
97999 Igersheim

Prof. Dr. rer. nat. Klaus Thoma
Fraunhofer-Institut für Kurzezeitdynamik
Eckerstraße 4
79104 Freiburg

Projekt:

Stadt der Zukunft

Reihenherausgeber:

acatech – DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN, 2014

Geschäftsstelle
Residenz München
Hofgartenstraße 2
80539 München

Hauptstadtbüro
Unter den Linden 14
10117 Berlin

Brüssel-Büro
Rue d'Egmont/Egmontstraat 13
1000 Brüssel
Belgien

T +49(0)89/5 20 3090
F +49(0)89/5 20 3099

T +49(0)30/2 06 30 96 0
F +49(0)30/2 06 30 96 11

T +32(0)2/2 13 81 80
F +32(0)2/2 13 81 89

E-Mail: info@acatech.de
Internet: www.acatech.de

© acatech – DEUTSCHE AKADEMIE DER TECHNIKWISSENSCHAFTEN, 2014

Koordination: Dr.-Ing. Christoph Vornholt

Redaktion: Sandra Lehmann

Lektorat: Dr. Heiner Lohmann

LayoutKonzeption: acatech

Konvertierung und Satz: Fraunhofer-Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme IAIS, Sankt Augustin

Druck: Komplan Biechteler GmbH & Co. KG

> DIE REIHE acatech MATERIALIEN

In dieser Reihe erscheinen Diskussionspapiere, Vorträge und Vorstudien, die im Rahmen der acatech Projektarbeit entstanden sind. Die Bände dieser Reihe liegen in der inhaltlichen Verantwortung der jeweiligen Herausgeber und Autoren.

Autoren:

Wilhelm Bauer, Klaus J. Beckmann, Christina Berger, Arnd Bernsmann, R. Bildmayer, José Luis Encarnação, Tobias Hegmanns, Manfred Hennecke, Daniel Hiller, Hartwig Höcker, Fritz Klocke, Marthe Knudsen, Axel Kuhn, Tobias Leismann, Thomas Lenarz, Joachim Lentjes, Max Mühlhäuser, Gunther Reinhart, Christoph Richter, Joachim Rix, C. Rudolph, Peter Sachsenmeier, Benjamin Scharte, Laura Siedlarek, Ina Schieferdecker, Thomas Schmitz-Rode, Otmar Schober, Günther Seliger, Dieter Spath, Klaus Thoma, Alex Vastag, Klaus Weinert, Bernhard Wolf

INHALT

VORWORT	7
1 ZUKUNFTSFÄHIGE GESUNDHEITSINFRASTRUKTUREN	9
2 STADT- UND INFRASTRUKTURENTWICKLUNG	17
3 INTEGRIERENDE INFORMATIONS- UND KOMMUNIKATIONSTECHNOLOGIE (IKT)	27
4 WERK- UND WERTSTOFFSTROMMANAGEMENT	53
5 URBANE PRODUKTION	61
6 URBANE LOGISTIK	73
7 RESILIENTE INFRASTRUKTUREN	87

VORWORT

Die Bedeutung der Städte als zentrale Lebensräume unserer Gesellschaft ist heute größer denn je. Vor dem Hintergrund der zunehmenden globalen Urbanisierungsprozesse ist eine nachhaltige Entwicklung der Städte eine der bedeutendsten Herausforderungen in Deutschland und weltweit. In den letzten Jahren hat sich in Wirtschaft, Wissenschaft, Politik wie auch in der Gesellschaft ein Verständnis von Städten und urbanen Räumen als hochkomplexe soziale, ökonomische, ökologische und technische Systeme herausgebildet. Heutige Stadtstrukturen und die damit verbundenen Lebens- und Wirtschaftsweisen sind wesentliche Mitverursacher klimaverändernder Effekte und haben einen hohen absoluten Ressourcenverbrauch. Die zentrale Herausforderung für zukunftsfähige Städte und Ballungsräume liegt in einer integrierten Entwicklung. Dabei ist die Nachhaltigkeit ein wichtiges integrierendes Leitprinzip.

Die *Stadt der Zukunft* als Forschungsgegenstand in einem integrierten räumlichen, soziologischen, ökonomischen, ökologischen und vor allem technologischen und prozessualen Kontext ist eine der wichtigsten Herausforderungen unserer Gesellschaft. Deutschland als globaler Vorreiter in Themen der Nachhaltigkeit und des Klimaschutzes strebt dabei die Rolle des Leitmarkts und Leitanbieters an. Dies wurde auch seitens der Politik erkannt und die *Nationale Plattform Zukunftsstadt* als Teil der Nationalen Stadtentwicklungspolitik wurde 2012 ins Leben gerufen. Ziel der Plattform ist der Entwurf einer strategischen Forschungsagenda für den Umbau der Städte mit dem Ziel, sie CO₂-neutral, energieeffizient und klimaangepasst weiterzuentwickeln. Diesen Agenda-Prozess werden die Stakeholder (Ressorts, Kommunen, Wirtschaft, Forschung etc.) vorantreiben. Die Veröffentlichung der Forschungsagenda ist für März 2015 vorgesehen. Auch acatech engagiert sich in der Nationalen Plattform in entsprechenden Gremien und Arbeitsgruppen.

In den Themennetzwerken von acatech wurden in der Vergangenheit schon verschiedene Aktivitäten auf dem Gebiet

Stadt der Zukunft durchgeführt. So lässt sich eine Vielzahl von Publikationen nennen, unter anderem *Mobilität 2020 – Perspektiven für den Verkehr von morgen*, *Smart Cities – Deutsche Hochtechnologie für die Stadt der Zukunft*, *Internet der Dienste*, *Resilience-by-Design – Strategie für die technologischen Zukunftsthemen*, *Auf dem Weg in die Gesundheitsgesellschaft – Ansätze für innovative Gesundheitstechnologien*, *Akzeptanz von Technik und Infrastrukturen*, *Die Zukunft der Energieversorgung in Deutschland – Herausforderungen und Perspektiven für eine neue deutsche Energiepolitik*, *Future Energy Grid – Migrationspfade ins Internet der Energie*.

acatech hat die eigene Initiative *Stadt der Zukunft* schon Ende 2011 ins Leben gerufen und beschlossen, mit seinem breiten Spektrum an wissenschaftlicher Expertise und der großen Themenvielfalt einen Beitrag zur Politik- und Gesellschaftsberatung zu leisten und gezielt komplexe Systemlösungen zu initiieren. So ist es die Intention von acatech, in besonderem Maße für Politik, Verwaltung und Wirtschaft Veränderungsprozesse anzustoßen, strategische Leitbilder für zukunftsfähige Städte zu entwickeln, vorhandene und latente Potenziale zu aktivieren und für eine Verstetigung des Innovationsdialogs mit Politik, Wirtschaft und Wissenschaft zum Thema *Stadt der Zukunft* zu sorgen.

Das vorliegende Kompendium dokumentiert die interdisziplinäre Zusammenarbeit der verschiedenen Themennetzwerke von acatech im Themenkomplex *Stadt der Zukunft*. Ziel des Kompendiums ist es, einerseits eine größere Sichtbarkeit und stärkere Profilbildung der Arbeiten der acatech im Kontext *Stadt der Zukunft* für Politik und Öffentlichkeit zu erreichen, andererseits einen aktiven Beitrag für die Forschungsagenda der *Nationalen Plattform Zukunftsstadt* zu leisten.

Klaus Weinert
TU Dortmund

1 ZUKUNFTSFÄHIGE GESUNDHEITSINFRASTRUKTUREN

OTMAR SCHOBER, MÜNSTER, FÜR DAS THEMENNETZWERK GESUNDHEITSTECHNOLOGIE

BESONDERER DANK GILT THOMAS LENARZ, MEDIZINISCHE HOCHSCHULE HANNOVER; THOMAS SCHMITZ-RODE, RWTH AACHEN UND BERNHARD WOLF, TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

1.1 MOTIVATION

Die Gesundheit ist für den Einzelnen und die Gesellschaft von höchster Bedeutung. Wesentliche Aspekte werden auch zukünftig durch die Gesundheitstechnologien und die Gesundheitsinfrastrukturen bestimmt werden. Dazu gilt es, verantwortlich die Trends zu beobachten, zu analysieren und konstruktiv zu begleiten. Aufgabengebiete sind beispielsweise die Informationstechnologie und Big Data, die Gesundheitsdaten wie auch Chancen und Risiken. So müssen die Möglichkeiten der personalisierten oder individualisierten Medizin für eine verbesserte Diagnostik und Therapie, aber auch Prävention und Rehabilitation geprüft und ggf. umgesetzt werden. Zu den Perspektiven zählen auch verbesserte medizinische Implantate und molekulare Therapien. Gesundheitsinfrastrukturen sind Teil der Gesundheitswirtschaft. Sie dienen nicht nur dem Einzelnen, sondern der gesamten Gesellschaft. Eine semantische Betrachtung mag eine Richtung aufzeigen. Thema ist nicht die Krankheitsinfrastruktur.

1.1.1 Definition und gesellschaftliche Wirklichkeit.

Die Gesundheit des Menschen ist laut Weltgesundheitsorganisation „ein Zustand des vollständigen körperlichen, geistigen und sozialen Wohlergehens und nicht nur das Fehlen von Krankheit oder Gebrechen“. „Health is a state of complete physical, mental and social well-being and not merely the absence of disease or infirmity.“ Diese anspruchsvolle Definition kann nur als ein Ziel angenommen werden. Eine diesem Ziel dienende Infrastruktur umfasst alle langlebigen Einrichtungen materieller oder institutioneller Art, die das Funktionieren einer arbeitsteiligen Volkswirtschaft begünstigen. Es lässt sich unterscheiden zwischen der von privater Hand geschaffenen Infrastruktur und der vom Staat gestalteten Infrastruktur. Beide Definitionen werden in einer Gesundheitsinfrastruktur zusammengefasst, die in unserer Gesellschaft auch als Aufgabe und Verantwortung verstanden wird.

1.1.2 Interkulturelle Bedingungen.

Gesundheit und Krankheit werden sehr unterschiedlich aufgenommen und haben in westlich geprägten Ländern (High Income) im Vergleich zu Low Income- und Middle Income-Ländern eine unterschiedliche Bedeutung. In den westlich geprägten Ländern sind die Konsequenzen (Krankheiten) des in der Regel selbst zu verantwortenden Lebensstils führend, so Adipositas, Diabetes und kardiovaskuläre Erkrankungen, wobei

Tumorerkrankungen häufiger auf eine komplexe Genese zurückzuführen sind. Die nicht-übertragbaren Erkrankungen (Non Communicable Diseases) spielen inzwischen auf der ganzen Welt eine teilweise dominierende Rolle. Gleichwohl und gleichzeitig haben die sozialen Determinanten für die Gesundheit (Social Determinants of Diseases and Health) in allen Kultur- und Wirtschaftskreisen eine zentrale Bedeutung. Parallel dazu gilt es, gerade für die vorhersehbare demografische Entwicklung rechtzeitig die richtigen Antworten zu finden.

1.1.3 Wirtschaftliche Bedeutung.

Antworten werden gesucht und gefunden in der Gesundheitswirtschaft, einem der größten Teilbereiche der Volkswirtschaften. Gerade in Deutschland ist diese auch ein Jobmotor. So sind nicht nur Patienten, sondern verschiedene Akteure betroffen. Zentral bleibt die Frage: Wo ist der Mensch? Eingebettet werden können die komplexen Fragen in das auch zukünftig wachsende Umfeld, eine zunehmend urbanisierte Welt. Gleichzeitig gilt es, Innovationen an den Bedarfen zu entwickeln und sie vor disruptiven Entwicklungen zu bewahren. Relevant ist eine die Gesellschaft und den Einzelnen umfassende Infrastruktur, die anpassungsfähig, erweiterbar und übertragbar ist.

1.1.4 Erkenntnisse aus der Geschichte.

Aus der Geschichte, der Empirie und der Forschung ist bekannt, dass Technologien in unterschiedlicher Breite und Tiefe über Erfolge in der Medizin, in der Gesundheitswirtschaft und -versorgung entscheiden. Eine der Voraussetzungen für nachhaltige Impulse aus diesem Wissen heraus ist die immer aktualisierte Kenntnis von – auf Evidenz basierten – Daten, Maßnahmen und Forschungsergebnissen. Diese gilt es für die Stadt von morgen zu erstellen.

1.2 THESEN

1.2.1 Komplexität der Situation.

Bei der Näherung an die Frage oder den Auftrag, das Thema Gesundheitsinfrastrukturen der Stadt der Zukunft anzugehen, kommen bei der Komplexität Fragen auf, nach deren Formulierung einige strukturierende Thesen aufgestellt werden können.

Wie sieht die „zukunftsfähige“ Gesundheitsinfrastruktur aus? Diese wird maßgeblich von folgenden Entwicklungen bestimmt:

demografischer Wandel (mehr alte Menschen, längere Arbeitszeit, weniger Fachkräfte), geringe Beitragszahlungen an Versicherer, Beteiligung des Staates, Akzeptanz von Technologien in der Gesellschaft, relevante Technologien in der Gesundheitswirtschaft, personalisierte/individualisierte Medizin Welche Infrastruktur ist mit welcher politischen und sozialen Akzeptanz dafür notwendig? Ist die urbanisierte Welt ein auch auf die Situation der Fläche übertragbares Modell? Welche Randbedingungen bilden unterschiedliche Milieus und Kulturkreise, auch innerhalb einer Stadt der Zukunft?

1.2.2 Fragen vor Lösungen.

Vor Lösungsansätzen können diese teils indirekten Fragen in Thesen formuliert werden, deren Reihenfolge in sich schon eine Priorisierung bedeuten kann oder durch einen Zeitstrahl begründet sein kann. Die Bedeutung des demografischen Wandels und einer verlängerten Lebensarbeitszeit bedingt eine wachsende Abhängigkeit von den Gesundheitsinfrastrukturen. Gleichzeitig sollen Autonomie und Selbstbestimmung erhöht werden. Mit einer optimierten Gesundheitsinfrastruktur können geeignete und förderliche Strategien und Maßnahmen umgesetzt werden (Empowerment).

Neben allgemeinen Aussagen ergeben sich solche gerichteten, die spezifisch für die – gewünschte – Situation der zukünftigen Stadt sind und diese betreffen. Das beinhaltet allerdings bei den politischen und ethischen Annahmen und Forderungen unserer Gesellschaft nach einer Gleichbehandlung der Menschen, in der Stadt oder auf dem Land, immer ein *cavete*.

- Mit der Innovationskraft der Gesundheitstechnologien kann die Gesundheitsversorgung der Bevölkerung verbessert und können die Kosten gesenkt werden.
- Hürden vor der Anwendung neuer Gesundheitstechnologien auf dem Weg zum Patienten müssen reduziert oder beseitigt werden.
- Die Technologien tragen wegen ihres Markt- und Jobpotenzials entscheidend zum Wohlstand Deutschlands bei.
- Soziale Determinanten sind für somatische wie psychische Erkrankungen von großer Bedeutung.
- Die Schlüsseltechnologien für zukünftige Potenziale sind identifiziert.
- Die heutige wie die zukünftige Gesundheitsinfrastruktur benötigen die weitgehende Akzeptanz möglichst aller Akteure, vom Patienten und Wähler bis zum Versicherer und Produzenten der Technologie.

- Gerechte, rationale und effiziente Entscheidungen verlangen ein stetig aktualisiertes Wissen.

1.2.3. Notwendigkeit von Methoden.

Zur Prüfung der Thesen stehen verschiedene Methoden zur Verfügung, die immer wissenschaftlich fundiert und evident sein müssen (Knowledge). An dieser Stelle soll nur ein Ansatz beispielhaft aufgeführt werden. In einer strategischen Planung für Lösungsansätze kann man wie folgt vorgehen: 1. Sammlung von Einflussfaktoren, 2. Identifikation von Schlüsselfaktoren, 3. Beschreibung von Zukunftsprojektionen, 4. Erstellung konsistenter Zukunftsszenarien, 5. Analyse möglicher Auswirkungen, 6. Ableiten von Maßnahmen. Die methodische Begleitung erfolgt in der Regel mithilfe der Informatik und mit geeigneter Systemsoftware. Dabei ist die Anhörung verschiedener Stakeholder aus dem Bereich Gesundheitstechnologie aus inhaltlichen Gründen und denen der zukünftigen Akzeptanz notwendig.

1.2.4 Beitrag von acatech.

Die Analyse durch acatech zum Verbesserungspotential moderner Technologien für die Gesundheit gehört zu den genuinen Aufgaben, denen acatech auf verschiedenen Handlungsfeldern erfolgreich nachgekommen ist. Wird die Stadt der Zukunft als Aufgabe betrachtet und angenommen, so müssen vielfältige Wechselwirkungen berücksichtigt werden. In einem Lösungsansatz können viele der transdisziplinären *Player*, die in den Themennetzwerken von acatech abgebildet sind, eingebunden werden. Dieses wird im Leitbild von acatech zusammengefasst:

„Die Akademie setzt sich dafür ein, dass aus Ideen Innovationen und aus Innovationen Chancen auf Wohlstand erwachsen. Dahinter steht die Überzeugung, dass nachhaltiges Wirtschaften und ein verantwortungsvoller Umgang mit den natürlichen Ressourcen der Erde heute nur mit Hilfe innovativer Technologien möglich sind. Solche Technologien entstehen im Zusammenspiel von Forschung, innovativer Wirtschaft, geeigneten staatlichen Rahmenbedingungen und einer gegenüber Technik aufgeschlossenen Gesellschaft.“

1.3 WECHSELWIRKUNGEN

1.3.1 Das Koordinatensystem von Wechselwirkungen.

Eine interaktive und dynamische Darstellung einer nachhaltigen und zukunftsfähigen Gesundheitsinfrastruktur kommt nicht ohne partizipierende Sektoren aus, die in einem Innovationsnetzwerk

betrachtet werden müssen. Der Mensch bleibt im Zentrum des Geschehens, als Subjekt und Objekt. Einzelne Aspekte von Wechselwirkungen werden in diesem Kompendium angesprochen, andere in nationalen und internationalen Initiativen, in Projekten und Prozessen behandelt, die beispielhaft im Literaturverzeichnis zitiert sind.

Die Nationale Plattform Zukunftsstadt hat die Gesundheitswirtschaft, die Versorgungsforschung oder auch die Gesundheitstechnologie nur indirekt und damit randständig berücksichtigt. Das wird aus Sicht des Autors der Bedeutung von „Health“ für die Menschen, die im Zentrum der *Morgenstadt* stehen, nicht gerecht.

1.3.2 Beiträge der Themennetzwerke.

Die Zukunft der Gesundheitsinfrastruktur einer Stadt kann nicht dem Zufall und einem Chaosprinzip unterworfen oder überlassen werden, wie die Entwicklung mancher Metropole zeigt. Sie erfordert intelligente Stadtplanungsprozesse, die ein Zusammenwirken der verschiedensten Akteure berücksichtigen. Die dazu notwendige integrierende Modellierung der Daten nutzt Plattformen der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT). Wenig Berücksichtigung fanden bisher urbane logistische Strategien und die des standortabhängigen Verkehrs. Nicht zuletzt bedarf es bei den Infrastrukturen, aus Verantwortung für die zukünftigen Generationen, des Kriteriums der Resilienz, der Verlässlichkeit und Nachhaltigkeit. Ein auf die Gesundheit mit ihrer spezifischen Technologie bezogene Governance und Planung sind unerlässlich.

1.3.3 Der Mensch und seine Fürsorge.

Businessmodelle setzen auch für nachhaltige Technologien in der Versorgungs- und Gesundheitswirtschaft eine offene und transparente Denkweise zum Prinzip der Partizipation voraus. Dazu zählen auf verschiedenen Ebenen Deregulierungen, etwa in der sektoralen Medizin und für Technologien wie der Telemedizin. Immer wird der Mensch, auch als Patient, unmittelbar angesprochen in seiner Autonomie. Mobilität und Verkehr sind Voraussetzungen für den Erhalt der Selbstständigkeit in dieser Situation. Gerade dann sind Sicherheitskonzepte, schon zur Vermeidung von Gefahren bzw. der Umgang mit Notständen, von großer Bedeutung. Spezifisch erscheint noch die Entsorgung im Rahmen einer Abfallwirtschaft, die jedoch in diesem Kompendium nicht angesprochen wird.

Letztlich muss auch die Morgenstadt von ihren Bewohnern beeinflusst und gestaltet werden können.

1.4 LÖSUNGSANSÄTZE

1.4.1 Ziel.

Ein erstes Ziel ist die interaktive und dynamische Darstellung einer nachhaltigen und zukunftsfähigen Gesundheitsinfrastruktur unter Berücksichtigung aktueller und zukünftiger Entwicklungen bei paradigmatischen Erkrankungen, vorzugsweise in einer urbanisierten Welt. Dabei gilt es, die Hochtechnologien zu berücksichtigen, die über das Phänomen Gesundheit hinaus über die Gesundheitswirtschaft und Deutschlands Wohlstand entscheiden.

1.4.2 Paradigmatische Auswahl von Krankheitsbildern.

Die beispielhafte Betrachtung einzelner und häufiger Krankheitsbilder ermöglicht das Aufzeigen konkreter Handlungsbedarfe und führt die Diskussion an konkreten Beispielen. Die seltenen Erkrankungen stellen ein Paradigma für eine vorzuziehende Behandlung in der Stadt gegenüber dem Lande dar.

Der Schlaganfall steht für ein akutes Ereignis mit anschließender Rehabilitation. Typische Wohlstandskrankheiten sind der Diabetes und die Arteriosklerose, die auch in Low Income- und Middle Income-Ländern eine zunehmende Rolle spielen. Eine Folge der demografischen Entwicklung ist die Zunahme der Demenz. Der Brustkrebs ist ein besonders emotional besetztes onkologisches Krankheitsbild, zu dem neue Daten mit kritischer Analyse im Rahmen von Screening-Programmen vorliegen. Nicht zuletzt ist bei der demografischen Entwicklung die Mobilitäts-erhaltung eine Herausforderung. Das zeigt sich bei Eingriffen und Technologien, bei Implantaten in der Endoprothetik, bei Schrittmachern wie auch bei den Behandlungen wegen des Nachlassens von Sinnesfunktionen, so des Sehens und Hörens. Empowerment, Autonomie und Selbstbestimmung sind bei diesen gesundheitlichen Defiziten besonders betroffen, aber gleichzeitig häufig nicht-invasiv behebbar.

Das Spektrum der wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Erwartungen und Forderungen reicht von der Voraussetzung der evidenz-basierten Medizin bis zu einer personalisierten, individualisierten Medizin.

1.4.3 Handlungsfelder.

Klassische und generelle Qualitätskriterien sind als empirisch abgesicherte Daten die Lebenserwartung und Lebensqualität. In der komplexen Situation Gesundheit oder Krankheit kommt dieses auch zum Ausdruck in weiteren Handlungsfeldern und

Surrogatparametern wie der Mobilität der Gesellschaft und der örtlichen Versorgung. Ein anschauliches Maß ist die für eine Diagnose oder für eine Therapie benötigte Zeit. Ein Zeitmaß auf der Zeitachse ist die Event to Door Time bis zu der Door to Needle Time im Krankenhaus. Bedacht und eingebunden werden müssen in die Lösungsansätze auch die Finanzierung und Finanzierbarkeit unter Berücksichtigung des Solidargedankens. Darüber hinaus sollen die im Folgenden benannten Aspekte behandelt werden. Genutzt werden sollen Bilder, die verschiedene Disziplinen und die Rezeption ihrer Vertreter ansprechen können. Dabei sollen aktuelle und individuelle relevante Daten zu einer dynamischen Darstellung oder Visualisation führen, die interaktive individuelle und abfragbare Lösungen zulässt.

- Darstellung des Potenzials der Vernetzung von Medizintechnik und IKT (Informations- und Kommunikationstechnologie) und deren Risikoanalyse
- Bezahlbarkeit und Einsparpotenziale von Hochtechnologie
- Erhalt und Stärkung der führenden Position im Bereich der Gesundheitswirtschaft
- Aufbau einer integrierten Forschungslandschaft zwischen Industrie und Medizin
- Verteilung begrenzter Ressourcen und damit verbundene ethische Bedingungen
- Fragen der Priorisierung

Es müssen Methoden identifiziert und weiterentwickelt werden, welche die Komplexität, die das System Gesundheitsinfrastrukturen mit sich bringt, darstellbar und beherrschbar machen. Faktoren und Schlussfolgerungen müssen dabei quantitativ und semi-quantitativ dokumentiert (zum Beispiel Scoring-System) werden.

1.4.4 Hochtechnologien für Gesundheitsinfrastrukturen.

Lernende Softwaresysteme erkennen innerhalb der *Automatisierung der Wissensarbeit* Zusammenhänge, analysieren Probleme und ziehen daraus Schlussfolgerungen. Dieses ist von Bedeutung in der Abwicklung von Dienstleistungen und der Erstellung von Entscheidungsvorlagen, so in der medizinischen Diagnose und Therapie. „Big Data“ ist nicht nur eine Herausforderung in der Genomik, etwa beim Einsatz von High-Throughput Sequencing in Biologie und Medizin. Ein Beispiel ist die Anwendung in der personalisierten Medizin, so bei onkologischen Fragestellungen. Eine zunehmende Bedeutung wird auch der 3-D-Druck erfahren, etwa bei der individuellen Herstellung von Brillen, passgenauen Implantaten oder künstlichen Organen. Eine zusätzliche Expertise aus dem Bereich der Gesundheitsökonomie ist unerlässlich.

1.4.5 Lösungen durch Module.

Ein Weg des methodischen Vorgehens bei der Identifikation und Visualisation zukünftiger Gesundheitsinfrastrukturen in einer Stadt der Zukunft ist die Strukturierung in Form von Arbeitspaketen, die in einem Projekt angegangen werden können. Diese unterliegen einer zeitlichen Reihenfolge und entsprechen einer Handlungsempfehlung.

- Die Vorbereitung beginnt mit dem Konsens über den Zeithorizont (2020, 2030, 2040, 2050, eine Wahlperiode, eine Menschengeneration), zu dem Zukunftsprojektionen erstellt werden sollen.
- Die Vorbereitung umfasst eine *Sammlung von Einflussfaktoren*. Die parallele Abfrage von Einflussfaktoren bei Stakeholdern mit nachfolgender Wichtung ist obligat.
- Anschließend erfolgt die Aufbereitung und Analyse des Beziehungsgeflechts der gesammelten Einflussfaktoren, dazu semi-quantitative Maßstäbe (zum Beispiel Scoring System).
- Die Identifikation von Schlüsselfaktoren erfordert die Beteiligung repräsentativer Experten und Institutionen, die an der Gesundheitsinfrastruktur beteiligt sind.
- Nach Dokumentation und Aufbereitung erfolgt eine Beschreibung von Zukunftsprojektionen mit der Erstellung konsistenter Zukunftsszenarien.
- Einholung des Einvernehmens, Dokumentation, Publikation und Präsentation in der Öffentlichkeit erfolgen mit dem Ziel der Politik- und Gesellschaftsberatung in Analogie zu einem Positionspapier von acatech.

1.4.6 Visualisierung – Erstellung eines dynamischen Atlas als Beispiel.

Ein Weg des methodischen Vorgehens bei der Identifikation ist die Visualisation zukünftiger Strukturen. So kann mithilfe von Methoden der strategischen Planung ein System mit hoher Komplexität visualisiert und dadurch greifbar gemacht werden. Mithilfe eines dynamischen Atlas der Gesundheitsinfrastrukturen können so Einflussfaktoren bis hin zu möglichen Maßnahmen in Szenarien auch für Nichtexperten visualisiert und verständlich werden. Dabei werden vorhandene Informationen und Daten zu Gesundheitsinfrastrukturen genutzt. Beispiele sind Darstellungen der Sektoren *ambulant, stationär, Reha, Pflege*, die Darstellung der Verfügbarkeit wie auch das Angebot von Gesundheitstechnologie. Auch vorhandene Lücken und Engpässe können auf diese Weise aufgezeigt werden. Ein zentrales Ergebnis ist die Darstellung erarbeiteter Zukunftsszenarien beziehungsweise

deren Auswirkungen über identifizierte geeignete Parameter. Eine dynamische Darstellung, die diese Auswirkungen auch auf einer Zeitachse (eine Generation, beispielsweise bis 2050) aufzeigt, unterstützt die Ableitung von Handlungsempfehlungen.

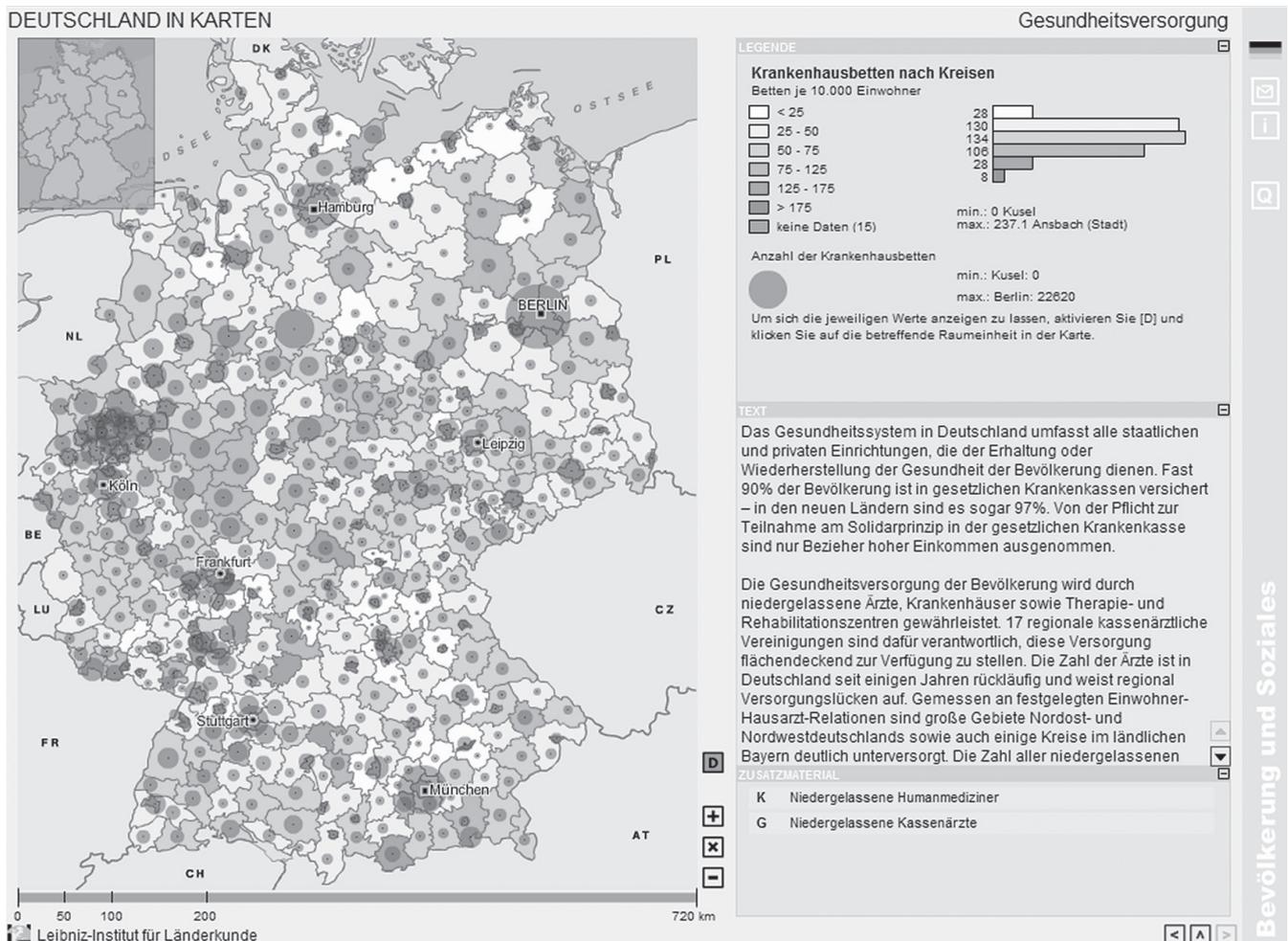
Die Realisierung kann als Web-Applikation erfolgen; eine breite Aufstellung garantiert, dass die Daten nachhaltig nutzbar zur Verfügung stehen. Ziel ist eine interaktive Karte der Gesundheitsinfrastrukturen in Deutschland mit Konzentration auf die Städte. Städte, die sich an dem Prozess der „Morgenstadt: City Insights“ beteiligen, werden primär angesprochen. Ebenso ist die Erweiterung auf Europa und das außereuropäische Ausland perspektivisch möglich und sinnvoll.

Ein monoparametrisches Beispiel ist der Arbeit des Leibniz-Instituts für Länderkunde entnommen (www.ifl-leipzig.de/ www.germany-in-maps.de).

Auch hier gilt es, verschiedene Aufgaben und Herausforderungen aufzuführen.

- Datenquellen müssen bezüglich Belastbarkeit und Konsistenz behandelt und geprüft werden. Bei den verschiedenen Stakeholdern kann nicht immer eine Unabhängigkeit nach wissenschaftlichen Kriterien angenommen werden (zum Beispiel Statistisches Bundesamt, BBK Raumordnungsbericht, Krankenhausverzeichnis des

Abbildung: Monoparametrisches Beispiel für die Visualisierung eines Atlas aus der Arbeit des Leibniz-Instituts für Länderkunde zur Gesundheitsversorgung (www.ifl-leipzig.de/ www.germany-in-maps.de).



Wissenschaftlichen Institutes der AOK, Deutsche Krankenhausgesellschaft, Bundesärztekammer, Kassenärztliche Bundesvereinigung, Bericht Gesundheit in Deutschland (Robert-Koch-Institut), Industrie – Medizintechnik, Pharmaindustrie (Marktzahlen etc.).

- Das Format vorhandener Daten und die Datenverfügbarkeit (Zugang möglicherweise eingeschränkt aufgrund von Partikularinteressen, zum Beispiel bei Unternehmen durch die Konkurrenzsituation) müssen nach Kriterien der Anonymisierung und Pseudonymisierung behandelt werden.
- Initial sollten nur ausgewählte Städte („Morgenstadt: City Insights“, Regionen oder Bundesländer dargestellt werden. Dazu gilt es, die räumliche Auflösung des Atlas festzulegen. Die sozialen Kenngrößen können innerhalb einer Stadt dramatisch variieren.
- Potenzielle Unterauftragnehmer gilt es zu identifizieren (zum Beispiel Fraunhofer-Institute oder Leibniz-Institute).

An dieser Stelle sei verdichtet: Einleitende Aufgabe ist die Identifikation geeigneter Parameter zur Visualisierung der Zukunftsszenarien. Ziel ist die Erstellung eines dynamischen Atlas auf Basis der Zukunftsszenarien mit der Möglichkeit, daraus folgende Entwicklungen auf einer Zeitachse bis 2050 (eine Generation?) durch individuelles Verstellen von Parametern zur Simulation/ Visualisierung zu nutzen.

1.4.7 Notwendige Schritte zur Zielerreichung – Handlungsempfehlungen.

Zusammenfassend sollen die zur Erreichung einer nachhaltigen Gesundheitsinfrastruktur notwendigen Schritte beschrieben werden, basierend auf der Bestandsaufnahme sowie den entwickelten Zukunftsszenarien und der Visualisierung der damit verbundenen Entwicklungen.

Die Akzeptanz und Nutzung technologischer Entwicklungen und die Ableitung von Handlungsempfehlungen durch das Themennetzwerk bedürfen einer offenen Diskussion (zum Beispiel Workshop, Sitzung), weiterhin der Verdichtung der Ergebnisse und Erstellung einer Dokumentation (Publikation). Neben der Bewertung durch in der ambulanten und stationären Versorgung arbeitende Ärztinnen und Ärzte gilt es, insbesondere die verantwortlichen Ministerien (BMW, BMG, BMBF), die Bundesärztekammer (BÄK) und die Wissenschaftsstrukturen (DFG, MPG, Leibniz, Helmholtz, Fraunhofer) in Abstimmung mit dem Präsidium von acatech beteiligen.

Unabdingbar ist die Einbindung von Patientenvertretungen und Vertretern von Selbsthilfegruppen.

Eine Herausforderung stellt die Konsensfindung angesichts der Vielzahl unterschiedlicher Stakeholder und Interessen dar. Das beginnt bei den Mitgliedern eines Themennetzwerkes und reicht über Hausärzte bis zu Ärztekammern, Bundesministerien oder der Industrie.

Nicht unberücksichtigt sein darf die Akzeptanz und Nutzung technologischer Entwicklungen in den Gesellschaften. Die Analyse der möglichen Auswirkungen der erstellten Zukunftsszenarien muss in enger Abstimmung mit praktisch tätigen Medizinerinnen und der Situation „auf dem Lande“ erfolgen.

Ziel der Überlegungen ist die Identifikation von zu treffenden Maßnahmen, um eine nachhaltige Gesundheitsinfrastruktur in Deutschland zu erhalten bzw. zu entwickeln. Dazu gehört die Herstellung der Öffentlichkeit (zum Beispiel Publikation; acatech Kompendium). Die Betrachtung im internationalen standardisierten Vergleich ist obligat.

1.4.8 Federführung.

Die Federführung eines Lösungsansatzes für die Einbringung der Gesundheitsstrukturen in die Stadt der Zukunft kann angesiedelt sein beim Themennetzwerk Gesundheitstechnologie; die Einbindung der Themennetzwerke Informations- und Kommunikationstechnologie sowie der Themennetzwerke Biotechnologie und Bioökonomie, Gesellschaft und Technik und insbesondere Mobilität, Logistik, Luft- und Raumfahrttechnik wird der interdisziplinären Stärke von acatech gerecht.

1.5 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die *gesunde* Gesundheitswirtschaft ist für den Wohlstand Deutschlands von zentraler Bedeutung. Sie garantiert und leistet Infrastrukturen, die dem einzelnen Patienten von der Prävention über Diagnose und Therapie bis zur Rehabilitation zugutekommen.

Bei einer zunehmenden Urbanisierung der Welt muss die Frage gestellt werden, wie sich Rahmenbedingungen und Prioritäten der Städte in diesem Zusammenhang zukünftig ändern werden.

Vor einer Zukunftsstrategie ist eine Bestandsaufnahme der Gesundheitsinfrastrukturen angezeigt. Diese können in besonderer Weise die verschiedenen Themennetze von acatech leisten. Eine herausragende Kompetenz besteht in der Beurteilung der Qualität, Wirksamkeit und Entwicklungsmöglichkeit von Gesundheitstechnologien. Die unabdingbaren Bedingungen Gerechtigkeit und Wirtschaftlichkeit werden im Dialog mit kompetenten Partnern eingebracht. Auch müssen weitere Stakeholder der Gesundheitswirtschaft vom Patienten über den behandelnden Arzt bis zu staatlichen Institutionen eingebunden werden. Ein Ziel besteht im Vorschlag von Handlungsempfehlungen. Die gesellschaftliche Akzeptanz gehört zu den Rahmenbedingungen bei der Planung und Schaffung von Gesundheitsinfrastrukturen.

Ein Zugang zu Daten und Lösungen wird skizziert. Eine Roadmap für die dynamische und aktuelle Visualisierung zu erstellender Schlüsselfaktoren bietet individuelle Interaktionen. Dieses kann in Form eines Atlas realisiert werden.

Das Kompendium nimmt erfolgreiche vergangene Initiativen auf (zum Beispiel Positionspapiere, acatech; Nationale Strategiekonferenz Medizintechnik, BMBF) und berücksichtigt und erweitert aktuelle Programme (Visionen zur Morgenstadt: Nationale Plattform Zukunftsstadt: Fraunhofer; BMBF, BMWi, BMU).

LITERATUR

acatech 2014

acatech (Hrsg.): *Innovationskraft der Gesundheitstechnologien. Neue Empfehlungen zur Förderung der Medizintechnik* (acatech POSITION), München: Herbert Utz Verlag 2014.

acatech 2014

acatech (Hrsg.): *Resilien-Tech. „Resilience-by-Design“: Strategie für die technologischen Zukunftsthemen* (acatech POSITION), München: Herbert Utz Verlag 2014.

BDI 2013

Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI): *„Ökonomischer FuBabdruck“ ausgewählter Unternehmen der industriellen Gesundheitswirtschaft für den deutschen Wirtschaftsstandort* (BDI-Drucksache Nr. 463), Berlin 2013.

Kjellstrom et al. 2007

Kjellstrom, T./Mercado, S./ Satherthwaite, D./McGranahan, G./Friel, S./Havemann, K.: *Our Cities, Our Health, Our Future: Acting on Social Determinants for Health Equity in Urban Settings. Report to the WHO Commission on Social Determinants of Health from the Knowledge Network on Urban Settings*, Kobe, Japan: WHO Centre for Health Development 2007.

Marmot et al. 2008

Marmot, M./Friel, S./Bell, R./Houweling, T./Taylor, S.: "Closing the Gap in a Generation: Health Equity through Action on the Social Determinants of Health". In: *The Lancet*, 372: 9650, 2008, S. 1661–1669.

Marmot et al. 2012

Marmot, M./Allen, J./Bell, R./Bloomer, E./Goldblatt, P.: "WHO European Review of Social Determinants of Health and the Health Divide". In: *The Lancet*, 380: 9846, 2012, S. 1011–1029.

Morozov 2014

Morozov, E.: *Wir brauchen mehr intelligente Dörfer*, 2014. URL: www.faz.net/aktuell/feuilleton/silicon-demokratie/evgeny-morozov-wir-brauchen-intelligente-doerfer-13030870.html [Stand: 02.09.2014].

Morozov 2014

Morozov, E.: *The Rise of Data and the Death of Politics*, 2014. URL: www.theguardian.com/technology/2014/jul/20/rise-of-data-death-of-politics-evgeny-morozov-algorithmic-regulation [Stand: 02.09.2014].

UNDP 2013

United Nations Development Programme (UNDP): *Addressing the Social Determinants of Noncommunicable Diseases* (Discussion Paper), New York, NY 2013.

WHO 2014

World Health Organization (WHO)/Calouste Gulbenkian Foundation: *Social Determinants of Mental Health*, Genf, Schweiz 2014.

WirtschaftsWoche 2014

WirtschaftsWoche (Hrsg.): „15 Innovationen haben das Zeug, die Wirtschaft radikal zu verändern. Interview: Der Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, Reimund Neugebauer, fordert ein europäisches Google“ (Serie Zukunft der Industrie). In: *WirtschaftsWoche*, Ausgabe 20/2014, S. 60.

2 STADT- UND INFRASTRUKTURENTWICKLUNG

KLAUS J. BECKMANN, KJ.BECKMANN:PROSTADT, BERLIN

2.1 MOTIVATION UND VERANLASSUNG

Städte stehen in den letzten Jahren vermehrt im Fokus der Aufmerksamkeit (Beckmann, 2008). Das weltweite Stadtwachstum ist ein Anlass – erstmals 2007 50 Prozent der Weltbevölkerung in Städten, in Europa zum gleichen Zeitpunkt schon 70 Prozent. In Städten werden 80 Prozent des globalen Sozialprodukts erwirtschaftet, 70 Prozent der Energie verbraucht, 75 Prozent des CO₂ emittiert und 75 Prozent der Abfälle erzeugt. Im Jahr 2050 werden weltweit – bei einer insgesamt auf neun Milliarden angestiegenen Weltbevölkerung – voraussichtlich 70 Prozent der Menschen in Städten leben. Städte sind Lebensräume der Menschen, dynamische und innovative Wirtschaftsräume, aber auch Räume des Handels und der Kultur sowie der Entstehung neuer Lebensweisen. Städte sind baulich-physische Entitäten, soziale Gefüge, kulturelle Hervorbringungen und Orte politischer Selbstbestimmung. Sie bedeuten gleichzeitig hohe Ressourcenverbräuche (Rohstoffe, Wasser, Energie) und hohe Umweltbelastungen. Sie sind Quellen hoher CO₂-Emissionen – auch wenn die spezifischen Emissionen pro Einwohner oder pro Produktionseinheit durch Kaskadennutzungen, durch partielle Kreislaufprozesse und so weiter zum Teil geringer sind als in anderen Siedlungsformen. Städte sind letztlich soziale, kulturelle und ökonomische Reaktoren. Die von Siebel (2004) identifizierten Konstituenten von Stadt sind heute und auch in Zukunft noch bestimmend. Städte sind in Europa Orte der Emanzipationsgeschichte der bürgerlichen Gesellschaft. Sie sind Orte der Differenz hinsichtlich Größe, Klima, Geschichte, Lage, Gestalt, Funktionen, demografischer und sozialer Zusammensetzung. Sie sind mit kompakten und gemischten Strukturen, mit Öffentlichkeit von Informationen und Kontakten Orte urbaner Lebensweisen. Städte sind Produkte bewusster Planungen sowie selbstverwaltete Gemeinwesen mit Daseinsvorsorge, sozialen, kulturellen und technischen Infrastrukturen.

Dennoch gibt es seit Jahren Kritik an zu hohen Ressourcenverbräuchen, an fehlender Dichte und funktionaler Entmischung – als Folge einer grundsätzlich und maßstäblich fehlinterpretierten „Charta von Athen“ (CIAM, 1933). Die Chancen liegen allerdings in der mit der Leipzig-Charta (BMVBS, 2007) verstärkten Aufmerksamkeitslenkung auf eine integrierte Stadtentwicklung und eine Fokussierung auf Quartiere mit besonderem Entwicklungsbedarf. Die Leipzig-Charta hat mit dem Memorandum „Städtische Energien – urban energies“ (BMVBS, 2012) eine

Weiterentwicklung gefunden, mit einer verstärkten Fokussierung auf Handlungsfelder wie

1. behutsamer ökologischer Umbau von Gebäuden und Quartieren,
2. technologische Erneuerung stadttechnischer Infrastrukturen,
3. Entwicklung einer neuen Mobilität und
4. gesellschaftliche/soziale Integration.

So werden beispielsweise vom BMVBS (2012) als Schlüsselaufgaben formuliert:

Eine Voraussetzung guten Bauens, angemessener stadttechnischer Infrastrukturen und neuer Mobilitätsformen sind neue Bau- und Betriebsprinzipien („smart infrastructures“). Wasserversorgung und Entwässerung, Energie- und Wärmeversorgung, Verkehr und Mobilität sollten schrittweise zu dezentral organisierten und verantworteten, aber gleichzeitig vernetzten Systemen umgestaltet werden (... d.V.) ... Dezentrale Organisation der Versorgungsinfrastruktur und regionale Verantwortung gehören dabei zusammen.¹

Bürgerinnen und Bürger engagieren sich immer stärker für ihre Städte und helfen somit, die notwendigen Maßnahmen auf eine breite gesellschaftliche Basis zu stellen. Dazu sind geeignete Formen der Mitsprache, der Mitentscheidung, der Beteiligung und der Mitgestaltung weiter zu entwickeln. Dies sollte von gesellschaftlicher Verantwortung und von Verhaltensänderungen begleitet werden.²

Europa- und weltweit richten sich neidvolle Blicke auf die Stadtentwicklung in Deutschland, eine von Bund, Ländern und Gemeinden gemeinsam getragene *Nationale Stadtentwicklungspolitik* sowie auf strategische Überlegungen zu Forschungsbedarfen im Rahmen der Nationalen Plattform Zukunftsstadt. Durch Stadtsanierung, Städtebauförderungsprogramme wie *Soziale Stadt*, *Stadtumbau Ost*, *Stadtumbau West*, *Städtebaulicher Denkmalschutz*, *Aktive Zentren* zeigen die Städte in Deutschland – auch im Osten Deutschlands nach den dramatischen Umbrüchen in der Folge der Wiedervereinigung – relative soziale Stabilität, weitgehende ökonomische Prosperität, tendenziell verbesserte Umweltqualitäten und Ressourceneffizienz. Sie sind anpassungsfähig, funktionsfähig und weitgehend sozial, ökonomisch, baulich und infrastrukturell widerstandsfähig und durch

¹ BMVBS 2012, Aussage 19.

² BMVBS 2012, Aussage 27.

die bewährten und weiterentwickelten Steuerungssysteme lernfähig, also insgesamt vergleichsweise resilient. Sie erfüllen vor allem auch Anforderungen der Integration, sodass zwar die lokale Gesellschaft in Teilhabe und wirtschaftlichen Möglichkeiten zunehmend auseinanderdriftet – aber eben nicht mit der Folge brennender Autos in den Banlieus der Großstädte in Frankreich, der Gewalttaten in englischen oder auch einzelnen niederländischen Städten.

Trotz der Renaissance der Städte als Wohn-, Arbeits-, Produktions-, Handels- und Kulturstandorte, trotz der Neupositionierung der Stadtpolitik beispielsweise hinsichtlich der Art und Intensität von Beteiligungsprozessen der Zivilgesellschaft (Wirtschaft, Bürgerschaft) oder auch der Trägerschaft von Leistungen (Rekommunalisierung öffentlicher Leistungen) gibt es erkennbare Handlungsbedarfe, aber auch viele umtriebige Anbieter, die unter der wenig beziehungsweise nicht präzisierten Überschrift *Smart City* technologische Sektorallösungen zu verkaufen suchen. Hier bedarf es gleichermaßen einer kritischen Reflektion der Stärken und Schwächen, der Potenziale und Risiken der Städte wie auch des Bedarfs einer Unterstützung der Stadtverwaltungen und der Stadtpolitik auf dem Weg zu einem ziel- und zukunftsorientierten, verständigen Umgang mit den durchaus vielfältigen und hilfreichen Handlungsoptionen. Dazu brauchen Stadtpolitik und Stadtverwaltung sowie Zivilgesellschaft Vorstellungen beziehungsweise Visionen zur Entwicklung ihrer jeweiligen Stadt sowie gute Arbeitsprozesse zur Erarbeitung von Zielen und zur Erarbeitung sowie Auswahl von Handlungsmöglichkeiten.

2.2 AUSGANGSLAGE UND TRENDS

Die Stadt- und Infrastrukturentwicklung in holistischer Sicht unterliegt globalen, nationalen, aber auch lokal ausgeprägten Mega-Trends, die die Zukunft der Städte allgemein und der jeweiligen Stadt ganz spezifisch bestimmen.

Es sind dies Mega-Trends wie

- Energiewende mit Steigerung der Effizienz in allen Verwendungsbereichen, Reduktion des Verbrauchs und Einsatz regenerativ erzeugter Energieformen
- Klimaschutz und Klimafolgenbewältigung durch drastische Reduktion der CO₂-Emissionen, zum Beispiel auf eine Tonne pro Einwohner und Jahr, 2000-Watt-Gesellschaft, sowie durch strategische und operative

Ausrichtung auf eine Robustheit gegenüber Starkregen, Starkwinden oder Hitzeperioden in Städten

- demografischer Wandel mit Bevölkerungsabnahme und Stagnation in vielen Teilräumen, aber auch starkem weiterem Bevölkerungswachstum in prosperierenden Städten und Regionen – unterschiedlich zwischen Nationalstaaten, Bundesländern, Regionen, Einzelstädten oder sogar Stadtteilen
- demografischer Wandel mit natürlicher Alterung infolge steigenden Lebensalters und sinkender Geburtenraten und/oder mit struktureller Alterung durch Abwanderung jüngerer Bevölkerungsgruppen
- Wandel von Lebensweisen und Lebensvorstellungen mit Individualisierung, Verkleinerung von Haushalten mit Alleinerziehenden, mit Lebensabschnitts-Partnerschaften, Multilokalität und so weiter
- soziale Spaltung unter Abnahme des Mittelstandes und damit verbundene räumliche Segregation und Polarisierung
- Verhaltenswandel im Konsum, zum Beispiel Verzichtsgesellschaft, Sharing-Konzepte, Bevorzugung regionaler Produkte, oder in der Mobilität mit sinkender Motorisierung, steigender Inter- und Multimodalität, mit der Akzeptanz von Sharing-Angeboten.

Die daraus resultierenden Aufgaben treffen auf eine zunehmend marode Infrastruktur – mit einem Nachholbedarf gemäß einer KfW-Studie (2013; durchgeführt vom Deutschen Institut für Urbanistik Difu) in Höhe von 128 Milliarden Euro, einer hohen Verschuldung öffentlicher Haushalte und den sich abzeichnenden Wirkungen der politisch vereinbarten Schuldenbremse. Gleichzeitig weisen Städte Potenziale der Wissensgesellschaft auf (Forschung, Entwicklung, Führungsvorteile, Kommunikation etc.), für urbane Produktion geeignete Standortgefüge und Flächenpotenziale, hochwertige infrastrukturelle Erschließungen (Verkehr, Energie, Wasser und Abwasser, Informations-, Kommunikationsnetze und -dienste) und vor allem soziale und gesellschaftliche Energien, das heißt Kompetenzen und Innovationspotenziale, zivilgesellschaftlicher Einsatz der Menschen und bewährte Steuerungspotenziale von Politik und Verwaltung.

Die steigende Stadtaffinität vieler Bevölkerungsgruppen basiert auf selbständigen und selbstbestimmten Lebensmöglichkeiten, auf der Erreichbarkeit von vielfältigen Einrichtungen, Angeboten und Kontaktpartnern, von Arbeits- und Ausbildungsmöglichkeiten sowie von Konsum- und Kulturangeboten, auf relativ guten Wohnumfeldqualitäten sowie relativ hoher sozialer Sicherheit und Stabilität.

2.3 THESEN ZUR ZUKUNFT DER STADT

- Das *Wachstum der Städte* in prosperierenden Regionen und in Megapolen Asiens, Afrikas und Süd- sowie Mittelamerikas bleibt *ungebremst*. Gleichzeitig gibt es stark schrumpfende Städte mit erheblichen ökonomischen Strukturschwächen, Leerständen und Rückbauefordernissen.

In den wachsenden Städten kommt es zunehmend zu Flächenengpässen für alle Funktionen (Wohnen, Arbeiten und Produktion, Handel, Bildung, Kultur, soziale und technische Infrastrukturen etc.) und zu funktionsbeeinträchtigenden Engpässen in den technischen Infrastrukturen (Verkehr, Energie, Wasserver- und -entsorgung).

Zur Problembegrenzung bedarf es eines intensiven und intelligenten Flächenmanagements. Da ein Ausbau der Verkehrsinfrastrukturen im Straßen- und Schienenverkehr kaum mehr ohne massive Eingriffe in vorhandene Bausubstanzen und Freiflächen möglich ist, wird ein Umbau der Verkehrssysteme auf den Mobilitäts- und Umweltverbund mit intelligenter technischer und ordnungsbehördlicher Steuerung verfolgt.

- Mit dem Wachstum ist ein zunehmendes *Auseinanderfallen von Stadtteilen* durch soziale und ökonomische *Segregation* und *Polarisierung* zu erwarten. Die relative soziale Stabilität ist nur möglich durch einen stabilisierten beziehungsweise erweiterten Einsatz von finanziellen Transfermitteln (Städtebauförderung, Bildung und Bildungsinfrastrukturen, Ertüchtigung der Gebäude und Quartiere wie auch der Menschen in ihren Handlungsmöglichkeiten etc.) und durch zivilgesellschaftlichen Einsatz (Freiwilligendienste etc.). Dabei müssen sozial schwache Bevölkerungsgruppen – zum Teil auch mit Migrationshintergrund – und vor allem von Altersarmut betroffene Bevölkerungsgruppen besondere Berücksichtigung finden bei Transfers, Ertüchtigung und Aktivierung.

Diese öffentlichen Mittel von Bund, Ländern und Gemeinden stehen damit für andere Verwendungszwecke nicht (mehr) zur Verfügung, beispielsweise für die Erneuerung und den Ausbau von Verkehrsinfrastrukturen oder die Übernahme neuer, zum Teil fragwürdiger Aufgaben der Daseinsvorsorge, zum Beispiel Aufbau eines Systems

von Ladestationen für private Elektro-Pkw. Hier wird die Anlastung von Kosten an die Nutzer und Nutznießer zunehmen, woraus Lenkungswirkungen, zum Beispiel Verkehrsvermeidung und modale Verkehrsverlagerung auf kostengünstige Verkehrsmittel resultieren.

- Die *Bedeutung der Quartiere* (Nahraum) für die *Lebensqualität* in Städten steigt. Im Nahraum müssen Versorgung (Lebensmittel etc.), Bildung und Ausbildung, Gesundheitsdienste, aber auch angepasste Mobilitätsmöglichkeiten sichergestellt werden. Dies erfordert eine Ergänzung und Unterstützung vorhandener Infrastrukturen und Dienste durch internetgestützte Dienste, zum Beispiel Gesundheitsüberwachung, Zugang zu Lernmöglichkeiten, Zugang zu Kommunikation, Bestellung von Waren und Leistungen, aber vor allem auch durch zivilgesellschaftliche Leistungen (Prinzip der Gegenseitigkeit) bei Kontakten, Kommunikation, Betreuung oder Services.
- Quartiere werden die *Keimzellen zivilgesellschaftlicher Beteiligung und Mitwirkung*. Verantwortung und Organisationsformen werden zunehmend dezentralisiert. Dies muss beim Umbau von sozialen und technischen Infrastruktursystemen und deren Steuerung verstärkt Berücksichtigung finden.
- Eine *Ausweitung und Vertiefung der Beteiligung* ist eine zentrale Voraussetzung für eine nachhaltige, energieeffiziente und resiliente Stadtentwicklung. Dazu werden alle Bevölkerungsgruppen wie auch Wirtschaft und örtliche Politik frühzeitig in informelle Beteiligungsverfahren einbezogen, um formelle Beteiligungsverfahren kalkulierbar sowie verlässlich zu gestalten und effizienter zu machen.

Die zivilgesellschaftlichen Gruppen (Bevölkerung, Wirtschaft, Interessengruppen, Leistungsträger etc.) werden *frühzeitig und ergebnisoffen* in die *Prozesse einbezogen*. Dies betrifft auch private Bau- und Betriebsprojekte, wenn sie über den jeweils bestehenden Zulassungsrahmen hinausgehen. Die Beteiligung erfolgt bei der Klärung von Problemen, bei der Formulierung von Zielen, bei der Priorisierung von Zielen, bei der Erarbeitung von Handlungsansätzen und Handlungsstrategien und letztlich bei der Entscheidung über Handlungsmöglichkeiten (Auswahl, Ausgestaltung etc.).

In Verfahren der Information und Beteiligung finden vermehrt IKT-gestützte Formen und *Social Media* Einsatz, die Beteiligungsmöglichkeiten erweitern, aber gleichzeitig auf selektive Ausschlüsse von Bevölkerungsgruppen kontrolliert werden müssen.

- Unter Beteiligung der Zivilgesellschaft werden Politik und Verwaltung die *Aufgaben der Daseinvorsorge* und deren *Trägerschaft* (Soziales, Schule, Bildung, Wasserversorgung, Entwässerung, Energie, Öffentlicher Verkehr etc.) neu abgrenzen. Nach einer Phase der Privatisierung mit zum Teil unerwünschten Nebenwirkungen erfolgt in Zukunft eine stärkere (Re-)Kommunalisierung in ergebnisoffenen Prozessen. Öffentliche Trägerschaft, Kooperation und Wettbewerb (Kooptation) finden neue Ausgestaltungen.
- Die steigende Stadt- und Umfeldverträglichkeit von Produktionsprozessen (*Industrie 4.0*) ermöglicht trotz steigender objektiver Anforderungen (Lufreinhalteplanung, Lärminderungsplanung) wie auch wachsender subjektiver Anforderungen an Umweltqualitäten sowie an Stadtqualitäten eine verstärkte *Funktionsmischung in Städten* (Wohnen, Arbeiten, Ausbildung, Handel, Freizeit, Verkehr etc.). Dies ermöglicht zunehmend eine nicht-motorisierte Mobilität im Nahraum. Dazu müssen entsprechende Angebote und Betriebsbedingungen bereitgestellt werden. Lebenszusammenhänge werden verstärkt im Nahraum realisiert – bei gleichzeitiger Nutzung der Aktivitäten-Optionen in der Gesamtstadt und der Stadtregion sowie verstärkten multilokalen Lebensformen durch großräumige Trennung von Wohn- und Arbeitsstandorten einzelner Personen in Haushalten und Lebensgemeinschaften. Dies beeinflusst lokale Lebensformen neu.

Eine Funktionsmischung muss hinsichtlich der Verträglichkeit vor allem auch die Auswirkungen des Zu- und Abgangsverkehrs der Beschäftigten und des Güter- und Wirtschaftsverkehrs beachten, um Stadtqualitäten zu erhalten und zu verbessern. Auch Produktion und Anlieferung und Auslieferung *rund um die Uhr* (24 Stunden) müssen auf Verträglichkeit geprüft werden und können daher trotz betriebswirtschaftlicher Vorteile rigide Begrenzungen erfahren.

- Der *Umbau von Energieerzeugungs- und Energieverteilungssystemen, von Entwässerungssystemen und*

Verkehrssystemen unter den Zielen der Energiewende und der Klimafolgenbewältigung muss im Stadtumbau, bei der Nutzung von Brachflächen wie auch bei noch selten erfolgenden Stadterweiterungen berücksichtigt werden. So muss die Anlage von Retentionsflächen für Starkregenereignisse ebenso überprüft und möglichst eröffnet werden wie die Nutzung von Flächen zur Aufstellung von Windrädern. Dies erfordert eine Abwägung mit Zielen der Stadtentwicklung, wie Innenentwicklung, bauliche Nachverdichtung und Flächen-spar-samkeit, Baukultur und Stadtbildqualität sowie Lärmschutz, die unter Umständen konfliktieren.

- Die *Optionen planungsrechtlicher Vorgaben zur dezentralen regenerativen Energieerzeugung* und zur Anlage von dezentralen Energiespeichern werden in Zukunft erweitert und genutzt werden. Dazu gehören Vorgaben zur baulichen Nutzung in Gefährdungsbereichen wie Überschwemmungsgebieten oder potenziellen Retentionsflächen (Parks, Grünanlagen, Straßen- und Platzräumen).

Auch bauordnungsrechtliche und fachrechtliche Handlungsspielräume sowie Verpflichtungen werden erweitert, um dezentrale Systeme der Ver- und Entsorgung wie auch des Verkehrs in Baugebieten zu ermöglichen oder sogar vorzugeben. So sind auch Möglichkeiten der oberflächennahen Geothermie wie der Tiefengeothermie in städtebaulichen Konzepten zu beachten und gegebenenfalls zu erschließen.

- *Städtische und stadregionale Verkehrssysteme erfahren eine grundlegende Umgestaltung* (vgl. Beckmann/Klein-Hitpaß, 2013) zur
 - Verbesserung der Möglichkeiten der Nahmobilität (Fuß- und Radverkehr),
 - Stärkung der Inter- und Multimodalität durch Bereitstellung aller Verkehrsmittloptionen insbesondere des Mobilitäts- und Umweltverbundes aus öffentlichem Personennahverkehr, Fuß- und Radverkehr sowie Sharing-Systemen (Pkw, Pedelec, Fahrrad etc.),
 - Stärkung der Sharing-Angebote mit der Folge eines reduzierten individuellen Verkehrsmittelbesitzes ohne Beschränkung der modalen Wahlmöglichkeiten,
 - Förderung einer stadtverträglichen Logistik unter Einbindung aller relevanten Partner wie Ver-lader,

Logistikunternehmen, Transporteure, Sendungsempfänger mit Federführung der kommunalen Akteure aus Stadt- und Verkehrsplanung zur Sicherung funktionsfähiger, aber in hohem Maße auch ressourceneffizienter und umweltverträglicher Transportprozesse sowie Standorte für Lagerungs- und Verladevorgänge (Güterverkehrszentren, Güterverteilzentren).

Die Umgestaltung städtischer Verkehrssysteme wird in Zukunft weniger den Ausbau von Netzen und Anlagen – mit Ausnahme von intermodalen Verknüpfungspunkten – umfassen, sondern vor allem die Erhaltung und Erneuerung sowie funktionale Verbesserung vorhandener Anlagen wie auch eine Ausgestaltung der verkehrsbehördlichen Anordnungen aus Gründen der Verkehrssicherheit und des Umweltschutzes (Fahrzeugzulassung in Teilräumen (erweiterte Umweltzonen), Geschwindigkeitsbeschränkungen, Gleichberechtigung der Nutzung von Verkehrsräumen – zum Beispiel *Shared Space* und so weiter). Eine zunehmende Rolle werden Gebührengestaltungen bei der Nutzung von Verkehrsangeboten (Fahrpreise, Maut, City-Maut, Straßenausbaubeiträge etc.) erfahren, die der räumlichen und modalen Steuerung – gleichzeitig aber auch der Verkehrsinfrastrukturfinanzierung – dienen und neben Steuermitteln gerade in Städten und Gemeinden für die Erhaltung und Erneuerung und den Umbau des Verkehrssystems sorgen.

Die Prinzipien der verträglichen Verkehrsabwicklung durch den Einsatz emissionsarmer beziehungsweise -freier Fahrzeuge (Elektroantrieb, Wasserstoffantrieb, Brennstoffzellenantrieb) und durch emissionsreduziertes Fahrverhalten, durch Verlagerung auf ressourcenarme und -effiziente Verkehrsmittel und durch Vermeidung von Fahrvorgängen im Personenverkehr wie auch von Transportvorgängen im Güterverkehr werden in den Städten im Sinne eines Zusammenspiels von Effizienzsteigerung, Verbesserung von Konsistenz und Förderung von Suffizienz mit mehr Konsequenz verfolgt.

- Gerade auch in den Verantwortungs- und Gestaltungsbereichen von Städten werden in aller Konsequenz *Strategien gefordert, gefördert und umgesetzt* zur Steigerung der Energieeffizienz, zur Reduktion des Energieverbrauchs, zur Förderung des Klimaschutzes und zur Bewältigung von Klimafolgen und zur *Sicherung der Resilienz städtischer Sozial- und Wirtschaftssysteme* wie auch der

städtebaulichen und infrastrukturellen Artefakte. Dabei werden – wie schon bisher, aber nun in verstärktem Maße – Funktionsfähigkeit, Widerstandsfähigkeit, Anpassungsfähigkeit und Lernfähigkeit der Stadtstrukturen wie auch der einzelnen Infrastruktursysteme beachtet und prospektiv gesichert. Die bisher meist fehlende Betrachtung von *Wechselwirkungen zwischen Infrastruktureilsystemen*, zum Beispiel Hochwasser, Verfügbarkeit von Stromversorgung und Verkehrsnetzen, damit auch Funktionsfähigkeit von Katastrophenschutz, wird verstärkt.

- Von Städten und öffentlichen Unternehmen (Wohnungswirtschaft, Energieversorgung, Wasserversorgung und Entwässerung, Öffentliche Verkehrsunternehmen etc.) werden in Zukunft *integrierte Dienste* angestoßen oder selbst erbracht. So ist die Bereitstellung einer Wohnung in Zukunft vermehrt verbunden mit dem Angebot an Wohnungs- und Gebäudedienstleistungen (Ver- und Wärmeversorgung, Reinigung), an personenbezogenen Dienstleistungen (Pflege, Gesundheit, Kontakte), an Mobilitätsdienstleistungen (Sharing-Pkw, Sharing-Fahrräder, Monats- und Jahreskarten des ÖPNV, Mobilitätskarten etc.) und an IKT-Leistungen. Hier haben die Städte Anstoß, Unterstützungs-, Organisations-, Steuerungs- und gegebenenfalls bei Zielen eines sozialen Ausgleichs Finanzierungsfunktionen (Transfer).
- Die veränderten Aufgabenstellungen und Lösungsbedingungen werden bei Städten und Gemeinden – allein oder in Verbindung mit anderen Raumakteuren – zu *modifizierten methodischen Ansätzen* führen. Eine hohe Bedeutung haben schon heute, aber in Zukunft in verstärktem Maße
 - strategische integrierte Planungen für Raum-, Umwelt-, Sozial-, Wirtschafts- und vor allem Infrastrukturentwicklung, mit vermehrtem Einsatz von
 - Szenariotechniken und Szenarien für Raumentwicklung und Handlungskonzepte,
 - system-dynamischen Modellen und verfügbaren algorithmischen Modellen.

Dabei werden nicht nur Funktionsaspekte zu verschiedenen Zeitquerschnitten beachtet, sondern vor allem das Systemverhalten über Zeitabläufe, das heißt beispielsweise über den Lebenszyklus von baulichen Infrastrukturen und Anlagen. Es geht um die Vorbereitung und Umsetzung einer nachhaltigen Stadtentwicklung (Difu, 2011).

2.4 WECHSELWIRKUNGEN

Stadtentwicklung ist die zentrale Hintergrund-Folie für sektorale Betrachtungsaspekte wie Gesundheit, urbane Produktion und Werk- und Wertstoffmanagement. Sie steht in engen Wechselbeziehungen zu den sich in Mobilität und Logistik ausdrückenden sozialen und ökonomischen Austauschprozessen, die auch durch Prozesse, Infrastrukturen und Dienste der Informations- und Kommunikationstechnik ermöglicht beziehungsweise beeinflusst werden. Demgegenüber setzen Anforderungen der Resilienz Rahmenbedingungen für die Gestaltung städtischer Raumsysteme und Standortkonfigurationen, städtischer und regionaler Systeme technischer und sozialer Infrastrukturen wie aber auch für die Steuerung und das Management von Städten.

Gesundheit

Erst in jüngster Zeit werden Gesundheitsvorsorge, Gesundheitsinfrastrukturen und -dienste sowie Belastungen der physischen und psychischen Gesundheit vermehrt nicht nur unter sozialen Gesichtspunkten betrachtet, sondern vor allem auch unter Aspekten der räumlichen Anforderungen und der sozial-räumlichen Gerechtigkeit. Dazu gehören einerseits die teilräumlich unterschiedlichen Ausstattungen mit Gesundheitsinfrastrukturen, insbesondere mit Ärzten der Allgemeinmedizin, aber auch mit Fachärzten. Besonders prekär sind die Ausstattungen in peripheren entleerungsgefährdeten ländlichen Räumen, aber auch in sozial schwächeren Großsiedlungen am Stadtrand von Großstädten. Diese Defizite werden vor allem wirksam für ältere Menschen, deren Mobilität eingeschränkt ist. Da Stadtplanung nur Standortoptionen vorbereiten und sichern kann, aber keinen Zugriff auf die Nutzung dieser Optionen durch Ärzte und Arztzentren und (Privat-)Kliniken hat, bedarf es zum einen eines Zusammenwirkens mit Ärzteschaft und kassenärztlichen Vereinigungen, die bisher nicht oder nur eingeschränkt gelingen. Mit der dramatischen Zunahme der Hochaltrigen (älter als 85 Jahre) wird es aber auch zunehmend erforderlich, standort-feste Dienste (Praxen, Kliniken, Apotheken etc.) durch mobile Dienste (mobile Pflegedienste, ärztliche Hausbesuche etc.) und vor allem durch internetgestützte Dienste (medizinische Überwachung und Beratung, Auslösung von Notrufen etc.) zu ergänzen. Hier spielt die Breitbandversorgung auch von peripheren, dünn besiedelten Standorten eine große Rolle.

Zum Aspekt *Gesundheit und Stadtentwicklung* gehört aber zunehmend auch eine aktive Auseinandersetzung mit der Befundlage,

dass Bewohner in sozialschwachen Gebieten besonders Umweltbelastungen aus Verkehr und Industrie ausgesetzt sind. Dies betrifft Menschen, die aus Arbeitsprozessen und eigenem Gesundheitsverhalten (Ernährung, Sport, Suchtmittel etc.) schon besonderen Gesundheits(vor)belastungen unterliegen.

Beide Aspekte bedürfen in den Sachfeldern Gesundheit und Stadtentwicklung verstärkt Berücksichtigung. Reduktionen der Umweltbelastungen sind ein zentraler Handlungsansatz.

Resilienz

Die Robustheit von Städten als ökonomische, soziale, städtebauliche und infrastrukturelle Systeme gegenüber anthropogenen oder klimatischen beziehungsweise geo-hydrologischen Störungen ist ein Aspekt, der in der Stadtentwicklung schon immer eine – wenn auch nachgeordnete – Rolle gespielt hat. Soziale Sicherungssysteme und Leistungen der öffentlichen Daseinsvorsorge waren schon immer auch darauf ausgerichtet, soziale Instabilitäten und damit auch ökonomische Störungen zu vermeiden. In Verkehrssystemen oder auch in der Wasserversorgung und Entwässerung, aber auch bei der Energieversorgung haben schon immer Systemgestaltungen und die Auslegungen von einzelnen Anlagen Aspekte der Systemstabilität oder der Notfallversorgung einbezogen. Mit den Anforderungen der sozialen, ökonomischen, baulichen und infrastrukturellen Resilienz erfolgt dies aber sehr viel systematischer, um Funktionsfähigkeit, Widerstandsfähigkeit, Anpassungsfähigkeit und vor allem Lernfähigkeit von Strukturen und Betriebsformen zu sichern. Diese Gestaltungs-, Bau- und Betriebsprinzipien müssen aber stärker

- a) in die Gestaltung räumlicher Strukturen und von Hochbauten einbezogen werden,
- b) die Vernetzung der verschiedenen Teilsysteme, zum Beispiel Entwässerung und Hochwasserabfluss, Verkehrsnetze, Versorgungssysteme, Informations- und Kommunikationsnetze sowie Gesundheits- und Notfalldienste, beachten.

Im Wesentlichen müssen dauerhaft die Funktionsfähigkeit der Stadt – eventuell auch hilfsweise – sichergestellt und Personen- wie Sachschäden möglichst weitgehend vermieden werden. Dazu müssen bei der Stadtentwicklung *kritische*, das heißt empfindliche und für die Funktionsfähigkeit unverzichtbare *Einrichtungen, Gebäude, Elemente und Anlagen* der Infrastrukturen identifiziert und hinsichtlich geeigneter Standorte und notwendiger Betriebsanlagen und -formen beurteilt

werden. Auch wird es erforderlich, Nutzungen von stark gefährdeten Standorten auszuschließen oder auf unempfindliche Nutzungsarten zu beschränken.

Urbane Produktion, Werk- und Wertstoffmanagement

Produktion in Städten ist nur dann verträglich möglich, wenn die *Emissionen aus Produktion, Lagerung, An- und Abtransporten und Beschäftigtenverkehren stark reduziert* werden und damit Mischnutzungen in Baublöcken, Stadtquartieren oder Stadtteilen möglich sind. Neue technische Optionen (Industrie 4.0) ermöglichen eine stark erweiterte Mischung städtischer Funktionen wie Wohnen, Produktion, Handel, Erholung, Freizeit. Urbane Produktion erleichtert möglicherweise auch die Entwicklung von städtischen und regionalen Produktionsclustern und damit weitere Entwicklungsmöglichkeiten von Städten und Regionen.

Eine stärker in Kreislaufprozessen organisierte Produktion ermöglicht auch reduzierte Erfordernisse zu Transportvorgängen von Rohstoffen, Teilfertigprodukten, Fertigprodukten und Leistungen. Sie ermöglicht *Kaskaden der Energie, Wasser- und Rohstoffnutzung*, was die Nachhaltigkeit der Produktion erhöhen kann. Es wird nicht nur erforderlich, die Nachbarschaftsverträglichkeit zu anderen Stadtfunktionen durch Zuordnung und Abstand zu gewährleisten, sondern auch Produktionsprozesse sowie Zu- und Abgangsverkehre innerbetrieblich auf Emissionsminderung und auch Minderung von Gefährdungsauswirkungen (Explosionen, Schadstoffausbreitung) zu organisieren. Kreislaufprozesse von Wertstoffen können dazu auch Beiträge leisten. Entscheidend ist allerdings, dass den für Stadtplanung und Baugenehmigungen zuständigen Stadtverwaltungen verlässliche Informationen über Zu- und Abgangsverkehre, Emissionen von Produktionsprozessen und auch über eingesetzte (Verbund-)Wertstoffe zur Verfügung gestellt werden, um eine Genehmigungsfähigkeit unter Verträglichkeitskriterien beurteilen zu können.

Logistik

Die Entwicklung von Logistikkonzepten – gerade auch für Städte und Regionen – hat eine hohe Dynamik. Sie ist im Wesentlichen auch durch städtische Rahmenbedingungen beeinflusst, zum Beispiel durch

- Zugangsregelungen für Stadtteile, zum Beispiel Innenstadt, Wohngebiete, und Straßentrassen nach Zeit (Nacht) und Emissionscharakteristika von Fahrzeugen wie Lärm, Schadgase, CO₂-Emissionen,

- Zugangsregelungen von emissionsbelasteten Ladevorgängen,
- Straßenbenutzungsgebühren oder Teilraum-Mauten, zum Beispiel City Maut für Fahrzeuge nach Emissionscharakteristik und Gewichtsklassen.

Gerade aus dem Güter- und Wirtschaftsverkehr können erhebliche Umweltbelastungen resultieren, deren ökonomische Kosten (Umweltkosten) in Zukunft vermehrt internalisiert werden. Einer weiteren Externalisierung zugunsten betriebswirtschaftlicher Vorteile werden Städte wegen der nicht akzeptablen Folgeeffekte mit ordnungspolitischen (zum Beispiel Straßenrecht, Straßenverkehrsrecht), umweltpolitischen Instrumenten und/oder ökonomischen Anreizen begegnen. Dies kann Rückwirkungen haben auf eine verstärkte interne Integration von Produktions- und Transportlogistik sowie auf Veränderungen der Lagerungsstandorte (Zwischenlager, Güterverkehrs- oder Güterverteilzentren). Möglicherweise werden diese Standorte mit Reduktion von zugelassenen Fahrzeuggrößen dezentralisiert – bis hin zu dezentralen Abholeinrichtungen wie Sendungs- und Gepäckfächer für Endkunden.

2.5 STRATEGISCHE LÖSUNGSANSÄTZE

Beteiligungs- und Mitwirkungsprozesse entscheidend

Stadtentwicklung, Bereitstellung von sozialen und technischen Infrastrukturen, insbesondere auch Verkehr sind öffentliche Aufgaben der Kommunen. Sie dienen der Daseinsvorsorge. Die integrierte Weiterentwicklung von Siedlungs-, Infrastruktur- und Verkehrssystemen muss neben Stadtpolitik und Stadtverwaltung vor allem auch die Zivilgesellschaft (Bürgerschaft, Wirtschaft etc.) einbeziehen. Prozessen der Information, Anhörung, Mitentscheidung und Mitwirkung kommt daher eine zentrale Bedeutung zu. Dies muss von Aufgabenträgern der Infrastrukturen – auch des Verkehrs –, von Anbietern von Verkehrsanlagen, Verkehrsmitteln und Verkehrsdienstleistungen angemessen und realistisch berücksichtigt werden. Dies gilt auch für Wirtschaft- und Güterverkehre, die ansonsten – zum Teil ohne Internalisierung der Umweltkosten – nach betriebswirtschaftlichen Kriterien optimiert werden.

Lösungen nur stadtspezifisch erfolgreich!

Ausgangslage, Rahmenbedingungen, Zuständigkeiten und Prozesse wie auch Entscheidungskulturen (Kulturen der Governance) und beispielsweise Lebensweisen sowie Mobilitätskulturen

unterscheiden sich zum Teil zwischen Städten erheblich. Handlungsstrategie und Maßnahmen können nur unter Berücksichtigung dieser Bedingungen stadtspezifisch fruchtbar gemacht werden.

IKT-Dienste zur Sicherung von Systemfähigkeit und -effizienz

Städtische und regionale – wie auch überregionale – Raumstrukturen, Infrastruktursysteme wie Verkehrssysteme setzen zu ihrer dauerhaften Funktionsfähigkeit wie auch insbesondere zu ihrer effizienten Nutzung und zur Anpassung in Störungssituationen begleitende Informationsketten voraus, die Informationen über Leistungsangebote, über Betriebs- und Störungssituationen bereitstellen und gegebenenfalls Nutzungsempfehlungen geben und Buchungen von Leistungen ermöglichen.

Stadt-, Infrastruktur- und Verkehrssystemgestaltung nach systemdynamischen Prinzipien

Stadtentwicklung, Infrastrukturentwicklung und insbesondere Verkehr – sowohl Personen- als auch Wirtschafts- und Güterverkehre – sind in ihren Verursachungen durch die Teilnahme von Menschen, durch wirtschaftliche, aber auch soziale und kulturelle Austauschprozesse von vielfältigen Einflüssen geprägt. Diese verstärken sich zum Teil, sind zum Teil neutral zueinander oder dämpfen einander. Dies gilt gleichermaßen für die Wirkungen von Infrastrukturen und Verkehr auf die Attraktivität von Lebensräumen, auf Umwelt- und Ressourcenbeanspruchungen und auf die Attraktivität und Konkurrenzfähigkeit der Städte.

Voraussetzung einer wirksamen und effektiven Gestaltung von Handlungskonzepten wie auch von Einzelmaßnahmen sind integrierte Handlungsansätze, sind Abbildungen der Wechselwirkungen in systemdynamischen Modellen wie auch Betrachtungen über längere Wirkungszeiten. Die verfügbaren Modelle, welche die Wechselwirkungen zwischen Raumstrukturen, Bevölkerung, Wirtschaft und Umwelt, aber zum Teil auch Finanzen abbilden, müssen eingesetzt und weitergeführt werden.³ Zur Gestaltung nachhaltiger, ressourcensparsamer, CO₂-reduzierter und resistenter Raum- und Verkehrsstrukturen müssen vermehrt Entwurfsprinzipien biokybernetischer Art Einsatz finden (negative Rückkopplungen, Kreislaufprozesse, Kaskadenprinzipien, Wiedernutzung von Rohstoffen etc.).

Resilienz der Verkehrssysteme von hoher Bedeutung

Verkehr sichert die Funktionsfähigkeit von Städten – zum Teil auch in natürlichen oder anthropogenen Störungssituationen.

So funktionieren Notfalldienste (Rettungswagen, Feuerwehren, Reparaturdienste etc.) nur dann, wenn Verkehrssysteme funktionieren, also gegenüber Störungen resilient sind, das heißt trotz Störungen funktionsfähig, robust, anpassungsfähig sind/bleiben oder nach Lernprozessen angepasste Systemleistungen erbringen können.

Systemstabilität wird vor allem durch dezentrale Systeme technischer Anlagen, organisatorischer Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten gesichert. Dies sind beispielsweise dezentrale Systeme der Verkehrsangebote, der Energieversorgung, -erzeugung und -speicherung, aber auch der Wasserversorgung und Entwässerung. Sie müssen zur Funktionssicherung durch Informationssysteme verbunden sein (Smart Cities, Smart Grid).

Smart City ist somit eine Vision der Städte mit

- dezentralen/semizentralen Infrastrukturen (Wasserversorgung, Entwässerung, Energieversorgung, Wärmeversorgung, Verkehr, soziale und erwerbswirtschaftliche Infrastrukturen etc.)
- dezentralen/semizentralen Verantwortungen, Organisationsstrukturen,
- dezentralen und intensiven Beteiligungsformen sowie Entscheidungsprozessen
- informationsgestützter Vernetzung (Zustandsdetektion, Steuerung, Controlling etc.)
- Neuorganisation der Vermittlungsleistungen aus Markt, Transfer und Gegenseitigkeit, das heißt mit
- Smart Economy, Smart Society, Smart Grid, Smart Mobility

Multidimensionale Ziele der Verkehrsmittelnutzung

Neben der Gewährleistung der Erreichbarkeit von Orten und damit der Teilhabe gewinnen in Zukunft bei der Verkehrssystemgestaltung und der individuellen Verkehrsmittelwahl zunehmend Aspekte der Reduktion von Umweltbelastung und Ressourcenbeanspruchung sowie der individuellen Gesundheitsvorsorge (Bewegung, Sport) an Bedeutung.

Chancen technologischer Entwicklungen müssen konstruktiv genutzt werden

Die technischen Entwicklungen von Fahrzeugen, zum Beispiel Elektroantrieb, automatisiertes Fahren, müssen ebenso wie vereinfachte Verkehrsmittelnutzungszugänge (Informations- und Buchungs-Apps, Mobi-Cards, Mobilitäts-Flatrates etc.) und neue

³ Siehe zum Beispiel Strauch u. a. 2005.

Dienstangebote auf kommunale beziehungsweise regionale Einsetzbarkeit überprüft und gegebenenfalls angepasst werden. Kontraproduktive Effekte und nicht-internalisierte Kostenanlastungen können aber Lösungen auch behindern/ausschließen, zum Beispiel Freigabe von Busspuren, die der Sicherung der Beschleunigung und Priorisierung der Busse dienen, für individuelle Elektro-Pkw.

Lebenszyklusansatz für Verkehrsinfrastrukturen und Verkehrskonzepte

Gerade vor dem Hintergrund nicht ausreichend unterhalten und erneuerter Verkehrsanlagen ist es unverzichtbar, dass Handlungsansätze zur Verkehrssystemgestaltung hinsichtlich Funktion, Wirksamkeit und Kosten über den Lebenszyklus der Anlagen und Einrichtungen betrachtet und diese Erkenntnisse zur Entscheidungsgrundlage gemacht werden.

Singuläre Optimierungen einzelner Verkehrsträger kontraproduktiv
Verkehr ist die Gesamtheit aller Ortsveränderungen von Personen, Gütern und Informationen. Die einzelnen Verkehrsmittel übernehmen bei der Angebotsgestaltung und Abwicklung von Verkehr – in Abhängigkeit von ihrer Systemcharakteristik – unterschiedliche Aufgaben. Sie stehen in Konkurrenz um Flächen und Ressourcen, sind für unterschiedliche Ortsveränderungen unterschiedlich nutzbar, sind für Wege und Wegeketten kombinierbar, haben substitutive Relationen. Eine Gestaltung erfolgt zunehmend unter abgestimmtem Zusammenwirken von Effizienzsteigerung, Konsistenzsicherung (*besser*) und Vermeidung (*suffizient*).

Neue Lösungsansätze inter- und multimodal sowie als Sharing Economy

Zur Erweiterung einer flexiblen Nutzung der Verkehrsmitteloptionen werden zunehmend Prinzipien der Fahrzeugnutzung (Leihfahrzeuge wie Pkw, Fahrrad, Pedelec) statt des Fahrzeugbesitzes, des Verkehrsmittelwechsels auf Wegen (Intermodalität) und der situationsabhängiger Verkehrsmittelwahl (Multimodalität) zum Einsatz kommen.

2.6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Unter den veränderten sozialen, demografischen, ökonomischen und technologischen sowie ökologischen Rahmenbedingungen wird eine schrittweise – jedoch starke – Umgestaltung

der Städte und Regionen erfolgen (Beckmann, 2008). Die Renaissance der Städte wird dennoch ungebrochen sein. Besonders starke Treiber sind Anforderungen des Umwelt- und Klimaschutzes, der Energiewende und des Klimawandels. Dies erfordert neue Standort- und Raumkonfigurationen und neue Betriebsprinzipien sowie Organisationsformen und Trägerschaften der (technischen) Infrastrukturen. Dabei werden die Merkmale der *europäischen Stadt* wie Kompaktheit, Dichte, funktionale und soziale Mischung, lokale Ökonomie, Öffentlichkeit und öffentliches Verhalten gleichermaßen ganzheitlich beibehalten und neu ausgestaltet wie die Bereitstellung von Anlagen und Leistungen der Daseinsvorsorge, d. h. vor allem der sozialen und technischen Infrastruktur(en). Die *europäische Stadt* wird ganzheitlich stabilisiert und weiterentwickelt durch eine Stärkung lokaler Ökonomien mit Ausbau der Wissensgesellschaft, der Kreativwirtschaft und Formen urbaner Produktion, durch eine Stabilisierung sozialer Systeme und eine Förderung sozialer Gerechtigkeit durch Integration, Bildung, Ausbildung und Bereitstellung von Arbeitsplätzen. Dies geschieht vermehrt im regionalen Zusammenhang benachbarter Gebietskörperschaften.

Der Trend zur Privatisierung der notwendigen Anlagen und Einrichtungen sowie der Leistungserbringung wird umgekehrt. Die Daseinsvorsorge wird wieder zunehmend als öffentlich zu verantwortende Aufgabe verstanden. Dabei haben Kommunalverwaltungen sowie insbesondere auch die entscheidungslegitimierten, kommunalen, politischen Gremien im Zusammenspiel mit Wirtschaft und Zivilgesellschaft eine zentrale Verantwortung bei der Zielbestimmung, bei der Suche und Festlegung von Handlungsstrategien wie auch von Einzelmaßnahmen, bei der Beteiligung und den Entscheidungsprozessen. Dies gilt zumindest teilweise auch für die Umsetzung. Dadurch werden Selbstverantwortung und Selbstverwaltung der Städte ebenso gestärkt wie demokratische Systeme.

Die Gestaltungsziele spiegeln Effizianz Anforderungen an den Einsatz von Ressourcen (Flächen, Energie, Rohstoffe etc.) ebenso wider wie den Einsatz regenerativer Energien, die Ausgestaltung von Kreislaufprozessen für Rohstoffe oder die Entwicklung von kaskadenförmigen Nutzungen, zum Beispiel Wasser, Wärme, Energie. Die Gestaltungsprinzipien basieren vor allem auf biokybernetischen Regeln, die auch auf soziale und ökonomische Prozesse sowie auf räumliche und bauliche Struktur übertragen Anwendung finden (können).

Die Stadt- und Siedlungsstrukturen wie auch die Netz- und Betriebsstrukturen technischer und sozialer Infrastrukturen entwickeln sich dabei vor allem hin auf

- Dezentralität mit technischen, baulichen und vor allem informationstechnischen Vernetzungen zur Sicherung von Nachhaltigkeit und Resilienz,
- integrierte Konzepte für Raumentwicklung, Siedlungsstrukturen und Standortmuster auf der einen Seite und Verkehrsinfrastrukturen sowie Netzinfrastrukturen der Wasser- und Energieversorgung, der Entwässerung und der Informations- und Kommunikationsinfrastrukturen auf der anderen Seite,
- eine technische Vernetzung von Infrastrukturbereichen, zum Beispiel energetische Nutzung der Wärme und Fließenergien von Abwasser oder Einsatz von Elektro-Fahrzeugen als intelligente Zwischenspeicher in Smart-Grid-Systemen unter Einschluss von dezentralen Anlagen der Energieerzeugung durch Wind und Sonne.

Vor allem werden die städtischen Energien der Menschen eine herausragende Rolle spielen – sowohl durch Ideen und Hinweise zu geeigneten und akzeptierten Raumstrukturen, Stadtbildqualitäten, Baustrukturen, baulichen Anlagen und Betriebsformen als auch im Rahmen der Leistungserbringung nach dem Prinzip der Gegenseitigkeit durch Betreuung, Pflege, Kontakte, Kommunikation, zivilgesellschaftlich getragene Versorgung oder Mobilitätsdienste.

Die Leistungserbringung wird verstärkt unter Anlastung externer Kosten, zum Beispiel Umweltkosten, an Verursacher, das heißt Nutzer und Nutznießer, erfolgen. Versteckte Subventionierungen von Leistungsanspruchnahmen oder von Teilräumen werden abgebaut. Weniger Infrastrukturförderung oder Objektförderung wird im Vordergrund stehen, sondern vor allem Subjektförderung. Dies wird nachhaltige und resiliente Infrastruktursysteme und deren Betrieb fördern.

LITERATUR

Beckmann 2008

Beckmann, K. J. (Hrsg.): *Die Europäische Stadt - Auslaufmodell oder Kulturgut und Kernelement der Europäischen Union?* (Difu-Impulse Bd. 2), Berlin 2008.

Beckmann/Klein-Hitpaß 2013

Beckmann, K. J./Klein-Hitpaß, A. (Hrsg.): *Nicht weniger unterwegs, sondern intelligenter? Neue Mobilitätskonzepte* (Edition Difu – Stadt/Forschung/Praxis Bd.11), Berlin 2013.

BMUB 2013

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB, Hrsg.): *LEIPZIG CHARTA zur nachhaltigen europäischen Stadt* (Beschlussdokument der EU-Fachministerkonferenz zur Stadtentwicklung und zum territorialen Zusammenhalt am 24./25. Mai 2007 in Leipzig), Berlin 2013.

BMVBS 2012

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS, Hrsg.): *Memorandum „Städtische Energien – Zukunftsaufgaben der Städte“*, Berlin 2012.

CIAM 1933

Congrès International d'Architecture Moderne (CIAM, Hrsg.): *Charta von Athen*, Athen 1933.

Difu 2011

Deutsches Institut für Urbanistik (Difu, Hrsg.): *Städte für ein nachhaltiges Deutschland. Gemeinsam mit Bund und Ländern für eine zukunftsfähige Entwicklung*, Berlin 2011.

KfW 2013

Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW, Hrsg.): *KfW-Kommunalpanel 2013*, Berlin 2013.

Siebel 2014

Siebel, W. (Hrsg.): *Die europäische Stadt*, Frankfurt a.M.: Suhrkamp Verlag 2014.

Strauch et al. 2005

Strauch, D./Moeckel, R./Wegener, M./Gräfe, J./Mühlhans, H./Rindsfuser, G./Beckmann, K.-J. (Hrsg.): "Linking Transport and Land Use Planning: The Microscopic Dynamic Simulation Model ILUMASS". In: Atkinson, P. M./Foody, G. M./Darby, S. E./Wu, F. (Hrsg.): *GeoDynamics*, Boca Raton, FL: CRC Press 2005, S. 295 – 313.

3 INTEGRIERENDE INFORMATIONSD- UND KOMMUNIKATIONSTECHNOLOGIE (IKT)

JOSÉ LUIS ENCARNAÇÃO UND MAX MÜHLHÄUSER, TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT, FÜR DAS THEMENNETZWERK INFORMATIONSD- UND KOMMUNIKATIONSTECHNOLOGIE

BESONDERER DANK GILT REINER BILDMAYER, SAP AG; JOACHIM RIX, FRAUNHOFER IGD, DARMSTADT; CARSTEN RUDOLPH, FRAUNHOFER SIT; PETER SACHSENMEIER, IMAG INFORMATION MANAGEMENT AG, SCHAFFHAUSEN UND INA SCHIEFERDECKER, FRAUNHOFER FOKUS, BERLIN

3.1 MOTIVATION UND HINTERGRUND

Forschung und Entwicklung mit Blick auf die *Stadt der Zukunft* wird vielerorts mit dem Begriff *Smart Cities* verknüpft in Städten (wie Aarhus, Amsterdam, Dubai, Kochi, London, Lyon, Málaga, Malta, Santander, Songdo, Southampton oder Yokohama), Firmen (wie Atos, Invensys, Oracle, Schneider, Thales) und Forschungs(förderungs)initiativen, beispielsweise in der EU oder am MIT. Der Begriff *Smart Cities* wird nicht nur von Informatikern benutzt, beispielsweise liegt die Federführung einer so bezeichneten Innovationspartnerschaft und wichtigen EU-Förderlinie beim Generaldirektorat Energie. Diese Begrifflichkeit quer über alle Disziplinen ist einer der deutlichsten Indikatoren dafür, dass auf die IKT als Schlüsseltechnologie gesetzt wird zur Bewältigung der immensen multidisziplinären Herausforderungen der Stadt der Zukunft. Andererseits entstand das vorliegende Kapitel unter bewusster Reduktion auf die Belange der IKT – wenn auch mit Blick auf die vielen betroffenen Disziplinen und Herausforderungen, denen die IKT dabei dienen will.

Die technikzentrierte Natur des Themas *IKT-Plattform für die Stadt der Zukunft* birgt die Gefahr einer zu stark technikgetriebenen Herangehensweise. Dem wird nachfolgend entgegengewirkt, indem zwei Gegensatzpaare soziotechnischer beziehungsweise ökopolitischer Art grundsätzlich in die Überlegungen einbezogen werden:

1. *Exploding Cities versus Transforming Cities*. Drängende urbane Herausforderungen vieler Schwellen- und Entwicklungsländer wurzeln im fast *explosionsartigen Wachstum* der Stadtbevölkerung. Dagegen dominieren in Städten hochentwickelter Länder Herausforderungen aufgrund gewünschter oder stattfindender Transformationen: Auslöser ist in Europa oft demografischer Wandel, häufig aber auch sozialer oder (multi-)kultureller Wandel. Der Begriff *Transforming Cities* soll außerdem Städte einschließen, deren Transformationsbedarf von ökonomischen oder ökologischen Problemen getrieben ist. Teilweise müssen dramatische Fehlentwicklungen korrigiert werden wie in der ehemaligen Sowjetunion. Selbstverständlich überlappen sich konkrete Fragestellungen und sogar Lösungen der

Exploding Cities und der *Transforming Cities*, ihre Unterscheidung ist aber schon aufgrund unterschiedlicher wirtschaftlicher Rahmenbedingungen geboten. In beiden Fällen muss die IKT-Plattform der Stadt der Zukunft Grundlagen schaffen, um nicht nur *reaktiv* den Herausforderungen zu begegnen, sondern die Umgestaltung *proaktiv* und *partizipativ* zu gestalten.

2. *Nutzer-Deutschland versus Anbieter-Deutschland*: Einerseits steht Deutschland selbst vor der Herausforderung der *Transforming Cities*; vielfältiger Wandel bedroht die Lebensqualität in Städten wie Berlin oder Essen, aber auch in vielen mittelgroßen Städten. Vielfach schränkt der Schuldenstand die Handlungsfähigkeit dramatisch ein, während Überalterung und soziale Brennpunkte zunehmen und alternde Infrastruktur ein hohes Instandhaltungsbudget erfordert, das für Transformation fehlt. Deutschland kann durch Lösen dieser Probleme im eigenen Haus und vor der Haustür Know-how und Technologie aufbauen, um seine Rolle als Exportweltmeister zu verteidigen: der *Nutzer* wird zum *Anbieter*. Die schwierige wirtschaftliche Lage vieler *Transforming Cities* und das größere Wertschöpfungspotenzial bei den *Exploding Cities* legen diesen Rollenwechsel nahe, Deutschland muss daher ohne Umwege Technologieführer werden. Auch dieser Hintergrund wurde bei den nachfolgenden technikzentrierten Überlegungen einbezogen.

Das vorliegende Kapitel fußt auf der Publikation *Integrierende IKT für die Stadt der Zukunft*, die acatech in der Reihe MATERIALIEN veröffentlicht hat. Diese wurde vom Themennetzwerk IKT veranlasst von den Autoren dieses Kapitels, M. Mühlhäuser und J. Encarnação, maßgeblich verantwortet. Mitautoren waren R. Bildmayer, Dr. J. Rix, Dr. C. Rudolph, Prof. P. Sachsenmeier und Fr. Prof. I. Schieferdecker, weitere Beitragende sind dort aufgeführt. Die Autoren basierten ihre Beiträge auf Analysen des Standes von Wissenschaft und Technik und auf Erfahrungen in ihren Forschungsstätten und Unternehmen: der Technischen Universität Darmstadt, der Fraunhofer-Institute FOKUS, IGD und SIT sowie der Firmen SAP AG, Walldorf, und IMAG, Schaffhausen. Bei größeren inhaltlich oder wörtlich übernommenen Passagen sind die Urheber in der jeweiligen Überschrift vermerkt.

Gegenstand und Aufgaben stadtbezogener IKT

IKT-Systeme werden selbstverständlich schon heute in der städtischen Verwaltung und Planung vielerorts eingesetzt, bei den Stadtverwaltungen ebenso wie bei verbundenen Gesellschaften und Unternehmen der Ver- und Entsorgung, des Öffentlichen Personenverkehrs etc. Aufgaben des Messens, Steuerns und Regelns unter Realzeit-Bedingungen sind bislang meist Spezialsystemen vorbehalten, beispielsweise in der Verkehrssteuerung. Der Durchgriff von Internet-Auftritten für Bürger und Wirtschaft auf die Verwaltungs-IKT erfolgt bislang häufig nur indirekt mit über Zwischenschritte, und der Leistungsumfang schwankt noch stark. Visionen der Weiterentwicklung städtischer IKT umfassen vier wichtige Kategorien in großer Breite:

- Als Adressaten werden die Leistungserbringer (Stadt und verbundene Organisationen, beauftragte Firmen, Non-Profit-Organisationen und freiwillige Helfer etc.) ebenso einbezogen wie die Leistungsempfänger (Bürger, Besucher/Touristen, Wirtschaftstreibende etc.).
- Städtische Aufgaben umfassen alle Bedürfnisse der *Leistungsempfänger*, also des Bürgers (von Mobilität über Energie- und sonstige Ressourcen-Versorgung bis zu Gesundheit und Wohlfahrt), der Wirtschaft (von Genehmigungs- und Abrechnungsabläufen bis zu Standortdaten und standortspezifischen Angeboten), des Tourismus und so weiter und nicht zuletzt der *Leistungserbringer* selbst; meist profitieren beide Seiten von IKT, beispielsweise in Bereichen der langjährigen Planung und Stadtentwicklung unterscheiden sich Bedarfe der Leistungserbringer aber stark von denen der -empfänger.
- Der *Zeithorizont* reicht von Realzeitkontrolle (im Verkehr etc.) bis zu Jahrzehnte umfassender Planung.
- Drei miteinander verwobenen Klassen von Optimierungszielen können grob unterschieden werden: ökonomische (wie kostengünstigere und effizientere Leistungserbringung), soziopolitische (wie Nachhaltigkeit und soziale Gerechtigkeit) und bedarfsorientierte (individualisierte und bedarfsgerechte Leistung, Attraktivität und Entbürokratisierung etc.).

Innerhalb der genannten Kategorien könnten weitere Repräsentanten aufgezählt werden, zudem viele Unterkategorien: Allein bei der Mobilität sind beispielsweise Individual- und öffentlicher Verkehr zu unterscheiden, fließender und ruhender Verkehr, Personen- und je nach Definition auch Güterverkehr

(Logistik), und so weiter – und darunter wäre beispielsweise nach Verkehrsträger und -modalität zu unterscheiden etc. Aus dieser Fülle von Aufgaben, die künftig durch integrierende IKT besser (im Sinne der genannten Optimierungsziele) erfüllt werden sollen, sowie aus den genannten Herausforderungen der Exploding Cities und Transforming Cities lässt sich der riesige Handlungsbedarf erkennen, dem sich Städte, Industrie und Forschung zunehmend widmen.

3.2 THESEN ZUR INTEGRIERENDEN IKT FÜR DIE STADT DER ZUKUNFT

(T1) Jüngste Innovationen adressieren den Bruch zwischen IKT und Realität mit cyberphysikalischen Systemen.

Industrie, Forschung und Betroffene bemängeln an städtischer IKT als zentrales Problem den Bruch zwischen dem IKT-seitigen digitalen *Modell der Stadt* und der *städtischen Realität* entlang dreier Dimensionen:

- Die *Zeit*-Dimension: Informationen gelangen zu spät in die IKT, deren Modell ist also veraltet, und berechnete Resultate (Entscheidungen, Steuerungen ...) gelangen zu spät zurück in die städtische Realität.
- Die *Genauigkeits*-Dimension: Die Daten-Auflösung wird durch umständliche, oft manuelle Eingabe beziehungsweise Ausgabe (Rückweg in die reale Umsetzung) stark beschränkt.
- Die *Korrektheits*-Dimension: Manuelle Schritte und Medienbrüche führen zu erheblichen Fehlerquoten.

Manuelle Schritte bei der Überbrückung dieses Bruches (Dateneingabe, Rückweg in die Umsetzung) stellen zudem einen erheblichen Kostenfaktor dar – eine weitere Motivation für Städte, an der Überwindung durch moderne IKT zu arbeiten: Die reale Stadt soll quasi online mit der IKT verbunden werden.

Die Herausforderung, die hier für städtische IKT beschrieben wird, beschäftigt IKT-Forschung und -Industrie in anderen Zusammenhängen schon seit vielen Jahren, wobei insbesondere vier Schlagworte verschiedene Schwerpunkte und Blickwinkel thematisieren. Das Schlagwort *Realtime Enterprise* wurde anfangs unseres Jahrtausends geprägt, um die Überwindung des beschriebenen Bruchs für Unternehmenssoftware zu thematisieren. *Internet of Things* bezeichnet in der Internet-Welt die Möglichkeit, Objekte der realen Welt beliebig zu vernetzen

und ihnen durch im Netz verfügbare Funktionalität zu *Smartness* zu verhelfen beziehungsweise sie mit Backend-IKT (wie eben der erwähnten Unternehmens-Software) zu verknüpfen. Werden spezialisierte Realzeitsysteme, zum Beispiel Verkehrssteuerungen, mit Sensorik verknüpft (zur Erfassung von RealeWelt-Zuständen) und dabei flexibilisiert und gegebenenfalls mit Backend-IKT verknüpft, so spricht man in den entsprechenden Industriezweigen meist von *cyberphysischen Systemen* – dieser Begriff drückt die unmittelbare Verknüpfung der digitalen und der physischen (realen) Welt am direktesten aus und wird deshalb nachfolgend verwendet. Mit besonderer Betonung der Flexibilisierung in der Produktion wird in jüngerer Zeit schließlich der Begriff *Industrie 4.0* benutzt.

(T2) Trotz neuer cyberphysischer Systeme für Städte bleiben große Herausforderungen in Feld, Netz und Steuerung

In vielen aktuellen Projekten von Forschung und Entwicklung (F&E) wird versucht, den oben thematisierten Bruch zu überwinden, d. h., die „Realität der Stadt“ im Sinne cyberphysischer Systeme quasi online zu schalten. Trotz dieser Anstrengungen bleibt erheblicher weiterer F&E-Bedarf. Dies ist nicht verwunderlich angesichts der Tatsache, dass für Smart Cities im Vergleich zu den bisher in IKT-Anstrengungen betrachteten smarten Fabriken, Unternehmen und so weiter erheblich größere Problemräume beherrscht werden müssen. Das betrifft insbesondere die zeitliche (Stadtplanung) und räumliche (Fläche) Dimension sowie die zahlenmäßigen Dimensionen aller beteiligten Entitäten (Nutzer, Gegenstände, Abläufe und so weiter). Ganz entscheidende Unterschiede resultieren aus dem Fehlen einer Management-Struktur, welche Entscheidungs- und Weisungsbefugnis mit Durchgriff auf alle Beteiligten (inklusive Bürger und Unternehmen einer Stadt) hätte. Stattdessen herrschen Autonomie und Heterogenität vor, Offenheit und Diversität spielen daher eine substantiell größere Rolle und stehen in krassem Zielkonflikt mit der Notwendigkeit zur Integration entlang den vorgenannten Dimensionen mit ihren bislang ungekannten und unerreichten Größenordnungen. Heutige industrie- und forschungsgetriebene Projekte stoßen angesichts dieser Herausforderungen an verständliche Grenzen: In industriegetriebenen Projekten ist die Versuchung groß, vorhandene Lösungen (für smarte Fabriken, Unternehmen und so weiter) lediglich an städtische Problemstellungen anzupassen; in forschungsgetriebenen Projekten muss auf Beherrschbarkeit und Kohärenz geachtet werden, weshalb übergreifende Integration meist weniger gelingt als Fortschritte in Fokusbereichen (Smart Parking, Smart Street Lighting u. v. m.) – auch wenn Integration anfänglich meist ein wichtiges Ziel war.

Gliederung: Steuerung – Netz – Feld: Im letzten Abschnitt wurde argumentiert, weshalb trotz großer aktueller Anstrengungen erhebliche, ja entscheidende Problemstellungen auf dem Weg zur „cyberphysischen Stadt“ ungelöst bleiben. Dies wird im nächsten Unterkapitel konkretisiert, wozu an dieser Stelle vorbereitend noch eine grobe Struktur eingeführt wird: Cyberphysikalische Systeme werden dabei gegliedert in die drei Abschnitte Steuerung – Netz – Feld. *Feld* steht dabei für alle Aspekte der Stadt, die quasi online mit der IKT zu verbinden sind: *Sensorik* zur Erfassung der Realität der Stadt (klassische A/D-gewandelte Messwerte, moderne Umwelt- und sonstige Sensorik, Kameras etc.), vernetzte *Dinge* aller Art wie Maschinen, Fahrzeuge und so weiter sowie *Menschen* sowohl in der städtischen Leistungserbringung (beispielsweise Mitarbeiter von Entsorgungsbetrieben) als auch in der Bürgerschaft im Sinne von Datenquellen (Schadensmeldungen, Meinungsbilder bei Bürgerpartizipation und vieles mehr). *Steuerung* steht im vorliegenden Dokument für *Menschen* inklusive IKT-Schnittstelle, welche auf die Realität der Stadt *via IKT* Einfluss nehmen. Der interessierende Zeithorizont kann im Jahres- (Stadtplaner), Wochen- (Verwaltung) oder Realzeit-Bereich liegen (Verkehrskontroll-Zentralen, Notfall-Leitstellen). Auch Bürger und freie Wirtschaft müssen in die Lage versetzt werden, geeignet auf die Realität der Stadt zuzugreifen. Zwischen Steuerung und Feld sei wie erwähnt das *Netz* betrachtet: Es umfasst die gesamte Infrastruktur zwischen Erfassung der Realität der Stadt (Feld), menschlicher Einsichtnahme in diese Realität und Entscheidung (Steuerung) und Ausrollen von Entscheidungen (zurück ins Feld). In der Triade Steuerung – Netz – Feld ist bewusst die IKT nicht verortet: Heutige Ansätze verorten sie als Backend-System bei Stadtverwaltung und verbundenen Organisationen sowie punktuell im Feld (Mikroprozessoren in Ampelsteuerungen etc.); künftig wird mehr *Smartness* unmittelbar im Feld verankert sein und auch das Netz wird als Ort der Datenverarbeitung Bedeutung gewinnen (Schlagworte: In-Network Processing und Power to the Edge; zu dem Cloud Computing).

(T3) Sicherheit, Dynamisierung und integrative Modellierung sind entscheidende Querschnittsaufgaben

In These 2 (T2) wurde bereits auf die bisher nicht gekannten Größenordnungen beziehungsweise Skalen entlang verschiedener Zeit-, Raum-, Objekt-Dimensionen hingewiesen und auf den Zielkonflikt zwischen Integration und Offenheit beziehungsweise Heterogenität, nicht zuletzt aufgrund mangelnden Management-Durchgriffs. Deshalb wird als dritte These postuliert, dass quer über die Abschnitte Steuerung – Netz – Feld drei Problemstellungen besonders herausragen.

Sicherheit wird aufgrund zweier grundsätzlicher Gegebenheiten noch deutlich kritischer als schon in bisherigen cyber-physikalischen Systemen: Erstens bringt das neue Maß notwendiger Offenheit und Heterogenität viele bewährte Lösungen an ihre Grenzen, welche auf die seit Jahrzehnten in Firmen und Organisationen zu Grunde gelegte Schutzwall-Mentalität folgten. Zweitens wird integrierende IKT in der Stadt der Zukunft zum Zentralnervensystem und peripheren Nervensystem gleichzeitig – und damit von höchster wirtschaftlicher, sozialer und sogar überlebenskritischer Bedeutung. Daher steigt die Attraktivität als Angriffsziel dramatisch. Schadensabwehr im Sinne der IKT-Sicherheit ist daher von zentraler Bedeutung – dabei muss Schadensabwehr um Schadenstoleranz ergänzt und zur so genannten Resilienz integriert werden, was im Zusammenhang mit dem Netz im nächsten Unterkapitel thematisiert wird.

Dynamisierung nimmt einerseits Bezug auf Offenheit und Heterogenität, andererseits – und insbesondere – auf die riesigen Skalenunterschiede entlang der Zeit-Dimension. Diese Herausforderungen stehen in Konflikt zum klassischen Vorgehen beim Zuschnitt von Softwarelösungen auf Zielumgebungen, das insbesondere bei Unternehmenssoftware vorherrscht: Standardlösungen werden auf Basis kostspieliger Zielumgebungs-Analysen und -Modelle mit hohem Programmieraufwand angepasst und dann in der zugeschnittenen Form ausgerollt; Nachbesserungsbedarf führt im Wesentlichen zurück zu den sperrigen Analyse-, Modellierungs- und Programmierschritten, wenn auch meist in verkürzter Form. Dies ist in dreierlei Hinsicht für integrierende IKT für die Stadt der Zukunft intolerabel. Erstens muss Änderungsbedarf deutlich schneller realisiert werden können: Veränderungen sind aufgrund von Offenheit und Heterogenität weit weniger planbar, weshalb meist auf sie reagiert werden muss, statt sie antizipieren zu können. Zweitens ist der Änderungsbedarf aufgrund der städtischen Dynamik (Exploding Cities, Transforming Cities) und der langen Zeithorizonte der Städteplanung langfristig gegebenenfalls erheblich umfangreicher und grundlegender, was andere Systemmodelle und -strukturen sowie Dynamisierungs-Mechanismen verlangt. Drittens sind die *Änderungskosten* bei der herkömmlichen Vorgehensweise viel zu hoch, Ziel muss es daher sein, Dynamisierung bereits in die Systementwicklung einzubauen, was zum Teil grundlegend neue Konzepte erfordert.

Integrative Modellierung ist im vorliegenden Abschnitt zunächst als grundlegende Forderung zu verstehen, die im nächsten

Unterkapitel detailliert und zu F&E-Bedarfen verfeinert wird. Integration bei gleichzeitiger Offenheit beziehungsweise Heterogenität kann nur realisiert werden, wenn alle am IKT-System (in unterschiedlichen Rollen) Beteiligten und alle Systemkomponenten sich auf gemeinsame Modelle, Formate und Sprachen beziehen. Die enormen Objekt-Dimensionen über eine Vielzahl städtischer Belange und Aufgaben gibt diesem Aspekt eine absolute Schlüsselrolle. Dabei müssen für den Menschen leicht verständliche Ausdrucksmöglichkeiten ebenso wie maschinenlesbare, unmittelbar verarbeitbare Ausdrucksformen und Formate zusammengebracht werden, zwischen den *Sprachen* verschiedener Stakeholder muss gegebenenfalls ebenso übersetzt werden wie zwischen internen maschinenlesbaren Darstellungen unterschiedlicher Komponenten.

(T4) Wettbewerbs- und bürgerorientierte Infrastrukturen sind aus ökonomischer Sicht erfolgsentscheidend

Eine erfolgreiche Stadt der Zukunft muss ihre Wirtschaft und Bürger weit stärker als bisher konstruktiv in ihre Zukunftsgestaltung einzubeziehen, nicht zuletzt, um deren *Finanzierbarkeit* zu meistern. Dieser zunächst nicht-technische Gesichtspunkt hat substantielle Auswirkungen auf die technische IKT-Plattform, weshalb er als vierte These formuliert wird. Stadtentwicklung muss künftig mehr denn je im engen Schulterschluss mit der Wirtschaft vorangetrieben werden statt wie bisher vornehmlich durch Auftragsvergabe an die Wirtschaft. Ebenso muss Bürgerbeteiligung ein Gleichgewicht suchen zwischen Mitbestimmung einerseits und Mitverantwortung sowie wertschöpfender Beteiligung andererseits. Es braucht beides: optimalen Zuschnitt auf die Bedarfe der Wirtschaft und der Bürger sowie deren aktive Mitwirkung. Beides hat volkswirtschaftlichen Nutzen (Kostenreduktion, Qualitätsverbesserung, Attraktivität). Besonders bei den Transforming Cities kann eine gesunde Konkurrenz der Städte um Bürger das Leistungsangebot besser an (heutigen und künftig anzulockenden) Bürgern und Wirtschaftstreibenden zu orientieren helfen – mit IKT als Schlüsseltechnologie. Ohne diesen Wettbewerb ist zu befürchten, dass sich Städte nicht genug nach vorne orientieren oder bürokratische Strukturen und Verwaltungsakte, politische Vorgaben und Rechtsrahmen höher gewichten als Bürger-Bedürfnisse. Drei Aspekte erscheinen hinsichtlich einer Wettbewerbs- und bürgerorientierten Infrastruktur beachtenswert, sie werden in Abbildung 1 als Herausforderungen einer Wettbewerbs- und bürgerorientierten Infrastruktur (im Bild unten) dargestellt, zusammen mit den Bereichen und Querschnittsthemen der Kerninfrastruktur gemäß (T2) und (T3).

Einheitlicher Datenzugang: Die Erkenntnis *data is the new oil* ist in Europa angekommen, viele Unternehmen und Städte möchten an der von großen Datenmengen ausgehenden Wertschöpfung partizipieren. Leider wächst dadurch die Gefahr eines Dickichts geschützter, kostenpflichtiger und inkompatibler Daten, was eine quellenübergreifende Wertschöpfung immens erschweren würde und so dem Ansinnen der Daten-Schützer entgegensteht. Erschwerend kommt die Frage hinzu, inwieweit die Bürger und Urheber von Daten künftig selbst stärkere Rechten an den Daten haben oder ausüben werden, auch unabhängig von datenschutzrechtlichen Fragen. Diese Überlegungen zeigen, dass städtische IKT und Regulierung einheitlichen Zugang zu stadtbezogenen Daten sicherstellen muss, was Zugangspunkte und -mechanismen sowie Verrechnung betrifft.

Wettbewerbliche Innovation: Große Teile der gewünschten Stadtentwicklung werden künftig nicht aus öffentlichen Haushalten finanzierbar sein. Die Wirtschaft muss daher auf neue Art zur Stadtentwicklung beitragen können. Dazu muss sie erforderliche Investitionen als lohnend erkennen können. Die Stadt muss daher eine (IKT-)Plattform anbieten, auf der neue Dienste schnell große Verbreitung finden können und durch Nutzung vorhandener Basisdienste mit geringem Entwicklungsaufwand bereitgestellt werden können. Die Schaffung von höherwertigen aus einfacheren Diensten im Sinne der Wertschöpfung muss ebenfalls befördert werden.

Bürger-aktivierte Aufgabenbewältigung: Eine neue Qualität der Solidarität unter den Bürgern einer Stadt kann substantiell helfen, die enormen Herausforderungen beispielsweise in der Versorgung und Integration eingeschränkter leistungsfähiger Mitbürger zu meistern. Diese steigenden Bedarfe können durch ein ganzes Spektrum von (ehrenamtlichen, freundschaftlichen, aber auch freiberuflichen oder von Ämtern oder Dienstleistern organisierten und vergüteten) Angeboten reflektiert werden – ergänzend zu etablierten städtischen Leistungen.

3.3 NEUE LÖSUNGSANSÄTZE UND FORSCHUNGSBEDARF

Die nachfolgenden Abschnitte zu Lösungsansätzen und Forschungsbedarf im Bereich integrierender IKT für die Stadt der Zukunft nehmen die vorstehenden Thesen auf. Da (T1) den erreichten Stand charakterisiert, entsprechen die

nachfolgenden Unterkapitel 1.3.1 bis 1.3.3 den Thesen (T2) bis (T4). Die aufgeführten Forschungs- und Entwicklungsbedarfe werden fortlaufend nummeriert, sie ergeben neun Gruppen von Bedarfen (B1 bis B9).

3.3.1 Integrierende IKT als cyberphysisches System: Forschungsbedarf in Feld, Netz und Steuerung

(B1) Feld: Feld-Modellierung, Informationsqualität, Korrelation, Energie-/Kostenbewusstsein, Mobilzugang

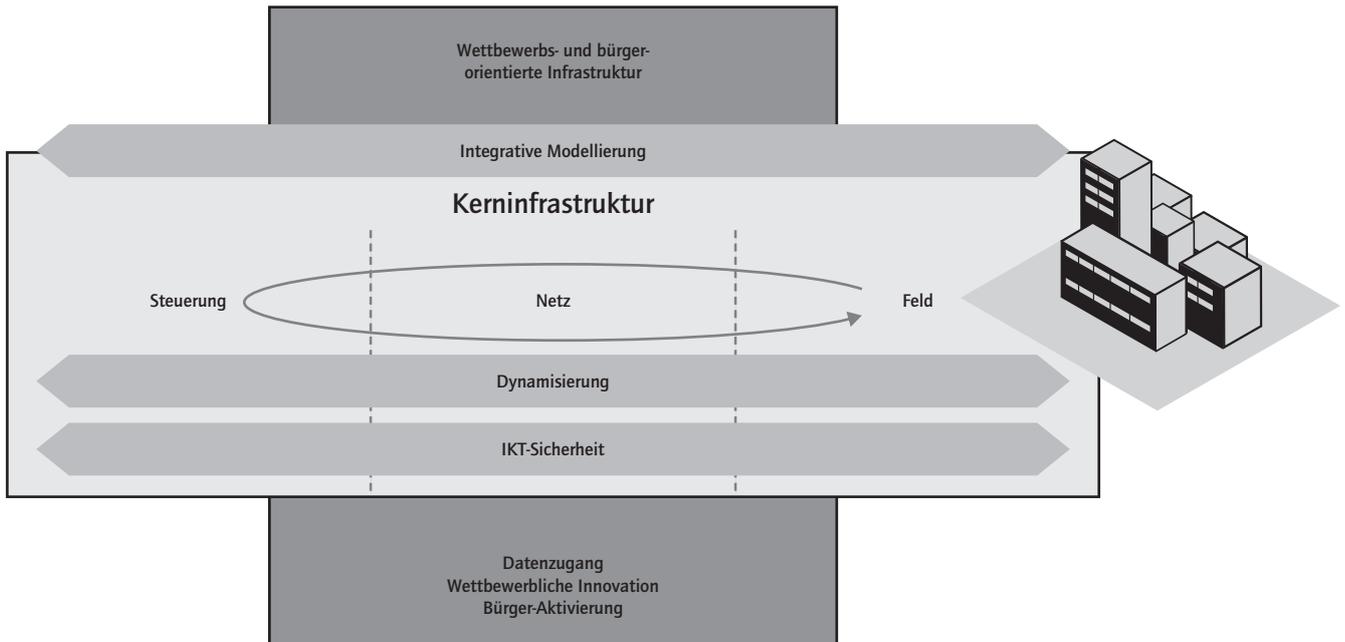
Die Zukunftsfähigkeit einer urbanen IKT-Plattform hängt wesentlich davon ab, wie eng und *intelligent* das Feld eingebunden werden kann. Dabei ist der Begriff *Feld* weit umfassender zu verstehen als heute üblich. Er umfasst drei Klassen von Entitäten wie bereits ausgeführt: *Sensoren*, beispielsweise zur Überwachung realer Abläufe in der Stadt, *Dinge*, das heißt Maschinen, Geräte, Fahrzeuge, Anlagen etc., sowie *Menschen*, was sowohl Mitarbeiter im Feld (wie Blue Collar Workers) als auch die Bürger einschließt. Der Anspruch integrierender IKT als Grundlage für die vielfältigen und verzahnten Aufgaben kann nur auf der Basis umfassender Modellierung geleistet werden, was sich in der Querschnittsaufgabe integrative Modellierung gemäß Abbildung 1 ausdrückt. Alle fünf nachfolgenden Herausforderungen im Feld fließen in diese Modellierung ein, nicht nur die erste.

Erstens sind in einer umfassenden *Feld-Modellierung* die betroffenen *Entitäten* (Sensoren, Dinge, Menschen) und *Verarbeitungsprozesse* zu erfassen. Dies erfordert erhebliche F&E-Anstrengungen, weil beteiligte Forschungsgebiete wie *Sensornetze*, Big Data etc. einer übergreifenden Modellierung (von Daten und Prozessen) unterzogen werden müssen. Beispielsweise liefern Sensoren in der Verkehrsleitung Daten zu Verkehrsdichten, welche die Ampelsteuerung (*Dinge*) und damit den Verkehrsfluss für die *Menschen* verändern. Innovative intelligente Systeme entstehen durch über alle drei Aspekte rückgekoppelte Systeme. Dabei kann beispielsweise bürgerseitige partizipatorische Sensordatenerfassung grüne, das heißt verbrauchsoptimierte Routen ermitteln.⁴ Eine permanente F&E-Herausforderung besteht darin, Dienstentwicklern offenen Zugang zu immer höherwertigeren Informationen zu ermöglichen, die aus den elementaren Datenspuren über Sensoren, Dinge und Menschen abgeleitet werden. Zur Vereinfachung wird nachfolgend beispielhaft anhand des Problembereichs Sensoren argumentiert, eine nationale F&E-Strategie muss aber alle Arten von Entitäten umfassen.

⁴ Vgl. Ganti et al. 2010.



Abbildung 1: Grobarchitektur und Handlungsfelder einer integrierenden IKT für die Stadt der Zukunft: Kerninfrastruktur als cyberphysisches System mit den drei Abschnitten Steuerung – Netz – Feld und drei Querschnittsbereichen, verzahnt mit einer Wettbewerbs- und bürgerorientierten Infrastruktur



Als Zweites ist – vor allem auf der Datenebene – die Problematik der *Informationsqualität* (Quality of Information) verstärkt anzugehen. Zwar wird die Bereitstellung von Daten aus Sensoren als offenen und verlinkten Datenquellen⁵ weltweit beforscht, auch in Deutschland. Es gibt aber bis heute keinen weltweiten Standard für offene Daten, der besonders die Dynamik sich verändernder Sensorquellen erfassen würde, geschweige denn deren probabilistische und fehlerbehaftete Natur. Letzteres wird benötigt, um bei gegebenem Messwert die Wahrscheinlichkeitsverteilung für den tatsächlichen Wert und die Wahrscheinlichkeit einer gänzlichen Fehlmessung zu bestimmen. Hier fehlen standardisierte Modelle und Formate und teilweise Forschung, vor allem was den Transport der probabilistischen, fehlerbehafteten Daten durch die Verarbeitungskette (und über die Zeit) angeht.

Drittens sind Fortschritte in der *Korrelation* von Sensordaten erforderlich, dies betrifft Sensorebenen, -typen und Kalibrierung. Zum Verständnis sei beispielhaft eine Aufteilung in drei Ebenen erläutert. Als oberste Ebene seien Infrastruktur-Sensoren angenommen mit genormtem Verhalten wie Luftqualitäts-

Messstationen oder Induktionsschleifen. Nachteile hoher Kosten und niedriger Datendichte stehen hier sehr hoher Datenqualität gegenüber. Als mittlere Ebene seien drahtlose Sensornetzwerke betrachtet, die zunehmend kommerzielle Verbreitung finden. Diese liegen in Kosten und typischer Datendichte und -qualität zwischen denen der anderen Schichten. Bei partizipativen Sensoren⁶ als unterster Ebene fungieren quasi Bürger (mit Mobilgeräten) als Sensoren, flächendeckende Bürgerbeteiligung ermöglicht hier potenziell höchste Datendichte und geringste zentrale Investitionskosten; Nachteil ist die geringe Datenqualität bis hin zu absichtlichen Verfälschungen. Ebenübergreifende Daten-Korrelation⁷ in der IKT-Plattform kann nun bestmögliche Messwertdichte bei bestmöglicher Qualität erzielen unter Einsatz von Methoden des maschinellen Lernens oder mathematischer Korrelation. Typenübergreifende Korrelation liegt vor, wenn hochwertige Sensoren bestimmter Typen, beispielsweise Feinstaub, Trainingsdaten an Gruppen anderer Sensor-Typen (wie für Temperatur, Wind, Verkehr und so weiter) liefern. Zur Kalibrierung können beispielsweise schwankende Messkurven mobiler Sensoren mit Daten naheliegender geeichter Sensoren korrigiert werden. Obwohl vielversprechende

⁵ Vgl. Lapi et al. 2012.

⁶ Vgl. Christin et al. 2011.

⁷ Vgl. Rickenbach von/Wattenhofer 2004.

Forschungsergebnisse in den angeführten Bereichen erzielt wurden, fehlt es noch an zuverlässigen, wiederverwendbaren Ansätzen und Verfahren.

Energie-/Kostenbewusstsein wird mit zunehmender Verbreitung von Sensoren (und anderen Entitäten) immer wichtiger: Umfangreiche Sensornetze sind abseits vorhandener Energie-Infrastrukturen (Straßenbeleuchtung, Oberleitungstrassen und so weiter) nur drahtlos und batterie- oder solargetrieben realisierbar. Hohe Gesamtbetriebsdauer (Batterie) beziehungsweise optimale Ausnutzung der prognostizierten Energieausbeute im Tagesverlauf für Messungen, Vorverarbeitung, Übermittlung und Routing im Netz sind dabei die Optimierungsziele. Kostenoptimierung betrifft bei zunehmender Sensordichte auch den im Feld anzutreffenden Mix von Netz- und Übertragungstechniken, teils im öffentlichen Mobilfunk (GPRS, 3G, WiFi, 4G/LTE, 5G), teils außerhalb (Zigbee, NFC, Bluetooth, WiFi, BOS-Netze). Koordination und Austauschbarkeit dieser Netze muss nicht nur Datenraten und Reichweiten verbessern helfen, sondern auch Betriebskosten minimieren durch optimale Auswahl (Platzierung von Gateways, Übergang ins Festnetz und so weiter), Wettbewerb und entsprechende Geschäfts- und Betriebsmodelle.

Bei Fragen des *Mobilzugangs* zu Daten, Anwendungen und Prozessen im Feld durchdringen sich die Plattformbereiche Feld und Steuerung, weil die Menschen dabei sowohl Entitäten des Felds sind als auch Steuernde. Ähnlich wie im Bereich Steuerung sind insbesondere Defizite in der Mensch-Computer-Interaktion zu beheben. Als wichtige Herausforderung sei die Erschließung der (IT-weit) großen Fortschritte bei innovativen Endgeräten genannt (Datenbrillen, roll- und faltbare Displays etc.); für diese sind insbesondere passende Interaktionskonzepte mit Blick auf Aufgaben der Stadt der Zukunft zu erforschen (innovative Bürgerdienste, Anbindung von Mitarbeitern und so weiter). Neben der Mensch-Computer-Interaktion ist der Privatsphären-Schutz für Menschen im Feld und für deren Daten in der Weiterverarbeitung als große Herausforderung zu nennen.

(B2) Netz: resiliente kritische städtische Infrastrukturen und netzinterne Verarbeitung

Der Bereich *Netz* gemäß Abbildung 1 umfasst alle Facetten des *K* in IKT. Zwei Entwicklungen sind herauszuheben. Erstens: Aus Kostengründen und im Rahmen fortschreitender Konvergenz

dominiert und vereinnahmt das Internet⁸ fast alle Bereiche dessen, was wir heute als (Kommunikations-)Netz verstehen: Das Internet ist dadurch zunehmend eine kritische Infrastruktur. Zweitens: Das Internet wird auch Basis der Smartness, also des steuernden Rückgrats anderer kritischer Infrastrukturen. Seit Jahren ersetzt Internettechnologie proprietäre Netze in der Anlagensteuerung⁹; in jüngerer Zeit werden diese nun zunehmend untereinander und mit Backend-Systemen verknüpft sowie mit Sensor-Netzen, die so ebenfalls Teil des Internets werden. In Deutschland wird insbesondere die Energiewende diesen Trend beschleunigen: Regenerative, dezentrale Energiequellen erfordern intelligente Vernetzung im Energiesektor¹⁰, Smartness muss die – nun kleinteiligere und schlechter planbare – Energieerzeugung mit dem kapazitätsbegrenzten Verteilnetz und zunehmend flexibilisiertem Verbrauch abgleichen.¹¹ Da die Energiewende Investitionen in (internetbasierte) IKT hervorruft und die dabei entstehende Smartness Potenzial für Optimierung und Kostendämpfung in anderen Infrastrukturen eröffnet, beschleunigt die Energiewende die Entwicklung des Netzes zum *Nervensystem aller kritischen städtischen Infrastrukturen*.

Kritische Infrastrukturen müssen aber weit besser auf Schäden vorbereitet werden als unkritische, weil ihr Ausfall das öffentliche Leben beeinträchtigt bis hin zu Gefahren für Leib und Leben. Schäden können mutwillig herbeigeführt, durch technisches oder menschliches Versagen verursacht oder durch Naturereignisse hervorgerufen werden. Abhängigkeitsgrad und technische Anfälligkeit bestimmen die erforderliche Vorsorge. Die technische Abhängigkeit nimmt mit internetbasierter Funktionalität meist zu (Ampelstörungen werden durch Rückfall auf Verkehrszeichen erträglich, gestörte autonome Kfz sind dagegen fahruntauglich).

Besonders kritisch ist die erhebliche Bedrohung durch Cyberangriffe zu sehen (die schon beim genannten Beispiel Ampelsteuerung nicht allein durch Rückfall auf Verkehrszeichen erträglich wären). IT-Sicherheit als Mittel zur Abwehr von Cyberangriffen wird in Unterkapitel 1.3.2 thematisiert, hier wird thematisiert, dass diese Schadens-Abwehr um Schadens-Toleranz ergänzt werden muss für die nicht zu unterschätzende Restwahrscheinlichkeit erfolgloser Abwehr (durch IT-Sicherheit). Die Vielzahl von Medienberichten über Vorfälle der letzten Jahre macht deutlich, dass IT-Sicherheit allein nicht

⁸ Aus Platzgründen wird nicht sauber zwischen dem Internet als Infrastruktur und Internet-Technologie unterschieden.

⁹ Vgl. Dzung et al. 2005.

¹⁰ Vgl. Farhangi 2010.

¹¹ Vgl. Potter/Archambault 2009

ausreicht. Die ergänzend notwendige Schadens-Toleranz wird hier deshalb getrennt diskutiert, weil sie sich gut mit Toleranz gegen andere Schäden (beispielsweise durch Naturereignisse) an der IKT kritischer städtischer Infrastrukturen verbinden lässt, wobei die Maßnahmen teils schadensstypunabhängig und teils spezifisch sein müssen.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich als zentrale Herausforderung die Erforschung und Erarbeitung einer umfassenden Methodik für *resiliente kritische städtische Infrastruktur-IKT*. Dabei steht *Resilienz* für einen Schadens-Toleranz-Zyklus aus Abwehr, Erkennung, Entschärfung und Heilung, eingebettet in einen längerfristigen Planungszyklus, der unter anderem Systementwurf, Analyse/Optimierung und rechtliche Maßnahmen umfasst (der Beginn beim Entwurf macht deutlich, dass Resilienz nicht beliebig *nachrüstbar* ist). Ausfälle durch natürliche, technische oder physische menschliche Eingriffe müssen ebenso behandelt werden wie böswillige Angriffe auf Soft- und Firmware oder gar Aktivierung lieferseitig schon vorhandener Schädlinge. Im (zeitkritischen) Schadenstoleranz-Zyklus bezieht sich Abwehr insbesondere auf die Einbindung der IT-Sicherheit gemäß 1.3.2. Zu den restlichen drei Schritten ist Folgendes anzumerken:

- (1) *Erkennung*: Im Betrieb gilt zunächst, Angriffe zu erkennen. Dafür müssen bekannte Ansätze zur Anomalie-Erkennung¹² erweitert werden für deutlich bessere verteilte Erkennung: Angriffe erfolgen häufig mit Bot-Netzen aus Millionen vernetzter (gekaperter) Computer, während kooperative vernetzte Abwehr erst am Anfang steht.
- (2) *Entschärfung*: Erkannte erfolgreiche Angriffe müssen schnellstmöglich isoliert werden, um die Ausbreitung einzudämmen. Dies kann durch gezielte Abschottung und Rückfall auf teilautonome Inseln erfolgen und muss verbunden werden mit der Umschaltung auf Ersatznetze und -betrieb. Netzbetreiber preisen oft die Redundanz von Knoten und Übertragungswegen, die bei Ausfällen automatisch auf Alternativen umschalten; leider benutzen die Alternativen meist dieselben Systeme, Protokolle und Standards; solche Monokulturen können technisches Versagen und Naturereignisse abfedern, nicht aber Cyberangriffe. Komplette andere Netze werden gescheut aufgrund des höheren Aufwands, hier besteht also großer Nachholbedarf. Neue Wege beschreitet hier die Forschung an CityMesh-Netzwerken:

Sie zeigt, dass durch regulatorische Maßnahmen schnell und kostengünstig gerade in Städten Alternativ-Netze bereitgestellt werden könnten (zu Festnetz, Mobilfunk und BOS-Netzen), um für Notfälle wie Katastrophen und Cyberangriffen gerüstet zu sein. Dazu würden in privater Hand befindliche WLAN-Router nachgerüstet mit Meshnet-Fähigkeit, USV und sicheren Notbetriebs-Protokollen.¹³

- (3) *Heilung*: Im letzten Schritt sind nach systematischer Analyse der Schadensursachen und fall-spezifischer Planung die Auswirkungen des Angriffs möglichst automatisch zu heilen. Wiederholungen sind durch Rückkopplung bis zurück zur Planungsphase auszuschließen oder in der Wirkung zu dämpfen.

Netziinterne Verarbeitung

Entitäten im Netz (Sensoren, Dinge, Menschen) können potenziell unbegrenzt Daten erzeugen. Für die systematische Analyse dieser Datenmassen haben sich die Schlagwörter *Big Data* und *Data Analytics* eingebürgert. Die dabei benötigten Speicher- und Verarbeitungskapazitäten führten zur Forderung nach leistungsfähigeren Backend-Systemen und insbesondere nach geeigneten Cloud-Computing-Ansätzen. Allerdings wächst die Zahl der Forscher, die bei einer überwiegenden Verarbeitung in Backend- oder Cloud-Systemen unlösbare Beschränkungen sehen hinsichtlich Datenmengen und Latenz. Das Datenmengen-Problem ist meist noch nicht akut, weil viele Daten aus dem Feld (wie Messwerte) sehr kompakt sind. Die unbeschränkte Zahl von Entitäten sowie *gefährlichere* Sensoren, zum Beispiel Kameras, können aber städtische Netze bald überlasten. Das Latenz-Problem lässt sich an Abbildung 1 ablesen, wenn man Backend- und Cloud-Systeme unter Steuerung subsumiert: Die Schleife Feld – Netz – Steuerung – Netz – Feld wird dann zum Problem, weil Ausgaben ans Feld, die von Eingaben vom Feld abhängen, über diese Schleife schwerlich unter strengen Realzeitanforderungen gekoppelt werden können.

Als Lösung dieses Problems muss offensichtlich die Verarbeitung näher ans Feld herangeführt werden. Seit Jahren wird an Verarbeitung im Netz geforscht (Active Networks, In-Network Processing), die Ansätze setzten sich aber aus diversen Gründen (Knotenheterogenität, ISP-Hoheit, Konkurrenzdruck beim Datendurchsatz etc.) nicht allgemein im Internet durch. Die wachsende Bedeutung virtueller Netzwerke und

¹² Vgl. Chandola et al. 2009.

¹³ Vgl. Panitzek et al. 2012.

von Cloud-Computing auf Basis virtueller Maschinen ermöglicht nun neue Ansätze, um cloud-basierte verteilte Anwendungen – nicht zuletzt im Bereich Big Data/Data Analytics – näher ans Feld zu bringen: Die Verarbeitung kann über Feld, Netz und Backend beziehungsweise Cloud *verschmiert* werden, feldnahe Bestandteile können außerdem mit mobilen Entitäten im Netz (Menschen, Fahrzeuge) mitwandern. Microsoft Research hat entsprechende Konzepte unter dem Schlagwort *Cloudlets* propagiert¹⁴, Cisco verwendet den Begriff *Fog Computing*.¹⁵ Für die IKT der Stadt der Zukunft bieten solche Ansätze einerseits die erwähnten Vorteile; sie sind andererseits lohnenswert, weil sie eine hervorragende Grundlage bilden, um im Sinne der Resilienz Konzepte zu fördern, die im Schadensfall auf (zumindest behelfsmäßig) autonome Verarbeitunginseln in feldnahen Netzbereichen umzusteigen.

(B3) Steuerung: Nutzer-Befähigung und Teamarbeit

Die Belange der Benutzer, namentlich der Blue-Collar Workers, werden in heutigen cyberphysikalischen Systemen unzureichend adressiert. Dies galt bereits für cyberphysikalische Systeme im Geschäftsprozess-Umfeld (Realtime Enterprise), für die Stadt der Zukunft ist das Problem drängend. Die jüngsten Innovationen im Bereich neuartiger Interaktionsgeräte (roll- und faltbare Displays, Datenbrillen, Tabletops etc.) sollten dabei nutzbar gemacht und mit anderen Modalitäten (Sprache, implizite Interaktion etc.) sowie Technologien für Kontextbewusstsein kombiniert werden. Abhängig vom Anwendungsfeld empfehlen sich einige neuere Technologien besonders, beispielsweise Pen-and-Paper-Interaktion und Paper-like-Displays für stadtplanerische Anwendungen.¹⁶ Besonderes Augenmerk ist darauf zu richten, dass die Forschung geeignete benutzerfreundliche Interaktionskonzepte¹⁷ für die gewählten Technologien und die speziellen Anforderungen der Stadt der Zukunft entwickeln muss. Daneben sind Architekturen und Plattformen zu entwickeln, die Interaktionsentwicklung wirtschaftlich machen. Solche Plattformen sind heute nicht flexibel genug, Lösungsansätze aus dem akademischen Umfeld wie COMETS¹⁸ gehen dagegen nicht hinreichend auf die Fähigkeiten neuester Interaktionsgeräte ein. Im Zusammenhang mit der zunehmenden Verbreitung von Web-Techniken mit HTML5 besteht aktuell Förderungsbedarf,

damit zukünftige Web-Standards die Bedürfnisse der Stadt der Zukunft berücksichtigen.

Anwendungen im Bereich Steuerung der Stadt der Zukunft erfordern mehr denn je synchrone Kollaboration: In Leitstellen und Kontrollzentren müssen Mitarbeiter besser verzahnt werden, in anderen Anwendungsbereichen müssen verschiedene Experten zu gegebenen Problemstellungen kooperieren. Auch in diesem Umfeld sind erhebliche F&E-Anstrengungen zu empfehlen, weil durch jüngste Technologieentwicklungen (E-Walls, Tabletops, Paper-like-Displays etc.) bessere Kooperation möglich wird, geeignete Interaktionskonzepte und Unterstützungssysteme aber weder allgemein noch für die Stadt der Zukunft verfügbar sind. Auch jüngere Fortschritte in der Kooperationsunterstützung auf Basis herkömmlicher Technologie sind dabei einzubeziehen, die in der Industrie (proprietär bei Skype, Google etc.) oder im akademischen Umfeld (freie Plattformen¹⁹ etc.) entstanden.

Schließlich sollten für Smart Cities auch diverse Formen *smarter Interaktion* ermöglicht werden. Fortschritte bei statistischen Methoden und maschinellem Lernen, kombiniert mit der unter (B1) thematisierten künftigen Datenfülle, lassen deutliche Fortschritte erhoffen in mehreren Bereichen smarter Interaktion. Beispielsweise kann kontextsensitive Interaktion künftig bei der Ziel-Erreichung unterstützen (etwa durch Anzeige relevanter Informationen auf Grundlage beobachteter Ereignisse²⁰) bis hin zur Erkennung von Nutzerintentionen; auch proaktive, das heißt vorausschauende Interaktion, Interaktion mit smarten Dingen, Räumen, Fassaden etc.. sowie implizite Interaktion (Anpassung von Systemen an Gruppenkonstellationen, Posen und vieles mehr) sind hier zu nennen.

3.3.2 Querschnittsthemen IKT-Sicherheit, Dynamisierung und integrative Modellierung

(B4) Genuine IKT-Sicherheit

(Konzept: J. Rix; Text: J. Rix, M. Mühlhäuser)

Wie in (B2) thematisiert, ist Schadens-Abwehr durch IT-Sicherheit höchst bedeutsam aufgrund der Attraktivität künftiger städtischer IKT für Angreifer, außerdem ist die Schadens-Toleranz zu

¹⁴ Vgl. Satyanarayanan et al. 2009.

¹⁵ Vgl. Bonomi et al. 2012

¹⁶ Vgl. Sareika/Schmalstieg 2007.

¹⁷ Dies wurde beispielsweise von Huber et al. 2010) für Navigation in großen Video-Datenbeständen auf Mobilgeräten gezeigt.

¹⁸ Vgl. Demeure et al. 2008.

¹⁹ Vgl. Beispielsweise De Alwis et al. 2009; Aitenbichler et al. 2007.

²⁰ Vgl. Bao/Dietterich 2011.

umfassender Resilienz zu integrieren. Wie in These (T3) ausgeführt, steht IT-Sicherheit für die Stadt der Zukunft zudem vor neuen technischen Herausforderungen, weil Anzahl, Heterogenität und Offenheit zu integrierender Komponenten bessere Lösungen erfordern. Beispielsweise taugen herkömmliche Konzepte auf Basis von Schutzwällen (Firewalls) nur noch sehr eingeschränkt. Bestandteile integrierter Anwendungen werden auf geteilten Infrastrukturen realisiert; auch die verarbeiteten Datenmengen sind nicht mehr streng getrennt, sondern werden in verschiedenen Geschäftsmodellen verwertet.²¹ Integration ist deshalb nicht nur eine Erweiterung existierender Technologien.

Neben der Entwicklung einzelner technischer Systeme benötigt die Stadt der Zukunft auch grundlegende Neuerungen bzgl. Kommunikationsinfrastrukturen und Sicherheitsarchitekturen²², um den teilweise widersprüchlichen Anforderungen der beteiligten Stakeholder (Stadt und verbundene Organisationen, Individuen, Behörden, Firmen, Vereine etc.) gerecht zu werden. Die besondere Bedeutung der Kommunikationsnetze für die Stadt der Zukunft und ihre Sicherheit soll nachfolgend dadurch hervorgehoben werden, dass durchgehend der Terminus *IKT-Sicherheit* verwendet wird. Anforderungen an die IKT-Sicherheit ergeben sich für alle Anwendungsbereiche der Stadt der Zukunft, die durch IKT-Plattformen unterstützt werden, wie Verwaltung und Planung, Infrastrukturen für Kommunikation, Mobilität (Verkehr und Transport/Logistik), Versorgung (Energie-, Wasser-, Lebensmittel, etc.), Notfall- und Katastrophenrettung und vieles mehr – und dabei für alle Stakeholder.

Typen von Sicherheitsanforderungen

Klassische IKT-Sicherheit folgt drei Schutzziele: Authentizität, Integrität und Vertraulichkeit. Diese bleiben grundlegend, charakterisieren die IKT-Sicherheit in der Stadt der Zukunft aber nicht ausreichend, weshalb nachfolgend wichtige Sicherheitsanforderungen für die IKT-Plattform und ihre Schnittstellen aufgeführt werden.

Sichere Identität und Identifikation. Sowohl technische Komponenten als auch Personen und Organisationen müssen sicher identifiziert werden können. Zusätzlich zu den (zumindest in Deutschland) existierenden Prozessen der Registrierung

(Einwohnermeldeamt, Handelsregister etc.) und Identifikationsmerkmalen (wie Personalausweis) sind für die Stadt der Zukunft sichere digitale Identifikationsmechanismen vorzusehen – ihre Integration ist bislang erst ansatzweise gelöst. Außerdem ist Identifikation mit Datenschutz in Einklang zu bringen.²³

Datenschutz/Privatsphäre. Anforderungen an Daten- und Privatsphärenschutz ergeben sich aus den Grundrechten und dem Grundgesetz.²⁴ Sie dürfen durch IKT-gestützte Maßnahmen und Prozesse nicht unzulässig eingeschränkt werden. Die entsprechenden Anforderungen stehen oft im Widerspruch zu funktionalen Anforderungen zum Beispiel für Systeme zur Verbesserung der öffentlichen Sicherheit.

Prozesssicherheit. Im IKT-Zusammenhang bedeutet Prozesssicherheit, dass IKT-gestützte Prozesse und Anwendungen nicht so manipuliert werden können, dass ein Schaden entsteht. Das Spektrum reicht dabei von materiellen über physische Schäden am Menschen (Manipulation einer automatischen U-Bahn-Steuerung etc.) bis zu psychischen (wie Mobbing in sozialen Netzwerken). Prozesssicherheit umfasst also den Schutz vor jedweder böswilligen Ausnutzung von IKT-Prozessen, die auf den IKT-Plattformen der Stadt der Zukunft ablaufen. Unter den Sicherheitsanforderungen an die IKT der Stadt der Zukunft ist Prozesssicherheit mit die komplizierteste und dabei eine der am stärksten vernachlässigten, sodass hier erheblicher Forschungsbedarf besteht.

Sicheres Geld und sichere Bezahlverfahren. Das gesellschaftliche und wirtschaftliche Leben in der Stadt der Zukunft wird wie heute sichere und verlässliche Zahlungsmittel benötigen. Traditionell ist Bargeld-Versorgung so wenig städtische Aufgabe wie der Betrieb von Infrastrukturen für elektronische Bezahlverfahren. Künftig werden aber IKT-Plattformen interessant, die für Industrie und Handel sowie deren Kunden einheitliche und insbesondere sichere Bezahlverfahren anbieten. Die Entwicklung mobiler und dynamischer Bezahlverfahren ist nicht abgeschlossen, neue Verfahren könnten Bezahlvorgänge insbesondere für Städte weiterentwickeln.²⁵

Zwei weitere Bereiche sind stark mit der Herausforderung resilienterer Netze (B2) verquickt:

²¹ Vgl. Walravens/Ballon 2013.

²² Vgl. Smart Cities Project 2010.

²³ Vgl. Cofta 2008.

²⁴ Vgl. Buchmann (Hrsg.) 2012.

²⁵ Siehe beispielsweise Baldimtsi et al. 2012.

Versorgungssicherheit. Die Sicherheit der Versorgung ist ein weites Thema für die Stadt der Zukunft.²⁶ Sie umfasst sowohl die Verfügbarkeit der jeweiligen Güter als auch die Kontinuität der Versorgung und die gerechte Verteilung. Als übergeordnete Anforderung kann sie nicht alleine durch IKT-Sicherheitsmechanismen erreicht werden, sie wird aber zunehmend abhängig von deren Verfügbarkeit und damit Resilienz.

Verfügbarkeit und Erreichbarkeit von IKT-Diensten. Je mehr Prozesse in der Stadt von IKT abhängen, desto wichtiger werden Verfügbarkeit und Erreichbarkeit für alle Bereiche des öffentlichen Lebens und von Wirtschaft und Handel. Die Forderung umfasst nicht nur technische Verfügbarkeit (zum Beispiel Widerstandsfähigkeit gegen sogenannte Denial-of-Service-Angriffe), sondern auch fairen Zugang ohne Diskriminierung.

Bewertbarkeit von Sicherheit und Vertrauenswürdigkeit. 100-prozentige Sicherheit ist für IKT-Systeme ebenso illusorisch wie für andere Lebens- und Technik-Bereiche. Viele Befunde der letzten Jahre zeigen, dass selbst bewiesene sichere Verfahren durch organisatorische oder Implementierungs-Fehler angreifbar werden. Für Risikobewertungen, Kauf- und Nutzungsentscheidungen müssen daher Mechanismen geschaffen werden, die beispielsweise mithilfe der Computational-Trust-Forschung die relative Sicherheit (und möglichst generell des Grads von Vertrauenswürdigkeit) abzuschätzen gestatten.

Ordnungskriterien für die Forschung und Entwicklung zur IKT-Sicherheit der Stadt der Zukunft

IKT-Sicherheit hat sich zu einem so vielgestaltigen und breit beforschten Gebiet entwickelt, dass sich mehrere Dimensionen mit vielen Kategorien anbieten, um die Forschung in diesem Bereich mit Zuschnitt auf die Stadt der Zukunft zu organisieren. Nachfolgend sollen drei solche Dimensionen kurz thematisiert werden.

- (1) **Sicherheit als Bestandteil der IKT-Plattform:** Entlang dieser Dimension kann sich die Forschung an wesentlichen Bestandteilen der Plattform orientieren, was Forschungsbereiche wie sichere Kommunikation (Netz), sichere Sensorik-Plattformen und so weiter ergibt; anwendungsorientiert kann nach Bereichen wie *sichere Verwaltungsplattformen* oder *Schnittstellen zu Dienstleistungen für verbesserte IKT-Sicherheit* gegliedert werden.
- (2) **Sicherheits-Basistechnologien:** Als alternatives Ordnungskriterium kann IKT-Sicherheit entlang erforderlicher neuer Grundlagen organisiert werden. Der Begriff *neuartige Sicherheitstechnologien* kann dabei grundlagenorientierte Beiträge bezeichnen, weiterer F&E-Bedarf könnte wie folgt bezeichnet werden: *Vertrauenswürdige städtische IKT-Kernetze* (auf Basis von Hardware-Sicherheit), *Sicherheit und Privatheitsschutz für Big Data*, *Trust Areas und Vertrauensbewertung* (insbesondere auf der Basis von Computational Trust), *Versorgungs- und Betriebssicherheit in städtischen Poly-Energie-Netzen*, *informationelle Selbstbestimmung und Bürgerpartizipation* sowie *Sicherheitsplattformen für Mehrwertdienste*.
- (3) **Sicherheitsbezogene Verfahrensweisen (Prozesse):** Als dritte Klassifikationsmöglichkeit bietet sich an, Verfahrensweisen beziehungsweise Prozesse bei der Erstellung und Nutzung einer sicheren IKT-Plattform der Stadt der Zukunft zu betrachten. Sechs Kategorien seien beispielhaft genannt. (1) *City Security by Design* als Leitmotiv, um Sicherheit vom Entwurf weg zu berücksichtigen; (2) *Bereitstellung städtischer Sicherheitsdienste* als Ausdruck der Notwendigkeit, IKT-gestützte Sicherheitsprozesse und -dienste für Bürger und Unternehmen anzubieten – was deutlich verbesserte Benutzbarkeit (Usability) verlangt; (3) *Entwicklung von Sicherheitsschnittstellen* bezeichnet die umgekehrte Richtung, das heißt die Notwendigkeit, Entwicklung und Sicherstellung von IKT-Sicherheit teilweise an den privaten Sektor auszulagern; Verfahrensweisen können dabei helfen, Sicherheitsdienstleistungen der IKT-Plattform unabhängig, aber kontrolliert und wohldefiniert privatwirtschaftlich erbringen zu lassen; (4) *prozessbasierte Adressierung des Zielkonflikts Privatheitsschutz – Dienstkomfort* bezeichnet (zu entwickelnde) Vorgehensweisen, um den Dauerkonflikt zwischen informationeller Selbstbestimmung und besseren Prozess-, Dienst- und Sicherheitsangeboten zu adressieren; (5) *prozesszentrierte Sicherheit* greift die Notwendigkeit auf, vielfältige Sicherheitsinstrumente und Vertrauensbewertungsmechanismen über viele Komponenten hinweg zu unterstützen, was gerade bei datenintensiven Abläufen wie bei Big Data Prozesssicht verlangt; (6) *Sicherheits-Grundlagenforschung* ist wie erwähnt wesentlich und ebenfalls aus dem Blickwinkel geeigneter Prozesse und Verfahrensweisen denkbar. Sie könnte sich offenen Spannungsfeldern widmen zwischen Sicherheit und beispielsweise Echtzeitanforderungen, Privatheitsschutz, wenig kontrollierter Automatisierung etc.

²⁶ Vgl. Fishedick 2012.

(B5) Dynamisierung als System-von-Systemen

(Konzept: I. Schieferdecker, Text: I. Schieferdecker, M. Mühlhäuser)

Dynamisierung städtischer Infrastrukturen erfordert Strategien zur Weiterentwicklung bestehender Regularien, Prozesse und technischer Infrastrukturen sowie zur Förderung und Einbeziehung notwendiger Forschung in den technischen, soziotechnischen und politik- und verwaltungsorientierten Wissenschaften. Dynamisierung betrifft sowohl die Kerninfrastruktur als auch die wettbewerbs- und bürgerorientierte Infrastruktur aus Abbildung 1. Neue Konzepte müssen auf dem Stand bekannter technikzentrierter Anforderungen und Lösungen für IKT-Plattformen aufbauen wie nachfolgend aufgezählt; diese stellen quasi erste Stufen der Dynamisierbarkeit dar²⁷:

Offenheit, Standardisierung und Interoperabilität zur Beherrschung der Heterogenität, die wie erwähnt aufgrund der Vielfalt an Aufgaben und Stakeholdern und mangelnden Management-Durchgriffs weit herausfordernder ist als in herkömmlichen IKT-Plattformen; als Lösung kommen Ansätze für Offenheit infrage, diese werden in den Bedarfen (B7) und (B8) vertieft. Sie stehen teilweise in Konflikt mit Anforderungen wie Leistungsfähigkeit (Durchsatz etc.) und Ausfallsicherheit. Offene Standards tragen andererseits gleich in mehrerlei Hinsicht zur Lösung der Dynamisierungsprobleme bei: (1) Die Entwicklung von Diensten wird erleichtert, insbesondere dann, wenn der Standard weite Verbreitung findet und sich so eine hinreichende Entwicklergemeinschaft bildet. (2) Wettbewerblich agierende Dienstentwickler und -anbieter können ihre Dienste auf verschiedenen, interoperablen Marktplätzen anbieten. (3) Die Integration existierender proprietärer Software (die beispielsweise bereits Teil der städtischen Verwaltungsstruktur ist) wird erleichtert.

Skalierbarkeit/Modularität als Antwort auf starkes Wachstum in Exploding Cities²⁸ und Veränderungen in Transforming Cities und Mittel zur Anpassung der IKT-Plattform an veränderliche Anforderungen. Um eine breite Streuung an Größen und Belangen zu unterstützen, sollte die Architektur in jeder Dimension modular gestaltet werden, sodass die jeweils benötigten

Komponenten städtespezifisch zu einer Gesamtlösung kombiniert werden können – bis hin zum dynamischen Outsourcing vertikal oder horizontal gruppierter Aufgaben.²⁹

Cloud-Perspektiven: Cloud-Computing wird vielfach als IKT-Skalierbarkeitsansatz angepriesen³⁰, dem stehen jedoch anhaltende Nutzerbedenken entgegen, was wichtige Anforderungen in der Stadt der Zukunft wie Datenschutz und Verfügbarkeit betrifft.³¹ Diese Bedenken sind zu adressieren, möglicherweise durch Einbeziehung von Multi-Cloud-Ansätzen oder hybriden Lösungen mit teilweise lokaler Verarbeitung (für sensitive Daten)³², insbesondere aber auch *netzinterne Verarbeitung* wie in Bedarf (B2) diskutiert.

Indirekt kann Dynamisierung auch durch urbane virtuelle Marktplätze gefördert werden, worüber insbesondere die lokale Wirtschaft Plattform-Zugang und Chancen für regionale Wertschöpfung erhält.³³ Bedarf (B8) vertieft diese Möglichkeit, Bedarf (B9) erweitert sie in Richtung Bürgerpartizipation³⁴ und Bürgernetze. Wesentlich sind dabei skalierbare Ansätze, beispielsweise Dienstbeschreibungen, die automatische und intelligente Verknüpfung und dynamischen Ersatz von Komponenten unterstützen.

Übergreifende Forschungsziele

Von separierten Steuerungssystemen zu einem integrierten System von Systemen. Die Vielfalt städtischer Aufgaben (Planung, Verkehr, Ver- und Entsorgung etc.) hat leistungsstarke bereichsspezifische Lösungen hervorgebracht. Daher liegt noch großes Potenzial in bereichsübergreifenden Lösungen (beispielsweise erfordert die Anpassung des Individualverkehrs bei Bauarbeiten oder die Bereitstellung einer größeren Strommenge bei Großereignissen heute manuelle Abstimmungen und Tätigkeiten). Die IKT der Stadt der Zukunft darf aber nicht als monolithisches integriertes System entstehen, sondern die Teilsysteme müssen Integrations- und Informationsaustausch-Ansätze beinhalten und automatisierte bereichsübergreifende Abläufe ermöglichen. Wesentliche Grundlage für die Integration der Systeme ist – neben wohldefinierten Formaten, Schnittstellen

²⁷ Vertiefend siehe auch Schieferdecker (Hrsg.) 2011.

²⁸ Vgl. Cohen 2004.

²⁹ Vgl. Kriegel et al. 2004.

³⁰ Vgl. Tcholtchev et al. 2012; Khan 2012.

³¹ Vgl. Mather et al. 2009.

³² Vgl. Montero et al. 2009.

³³ Zu Anregungen siehe Cardoso et al. 2009.

³⁴ Vgl. Erhazakis et al. 2011.

und Diensten – ein Informationsraum mit geschützten Informationsbereichen; eine solche *City Data Cloud* kann von urbanen Teilsystemen mit Daten beliefert und zur Bereitstellung von Informationsdiensten genutzt werden.

Von inkompatiblen Steuerungssystemen zu Echtzeit-Informationen in offenen Formaten. Datenerhebung Dritter über die Umweltlage oder Wasserversorgung einer Stadt erfordert Zugriff auf inkompatible Informationsquellen unterschiedlicher Aktualität und inkompatibler Formate an verschiedenen Zugängen wie Ämtern für Stadtentwicklung und Umwelt, Umwelt-Büros der Stadtbezirke oder Messnetzen von Forschungsinstituten. Stattdessen könnten künftig in Deutschland oder gar Europa Gemeinden, Städte und ihre Stadtteile, Länder und ihre Landkreise sowie staatliche Stellen offene und standardisierte Formate und Echtzeit-Nähe durchsetzen.

Von statischen zu simulativen Planungsprozessen für Auf- und Ausbau städtischer Infrastrukturen. Infrastrukturprojekte sind komplexen mehrjährigen Prozessen unterworfen. In mehrstufigen Verfahren erarbeitet eine Vielzahl von Akteuren Planungen und Genehmigungen. Durchgehende Transparenz von Regularien, Entscheidungen und Prozessen ist für Entscheidungsträger – Beteiligte bis hin zur Bürgerschaft – kaum leistbar. Strukturorientierte (CAD-, GIS- und 3-D-) Planungsmethoden werden genutzt, doch fehlen dynamische Analysen bzgl. Menschen-, Versorgungs-, Entsorgungsströmen ect. Künftig muss die Entscheidungsfindung beim Auf- und Ausbau städtischer Infrastrukturen auf verhaltensorientierter Modellierung sowie simulativer Analyse und Bewertung von Entwicklungsalternativen beruhen. Erforderlich sind Modellierungstechnologien und -werkzeuge für dynamische Abläufe und Prozesse unter Einbeziehung historischer und Trend-Analysen.

Von aufwändigen Feedback-Prozessen zu Makro- und Mikroplanungs-Instrumenten. Umstrittene Großprojekte wie der Berliner Flughafen, der Stuttgarter Hauptbahnhof oder die Hamburger Elbphilharmonie waren in Deutschland Auslöser für das Bedürfnis der Öffentlichkeit nach mehr Mitbestimmung. Mitwirkungsrechte werden immer häufiger ausgeschöpft unter Eingriff in Planungs- und Entscheidungsprozesse sowie in die Ausgestaltung nach erfolgter Umsetzungsentscheidung. Initiativen in Deutschland wie *Frag den Staat*³⁵ oder Konzepte wie *Liquid Democracy*³⁶ sind Ausdruck zunehmender Digitalisierung

von Informationsabläufen und transparenter, interaktiver und schnellläufiger Beteiligungsprozesse, die künftig insbesondere Städte betreffen. Das Miteinander von Bürgerschaft, Politik, Verwaltung und Wirtschaft wird konsequent weiterentwickelt sein, zumal zügige Planungsverfahren effiziente Beteiligung bedingen. Die im letzten Abschnitt thematisierten IKT-basierten Methoden und Werkzeuge sind daher besonders in dieser Hinsicht weiterzuentwickeln.

Von manueller bzw. Einzel-Steuerung zu automatisierter Echtzeitsteuerung. Dynamische Verkehrslenkung entsprechend der aktuellen Verkehrslast hält zunehmend in Städten Einzug, beispielsweise als verkehrsabhängige Zuweisung von Fahrspuren zu Fahrtrichtungen oder sensorbasierte Anpassung der Straßenbeleuchtung an Lichtverhältnisse. Bislang erfordert der Einbau solcher Dynamik jedoch noch teure Planungs- und Entwicklungsprozesse. Nicht vorausgeplante Dynamisierungsgrundlagen, beispielsweise beliebige Großereignisse, können die Infrastruktursteuerung bislang nicht automatisiert beeinflussen (Zuführungen im Individual- und Nahverkehr ect.). Künftig muss es möglich werden, Echtzeit-Daten über aktuelle Status in der Stadt und Prädiktionsalgorithmen (Hochrechnung) zur automatischen Dynamisierung städtischer Infrastrukturen (in Echtzeit) zu nutzen. Alle Anwendungsfelder von Mobilität, Ver- und Entsorgung und so weiter sind entsprechend zu erweitern.

Technische Aspekte der Dynamisierung

Steuerkreise: Kern einer Dynamisierung städtischer Infrastrukturen ist die Realisierung systemspezifischer und systemübergreifender Steuerkreise im Sinne eines *Systems von Systemen*. Die Steuerung der städtischen Infrastrukturen wird dabei durch drei Klassen von Ereignissen ausgelöst: (1) *technische Ereignisse* (Einzel- und multiple Ereignisse oder Ereignisketten), (2) *organisatorische Ereignisse* wie Prozesserfordernisse, (3) *politische Ereignisse* wie artikulierter Bürgerwille, parlamentarische Entscheidungen oder gesetzliche Einflüsse.

Prozess- und Ablaufmodelle sowie Lösungsmuster. Für die Konkretisierung der Steuerkreise ist ein Vokabular zu entwickeln und eine Menge an Mustern zu erarbeiten, die die steuerungsrelevanten Ereignisse in der Stadt fachlich erfassen und in Relation zueinander stellen. Dabei ist eine Fülle von Steuerungsebenen, Akteuren und Aktionsmustern in der Modellierung der Prozesse und dynamischen Abläufe in handhabbarer Weise abzubilden.

³⁵ Vgl. die Webseite, URL: <https://fragdenstaat.de/> [Stand: 15.4.2014].

³⁶ Vgl. die Webseite, URL: http://campaigns.wikia.com/wiki/Liquid_Democracy [Stand: 15.4.2014].

Lösungsmuster für die Dynamisierung von städtischen Infrastrukturen können als Sammlung organisiert werden, die Lösungen als Best Practices zwischen Städten auszutauschen gestattet.

Steuerungsoptionen für die Dynamisierung. Städtische Infrastrukturen können in verschiedenen zeitlichen Reaktionsstufen manuell oder automatisiert dynamisiert werden: (1) als rückblickende Bewertungen unter Nutzung von Echtzeit-Monitoring und Post-mortem-Analysen, (2) als Echtzeit-Bewertungen und vorausschauende Infrastruktur-Rekonfiguration mittels Echtzeit-Analyse oder (3) als Echtzeit-Infrastruktur-Rekonfiguration mittels Echtzeitsteuerung. Die Auswahl der passenden Reaktionsstufe hängt von der zu dynamisierenden Infrastruktur ab, insbesondere von der zeitlichen Granularität der Steuerung und der Kritikalität der Infrastruktur. So kann öffentlicher Nahverkehr ortsbezogen bei Großereignissen stündlich, bei Reparaturarbeiten täglich und bei Fahrplanwechseln monatlich angepasst werden.

(B6) Integrative Modellierung als digitale Artefakte, City Information Model und Geoinformation

Was bisher und insbesondere unter Bedarf (B5) als *offene Formate und Schnittstellen* gefordert wurde, wird nachfolgend etwas genauer kategorisiert. Die dabei herausgearbeiteten Kategorien dienen auch als erster Schritt zu einem integrativen Modell der Stadt der Zukunft, hierzu werden anschließend weitere Schritte aufgezeigt. Drei wichtige Funktionen der Offenheit und Standardisierung seien nochmals kurz erwähnt: (1) Sie ermöglichen die Realisierung der IKT-Plattform als Föderation von Software-Komponenten verschiedener Hersteller und Einbeziehung heterogener Altsysteme; (2) sie erlauben der Stadt wirtschaftliches Handeln wie später in Kapitel 1.3.3 thematisiert, indem die Stadt nur eine Basis-Plattform verantwortet, während Mehrwertdienste, Bürgernetze, Daten-Nutzung etc. von Unternehmen und Bürgern geleistet werden; (3) sie ermöglichen klare Grenzen und Festlegungen zwischen den Stakeholdern, beispielsweise wenn es bei (Sensor-)Daten um Eigentumsfragen und Nutzungsbestimmungen geht, um die Bereitstellung von Marktplätzen oder von digitalen Basis-Artefakten zur Weiterverwendung in Mehrwert-Angeboten. Konkret ergibt die Analyse der Grundkomponenten der IKT-Plattform vier Kategorien digitaler Artefakte als Grundlage für Format-, Prozedur-, Schnittstellen- und Rechte-Festlegungen zwischen allen Stakeholdern einer Stadt der Zukunft:

(1) *Daten*: Diese werden im Wesentlichen in der skizzierten *offenen urbanen Daten-Plattform* verwaltet und umfassen insbesondere sensorbasierte, manuell (beispielsweise via

Formular) erfasste oder automatisch per Software erfasste Artefakte.

(2) *Dienste*: Für Bürgerdienste ist ein modularer Ansatz unerlässlich, der es erlaubt, aus (städtischen) Basisdiensten, Cloud-Diensten und anderen Basisdiensten spezifische Mehrwertdienste zu komponieren – diese Wertschöpfungskette muss aus Sicht von Wirtschaftsunternehmen attraktiv gestaltet werden und aus Sicht der Stadt wettbewerbsfähig (Kostenreduktion) und so weit wie möglich lukrativ (beispielsweise durch Lizenzierung der Basisdienste).

(3) *Communities*: Hierunter seien Blaupausen zweckbezogener Online-Bürgernetze verstanden; beispielsweise könnten Gemeinschaften für die häusliche Zustellung von Waren oder für häusliche Dienstleistungen entstehen – entweder ehrenamtlich oder gewerblich; die Blaupausen für Hauszustellung und Hausdienstleistung könnten dann wesentliche Rollen und Kommunikationsfunktionen für entsprechende Bürgernetze bereits beinhalten, sie müssten nur noch auf den spezifischen Zweck zugeschnitten werden.

(4) *Prozesse*: Die Festlegung und systematische Behandlung wiederkehrender Abläufe sind in allen größeren Organisationen strukturbildend und aus Effizienz- und Transparenzgründen unerlässlich – so auch in Städten der Zukunft; sie stellen daher eine wichtige vierte Kategorie digitaler Artefakte dar. Insbesondere spiegeln sich darin Best Practices einer Stadt als Abläufe (gegebenenfalls mit Bezugnahme auf Ausprägungen der anderen drei Kategorien) und eindeutige Kontrakte zwischen den Stakeholdern.

Für die Instanzen der vier Artefakt-Klassen müssen jeweils auch Protokolle standardisiert werden, worin Ablaufdetails des Zugangs zu und des Zugriffs auf die Basisdaten, -prozesse, -dienste beziehungsweise -communitys der integrierenden IKT-Plattform festgelegt werden.

City Information Model

(Konzept: P. Sachsenmeier, Text: M. Mühlhäuser)

Die oben beschriebene Festlegung und Standardisierung von Artefakten der vier Klassen ist als erster Schritt zur integrativen Modellierung zu verstehen, quasi als Syntax-Festlegung. Der zweite – zentrale und aufwändige – Standardisierungs- und Modellierungsschritt führt zu einem semantischen Modell der Stadt der Zukunft, bezeichnet als City Information Model (CIM).

Es ist konsistent und redundanzfrei zu gestalten mit dem Ziel, das gesamte für Nutzer der IKT-Plattform zugängliche Stadt-Konzept zu fassen.

Das City Information Model (CIM) als Informationsmodell umfasst definitionsgemäß Konzepte, Beziehungen, Einschränkungen, Regeln und Transaktionen. Damit bildet es den semantischen Rahmen für den Darstellungsbereich Stadt der Zukunft. Ein solches CIM soll eine kommunizierbare, stabile und organisierte Struktur der Informationsanforderungen für die Städte der Zukunft bilden. Es ist im Grundsatz top-down zu entwickeln: Bevor Anwendungsfelder wie Verkehr, Ver- und Entsorgung etc. ihre Teilmodelle einbringen können, muss ein Gesamtrahmen geschaffen werden. Hierfür eignen sich als treibende Nutzer die an der Stadtplanung und -entwicklung Beteiligten, weil sie am ehesten die Stadt als Ganzes im Blick haben.

Ein Blick auf die Problemstellungen dieses Anwendungsfeldes zeigt, dass Stadtentwicklung sowohl auf Grundlage planerischer Tätigkeiten, etwa Flächennutzungsplänen, als auch als Reaktion auf ungeplante Veränderungen wie Migrationsbewegungen erfolgt. Diese Einflussfaktoren sind schlecht integriert, Planung läuft beispielsweise nicht selten Bürgerbedürfnissen entgegen. Der Planungshorizont beträgt oft 10–20 Jahre, kurze Reaktionszeiten gelten wegen aufwändiger Datenerhebung und Genehmigung als kaum noch realisierbar. Eines der Ziele muss es dabei sein, den städtischen Planungsbehörden umfangreiche und gesicherte Daten als Entscheidungsgrundlage zur Verfügung zu stellen. Dieses Ziel ist nur erreichbar, wenn eine ganz neue Qualität der Integration gelingt: Beispielsweise ist hoch agile Stadtplanung eng mit dem Feld als Bestandteil der IKT-Plattform zu verbinden, das die nötige Datengrundlage liefert; durch Partizipationsplattformen wie Mängelmelder oder Bürgerhaushalte lassen sich zeitnah Daten aus der Bevölkerung erheben und Planungsprozesse beschleunigen etc. Wo die Modellierung als *großer Wurf* aus Kostengründen nicht leistbar ist, können Einzelmaßnahmen dem Ziel einer sukzessiven Erweiterung und Verfeinerung des CIM unterstellt werden, zum Beispiel bei Aufgaben wie der Weiterentwicklung und Verflechtung herkömmlicher E-Government-Anwendungen zu neueren Diensten wie partizipativen Sensornetzen, sozialen Bürgernetzen und innovativen Bürgerdiensten. Auch unter solchen Bedingungen kann die IKT-Plattform langfristig die erwünschte Integration leisten.

CIM-basierte IKT hat zusammenfassend das Potenzial, schnelle und umfassende Planung im Sinne *ganzheitlicher* Stadtentwicklung³⁷ zu ermöglichen.³⁸ Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen sollten CIM-Ansätze fördern, bei denen die Modellierung weniger von strukturellen als von den Prozess-Aspekten der Stadt getrieben wird. Es zeigt sich nämlich häufig, dass Datenbereitstellung beispielsweise integrative Stadtentwicklung nicht wie erhofft befördert, wenn es an Prozessinnovation mangelt. Der Prozess (Planungsunterstützung) muss in diesem Fall von statischen Entscheidungsprozessen zu agiler Teamarbeit weiterentwickelt werden, die viele Aspekte anzubinden gestattet bis hin zur Anpassung der Rechtsvorschriften. Hierzu sind neuartige Interaktions- und Kollaborationstechniken notwendig. Ablaufmodelle im Sinne streng determinierter Geschäftsprozesse sind dabei ungeeignet, wenn beispielsweise ad hoc unterschiedliche Experten wie der örtlichen Energieversorger gemeinsam mit Stadtplanern und betroffenen Bürgern in den Entscheidungsprozess einzu-beziehen sind. Das Gesamtziel effizienter Entscheidungen auf der Basis konkreter, möglichst vollständiger und aktueller Daten unter der Governance beteiligter Prozesse und Stakeholder muss die Anstrengungen in diesem Bereich prägen, wobei weitere Ziele, wie verbesserte und effizientere Nutzung städtischer Ressourcen, integrierbar sein müssen.

Da ein CIM integrativ und zukunftsfähig sein muss, ist der möglichst umfassenden Erfassung aller Dimensionen städtischer Belange, Bestandteile und Abläufe besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Der vollständigen und adäquaten Erfassung des Gestaltungsraums einer Stadt der Zukunft ist deshalb besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Dazu gehört insbesondere eine Ordnungsmöglichkeit für die Beschreibung aller Elemente in einer am Nutzer orientierten Sprache und die Abbildung dieser Elemente auf verschiedene Realisierungsebenen. Eine besondere Herausforderung besteht darin, Konzepte und Terminologie zwischen Domänenexperten und IKT-Experten zu vermitteln. Dazu eignen sich Informationsarchitekturen wie die noch immer wegweisende Zachman-Architektur³⁹, die hier als Modellierungs-Rahmenwerk dienen können. Als gemeinsame Sprache (*Lingua franca*) für die diversen Domänenexperten und die IKT-Experten ist der Einflussbereich des CIM definitionsgemäß unbegrenzt. Deshalb und aus Platzgründen sei auf die systematische Behandlung relevanter Einsatzgebiete in der Stadt der Zukunft

³⁷ Vgl. Löw 2010.

³⁸ Vgl. Komninos et al. 2012.

³⁹ Vgl. Zachman 1999

hier verzichtet. Stattdessen seien drei Bereiche herausgegriffen, die domänenunabhängig das Spektrum der Einflussbereiche deutlich machen:

- Das CIM kann eine neue Qualität der Evaluation einer Stadt ermöglichen, sowohl was den erreichten Stand auf einem eingeschlagenen Entwicklungspfad betrifft als auch für einen Städtevergleich; es liefert in diesem Sinn Indikatoren als Basis für eine Quantifizierung oder ein Ranking – Städtevergleiche erfordern darüber hinaus vertrauenswürdige dritte Parteien; diese Rolle könnte eine Organisation wie die acatech einnehmen.
- Die genuine Rolle des CIM liegt in der Vermittlung zwischen Domänen- und IKT-Experten.
- „Stadt der Zukunft“ symbolisiert Entwicklung und Veränderung, da der Begriff eine Abgrenzung von heutiger Stadt impliziert; daher kommt Prozessen und deren Steuerung eine herausgehobene Rolle zu; um ihren wunschgemäßen und regelkonformen Verlauf und Fortschritt sicherzustellen, kann Governance auf Basis des CIM realisiert werden.

Modellierung als Geoinformation

(Konzept: C. Rudolph, Text: C. Rudolph, M. Mühlhäuser)

Geoinformationen sind für eine zuverlässige Planung und Simulation in fast allen Einsatzbereichen der IKT-Plattform für die Stadt der Zukunft unabdingbar. Verfügbarkeit, Umfang, Aktualität und Qualität der erforderlichen Daten sind heute nicht einheitlich verfü- und nutzbar, bilden aber eine wichtige Ausgangsbasis für die Planung und Darstellung anstehender Entscheidungen. Für Fördermaßnahmen ist zu beachten, dass sich neben der klassischen Disziplin der Geo-Informationssysteme seit circa 15 Jahren die Forschungsdisziplin *Context-Aware Computing* in der Informatik etabliert hat, die am Zuschnitt von Software auf aktuelle Nutzungssituationen arbeitet. *Location Awareness*, das heißt die Berücksichtigung aktueller Aufenthaltsorte, die bislang besterforschte Unterart von *Context Awareness*, arbeitet dabei mit Modellen des Raumes und Geoinformationen. Auch die früher erwähnte Disziplin (Visual) Data Analytics arbeitet viel mit Geoinformationen. Alle drei Gebiete – Geo-Informationssysteme, Location-Aware Computing und Visual Data Analytics, arbeiten mit Geoinformationen; sie überlappen und befruchten sich einerseits, sind aber andererseits auch in vielerlei Hinsicht disjunkt. Bei den Fördermaßnahmen für die Stadt der Zukunft kann es sinnvoll

sein, die Integration dieser drei Gebiete zu fördern; hier wird im Nachfolgenden aus Platzgründen vor allem auf Geo-Informationssysteme Bezug genommen.

Solche Systeme werden beispielsweise zur Unterstützung der Entscheidungsprozesse im Landmanagement und der Stadtplanung eingesetzt, um Planungswerkzeuge mit Simulations- und Analyse-Modulen zu entwickeln, die komplexe Zusammenhänge und Fragestellungen zu verdeutlichen und zu kommunizieren helfen. Kommunikation betrifft dabei die bereits vielfach thematisierten verschiedenen Stakeholder. Nachfolgend werden Herausforderungen für urbane Geo-Information herausgearbeitet, die die Artefakt-Klassen *Daten*, *Dienste* und *Communities* betreffen. Sie können die Schnittstelle zur Kernfunktionalität der IKT-Plattform konkretisieren und erweitern das Zusammenspiel der Ebenen aus dem City Information Model.

Daten: Damit Stakeholder der städtischen Belange eine IKT-Plattform nutzen können, müssen die notwendigen Daten bereitgestellt werden: Neben Geo-Basisdaten sind dies die relevanten Fachdaten sowie weitere anwendungsspezifische Daten. Offene Daten (Open Data) werden dabei durch die Open-Government-Initiative immer verbreiteter. Die Daten sind sehr heterogen und komplex und teilweise starken Nutzungseinschränkungen unterworfenen; sie stammen aus vielen Datenquellen (Satelliten, Laserscanner, Kataster etc.) und müssen zu nutzbaren, datenschutzkonformen Informationen für die Vielzahl unterschiedlicher Anwendungen aufbereitet werden. Die heterogenen Daten müssen harmonisiert und integriert werden. Standardisierungsaktivitäten sind hierfür von grundlegender Bedeutung. Teilerfolge wurden mit der europäischen Richtlinie *Infrastructure for Spatial Information in the European Community* (INSPIRE) erzielt, sie müssen umgesetzt werden und sich bewähren. Mit CityGML⁴⁰ ist ein Standard für 3-D-Stadt- und Geländemodelle in ersten Versionen verfügbar.

Riesige Datenmengen sind grundsätzlich vorhanden, aber häufig nicht verfügbar und nutzbar. Hier muss durch Extraktion der relevanten Daten ein verbessertes Datenmodell mit umfangreicheren oder vollständigeren und hochwertigeren Informationen abgeleitet werden. Die Informations-Qualität muss durch Hinzunahme weiterer Datenquellen verfeinert werden, bildet so die Basis für neue Berechnungen und Simulationen und erlaubt damit weitergehende Analyse- und Bewertungsmethoden. Auch höhere Aktualität der Daten ist zu fördern, sie ist Voraussetzung

⁴⁰ Vgl. Kolbe 2012.

für korrekte Planungs- und Entscheidungsprozesse. Der Zeitfaktor für die Aktualität ist dabei von der Anwendung abhängig und bewegt sich in dynamischen Prozessen im Echtzeit-Bereich und kann in anderen Planungsbereichen mit einer Tages- oder Monatsaktualität ausreichend sein.

Dienste: Aus den Daten abgeleitete Informationen sind Basis für Simulation, Visualisierung, interaktive Analyse etc., um Anwendungsprozesse aus Planung, Steuerung etc. zu unterstützen. Simulationen mit und ohne Echtzeit-Fähigkeit unterstützen zunehmend Planung und Kommunikation, indem sie Vorhaben in der Planungsphase angemessen verdeutlichen. 3-D-Stadtmodelle ermöglichen visuell ansprechende Simulation von Verkehrsströmen, Notfallsituationen, Lärmausbreitung und vieles mehr. Problem- und Risikoanalysen setzen Ist-Situationen in Bezug zur Planung, beispielsweise bei Solarpotenzial-, Sichtbarkeits-, Nutzungs- oder Energieeffizienzanalysen. Bei *Visual Analytics* sind multidimensionale Datenmengen zu visualisieren und interaktiv nutzbar zu machen für Anwendungen in Business Intelligence, Sicherheit und Policy Making. *Semantik-Visualisierung* stellt Informationen grafisch dar, die komplexe Zusammenhänge veranschaulichen. Auch in der Planung, Kommunikation und Entscheidungsfindung kann 2-D- und 3-D-*Visualisierung* helfen, wobei die Visualisierung komplexer semantischer Zusammenhänge weit weniger vorangeschritten ist als die von unmittelbar räumlicher Information. Interaktive Analyse integriert unterschiedliche Informationen in gemeinsamen Darstellungen. Auf *Multi-User-Interaktions-Umgebungen* lassen sich künftig alle Fakten auf den Tisch bringen und Alternativen interaktiv durchspielen.

Stakeholder Community bezeichnet einen Zusammenschluss der an einem Prozess Beteiligten und Betroffenen. Idealerweise sollten alle zum frühestmöglichen Zeitpunkt in den Prozess (IKT-gestützt) eingebunden werden. Je nach Planungsstadium umfasst eine Stakeholder Community nur das Planungsteam mit den Entscheidungsträgern oder auch die betroffenen Bürger im Sinne einer Bürgerbefragung oder -beteiligung. Unter Nutzung der verfügbaren Daten und der Dienste lassen sich die Stakeholder in die Prozesse wie Planung oder Entscheidung einbinden. Ziel ist es, in einem offenen System integrierte Information bereitzustellen, um durch einheitliche transparente Darstellung und Diskussion eine Versachlichung in der Konfliktlösung und Entscheidungsfindung zu erreichen. Unter Einbeziehung der georeferenzierten Informationen ergeben sich für die Daten, Dienste und Stakeholder-Communitys wesentliche neue

Perspektiven. Im Folgenden sind die grundlegenden fünf Handlungsbereiche für den Einsatz von Geoinformation in der Stadt der Zukunft zusammengefasst.

Fünf wesentliche Problembereiche werden nachfolgend zusammengefasst. *Hohe Datenqualität* bildet eine grundlegende Voraussetzung für leistungsfähige Dienste in der Stadt der Zukunft. *Datenintegration* auf Basis einheitlicher Datenmodelle ist Voraussetzung für integriertes Daten-/Prozessmanagement. Hochwertige *Simulationsdienste* sind zunehmend essenziell für Planung und Kommunikation sowie Entscheidungsfindung. *Interaktive Visualisierungsdienste* sind bedeutend für die Objektivierung und bessere Kommunikation. Bürgerpartizipation online über *Stakeholder Communities* ermöglicht Entscheidungsfindung mit Beteiligten und Betroffenen online durch GIS-basierte Systeme.

Lösungsansätze und Forschungsbedarf werden in folgenden Bereichen gesehen: *Pervasive GEO*, Transparente und anschauliche Gestaltung von Stadtpolitik, Nutzung und Darstellung des unterirdischen Raums, energieeffiziente Städte, Mobile Computing für Policy Making, Verknüpfung georeferenzierter Informationen mit Mobile Computing. Auch in Querschnittsbereichen besteht Forschungsbedarf: Umgang mit Ressourcenknappheit auf Mobilgeräten, automatisierte Gewinnung von *Tracking-Daten* aus GIS wie bei Navigationssystemen, Unterstützung automatischer Formatkonversion und Integration, offene Standards wie HTML5 und X3Dom.

3.3.3 Wettbewerbs- und bürgerorientierte Infrastruktur orthogonal zur Kerninfrastruktur

Gemäß These (T4) in 1.2 sind IKT-seitige Voraussetzungen zu schaffen, um Stadt, Wirtschaftstreibende und Bürger in einer offenen Plattform zu vereinen. Wie erläutert soll sich dadurch die Stadt auf ihre Kernkompetenzen konzentrieren können, aber die *IKT-Aufrüstung* der Stadt auch nicht als umfassender Auftraggeber finanzieren zu müssen. Stattdessen sollen jenseits der Kerninfrastruktur (siehe Abbildung 1) Infrastrukturbereiche geschaffen werden, die durch freien Wettbewerb und aktive Bürgerbeteiligung (mit Bürgern als potenziellen Dienst-Anbietern) neue Wege zur Finanzierbarkeit der Stadt der Zukunft gehen. Wie nachfolgend ausgeführt wird, ist dazu zunächst unter städtischer Hoheit als Basis eine *offene urbane Daten-Plattform* zu schaffen; darauf aufbauend ist eine *wettbewerbliche urbane Dienstplattform* und ein *Bürgernetz-Baukasten* bereitzustellen.

(B7) Offene urbane Datenplattform**(Konzept: I. Schieferdecker; Text: I. Schieferdecker, M. Mühlhäuser)**

Eine offene urbane Datenplattform soll Stadt, Privatwirtschaft und Bürgern vertrauenswürdig Zugriff auf städtische Daten bieten zur Gestaltung städtischer Prozesse und Abläufe. Dort werden realzeitnah Umwelt-, Verkehrs- und sonstige Zustandsdaten bereitgestellt und als kontextsensitive Basisdaten über urbane Infrastrukturen und Ressourcen und vorverarbeitete Informationen verfügbar gemacht. So werden die Situation in der Stadt transparent und Entscheidungen ermöglicht und nachvollziehbar. Die Plattform bietet zudem Funktionalität, um Daten und Informationen über Dienste und Anwendungen durch verschiedene Akteure einzubringen. So entsteht ein neuartiges Ökosystem zur Stadtsteuerung und eigenverantwortlichen urbanen Datenverarbeitung.

Bereits heute werden Daten, zum Beispiel Wirtschafts-, Verkehrs- und Umweltdaten, über internetbasierte Marktplätze elektronisch gehandelt. Die Open-Data-Bewegung⁴¹ verfolgt die Öffnung und Nutzung von wissenschaftlichen und gemeinschaftlichen Daten, zunehmend auch von Regierungen und öffentlicher Hand⁴², wodurch zunehmend umfangreiche Daten breit verfügbar gemacht werden. Als Vorreiter in Deutschland hat Berlin im September 2011 städtische Daten über ein offenes Datenportal zugänglich gemacht. Die Resonanz hierauf bestätigte die These, dass in der Bereitstellung, systematischen Zusammenführung, anschaulichen Darstellung und prozessorientierten Analyse historischer und aktueller Daten und Informationen ein großes Potenzial für die Stadt der Zukunft liegt. Aus der Sichtung vorhandener Datenbestände und -angebote in offenen urbanen Daten-Plattformen kann nicht zuletzt die Inspiration für neuartige Anwendungen entstehen. Entscheidend ist dabei die Verschiebung der Innovation: Die *Besitzer* der Daten stellen diese jenseits des ursprünglichen Erhebungszwecks zur Verfügung, sodass neue Ideen für deren Einsatz ausgeführt werden können.⁴³ Information tritt als Wirtschafts- oder Gemeingut ins Blickfeld, Daten und Informationen werden als wertvolle Rohstoffe beziehungsweise Ressourcen einer Stadt der Zukunft verstanden (*data is the new oil*).

Ein wichtiges förderpolitisches Interesse muss dem geregelten, standardisierten und wirtschaftlich attraktiven Zugriff auf alle

urbanen Daten gelten. Das beschriebene Innovationspotenzial bleibt nämlich weitgehend ungenutzt, wenn Daten in der Hoheit Einzelner bleiben, seien es die Urheber oder profitierende *Datenkraken* wie heute die globalen Internet-Diensteanbieter und morgen womöglich städtische IKT-Generalunternehmer (große Softwarehäuser, Telekommunikationsanbieter etc.). Falls solche Generalunternehmer beauftragt werden sollen, muss es das größte Interesse der Stadt sein, dafür zu sorgen, dass die urbanen Daten ohne unbillige Hemmnisse und zu einem Preis verfügbar gemacht werden, bei dem die Wertschöpfung des Generalunternehmers (zwischen Datenerhebungs-Aufwand und erhobenem Zugriffspreis) nicht unverhältnismäßig hoch ist; bei der Wertschöpfung sind auch die Interessen unterschiedlicher Urheber (Quellen) zu berücksichtigen.

Was die Quellen betrifft, so ist eine Reihe technischer, administrativer und regulatorischer Hindernisse zu überwinden. Oft sind Daten auf viele Systeme verteilt – zentralisierte Ansätze zur Bereitstellung verbieten sich gegebenenfalls aus Datenschutz- und technischen Gründen (wie Skalierbarkeit), außerdem sind Fragen des Schutzes vor Datenverlust und der Datensicherheit zu beachten. Von großer Bedeutung sind Fragen der Informationsqualität und der netzinternen Verarbeitung wie im Zusammenhang mit Bedarf (B1) und (B2) thematisiert.

Weiterverarbeitung betrifft die geeignete Filterung und Aggregation verteilter Daten und das Management von Roh- und vorverarbeiteten Daten. Herausforderungen⁴⁴ betreffen Ressourcenoptimierung, Servicequalität, Konsistenz und Qualitätssicherung für alle beteiligten Akteure⁴⁵, außerdem die Transparenz organisatorischer Einbettung und Steuerung in übergreifenden Zusammenhängen; Informationen sind auch aus organisatorischer Sicht sinnvoll zu aggregieren und entscheidungsunterstützend verständlich darzustellen (für ein Nutzerspektrum vom Bürger bis zur professionellen Leitstelle); der Dynamik entlang der gesamten *Daten-Verarbeitungskette* ist Rechnung zu tragen: an den veränderlichen Quellen, in der dynamisierten städtischen Organisation und bei den Nutzern, welche ständige Open-Innovation und gesellschaftliche Innovation treiben sollen.

Entlang dieser *Verarbeitungskette* sind viele Fragen im Zusammenspiel technischer und organisatorisch-rechtlicher

⁴¹ Vgl. Lapi et al. 2012.

⁴² Vgl. Sunlight Foundation 2010.

⁴³ Vgl. Barnickel et al. 2010.

⁴⁴ Vgl. Both/Schieferdecker (Hrsg.) 2012.

⁴⁵ Vgl. Maali et al. 2010.

Aspekte zu lösen, beispielsweise gerechte Aufwand-Nutzen-Abwägung, Verantwortung für zu garantierende Leistungen, Geschäftsmodelle und Dienstleistungskonzepte. Diese müssen mit geeigneten Instrumenten adressiert werden, wie Stakeholder-Analysen, Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen, Erarbeitung flexibler und kollaborativer Geschäftsprozesse, Modellierung und Simulation von Handlungsoptionen etc.

Offene urbane Datenplattformen fördern die Dynamisierung der IKT-Plattform als Infrastruktur für die Stadt der Zukunft gemäß Bedarf (B5). Sie schaffen Voraussetzungen für die Realisierung von Infrastruktur-Attributen wie *intelligent* (realzeitfähige bedarfsgerechte Steuerung, effektive Entscheidungsunterstützung), *integriert* (übergreifende Informationsflüsse) und *vernetzt* (Dienstleistungen für Bürger, Wirtschaft und Stadt).

Ergänzend zur Grobstruktur aus Abbildung 1 empfiehlt sich eine funktionale Architektur, beispielsweise mit folgenden aufeinander aufbauenden Infrastruktur-Bestandteilen: (1) Datenplattform, (2) vernetzte dynamisierte Teilinfrastrukturen als *System von Systemen*, (3) flexible skalierbare Zugangsnetze (zu Infrastrukturen, Daten und Anwendungen), (4) Anwendungen (online, mobil, kontextbewusst, beispielsweise nach dem Paradigma adaptiver Regelkreise), (5) Entwicklungsmethoden für Entwurf, Entwicklung und Anpassung der Bestandteile.

Was die in Bedarf (B6) thematisierten Facetten integrativer Modellierung angeht, so sind von den *vier Artefakt-Klassen* offensichtlich vor allem die *Daten* Gegenstand der Standardisierung der offenen urbanen Datenplattform, die weiteren Klassen sind auf den höheren Schichten anzusiedeln, fallweise ergänzt um Modellierungen als Geoinformation. Das City Information Model muss nicht nur alle Schichten umfassen, sondern darüber hinausgehend das Modell der Stadt *von sich selbst, ihren Komponenten und ihrer Umgebung*.

(B8) Wettbewerbliche urbane Dienstplattform

Eine der größten Herausforderungen der Stadt der Zukunft ist die Schaffung eines digitalen Dienste-Marktes, der Entwicklung und Vertrieb innovativer urbaner Dienste im Wettbewerb fördert. Dabei kann von einer engen Kopplung mit der bisher thematisierten IKT-Plattform erheblich profitiert werden, weil neue urbane Dienste auf Funktionen und Daten der Kerninfrastruktur und der offenen Datenplattform zugreifen können. Die im privatwirtschaftlichen Wettbewerb geschaffenen urbanen

Dienste werden teils die Wirtschaft, teils den Bürger als Kunden adressieren und sollten *mobile* Nutzung ermöglichen, was die Mitnutzung der Kerninfrastruktur-Bereiche Feld und Netz nahelegt. Über den IKT-gestützten Zugang sollten sowohl vollständig digitale als auch materielle urbane Dienste erreichbar sein können. Ziel muss es sein, einen hochdynamischen attraktiven freien Dienste-Markt im ökonomischen Sinn zu schaffen. Wesentlich sind deshalb folgende Charakteristika:

- *Eine Sammlung sinnvoller Basisdienste*; diese stellen die Basis für Mehrwertdienste dar; dazu gehören: Zugriff auf Daten und Funktionen von Feld und Netz; Einbindung magistratseigener Dienste mit offengelegten und unbürokratisch zugreifbaren Schnittstellen; Dienste für Plattformbetrieb und -erhalt wie Dienstsuche und -beschreibung, zudem Bezahldienste, Bewertungsdienste für Vertrauenswürdigkeit etc.
- *Skalierungseffekte durch (Quasi-)Standards*, beispielsweise gemeinsame Ontologien als Teil der integrativen Modellierung gemäß (B6). Dienste derselben Klasse sollten von verschiedenen Anbietern ohne Anpassungsaufwand nutzbar sein, sowohl innerhalb einer urbanen Dienstplattform als auch zwischen Städten.
- *Unterstützung benutzerfreundlich herzustellender Dienst-Kompositionen*. Dienst-Komposition ist die Basis für Mehrwertdienste, vor allem wenn diese übergreifende Prozessabläufe unterstützen sollen; leichtgewichtige Kompositionsmechanismen fördern die Innovationsfähigkeit; zu den wichtigsten Hilfsmitteln zählen Matchmaking, das heißt automatischer Abgleich zwischen alternativen Dienstangeboten und Dienstanforderung, auch zur Laufzeit, und *unternehmensübergreifendes Geschäftsprozess-Management*.
- *Freier Zugang für Anbieter*. Zugangshemmnisse müssen vermieden und langfristige Vertragsbindungen des Magistrates an Dienstlieferanten auf ein Minimum reduziert werden; gerade in der Initialisierungsphase des Marktes ist freier Zugang als Anreiz besonders entscheidend und gleichzeitig besonders gefährdet.

Standardisierung, möglichst über viele Städte hinweg, ist essenziell und insbesondere für die Beteiligung von KMUs von großer Bedeutung. Sie erhöht einerseits den potenziellen Kundenkreis auch für Nischen-Dienste, die in möglichst großer Zahl den Markt bedienen sollen, um die Visibilität und Attraktivität ähnlich wie bei den App-Stores der großen

Mobilgeräte-Betriebssystemanbieter zu fördern. Andererseits vergrößert sie die Zahl kompatibler Dienste, aus denen immer höherwertige Mehrwertdienste kombiniert werden können.

Jahrelange Bemühungen und Projekte zu Bürgerdiensten und E-Government blieben nicht zuletzt deshalb hinter den Erwartungen zurück, weil Verwaltungen quasi planwirtschaftlich die Dienstentwicklung beauftragten. Der Wandel hin zu wettbewerblich entwickelten Bürgerdiensten erfordert zwei radikale Schritte: *Angebotsseitig* ist als Ökosystem eine Plattform zu schaffen mit Basisdiensten und Werkzeugen, die schnelle und kostengünstige Entwicklung innovativer Bürgerdienste durch beliebige Teilnehmer im Wettbewerb ermöglicht bis hin zu Mikrounternehmen der Bürger; *nutzungsseitig* muss der freie Zugang aus dem Feld möglich werden und Standardisierung muss Austauschbarkeit und Kombinierbarkeit fördern. Sowohl effektive Dienstsoftware-Entwicklung als auch Benutzerfreundlichkeit sind so zu fördern. Letzteres wurde in Bedarf (B3) und teils in (B1) thematisiert, weshalb nachfolgend auf Forschungsbedarf bei drei Aspekten der Entwicklungsunterstützung eingegangen wird.

Prozessmodellierung ist bedeutsam, weil eine agile wettbewerbliche Dienstkultur einen Angebotsmarkt erfordert. Dazu müssen Dienstanbieter ihre Dienste für die Verwendung in übergeordneten Prozessen schnell und einfach beschreiben können; gleichzeitig ist ein formaler Rahmen einzuhalten, der automatisierte Dienstkompositionen in komplexeren Zusammenhängen erlaubt. Letzteres erfordert aber formale Semantik, die für Menschen schwer zu erzeugen und zu lesen ist. Aus der Fülle von Prozessbeschreibungsmethoden böten sich BPMN, UML und EPC an, weil sie grafenbasiert und damit wenig geschulten Entwicklern zumutbar sind. Sie sind aber bislang nicht automatisiert in hinreichend effiziente Software überführbar, selbst BPMN gilt hier als problematisch.⁴⁶ Dass deutlich einfachere, eindeutig und plattformunabhängig ausführbare Modellierungsmethoden möglich sind, zeigen der Erfolg subjektorientierter Geschäftsprozessmodellierung mit S-BPM⁴⁷ und die Tatsache, dass mit formaler Semantik gekoppelt wurde.⁴⁸ Baukastenansätze für von Endnutzern erstellte Kompositionen⁴⁹ liegen demgegenüber in der formalen Unterstützung noch zurück.

Matchmaking zwischen Dienstanbieter und -nutzer hat einen ähnlich problematischen Stand. Der verbreitete Einsatz von Ontologien gilt als zu komplex für Endnutzer. Maschinenlesbare Beschreibungen mit eindeutiger Semantik sind aber für automatisches Matchmaking unabdingbar; sie können komplex werden, weil funktionale und nichtfunktionale (zum Beispiel sicherheitsbezogene) Dienstigenschaften sowie das Kommunikationsverhalten beschrieben werden müssen.⁵⁰ Bekannte Ansätze sind diesbezüglich unvollständig oder schwer handhabbar.

Komposition ist quasi der zweite Weg zu Mehrwertdiensten neben der dynamischen *Befüllung* von Prozessmodellen mit Basisdiensten. Kompositionsmöglichkeiten werden durch Variantenreichtum im Dienstangebot verbessert, dies macht aber die Komposition schnell kompliziert. Deklarative Kompositionssprachen sind hier vielversprechend, weil sie so genannte unterspezifizierte Kompositionsbeschreibungen als Ausgangspunkt unterstützen. Gesucht sind Ansätze, die deren Auswertung unterstützen, unbrauchbare Lösungen finden und aussondern und in der Entwicklung iterativ zur gewünschten Lösung führen.

(B9) Bürgernetz-Baukasten

Unternehmen aller Art versuchen aktuell, mithilfe sozialer Online-Netze (Online Social Networks: OSN) Wettbewerbsvorteile zu erzielen. Netze wie Facebook™ haben dabei quasi dieselbe Funktion wie das Internet bei Mail- oder Filesharing-Diensten und so weiter: Sie bilden die unterliegende Infrastruktur, auf der sich spezifische virtuelle Teilnetze und zugehörige Software-Anwendungen herausbilden. Während Teile der Wirtschaft OSN erst entdecken und sich noch auf Themen wie Kundenbeziehungsmanagement konzentrieren oder OSN als wertvolle Datenquelle für Kundenverhalten etc. sehen, entwickeln Vorreiter-Firmen weit kreativere Angebote und Mehrwerte. Auch für die Stadt der Zukunft haben OSN ganz erhebliches Potenzial, wenn sie nicht nur für die städtischen *Klassiker* wie den Meinungsaustausch bei der Bürgerpartizipation eingesetzt werden, sondern wenn innovative Bürgernetze insbesondere in zweierlei Hinsicht das ganze Potenzial von OSN ausschöpfen: (1) indem extrem leichtgewichtiger Zuschnitt von OSN auf spezifische Aufgabenstellungen durch die

⁴⁶ Vgl. Börger 2012.

⁴⁷ Vgl. Fleischmann et al. 2011.

⁴⁸ Vgl. Börger 2012; Borgert et al. 2011.

⁴⁹ Vgl. Beispielsweise Ro et al. 2008.

⁵⁰ Vgl. Agarwal 2007.

Bürger unterstützt wird; (2) indem OSN als Vehikel verstanden werden, damit das Potenzial der Bürger als aktiv und wertschöpfend Beitragende genutzt wird. Als Einstieg seien einige Klassen wünschenswerter sozialer Netze erwähnt:

- *Selbsthilfe-Netze*, die von der Autorität der Stadt profitieren können, indem diese als vertrauenswürdiger Bürger der Teilnehmer auftritt oder Güteprüfungen der Social-Media-Anwendungen vornimmt
- *Soziale Netze für vergütete Dienste*, mit denen die Stadt beispielsweise Sozialleistungen kleinteilig an jeweils dienstbereite Bürger *outsourcen* und dabei trotz Vergütung signifikant Kosten reduzieren kann
- *Börsen* beispielsweise für Mikrojobs, worauf die Stadt als vertrauenswürdiger Broker kleinste Dienstleistungen ortsspezifisch vermittelt, beispielsweise Einkäufe, Botengänge und viele andere
- *Bürgerschafts-Netze*, die von räumlicher Nähe der Teilnehmer profitieren: Cyber- und physischer Anteil von Diensten oder sozialem Austausch sind leicht koppelbar, physische Vertrauensketten sind möglich etc.

Wie bei der urbanen Dienstplattform muss die wichtigste Anstrengung darauf abzielen, dass Bürgernetze nur in ausgewählten Fällen von der Stadt selbst bereitgestellt werden. Weit überwiegend müssen sie – auf Basis eines von der Stadt bereitgestellten *Baukastens* – von Bürgern und der Wirtschaft für Bürger entwickelt werden.

Die weltweite Dominanz weniger großer OSN macht es dringend erforderlich, dass der hier beschriebene Ansatz nicht in Konkurrenz zu den großen OSN-Anbietern steht, sondern deren Infrastruktur mit zugeschnittenen Anwendungen nutzt und quasi virtuelle Teilnetze mit spezieller Funktionalität unterstützt. Das entspricht dem Trend, dass sich in etlichen großen OSN sogenannte App Economies für spezielle Nutzungsformen entwickeln. Diese Apps machen sich teilweise vom ursprünglichen OSN unabhängig, werden also beispielsweise nicht nur für Facebook™, sondern auch für Twitter™, GooglePlus™ und so weiter angeboten und überbrücken sogar diese Basisnetze. Soziale Bürgernetze der Stadt der Zukunft können dieser Entwicklung folgen. Allerdings versuchen die großen OSN-Anbieter, so genannte Walled Gardens aufzubauen, indem sie ihre OSN als integralen Bestandteil attraktiver miteinander verwobener

Dienste und Medien anbieten.⁵¹ Auch diesen Trend könnte die Stadt der Zukunft nutzen, um in ihren Bürgernetzen (als virtuelle Teilnetze großer OSN) ebenfalls eine enge Kopplung mit beliebten Apps der OSN-Anbieter zu ermöglichen – allerdings um den Preis der Abhängigkeit von diesen.

Forschungsförderung sollte ebenfalls nicht bei traditionellen Bürgernetzen stehenbleiben, sondern kann geeignete Software-Entwicklungswerkzeuge adressieren und insbesondere *Baukästen*, die oberhalb der (austauschbaren) großen OSN-Anbieter und unterhalb spezifischer Anwendungen angesiedelt sind.

Um die Erfordernisse eines solchen Baukastens zu verdeutlichen, sei eine mögliche Art von Bürgernetz willkürlich herausgegriffen: Angenommen, eine Bürgerin will in einem Stadtviertel die Organisation von Partys als Mikrounternehmen betreiben und weitere Bürger fallweise als Dienstleister einbeziehen. Sie müsste dazu verschiedene, teils konkurrierende Dienstleister wie grafisch oder floristisch Talentierte (Einladungsgestaltung, Blumenschmuck), Mini-Caterer, Servicekräfte, Unterhalter, Fahrdienste etc. einbinden, den städtischen Saalmiet-Dienst und einen Event-Versicherungsdienst etc. Kunden müssten bei der Auswahl und iterativen Verfeinerung des Programms mitwirken können, die Leistung bewerten und frühere Bewertungen fälschungssicher einsehen können etc. Der Aufbau eines entsprechenden OSN-„Partyservice“ kann leicht und nutzerfreundlich erfolgen, wenn beispielsweise Bausteine für Unterdienstleistungen (mit Komponenten für Ausschreibung, Angebotsabgabe, Auftrag/Bestätigung, Abrechnung etc.), für Datenschutz (Trennung Kunde/Lieferanten) und Privatsphärenschutz⁵², für Bewertung von Dienstleistungen und Vertrauenswürdigkeit und so weiter vorhanden sind und leicht kombiniert und zugeschnitten werden können. Eine zentrale Herausforderung liegt dabei darin, die Erstellung solcher zugeschnittener sozialer Bürgernetze aus Bausteinen möglichst einfach zu gestalten, bei der Handhabung deutlichen Mehrwert gegenüber der *platten* Nutzung eines herkömmlichen OSN zu schaffen und dabei erheblich einfachere Abläufe und Benutzerschnittstellen zu ermöglichen als bei Spezialsoftware für Kleinunternehmer. Insbesondere darf von den einfachen Teilnehmern (hier: den Subunternehmern) nicht mehr IT-Kenntnis erwartet werden, als zur simplen Nutzung eines der verbreiteten OSN erforderlich ist.

⁵¹ Vgl. Nazir et al. 2008.

⁵² Vgl. Zheleva/Getoor 2009.

Die Schaffung von wiederverwendbaren OSN-Bausteinen für den Baukasten stellt die zweite förderwürdige Herausforderung dar. An dem Beispiel macht man sich leicht klar, dass diese Bausteine eher Schablonen- als Modulcharakter haben und im Sinne der Kommunikationsabläufe in eine soziales Netz integriert werden müssen. Deshalb können sie nicht nur wie klassische Libraries von Software-Entwicklungsumgebungen konzipiert werden; stattdessen sind substanziiell neue Ansätze der verteilten Softwaretechnik wünschenswert – dies gilt übrigens bis zu einem gewissen Grad schon für die urbane Dienstplattform, hier aber noch deutlich stärker.

Die Rolle von Wirtschaft und Stadt

Der *Wirtschaft* können im *BürgerNetz-Ökosystem* Rollen als BürgerNetz-Betreiber zukommen, aber auch als Baustein-Anbieter. Dabei kann es im Interesse der Stadt sein, auf die Regularien der Teilnahme an diesem Ökosystem für Gewerbetreibende Einfluss zu nehmen, um über die Grundsätze des Netzes zu wachen: Aktivierung der Bürger-Potenziale für freiwilliges und wirtschaftliches Engagement, gegebenenfalls auch Schaffung von Mehrwerten für die Einwohner der Stadt und so weiter. Selbstverständlich kann die Wirtschaft den Baukasten potenziell selbst nutzen; beispielhaft sei ein virtuelles Teilnetz herausgegriffen mit dem Ziel, für eine anstehende Stellenbesetzung eines Unternehmens das zugehörige Assessment-Center zu organisieren und Bewerbern unter Nutzung einfacher Soziale-Netz-Funktionalität verfügbar zu machen.

Auch der Stadt der Zukunft können im Zusammenhang mit dem BürgerNetz-Baukasten verschiedene Rollen zukommen, wovon drei hervorgehoben seien: (1) als Autorität und Bürge, um Geschäfts- und soziale Beziehungen zwischen den Bürgern zu erleichtern; (2) als Teildienst-Anbieter (im Party-Beispiel: Saalanmietung, Sondergenehmigungen für Veranstaltungen etc.), der wichtige eine stadtspezifische Funktionalität für die BürgerNetze beisteuert; (3) als Baukasten-Anbieter, der die Bausteine und Entwicklungswerkzeuge verwaltet und ihre Weiterentwicklung vorantreibt oder fördert, entstehende BürgerNetze hinsichtlich der Einhaltung von Regularien überwacht (siehe oben zur Rolle der Wirtschaft) oder auch Eigenschaften prüft und bescheinigt, digitale Kataloge und Suchfunktionen anbietet etc.; (4) als BürgerNetz-Anbieter, der städtische Belange im Kontakt zu den Bürgern mit eigenen spezifischen BürgerNetzen wahrnimmt (als Alternative zu entsprechenden urbanen Diensten gemäß (B8)), wobei die Entwicklung in Eigenregie, in klassischer Beauftragung oder

wettbewerblich. zum Beispiel. über nutzungsabhängige Bezahlmodelle, geregelt werden kann.

Die Stadt der Zukunft muss in jedem Fall strategisch und prägend auf alle drei Bestandteile der wettbewerbs- und bürgerorientierten Infrastruktur Einfluss nehmen. Sie muss ihre prägende Rolle als Betreiber von urbanen Datenplattform, von Dienstplattform und BürgerNetz-Baukasten wahrnehmen, andererseits selbst als innovativer Anbieter von Daten (städtisches *Lagebild*), Diensten und sozialen Online-Netzen vorangehen.

LITERATUR

acatech 2014

Mühlhäuser, M./Encarnação, J.: *Integrierende Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) für die Stadt der Zukunft* (acatech MATERIALIEN), München 2014.

Agarwal 2007

Agarwal, S.: *Formal Description of WebServices for Expressive Matchmaking* (Dissertation), Universität Karlsruhe (TH), 2007.

Aitenbichler et al. 2007

Aitenbichler, E./Kangasharju, J./Mühlhäuser, M.: "MundoCore: A Light-weight Infrastructure for Pervasive Computing". In: *Pervasive and Mobile Computing*, 3: 4, 2007, S. 332 – 361.

Baldimtsi et al. 2012

Baldimtsi, F./Hinterwalder, G./Rupp, A./Lysyanskaya, A./Paar, C./Burlison, W. P.: „Pay as you go“. In: *5th Workshop on Hot Topics in Privacy Enhancing Technologies (HotPETs) 2012* (Selected Papers), Vigo, Spanien: 2012, S. 109 – 117.

Bao/Dietterich 2011

Bao, X./Dietterich, T. G.: „Folder Predictor: Reducing the Cost of Reaching the Right Folder“. In: *ACM Transactions on Intelligent Systems Technology (TIST)*, 2: 1, 2011, S. 8:1 – 8:23.

Barnickel et al. 2010

Barnickel, N./Both, W./Flügge, M./Schieferdecker, I.: „Städtische Data Cloud – Offene Daten für neue, innovative Unternehmen in Städten“. In: *IM-Fachzeitschrift für Information Management & Consulting*, 25: 3, 2010, S. 21 – 28.

Börger 2012

Börger, E: "Approaches to Modeling Business Processes. A Critical Analysis of BPMN, Workflow Patterns and YAWL". In: *Journal on Software and Systems Modeling*, 11:3, 2012, S. 305 – 318.

Bonomi et al. 2012

Bonomi, F./Milito, R./Zhu, J./Addepalli, S.: "Fog Computing and its Role in the Internet of Things". In: MCC'12 (Hrsg.): *Proceedings of the 1st MCC Workshop on Mobile Cloud Computing*, New York, NY: ACM 2012, S. 13 – 16.

Borgert et al. 2011

Borgert, S./Steinmetz, J./Mühlhäuser, M.: "ePASS-IoS 1.1: Enabling Inter-Enterprise Business Process Modeling by S-BPM and the Internet of Services Concept". In: *S-BPM ONE - Learning by Doing - Doing by Learning. Third International Conference, S-BPM ONE 2011, Ingolstadt, Germany, September 29-30, 2011. Proceedings*, Heidelberg: Springer Verlag 2011, S. 190 – 211.

Both/Schieferdecker 2012

Both, W./Schieferdecker, I. (Hrsg.): *Berliner Open Data Strategie. Organisatorische, rechtliche und technische Aspekte offener Daten in Berlin. Konzept, Pilot und Handlungsempfehlungen*, Stuttgart: Fraunhofer Verlag 2012.

Buchmann 2012

Buchmann, J. (Hrsg.): *Internet Privacy. Eine multidisziplinäre Bestandsaufnahme/A MultiDisciplinary Analysis* (acatech STUDIE), Berlin: Springer Verlag 2012.

Cardoso et al. 2009

Cardoso, J./Voigt, K./Winkler, M.: "Service Engineering for the Internet of Services". In: *Enterprise Information Systems. 10th International Conference, ICEIS 2008, Barcelona, Spain, June 12-16, 2008, Revised Selected Papers*, Berlin: Springer Verlag 2009, S. 15 – 27.

Chandola et al. 2009

Chandola, V./Banerjee, A./Kumar, V.: "Anomaly Detection: A Survey". In: *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 41: 3, 2009, S. 15:1 – 15:58.

Christin et al. 2011

Christin, D./Reinhardt, A./Kanhere, S./Hollick, M.: "A Survey on Privacy in Mobile Participatory Sensing Applications". In: *Journal of Systems and Software*, 84: 11, 2011, S. 1928 – 1946.

Cofta 2008

Cofta, P.: "Towards a Better Citizen Identification System". In: *Identity in the Information Society*, 1: 1, 2008, S. 39 – 53.

Cohen 2004

Cohen, B.: "Urban Growth in Developing Countries: A Review of Current Trends and a Caution Regarding Existing Forecasts". In: *World Development*, 32: 1, 2004, S. 23 – 51.

De Alwis et al. 2009

De Alwis, B./Gutwin, C./Greenberg, S.: "GT/SD: Performance and Simplicity in a Groupware Toolkit". In: *Proc. 1st ACM SIGCHI Symp. Engineering Interactive Computing Systems (EICS '09)*, New York, NY: ACM 2009, S. 265 – 274.

Demeure et al. 2008

Demeure, A./Calvary, G./Coninx, K.: "COMET(s), A Software Architecture Style and an Interactor's Toolkit for Plastic User Interfaces". In: Graham T.C./Palanque P. (Hrsg.): *Interactive Systems. Design, Specification, and Verification (LNCS 5136)*, Berlin: Springer Verlag 2008, S. 225 – 237.

Dzung et al. 2005

Dzung, D./Naedele, M./von Hoff, T. P./Crevatin, M.: "Security for Industrial Communication Systems". In: *Proceedings of the IEEE*, 93: 6, 2005, S. 1152 – 1177.

Erhazakis et al. 2011

Erhazakis, K./Metaxiotis, K./Tsitsanis, T.: "A State-of-The-Art Review of Applied Forms and Areas, Tools and Technologies for e-Participation". In: *Electronic Government Research*, 7: 1, 2011, S. 1 – 19.

Farhangi 2010

Farhangi, H.: "The Path to the Smart Grid". In: *IEEE Power and Energy Magazine*, 8: 1, 2010, S. 18 – 28.

Fischedick/Lechtenbömer 2012

Fischedick, M./Lechtenbömer, S.: „Smart City – Schritte auf dem Weg zu einer CO2-armen Stadt“. In: Servatius, H.G./Schneidewind, U./Rohlfing, D. (Hrsg.): *Smart Energy - Wandel zu einem nachhaltigen Energiesystem*, Berlin: Springer 2012, S. 395 – 414.

Fleischmann et al. 2011

Fleischmann, A./Schmidt, W./Stary, C./Obermeier, S./Börger, E.: *Subjektorientiertes Prozessmanagement: Mitarbeiter einbinden, Motivation und Prozessakzeptanz steigern*, München: Hanser Verlag 2011.

Ganti et al. 2010

Ganti, R./Pham, N./Ahmadi, H./Nangia, S./Abdelzaker, T.: "GreenGPS: a Participatory Sensing Fuel-efficient Maps Application". In: *Proceedings of the 8th International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services (MobiSys '10)*, New York, NY: ACM 2010, S. 151–164.

Huber et al. 2010

Huber, J./Steimle, J./Lissermann, R./Olberding, S./Mühlhäuser, M.: "Wipe'n'Watch: Spatial Interaction Techniques for Interrelated Video Collections on Mobile Devices". In: *Proceedings of the 24th BCS Interaction Specialist Group Conference (BCS '10)*, Swinton, UK: British Computer Society 2010, S. 423–427.

Khan 2012

Khan, L.: "A Cloud-based Architecture for Citizen Services in Smart Cities". In: *IEEE/ACM Fifth International Conference on Utility and Cloud Computing*, 2012, S. 315–320.

Kolbe 2012

Kolbe, T.: "Representing and Exchanging 3D City Models with CityGML". In: Lee, J./Zlatanova, S.: *3D Geo-Information Sciences*, Berlin: Springer Verlag 2009, S. 15–31.

Komninos et al. 2012

Komninos, N./Pallot, M./Schaffers, H.: "Special Issue on Smart Cities and the Future Internet in Europe". In: *Journal of the Knowledge Economy*, 4:2, 2012, S. 119–134.

Kriegel et al. 2004

Kriegel, E.U./Nentwig, L./Siegeris, E.: „IT-Projekte in der öffentlichen Verwaltung – Analogien zum Outsourcing. Ein Fallbeispiel aus der Berliner Verwaltung“. In: Borchers J./Kneuper, R. (Hrsg.): *Software Management 2004: Outsourcing und Integration*, Fachtagung des GI-Fachausschusses Management der Anwendungsentwicklung und -wartung im Fachbereich Wirtschaftsinformatik (WI-MAW), 3. bis 5. November 2004, Bad Homburg, S. 40–45.

Lapi et al. 2012

Lapi, E./Tcholtchev, N./Bassbous, L./Marienfeld, F./Schieferdecker, I.: "Identification and Utilization of Components for a linked Open Data Platform". In: *1st IEEE International Workshop on Methods for Establishing Trust with Open Data (METH)*, Proc. Computer Software and Applications Conference Workshops (COMPSACW), IEEE 36th Annual, Piscataway, NJ: IEEE 2012, S. 112–115.

Löw 2010

Löw, M.: "Stadt- und Raumsoziologie". In: Kneer, G./Schroer, M. (Hrsg.): *Handbuch Spezielle Soziologien*, Berlin: Springer Verlag 2010, S. 605–622.

Maali et al. 2010

Maali, F./Cyganiak, R./Peristeras, V.: "Enabling Interoperability of Government Data Catalogues". In: *Proceedings of the Electronic Government 10th International Conference*, Heidelberg: Springer 2010, S. 339–350.

Mather et al. 2009

Mather, T./Kumaraswamy, S./Latif, S.: *Cloud Security and Privacy: An Enterprise Perspective on Risks and Compliance*, Sebastopol, CA: O'Reilly 2009.

Montero et al. 2009

Montero, R. S./Llorente I. M./Foster, I.: "Virtual Infrastructure Management in Private and Hybrid Clouds". In: *Internet Computing*, 13: 5, 2009, S. 14–22.

Nazir et al. 2008

Nazir, A./Raza, S./Chuah, C.: "Unveiling Facebook: a Measurement Study of Social Network Based Applications". In: *Proc. 8th ACM SIGCOMM Conf. on Internet Measurement (IMC)*, New York, NY: ACM 2008, S. 43–56.

Panitzek et al. 2012

Panitzek, K./Schweizer, I./Böning, T./Seipel, G./Schulz, A./Mühlhäuser, M.: "Enhancing Robustness of First Responder Communication in Urban Environments". In: Rothkrantz, L./Ristvej, J./Franco, Z.: *Proceedings of the 9th International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management (ISCRAM 2012)*, Vancouver, Canada, 2012, S. 176:1-176:5. URL: <http://www.iscramlive.org/ISCRAM2012/proceedings/176.pdf>. [Stand: 19.05.2014]

Potter/Archambault 2009

Potter, C./Archambault, A.: "Building a Smarter Smart Grid Through Better Renewable Energy Information". In: *Proceedings of IEEE/PES Power Systems Conference and Exposition (PSCE)*, 2009, S. 1–5.

Rickenbach von/Wattenhofer 2004

Rickenbach, P. von/Wattenhofer, R.: "Gathering Correlated Data in Sensor Networks". In: *Proceedings of the 2004 Joint Workshop on Foundations of Mobile Computing*, New York, NY: ACM 2004, S. 60–66.

Ro et al. 2008

Ro, A./Xia, L. S./Paik, H.-Y./Chon, C. H.: „Bill Organiser Portal: A Case Study on End-User Composition". In: Hartmann, S./Zhou, X./Kirchberg, M. (Hrsg.): *Web Information Systems Engineering – WISE 2008 Workshops (LNCS 5176)*, Berlin: Springer Verlag 2008, S. 152–161.

Sareika/Schmalstieg 2007

Sareika, J./Schmalstieg, D.: "Urban Sketcher: Mixed Reality on Site for Urban Planning and Architecture". In: *Proceedings of the 2007 6th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR '07)*, Washington, DC: IEEE Computer Society 2007, S. 1–4.

Satyanarayanan et al. 2009

Satyanarayanan, M./Bahl, P./Caceres, R./Davies, N.: "The Case for VM-based Cloudlets in Mobile Computing". In: *IEEE Pervasive Computing*, 8:4, 2009, S. 14–23.

Schieferdecker 2011

Schieferdecker, I. (Hrsg.): *Smart Cities – Deutsche Hochtechnologie für die Stadt der Zukunft*, 2011, acatech, URL: <http://www.acatech.de/de/publikationen/stellungnahmen/kooperationen/detail/artikel/smart-cities-deutsche-hochtechnologie-fuer-die-stadt-der-zukunft.html> [Stand: 23.12.2012].

Smart Cities Project 2010

Smart Cities (EU North Sea Region Programme): SmartCities. *Creating Municipal ICT Architectures. A Reference Guide from Smart Cities (project documentation)*, 2010. URL: www.smart-cities.info/files/Creating%20Municipal%20ICT%20Architectures%20-%20Smart%20Cities.pdf [Stand: 21.5.2014].

Sunlight Foundation 2010

Sunlight Foundation: *Ten Principles for Opening Up Government Information*, 2010. URL: <http://sunlightfoundation.com/policy/documents/ten-open-data-principles/> [Stand: 30.04.2012].

Tcholtchev et al. 2012

Tcholtchev, N./Farid, L./Marienfeld, F./Schieferdecker, I./Dittwald, B./Lapi, E.: "On the Interplay of Open Data, Cloud Services and Network Providers Towards Electric Mobility in Smart Cities". In: *37th Conference on Local Computer Networks Workshops*. Piscataway, NJ: IEEE 2012, S. 860–867.

Walravens/Ballon 2013

Walravens, N./Ballon, P.: "Platform Business Models for Smart Cities: From Control and Value to Governance and Public Value". In: *IEEE Communications Magazine*, Juni 2013, S. 72–79.

Zachman 1999

Zachman, J.: "A Framework for Information Systems Architecture". In: *IBM Systems Journal*, 38:2.3, 1999, S. 454–470.

Zheleva/Getoor 2009

Zheleva, E./Getoor, L.: "To Join or Not to Join: The Illusion of Privacy in Social Networks With Mixed Public And Private User Profiles". In: *Proceedings of the 18th international conference on World Wide Web (WWW '09)*, New York, NY: ACM 2009, S. 531–540.

4 WERK- UND WERTSTOFFSTROMMANAGEMENT

HARTWIG HÖCKER, RWTH AACHEN, FÜR DAS THEMENNETZWERK MATERIALWISSENSCHAFT UND WERKSTOFFTECHNIK
 BESONDERER DANK GILT CHRISTINA BERGER, TU DARMSTADT UND MANFRED HENNECKE, IFW DRESDEN E.V.

4.1 MOTIVATION

Prognosen sagen aus, dass im Jahre 2050 von den mehr als neun Milliarden Menschen auf der Erde 70 Prozent in Städten leben werden. Bei diesen Städten der Zukunft wird es sich vielfach um Ballungsräume bis hin zu Megacities handeln. Während es in den Schwellenländern zunächst vor allem darum geht, eine funktionierende Infrastruktur aufzubauen, müssen in den Industrieländern global wettbewerbsfähige Wirtschaftsräume mit hoher Lebensqualität geschaffen werden. Zu diesem Zweck müssen Produktion, Verbrauch und Entsorgung im Idealfall weitgehend miteinander vernetzt (Smart Cities) sein, um möglichst kurze Wege für den Transport von Personen und Gütern zu garantieren. Ein Aspekt einer solchen Verzahnung ist ein ausgefeiltes Stoffstrommanagement. Das Werkstoff- und besonders das Wertstoffstrommanagement stehen dabei an erster Stelle.

Thema und Herausforderung

Werkstoffe sind die Basis jeder Produktion, und neue Materialien bzw. Werkstoffe sind Innovationsträger zuzeiten des Umbruchs. Die Lösung der großen Zukunftsfragen der Gesellschaft in den Bereichen Klima, Energie, Mobilität, Gesundheit, Kommunikation und Sicherheit wird immer auch durch werkstoffseitigen technischen Fortschritt geprägt bspw. im Bereich der Leichtbauwerkstoffe, der Werkstoffe der Energietechnik oder der Werkstoffe der Informations- und Kommunikationstechnologie. Dies gilt insbesondere für hochinnovative Bereiche wie Stromspeicherung, organische und Nanoelektronik und künstliche Fotosynthese. Bisherige Werkstofflösungen können nicht einfach für die Stadt der Zukunft fortgeschrieben werden, sondern müssen hinsichtlich Nachhaltigkeit, Effizienz, Kosten, Recyclingfähigkeit, Bioabbaubarkeit und Schadstofffreiheit optimiert oder durch neue Werkstoffkonzepte ersetzt werden.

Die Herstellung der Werkstoffe selbst ist direkt abhängig von der Versorgung mit Rohstoffen. Einen Weg, die Abhängigkeit von der Rohstoffversorgung zu verringern, stellt die Steigerung der Effizienz des Einsatzes von Rohstoffen für die Herstellung von Werkstoffen und von Werkstoffen in Produkten und Produktionsprozessen dar. Daneben leisten die Sammlung, Aufbereitung und Wiedergewinnung, also das Recycling von Werkstoffen einen immer bedeutender werdenden Beitrag. Dies gilt sowohl für die privaten Haushalte, in denen in der Regel Bauteile anfallen, als auch für die Produktion, in der je nach

der Position in der Wertschöpfungskette Werkstoffe selbst, aber auch Komponenten, Komponentengruppen oder komplette Bauteile anfallen können. Auch bei dem Rückbau von Gebäuden und Infrastrukturen fallen recyclingfähige Stoffe an. Schließlich stellt die Substitution *kritischer Werkstoffe* (geringe Verfügbarkeit, schwierige Verarbeitbarkeit und Recyclingfähigkeit, gesundheitliche Risiken in Gewinnung, Verarbeitung und Gebrauch etc.) einen wichtigen Aspekt dar.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass Bauteile zunehmend Mehrkomponentensysteme sind, aus immer mehr Materialien oder Materialkombinationen hergestellt werden und bei gleicher Spezifikation weltweit aus unterschiedlichen Materialien gefertigt sein können. Für derartige Vielkomponentensysteme sind häufig keine wirtschaftlichen Recyclingprozesse bekannt vor allem, weil die Materialzusammensetzung der Bauteile unbekannt ist. Oft gibt es jedoch keine geeignete Trenn- und Demontageprozeduren, besonders wenn es sich um geringe Anteile sehr hochwertiger Komponenten (Gewürzmetalle) handelt. Schließlich kann es technologische oder substratspezifische Gründe geben, die ein Recycling nicht gestatten. Bei nicht recycelbaren Materialien muss die Substituierbarkeit geprüft werden.

Die besondere Rolle der Produktion in diesem Zusammenhang ergibt sich daraus, dass ihr einerseits als Subjekt der Wertschöpfungsprozesse universelle Herstellungsfunktion zugewiesen ist, sie andererseits in ihren Betriebsmitteln und Dienstleistungen auch Objekte dieser Wertschöpfungsprozesse verkörpert. Produktion wird auch in ihrer Rolle als Hilfe zur Selbsthilfe in unterschiedlichen Wohlstandsniveaus in Schwellen- und Industrieländern begriffen. Dabei ist auch Gegenstand der Forschung, ob und in wie weit dezentrale Wertschöpfung ohne Verlust der Wettbewerbsfähigkeit gegenüber hochproduktiven Fabriken, die unter Nutzung von Skaleneffekten die ganze Welt versorgen, möglich ist. Wettbewerbsfähigkeit wird hier nicht nur in den Kategorien von Preisen und Kosten, sondern auch in Bezug auf Ressourceneffektivität und -effizienz, Qualifikation und Bildung sowie Kompetenz zum Aufbau stabiler Infrastrukturen und Gemeinwesen verstanden. Die Fähigkeit zur Entwicklung und Anwendung der Artefakte in nachhaltigen Lebensweltbereichen, ihre Vermittlung über Angebot und Nachfrage lokal, regional, national, kontinental und global erweisen sich als Beiträge produktions-technischer Forschung zur Bewältigung der globalen Herausforderung einer nachhaltigen Lebenswelt.

In städtischen Ballungsräumen, insbesondere den Megacitys, den Städten der Zukunft fallen in hoher Konzentration (Menge pro Flächeneinheit) Abfallprodukte und damit Werk- und Wertstoffe an. Dies bietet klare Vorteile für die Kreislaufwirtschaft: Die Infrastruktur für den Abtransport von Müll ist in Grundzügen bereits vorhanden, sodass für die Sammlung keine grundsätzlich neuen Einrichtungen geschaffen werden müssen. Vielmehr muss die Vernetzung der Entsorger garantiert werden; darüber hinaus sollten möglichst auch Entsorgungs- und Versorgungslogistik miteinander gekoppelt werden. Das Recycling kann kostengünstig stattfinden, wenn im Ballungsraum beziehungsweise in organisatorisch zusammengeschlossenen Ballungsräumen Spezialanlagen für das Recycling vorhanden sind beziehungsweise geschaffen werden und die wiedergewonnenen Materialien direkt Produktionsanlagen in den betreffenden Ballungsräumen zugeführt werden können. Dabei muss die Kontinuität der Stoffströme sichergestellt werden. Voraussetzung dafür ist ein hohes Matching von aufbereiteten Materialien einerseits (Angebot) und den für Produktionsprozesse benötigten Materialien und Werkstoffen andererseits (Nachfrage). Auch im Sinne einer ganzheitlichen Rohstoffstrategie sollten daher Rohstoffpartnerschaften (Balance zwischen Primär- und Sekundärrohstoffen) gefördert werden.

Nachhaltige urbane Produktion zielt auf effektive Verwertung von Ressourcen in Materialkreisläufen. Open Design and Manufacturing Communities können dabei – auch in Verbindung mit neuen Formen von Erwerbs- und Eigenarbeit – wesentliche Beiträge leisten. In sozialer Dimension der Nachhaltigkeit gilt es, Qualifikation durch Lernzeuge (Learnstruments) zu befördern. In ökonomischer Dimension der Nachhaltigkeit kann durch Nutzen statt Produktverkauf marktwirtschaftliche Dynamik dazu führen, dass die Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaftssubjekte durch Entwicklung und Produktion mit höherer Ressourceneffektivität und -effizienz gesteigert wird. In ökologischer Dimension der Nachhaltigkeit gilt es, Produkte so entstehen zu lassen und herzustellen, dass nicht-nachwachsende Rohstoffe in Kreisläufen immer wieder neuen Nutzungen zugeführt und/oder dass sie durch nachwachsende Rohstoffe substituiert werden können. Modulare Bauweisen durch angepasste Montage, Demontage und Remontage bieten besondere Herausforderungen und Chancen für die Kreislaufwirtschaft.

Neben der traditionellen industriellen Produktion von Gebrauchsgütern gilt es, die Möglichkeiten der Nahrungsmittelherzeugung durch innovative Anbauweisen und Betriebsmittel auszuschöpfen. Konzepte der Nahrungsmittelgewinnung in

städtischen Gebäuden unter Nutzung von organischen Abfällen sind nach produktionstechnischen Kriterien zu erarbeiten. Die dezentrale Energie- und Wasserversorgung ist unter Sichtweisen gesteigerter Nutzenproduktivität eingesetzter Ressourcen zu verbessern. Die Modularisierung von gerätetechnischen Komponenten bietet dafür große Chancen. Darüber hinaus fordert der begrenzte Vorrat an mineralischen Phosphaten alternative Gewinnungsmöglichkeiten. Hier bietet sich die Verwendung von Klärschlamm aus urbanen Kläranlagen beziehungsweise – bei Belastung des Klärschlammes mit Schadstoffen – die Verwendung der Verbrennungsrückstände an.

Als ein spezifischer Bereich ist der Bausektor zu betrachten, der sich durch zwei Charakteristika auszeichnet: große Materiallager und lange Verweilzeiten von Materialien im Lager. Der Bausektor ist zunehmend geprägt von der Diffusion technologischer Innovationen in den Bestand. Dies umfasst insbesondere Energietechnologien, zum Beispiel Integration von Photovoltaik oder Geothermie als Komponenten von Gebäuden, aber auch neue Werkstoffe, zum Beispiel Composite-Materialien aus Holz und Zement oder Textilbeton, sowie neue Baukonzepte und architektonische Gestaltungen, zum Beispiel im Fassaden- und Dachbereich (Wärmedämmstoffe, Kühlanlagen, Solaranlagen etc.). Durch die Verbreitung dieser Technologien, Komponenten und Materialien werden sich zukünftig Lager mit spezifischen Rohstoffen aufbauen, zu deren Wiedergewinnung beziehungsweise Nutzen die vorausschauende Erarbeitung von Strategien notwendig ist. Für die heute anfallenden Abfälle ist zu berücksichtigen, dass sie Materialien mit früher verwendeten Schadstoffen enthalten können, deren Erfassung und Getrennthaltung sowohl unter dem Aspekt des Umweltschutzes als auch der Verwertbarkeit wesentlich ist.

Besondere Bedeutung gewinnt die Fragestellung der urbanen Wiedergewinnung von Werkstoffen mit Blick auf den zu erwartenden sozialen und demografischen Strukturwandel. Produktinnovationen/Auslaufprodukte, Veränderungen in der Produktionstechnik, das heißt der Ausstattung von ansässigen Produktionsanlagen, Veränderungen in der urbanen Branchenstruktur, Wandlung vom Produktverkauf zum Nutzenverkauf werden den Bedarf an Rohstoffen und die Möglichkeiten der Wiedergewinnung von Werkstoffen beeinflussen. Es sind daher Szenarien darüber zu entwickeln, wie sich städtische Produktionsstandorte aufgrund des technischen Fortschritts wandeln werden, welche Technologien in Zukunft bedeutsam sein und welche der Branchen sich insbesondere im städtischen Raum ansiedeln werden (Szenarioanalyse). Dabei ist der Frage

Rechnung zu tragen, wie dezentrale Recyclinganlagen mit der steigenden Komplexität der anfallenden Materialkombinationen, aber auch mit dem zunehmenden wissenschaftlichen und anwendungstechnischen Fortschritt im Hinblick auf Recyclinganlagen umgehen können.

Die Art und Menge der Abfallstoffe, die gegenwärtig und zukünftig in Ballungsräumen anfallen, die dafür verantwortlichen Akteursgruppen (private Haushalte, Unternehmen) und die Materialien, die direkt ansässigen Produktionsstätten de facto zugeführt werden beziehungsweise zugeführt werden können, müssen szenariomäßig ermittelt werden.

Recycling-Anlagen erfordern die Bereitstellung neuer Technologien (für das Recycling kleiner Anteile beziehungsweise die Trennung von recycelbaren und nicht recycelbaren Materialien) und ständigen Entwicklungsaufwand hinsichtlich ihrer ökonomischen und ökologischen Optimierung. Eine wissenschaftlich-technische Begleitung ist daher zwingend erforderlich. Gerade im Bereich von urbanen Zentren sind die Voraussetzungen hierfür gegeben.

In allen Bereichen ist nach Ineffizienzen zu suchen. Insbesondere sind durch politische Rahmenbedingungen die Verhältnisse zwischen Abfallproduzenten (private Haushalte und Unternehmen), den Entsorgern und den Abfallverwertern (private und städtische Unternehmen) überregional zu regeln. Insbesondere ist jeder *Export* von Abfallstoffen nur in berechtigten Ausnahmefällen zuzulassen.

4.2 THESEN ZUR LOGISTIK DES STOFFSTROMMANAGEMENTS

Der Schwerpunkt *Stadt der Zukunft* kann als integrierende Plattform für das Innovationsgeschehen in Deutschland angesehen werden und adressiert viele Akteure aus Wirtschaft, Wissenschaft, Gesellschaft und Politik. In erster Linie werden die Ministerien BMBF, BMVBS, BMWi und BMU angesprochen. Nationale Institutionen werden im Hinblick auf stadträumliche, soziologische oder infrastrukturelle Forschung adressiert.

Stand der Forschung

Ausgangspunkt einer Bearbeitung des Themas muss die Erhebung nationaler und internationaler Ansätze zum urbanen Stoffstrommanagement und zu urbaner Produktion und ihren Wechselwirkungen sein.

Dabei gilt es, die folgenden Akteure zu berücksichtigen:

- *Werkstoffe:*
Über die Komplexität und Recyclingfähigkeit von Werkstoffen, insbesondere Verbundmaterialien ist bislang zu wenig bekannt.

Neben Informationen über die Rohstoffquellen müssen im Hinblick auf das Recycling Kenntnisse über die Komplexität der Materialzusammensetzungen gesammelt werden. Dabei kann die Bildung von Werkstoffclustern nach Kriterien nützlich sein, beispielsweise nach Materialwert (HighTech-Materialien wie Gallium und Indium aus Fotovoltaikanlagen und Displays, seltene Erdmetalle aus Permanentmagneten, Elektromotoren und Bremsen, Batterien, PC-Festplatten, Energiesparlampen, Spezialgläser, Katalysatoren, Tantal aus Kondensatoren und Germanium aus Glasfaserkabeln), nach kreislauffähigen und bisher aus ökonomischen und/oder technologischen Gründen (noch) nicht kreislauffähigen Materialien, Materialien mit einem geringen Mengenaufkommen aus einer Vielzahl von Quellen, *kritische* Materialien, technische und ökonomische Recycelfähigkeit, Klassifizierung nach den EU-Richtlinien WEEE, AltautoVO, RoHS, REACH etc. Als Wertschöpfungsfaktoren bieten Produkte, Prozesse, Betriebsmittel, Organisation und menschliche Arbeit Anknüpfungspunkte für die Gestaltung nachhaltiger Wertschöpfung.

- *Produkte:*
Die Demontage von gebrauchten Produkten und die Wiederverwertung der Materialien sind derzeit noch zu komplex und zu teuer und werden noch nicht flächendeckend in der Produktentwicklung berücksichtigt.

Eine zentrale Forderung ist die Demontagefähigkeit gebrauchter Produkte. Ausgangspunkt können ausgewählte Produkte nach Ablauf einer Nutzungsphase sein und/oder ausgewählte austauschbare Module, die über mehrere Lebensphasen hinweg ihren Dienst getan haben. Die dezentrale Montage stellt Anforderungen an die Produktentwicklung, die Life Cycle Unit ist ein informations-/kommunikationstechnisches Werkzeug zur Überwachung der Funktion von Modulen und Komponenten in ihren Lebenszyklusphasen. Dabei gilt

es, die Kenntnisse über die Zusammensetzung der Werkstoffe in den einzelnen Produktionsstufen zu sichern. RFID kann zur Unterstützung der Transparenz der Stoffströme (Anreiz für recyclinggerechte Konstruktion und für Langzeituntersuchungen zum Rücklaufverhalten von Produkten) als Hilfsmittel eingesetzt werden.

- *Prozesse:*
Unter Berücksichtigung des urbanen Umfeldes müssen die jeweils bekannten ökonomisch und ökologisch freundlichen sowie energie- und materialeffizienten Prozesse, Prozessentwicklungen und -weiterentwicklungen betrachtet werden.
- *Betriebsmittel:*
Wenn urbanes Stoffstrommanagement für urbane Räume unterschiedlicher Länder der Erde betrachtet wird, erfordern unterschiedliche Entwicklungsniveaus in Bildung und Infrastruktur eine differenzierte Auslegung der Betriebsmittel.

In wenig entwickelten Umgebungen mit hoher Arbeitslosigkeit ist Wertschöpfung in nachhaltigen Modulen über Hilfe zur Selbsthilfe zunächst zur regionalen Befriedigung der Grundbedürfnisse von Essen, Kleiden, Wohnen und Transport zu implementieren. Wenn ein gewisses Niveau eigener Wertschöpfungskompetenz erreicht ist, kommt es darauf an, sich in übergeordnete Wertschöpfungsnetze als nützlicher Partner einzubringen. Dazu bedarf es der Fähigkeit, mit Partnern zusammenzuarbeiten und im Wettbewerb zu bestehen. Es ergibt sich die Frage, wie Fabrikmodule kompatibel mit logistischen und informationstechnischen Infrastrukturen ausgelegt werden können, um auf unterschiedlichem Entwicklungsniveau die skizzierten Fähigkeiten zu Zusammenarbeit und Wettbewerb zu unterstützen. Für die Fabrikmodule können sich unterschiedliche Skalierungsaspekte ergeben. Diese Skalierungsaspekte können sich auf das Produktionsprogramm, auf das Entwicklungsniveau von Bildung und Infrastruktur, auf On Grid- oder Off Grid-Energieversorgung, auf zentrale oder dezentrale Angebots- und Lieferfähigkeit, auf mobile oder stationäre Betriebsmittel und Arbeitskraft, auf unterschiedliche Grade der Arbeitsteilung, auf lokale, regionale und globale Ressourcenverfügbarkeit beziehen. Es ergibt sich auch die Frage, wie Fabrikmodule bei weltweit irgendwie verteilter Wertschöpfung auf eine verantwortliche

Abstimmung über den Einsatz von Ressourcen und die Verursachung von Nebenwirkungen vorzubereiten sind.

- *Organisation:*
Zusammenarbeit und Wettbewerb prägen die Entwicklung der Wertschöpfung in globalem Maßstab.

Einzelne Personen und Unternehmen können große Beiträge zur Nachhaltigkeit leisten, aber die Herausforderungen sind selbst für große Unternehmen zu komplex, um sie allein zu bewältigen. Technologie und wissenschaftliche Erkenntnis brauchen Akteure, die sie kooperativ sinnvoll nutzen. Eine dynamische Arbeitsteilung in Balance zwischen Zusammenarbeit und Wettbewerb entwickelt sich zwischen Unternehmen und Institutionen mit unterschiedlichen Kernkompetenzen, wenn sie als Partner im Konsortium gemeinsam komplexe Aufgaben zu lösen versuchen. Sie müssen dann ihre komplementären Kompetenzen intelligent verknüpfen. Unternehmen und Institutionen werden Partner in Netzen der Wertschöpfung mit dem Ziel, die Leistungsfähigkeit des Netzes und nicht nur die eigene Leistung zu steigern. Sie werden Partner in nachhaltigen Wertschöpfungsnetzen, wenn sich die globalen Herausforderungen nachhaltiger Lebensweise in Nachfrage und Angebot innovativer Prozesse und Produkte konkretisieren. Der Umgang mit Wissen und intellektuellem Kapital spielt hierbei eine Schlüsselrolle. Zusammenarbeit ermöglicht es, nicht nur an einem oder einigen wenigen Knoten zu ziehen, sondern in Zusammenarbeit gemeinsam auf mehreren Pfaden das ganze System, unter anderem auch durch Ausnutzung von Wechselwirkungen und Synergieeffektennachhaltig zu gestalten.

- *Mensch:*
Nur wenn die Menschen in globalem Maßstab davon überzeugt werden, kann es gelingen, die rational gebotene Nachhaltigkeit der Lebenswelt zu erreichen.

Dazu bedarf es einer gewaltigen Steigerung der Lern- und Lehrproduktivität. *Lernzeuge* (Learnstruments) sind Geräte, die dem Nutzer ihre Funktionalität automatisch erschließen. Die moderne Informations- und Kommunikationstechnik bietet dafür hervorragende Möglichkeiten. Auch die Ärmsten der Armen haben heute Zugang zu Internet und mobiler Kommunikation. Neben der Entwicklung nützlichen Wissens bedarf es aber

auch der Verständigung über gemeinsame Werte, die in der Forschung und Lehre von den Werten, der sogenannten Axiologie vorangetrieben werden kann.

- *Politik:*
Aufgabe der Politik ist es, den Wettbewerb zwischen den Entsorgern durch politische Rahmenbedingungen zu regeln, die Umsetzbarkeit der Gesetzgebung zu sichern und Anreize zur Erzielung bestimmter struktureller Ziele zu schaffen.

Relevanz der Thematik

Die Gestaltung der Stadt der Zukunft in einem integrierten ökologischen, soziologischen und technologischen Kontext ist eine der wichtigsten globalen Herausforderungen. Deutschland als Vorreiter in Themen der Nachhaltigkeit und des Klimaschutzes muss sowohl die Rolle eines Leitmarkts als auch eines Leitansbieters anstreben. acatech, die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, kann dabei in besonderem Maße für Politik und Wirtschaft Änderungsprozesse anstoßen, strategische Leitbilder für zukunftsfähige Städte entwickeln, vorhandene und latente Potenziale aktivieren und die Verstetigung eines Innovationsdialogs mit Politik, Wirtschaft und Wissenschaft zum Thema *Stadt der Zukunft* initiieren.

Die Relevanz der Thematik für Innovation und Wertschöpfung in Deutschland ist aufgrund der begrenzten und sich tendenziell verschlechternden Rohstoffverfügbarkeit beziehungsweise Verteuerung und der nachlassenden Rohstoffqualität hoch. Die urbane Sammlung und Aufbereitung von Wert- und Werkstoffen, insbesondere in Verbindung mit der urbanen Produktion, stellt zudem einen Wertschöpfungsfaktor für die Kommune dar.

Das Thema adressiert ein Informations- und Koordinationsproblem im Bereich der Logistik und Stadtplanung. Es gilt daher, möglichst alle beteiligten Akteure frühzeitig in den Sachverhalt einzubeziehen und zur Kooperation zu motivieren.

Ziele und Zielgruppen.

Die vorgesehene Analyse richtet sich an kommunale Handlungsträger, sowohl auf politischer als auch auf wirtschaftlicher Ebene. Darüber hinaus werden Empfehlungen für die Forschungslandschaft gegeben.

Mit den Bereichen Wertstoffe und Werkstofftechnologien sind die Bereiche Produktion und Remanufacturing ebenso wie das

Energie- und Versorgungsmanagement sowie die Bereiche Logistik und Stadtplanung eng verknüpft. Die enge Kooperation all dieser Bereiche ist daher entscheidend für den Erfolg.

An erster Stelle steht die Erfassung gegenwärtiger und zukünftig zu erwartender Stoffe nach Art und Menge und die Dokumentation des bisherigen Umgangs mit diesen Stoffen, das heißt die werkstoffliche und energetische Aufbereitung sowie Deponierung. Außerdem gilt es, nationale und internationale Ansätze zum zukünftigen Umgang mit der Thematik zu sichten.

Dabei sind Defizite in allen Teilprozessen aufzuzeigen, mögliche Ineffizienzen der Wiedergewinnung aufzudecken und Empfehlungen zur Vermeidung von Verlusten auszusprechen bzw. Empfehlungen darüber abzuleiten, welche Wertstoffe es derzeit aufzubereiten lohnt. Mit fortschreitender wissenschaftlicher Forschung wird sich die Bandbreite wirtschaftlich und umweltfreundlich durchführbarer Prozesse erhöhen.

4.3 UMFELD UND WECHSELWIRKUNGEN

Das Umfeld stellen in erster Linie die Stakeholder dar, also die Entsorger, Unternehmen, Logistiker, Stadtplaner, Kommunen, Ministerien.

Das politische Umfeld ist gekennzeichnet durch die Hightech-Strategie der Bundesregierung, das Zukunftsprojekt *Die CO₂-neutrale, energieeffiziente und klimaangepasste Stadt* der Forschungsunion, das Energieforschungsprogramm der Bundesregierung, das Deutsche Ressourceneffizienzprogramm der Bundesregierung (ProgRes), die Nationale Stadtentwicklungspolitik BMVBS etc.

Die Grundlagen einer gesamtheitlichen Betrachtung sollten möglichst umgehend erarbeitet werden, die Szenarien und Empfehlungen sind in der sich schnell entwickelnden Welt der Technik ständig zu überprüfen und zu aktualisieren.

Die Abschätzung zukünftiger Daten wird mit hohen Unsicherheiten verbunden sein. Bei zunehmender Materialdiversität im urbanen Raum wird die Kenntnis der Zusammensetzung der Werkstoffe, aus denen Produkte zusammengesetzt sind, immer komplexer, sodass die Erfassung der Materialien ebenso wie ein vollständiges Recycling immer aufwändiger, schwieriger, kostenintensiver oder gar unmöglich werden. Inwieweit wissenschaftlicher Fortschritt hier zu Lösungen führt, ist nicht vorhersehbar.

Sicherlich sind unterschiedliche Positionen und ggf. sogar Konflikte zu erwarten. Den zahlreichen Einzelaktivitäten soll hier eine gesamtheitliche Betrachtung gegenübergestellt werden mit dem erklärten Ziel, Szenarien zu entwickeln und Empfehlungen an die Akteure auszusprechen. Diese sind möglichst frühzeitig mit den Akteuren und der Bevölkerung zu diskutieren.

4.4 LÖSUNGSANSÄTZE

Zunächst müssen die Ansätze zum Umgang mit der Thematik, die es heute bereits gibt, recherchiert werden.

Dann gilt es, die Abfallstoffe, die gegenwärtig in Ballungsräumen anfallen, den Umgang mit ihnen und die Akteursgruppen (private Haushalte, Unternehmen, Kommunen), die im Wesentlichen verantwortlich sind, zu erfassen.

Weiterhin müssen die (industriellen) Stoffströme ermittelt werden, die heute und in Zukunft außerhalb einer urbanen Kreislaufwirtschaft in nationalen und globalen Verwertungssystemen verbleiben, zum Beispiel Metallrecycling.

Besonderere Aufmerksamkeit bedürfen die Abfallstoffe, die direkt ansässigen Produktionsstätten zugeführt werden.

In allen Fällen müssen neben den heutigen Verhältnissen die zukünftigen Entwicklungen im Sinne einer Szenarioanalyse berücksichtigt werden.

Auf allen Ebenen, einschließlich der Rahmenbedingungen, sind Ineffizienzen auszumachen, die eine effiziente Kreislaufwirtschaft behindern.

Schließlich sollen aus den Analysen Empfehlungen für die Akteure abgeleitet und besonderer Forschungsbedarf aufgezeigt werden.

4.5 ZUSAMMENFASSUNG

Werkstoffe, die Träger innovativer Produkte für die großen gesellschaftlichen Zukunftsfragen, sind von der Zugänglichkeit von Rohstoffen abhängig. In dem Maße, in dem Rohstoffe

knapper und damit teurer werden, gewinnen Recycling- und Substitutionstechnologien an Bedeutung. Urbane Räume – Städte, Ballungsräume und besonders Megacities – stellen sich dar als Orte, an denen (Hightech-)Produkte und ausgemusterte Produkte, das heißt Abfälle, in konzentrierter Form anfallen. Daher erscheinen Strategien der Kreislaufwirtschaft zum Management der in diesen Produkten enthaltenen Wertstoffe als hochwertige Rohstoffe besonders zielführend. Altprodukte werden als Rohstoffquelle entdeckt. Originelle Möglichkeiten gewerblicher Wertschöpfung in urbanen Lebensräumen ergeben sich durch Remanufacturing zur erneuten Verwendung oder stofflichen Verwertung gebrauchter Produkte. Ballungsräume bieten damit klare logistische Vorteile für die Kreislaufwirtschaft, insbesondere, wenn sie mit sozial, ökonomisch und ökologisch nachhaltiger Produktion gepaart sind. Es wird daher als wichtige Aufgabe angesehen,

- nationale und internationale Ansätze zu urbanem Stoffstrommanagement in Verbindung mit urbaner Produktion zu sichten,
- unter Berücksichtigung der anfallenden Stoffe in der sich wandelnden Gesellschaft und in Anbetracht zukünftiger Produkte Ansätze zu urbanem Stoffstrommanagement in Verbindung mit urbaner Produktion zu entwickeln und
- Empfehlungen für die Akteure von den Produzenten bis zu den Konsumenten und umgekehrt unter Einschluss der Kommunen und der Politik auszusprechen.

LITERATUR

BMU 2011

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): *Kreislaufwirtschaft. Abfall nutzen – Ressourcen schonen*, Berlin: BMU 2011.

Sachverständigenrat für Umweltfragen 2012

Sachverständigenrat für Umweltfragen: *Umweltgutachten 2012 – Verantwortung in einer begrenzten Welt*, Berlin: Erich Schmidt Verlag 2012.

Schmidt et al. 2009

Schmidt, M./Lambrecht, H./Möller, A. (Hrsg.): *Stoffstrombasierte Optimierung. Wissenschaftliche und methodische Grundlagen sowie softwaretechnische Umsetzung*, Münster: MV Wissenschaft 2009.

Wagner et al. 2012

Wagner J./Heidrich, K./Baumann, J./Kügler, T./Reichenbach, J.: *Ermittlung des Beitrages der Abfallwirtschaft zur Steigerung der Ressourcenproduktivität sowie des Anteils des Recyclings an der Wertschöpfung unter Darstellung der Verwertungs- und Beseitigungspfade des ressourcenrelevanten Abfallaufkommens*, Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt 2012.

5 URBANE PRODUKTION

DIETER SPATH, WITTENSTEIN AG, IGRERSHEIM FÜR DAS THEMENNETZWERK PRODUKTENTWICKLUNG UND PRODUKTION
 BESONDERER DANK GILT WILHELM BAUER, FRAUNHOFER IAO, STUTTGART; TOBIAS HEGMANN, FRAUNHOFER IML, DORTMUND; FRITZ KLOCKE,
 RWTH AACHEN; MARTHE KNUDSEN, FRAUNHOFER IML, DORTMUND; AXEL KUHN, FRAUNHOFER IML; JOACHIM LENTES, FRAUNHOFER IAO, STUTT-
 GART; GUNTHER REINHART, TU MÜNCHEN; CHRISTOPH RICHTER, TU MÜNCHEN; GÜNTHER SELIGER, TU BERLIN; KLAUS WEINERT, TU DORTMUND

5.1 MOTIVATION

Fortschreitende Globalisierung, volatile Märkte und kurze Produktlebenszyklen fordern von produzierenden Unternehmen eine hohe Flexibilität und Qualifikation ihrer Belegschaft, gerade vor dem Hintergrund weitergehender Individualisierungstendenzen und sinkender Losgrößen. Aktuelle Studien zu globalen Treibern für das 21. Jahrhundert weisen auf drastische Veränderungen bis zum Jahr 2050 hin. Demnach steigt die Weltbevölkerung um 2,3 auf 9,6 Milliarden Menschen⁵³ und es werden 2,3-mal so viele Ressourcen benötigt, wie unser Planet aktuell zur Verfügung stellt, wenn sich der ökologische Fußabdruck durch einen *Business-as-usual-Ansatz* so weiter entwickelt, wie in den Jahren 1961 bis 2008.⁵⁴ Darüber hinaus wird geschätzt, dass sich der Bevölkerungsanteil, der in Städten lebt, bis dahin auf 6,3 Milliarden Menschen verdoppelt.⁵⁵ Daraus ergibt sich für Unternehmen, in Bezug auf ihre Produkte und Produktionsbetriebe, der Zwang, unter besonderer Berücksichtigung des städtischen Raums, nachhaltig zu wirtschaften. Im vorliegenden Beitrag wird den resultierenden Herausforderungen vom Standpunkt der Produktion Rechnung getragen. Den zunehmenden Herausforderungen an Unternehmen müssen technologische Befähiger gegenübergestellt werden, welche die Realisierung neuer Ansätze für die Produktion ermöglichen. Beispielsweise könnten weiterentwickelte generative Fertigungsverfahren wie der 3-D-Druck klassische Verfahren bei der Herstellung von Kunststoffteilen bei kleinen Losgrößen ablösen. Weiterentwicklungen im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien erlauben bereits heute eine stärkere Zusammenarbeit zwischen produzierenden Betrieben, beispielsweise im Rahmen von Produktionsbeziehungsweise Wertschöpfungsnetzwerken. Gerade bei einer verteilten, dezentralen Produktion ist die unternehmensübergreifende Koordination aller Aktivitäten entlang der Wertschöpfungskette ein entscheidender Faktor, der eine nachhaltige und zukunftsorientierte Produktion ermöglicht. Auf der Grundlage einer weitergehenden Durchdringung von Produkten und Betriebsmitteln mit Informationstechnik könnte eine Vernetzung und Steuerung im Sinne eines Internets der Dinge beziehungsweise der *Industrie 4.0* etabliert werden. Durch eine weitreichende

Vernetzung können neue Methoden bei der Produktionsplanung und -steuerung zum Einsatz kommen, die Effektivität, Effizienz, Qualität und Nachhaltigkeit der Produktion auch in verteilten Produktionsumgebungen sicherstellen. Neuartige, übergeordnete Steuerungsansätze würden es ermöglichen, Synergiepotenziale durch eine weitergehende Abstimmung und Kooperation von Betriebsstätten, beispielsweise in Bereichen wie Energiemanagement und Logistik, zu heben. Ein erfolgversprechender Ansatz für produzierende Unternehmen, den aus aktuellen Herausforderungen resultierenden Anforderungen zu begegnen, ist die Stärkung der Wertschöpfung im städtischen Umfeld, kurz: die urbane Produktion. Sie kann beispielsweise aufgrund tendenziell kurzer Wege zwischen Wohnung und Arbeitsstätte sowie in der Distributionslogistik einen Beitrag zur Steigerung der Unternehmensflexibilität sowie zur Integration von Kunden und Lieferanten in Geschäftsprozesse leisten.⁵⁶ Dabei sind insbesondere zwei Facetten zu beachten: einerseits das Zusammenrücken von Wohnung und Arbeitsstätte, andererseits die Produktentstehung vor allem von Konsumgütern unmittelbar vor der Haustür des Kunden in der Stadt. Die im städtischen Umfeld mögliche Nähe zu Aus- und Weiterbildungseinrichtungen vereinfacht den Zugang zu Absolventen und verringert die negativen Auswirkungen des Fachkräftemangels.

Ziel der Wertschöpfung im urbanen Umfeld ist eine Produktion, die so schonend und verträglich ist, dass sie sogar im städtischen Umfeld stattfinden kann, und zwar zum Vorteil aller Beteiligten – Unternehmen und Mitarbeiter sowie Stadt und Bürger. Grundlage einer urbanen Produktion ist damit eine Symbiose zwischen Produktion und städtischem Umfeld. Im Rahmen dieser Symbiose gilt es, den positiven Beitrag der Produktion zur Stadt und ihren Teilsystemen zu optimieren und nicht nur negative Auswirkungen zu minimieren. Insbesondere der Harmonisierung von Arbeiten und Wohnen, Leben, Gesundheit und Freizeit kommt hierbei eine besondere Bedeutung zu.

Potenzielle Vorteile einer urbanen Produktion für Städte sind die Schaffung von Arbeitsplätzen mit der dadurch entstehenden Kaufkraft, erweiterte Gewerbesteuererinnahmen, die Reduktion

⁵³ Vgl. Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat 2013, S. xv.

⁵⁴ Vgl. WWF International et al. 2012, S. 100.

⁵⁵ Vgl. Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat 2012, S. 1.

⁵⁶ Vgl. Spath und Lentens 2012.

des Pendleraufkommens durch eine *Stadt der kurzen Wege* sowie die Stärkung des industriellen Rückgrats im Sinne einer robusten Volkswirtschaft.

Insbesondere die städtische Infrastruktur wird bereits heute durch den weiträumigen Personen- und Güterverkehr, der durch eine außerstädtische, zentrale Produktion hervorgerufen wird, wesentlich geprägt. Zu Stoßzeiten steht der Verkehrsfluss in vielen Großstädten nahezu still, was zu einer erheblichen Mehrbelastung für die betroffenen Arbeitnehmer, aber auch die Anwohner, das Stadtbild und vor allem für die Umwelt führt. Eine dezentrale Produktion am Arbeits- und Absatzmarkt unter Nutzung von Potenzialen durch eine kooperative Logistik urbaner Fabriken kann zu einer deutlichen Entlastung der Infrastruktur beitragen.

Unternehmen profitieren von der Wertschöpfung im städtischen Umfeld unter anderem durch

- die Nutzung der städtischen Infrastruktur,
- Clustereffekte wie Kooperationsvorteile aufgrund der Agglomeration mit den Potenzialen einer industriellen Symbiose,
- die mögliche Nähe zum potenziellen Kunden und deren Beitrag zur Beherrschung der Prozesskomplexität und zu kurzen Lieferzeiten,
- die potenziell hohe Verfügbarkeit von Fachkräften und tendenziell kurze Wege zwischen Wohnung und Arbeitsstätte sowie durch
- Möglichkeiten aufgrund neuer Kooperationsmodelle wie der Nutzung der Abwärme aus Produktionsprozessen als Nebenprodukt für die Beheizung umliegender Gebäude.

Im Folgenden wird die urbane Produktion anhand plakativer Thesen veranschaulicht, offene Fragen werden vorgestellt, Wechselwirkungen zwischen Produktionsstätten und Teilsystemen der Stadt dargestellt und neue Ansätze für die Produktion im städtischen Umfeld beschrieben.

5.2 THESEN ZUR PRODUKTION IN DER STADT

Die Umwelt im Fokus

Das Produzieren im urbanen Umfeld erfordert eine Reduktion von Emissionen und Stoffströmen, um unter anderem die Verkehrsbelastung nicht negativ zu beeinflussen und damit die urbane Lebensqualität nicht zu beeinträchtigen. Die Ökobilanz

von Produkten und ihrer Produktion muss deutlich verbessert werden. Im urbanen Umfeld sind darüber hinaus vielfältige Nebenproduktströme denkbar, beispielsweise die direkte Wieder- und Weiterverwendung von Abfallstoffen, auch im Sinne eines Urban Mining.

Aus der Stadt für die Städte der Welt

Die lokale Nähe zum Absatzmarkt ermöglicht bei einer urbanen Produktion neue Formen der kundenintegrierten Produktentstehung. Für eine Vielzahl von Produkten werden durch die entstehende räumliche Nähe zu den potenziellen Kunden hochindividuelle Lösungen weiter unterstützt. Diese erfordern eine ständige Anpassung von Produktionsprozessen in einer wandlungsfähigen Fabrik, die sich auch in kleinen Einheiten auf die Gegebenheiten immer volatileren Marktverhaltens einstellen kann. Auf der Produktseite ermöglicht die Marktnähe neue Geschäftsmodelle, die über die fortschreitende Integration von Produkten und Dienstleistungen hinausgehen. Beispiel dafür sind sogenannte Physical Apps – kundenspezifische Individualisierungskomponenten für Standardprodukte, die in minimalen Stückzahlen so schnell produziert werden, dass das Produktergebnis für den Nutzer bereits während des Herstellungsprozesses beginnt. Mit einer zunehmenden Dezentralität von Produktionssystemen und -netzwerken wird es weiterhin denkbar, den individualisierenden Produktionsschritt direkt am Absatzmarkt in der Stadt durchzuführen. Die Finalisierung eines Produktes nach kundenindividuellen Wünschen könnte für hochindividuelle Produkte kundennah in die Stadt verlagert werden, und lediglich die Fertigung von Basiskomponenten würde zur Nutzung von Skaleneffekten zentral in großen Werken in Industriegebieten stattfinden. Damit müssen Produktstrukturen so gestaltet sein, dass die letzte Produktentstehungsstufe kundennah, quasi vor der Haustür der Kunden oder gar beim Kunden selbst stattfinden kann.

24 Stunden am Tag für neue Ideen

Die lokale Nähe zum internen und externen Produktionsnetzwerk führt in der urbanen Produktion zur Bildung zahlreicher, dezentral vernetzter Micro Fabs, Rapid Prototyping-Werkstätten, die in der Lage sind, individuelle Produkte kurzfristig herzustellen. Durch den Einsatz agiler Verfahren lassen sich interdisziplinäre Prozesse der integrierten Produkt- und Prozessentstehung signifikant beschleunigen. Wird die produktive Zeit für die Produktentstehung in Richtung des 24/7-Prinzips („Produktentstehung rund um die Uhr“) ausgeweitet, dann werden Ansätze für eine noch schnellere Überführung von Produktkonzepten in ihre

Herstellung erforderlich. Die Anbindung an das Produktions- und Entwicklungsnetzwerk erfolgt künftig durchgängig durch eine simulationsgestützte Planung. Dabei können zum Beispiel durch Virtual Reality-Einsatz auch Aspekte der Stadtvisualisierung, unter anderem zur partizipativen Planung von Logistik- und Transportprozessen zum Einsatz kommen.

Flexible Arbeit – Stabile Zukunft

Die lokale Verfügbarkeit qualifizierter Fachkräfte ermöglicht eine hochflexible Reaktion auf sich stetig verändernde Umweltbedingungen. Verzahnter Kapazitätseinsatz in mehreren Produktionseinheiten verringert Leerlaufzeiten und kann dadurch zu einer Steigerung der Produktivität beitragen. Für Mitarbeiter wird es künftig einfacher, im Rahmen von Multi-Jobs für mehrere Unternehmen tätig zu sein. Dazu bedarf es standardisierter und intuitiv bedienbarer Arbeitsprozesse, Arbeitsplätze und Arbeitsumgebungen über Unternehmensgrenzen hinweg. Flexibler Arbeitseinsatz wird nicht mehr als Malus, sondern als Chance für höhere Beschäftigungssicherheit, mehr persönliche Zeitsouveränität und bessere gesellschaftliche Teilhabe verstanden. Doch der verteilte Kapazitätseinsatz darf sich nicht nur auf Personen beschränken, sondern kann auf Betriebsmittel im Allgemeinen übertragen werden. Die gemeinsame Nutzung von Maschinen und Anlagen bietet innerhalb eines Produktionsnetzwerkes im urbanen Umfeld die Möglichkeit, auf schwankende Auslastungen schnell zu reagieren und die Flexibilität auch bei einer steigenden Variantenvielfalt zu wahren.

Ich arbeite, wo ich lebe

In Zukunft ist es volkswirtschaftlich nicht mehr vertretbar, viele Stunden durch die Fahrt zwischen Wohnung und Arbeitsstätte zu verlieren, diese müssen näher zusammenrücken. Die Nähe der Arbeitsstätte zum Lebensumfeld der Mitarbeiter ermöglicht *Patchwork*-Verhältnisse, bei denen Mitarbeiter, dem Kundenbedarf folgend, in mehreren Unternehmen im Einsatz sind. Damit entsteht die Chance für eine Entgrenzung der bislang noch starren Arbeitszeitblöcke und festen Arbeitsorte. In der Produktion entstehende Leerlaufzeiten können zukünftig für den Mitarbeiter sinnvoll genutzt werden. Technologien und Methoden zur engeren Einbindung der Mitarbeiter ermöglichen dem Einzelnen, besser zu entscheiden, wann und wo er im Einsatz ist. Dezentrale Abstimmungsprozesse über kontextsensitive Mobilgeräte geben Mitarbeitern ein Stück verloren gegangener Zeitsouveränität, die für andere Lebensinhalte, beispielsweise

Familie, Ehrenamt, Sport, Gesundheit, Pflege oder auch Freizeit eingesetzt werden kann, zurück. Diese Entwicklung erfordert ein Umdenken auf Seiten der beteiligten Akteure, wie Unternehmen, Arbeitnehmer, Kommunen sowie Gewerkschaften, und auf der anderen Seite die Bereitschaft zu stetiger Weiterentwicklung durch Qualifikationsmaßnahmen für die Erfordernisse neuer Technologien und neuartiger Planungs- und Steuerungsprozesse. Kooperative Vernetzung, beispielsweise bei der Einsatzplanung, ermöglicht diese produktive und erfüllende Form der Integration und Balance von Leben und Arbeiten im urbanen Umfeld.

Auch die Einsparung von Wegezeiten im Vergleich zu heutigen Strukturen ist bedeutsam. In großen Städten sind Menschen heute schon bis zu drei Stunden zum Arbeitsplatz und zurück unterwegs. Diese gut 60 Stunden pro Monat sind Verschwendung und kaum anderweitig nutzbar. Durch die Nähe von Wohn- und Arbeitsplatz könnte dieser Verlust vermieden werden, ein Vorteil von circa 600 Stunden pro Jahr und Mitarbeiter. Darüber hinaus wird in Megacities das Verkehrsproblem nicht mehr zu bewältigen sein, wenn Wohnung und Arbeitsstätte nicht näher zusammenrücken.

Altersgerechtes Arbeiten in der Stadt von morgen

Die Nähe zu Einrichtungen der Produktion und des eigenen Lebensumfelds ermöglichen ein altersgerechtes Arbeiten. Kurze Wege zwischen Wohnen und Arbeiten lassen auch kurze Arbeitseinsätze, Teilzeitarbeit und sporadisches Arbeiten zu. Die Entgrenzung von Lebensabschnitten kann einerseits dazu eingesetzt werden, Ruhezeiten für Arbeitnehmer zu erhöhen und andererseits deren Erfahrung für Arbeitgeber zu sichern. Ältere Mitarbeiter können ihre Arbeitszeiten frei einteilen und dadurch Betriebszeiten abdecken, die etwa jungen Familien Probleme bereiten, oder ihre Kapazität und Expertise im kurzfristigen Bedarfsfall einbringen.

Lokal produzieren, lokal konsumieren

Mit dem zunehmenden Bewusstsein von Konsumenten für Ressourcenverbrauch und für den CO₂-Fußabdruck eines Produktes steigt auch die Nachfrage nach lokal produzierten Gütern. Der Ressourcenverbrauch in Produktion und Logistik wird immer mehr zu einem Verkaufsargument. Insbesondere für kleine Unternehmen ist eine lokale Produktion von Vorteil, da Transportkosten minimiert und Lieferzeiten besser kalkuliert werden können. Initiativen wie die *Made in NYC*⁵⁷-Kampagne, die zum

⁵⁷ Vgl. Pratt Center for Community Development 2013.

Ziel hat, lokal produzierte und konsumierte Artikel durch besondere Marketingmaßnahmen zu fördern, zeigen, dass sich durch die Verdeutlichung der lokalen Produktion der Absatz steigern lässt und insbesondere für kleine produzierende Unternehmen der Einstieg in neue Märkte erleichtert werden kann. Darüber hinaus kann eine lokale Produktion einen Beitrag zur Minimierung der Distributionslogistik leisten.

Gemeinsam stark – Ressourcen und Kompetenzen gezielt einsetzen

Effizienz und Stadtverträglichkeit produzierender Unternehmen werden durch neue umweltschonende und emissionsarme Fertigungstechnologien verbessert. Darüber hinaus werden Effizienzsteigerungen insbesondere für klein- und mittelständische Unternehmen durch eine kooperative Durchführung der produktionsunterstützenden Prozesse, wie der Versorgung der Produktion, der Entsorgung und der Distribution, nutzbar, wenn Unternehmen sich räumlich agglomerieren, gemeinsam Infrastrukturen nutzen und miteinander Transport-, Lager- und Umschlagsprozesse betreiben. Beispielsweise wirkt sich eine starke Agglomeration von vielen kleinen Fabriken unter distributiven Aspekten positiv auf die Auslastung von Transportprozessen aus, da Sendungen von Fertigteilen konsolidiert werden können.

In der Versorgung von Produktionsstandorten mit Materialien und Rohstoffen können Unternehmen und städtische Betriebe eng zusammenarbeiten. Die gemeinschaftliche Nutzung logistischer Ressourcen, wie Umschlagsflächen, Verteilverkehre sowie Warenübergabesysteme und die Nutzung öffentlicher Personennahverkehrsmittel für Gütertransporte, können als Mittel zur Effizienzsteigerung und zur optimierten und nivellierten Nutzung städtischer Infrastrukturen eingesetzt werden. Urbane Produktivzentren, die nicht nur Arbeitsplätze in Wohnnähe bieten, sondern auch Effizienzgewinne versprechen, können geschaffen werden. Um den Austausch von Stoffen und Gütern zwischen Stadtgebiet und Umfeld zu reduzieren, sollte eine urbane Produktion möglichst autark im Stadtgebiet oder -quartier betriebsfähig sein. Die verbleibende physische Logistik muss sich harmonisch in die städtische Infrastruktur einfügen.

Die urbane Mikrofabrik

Flächen sind im städtischen Bereich knapp und teuer, zudem sind sie nicht immer in größeren geschlossenen Arealen vorhanden. Fabrikstrukturen und -gebäude werden tendenziell kleiner

und vertikal über mehrere Stockwerke ausgerichtet sein.⁵⁸ Wertschöpfungsprozesse werden daher eher über räumlich verteilte Funktionsbereiche innerhalb der Gebäudestrukturen ablaufen müssen. Die stadtplanerische Trennung zwischen Industrie- und Misch- oder Wohngebieten wird sich so zunehmend auflösen und die urbane sowie stadtverträgliche Mikrofabrik wird sich in das Stadtbild integrieren.

5.3 FORSCHUNGSFRAGEN ZUR URBANEN PRODUKTION

Im Kontext der Wertschöpfung im städtischen Umfeld gilt es, Fragen zu Handlungsfeldern wie Fabrik, Nachhaltigkeit, Mensch und Organisation, Logistik, Produkt und Produktion zu beantworten.

Im Handlungsfeld Fabrik stellen sich neben prinzipiellen auch geometrische, architektonische und einbindungsbezogene Fragen:

- Wie ist die Arbeitsteilung zwischen urbanen Fabriken und wie wird sie organisiert? Und dementsprechend: Sind urbane Fabriken eher spezialisiert oder Vollsortimenter?
- Welcher Flächenbedarf kann urbanen Fabriken zugestanden werden? Wie harmonisieren Flächenbedarfe urbaner Fabriken und Raum- sowie Infrastrukturangebote in Städten? Wie können sie harmonisiert werden?
- Wie weit sollten Fabriken von Wohnungen entfernt sein? Wie lassen sich Konflikte durch die Konzeption von Fabrik und -gebäude vermeiden?
- Wie weit müssen und dürfen urbane Fabriken voneinander entfernt sein? Welchen Einfluss hat ihre Entfernung auf mögliche Kooperationen?
- Ist die Ausdehnung einer urbanen Fabrik eher vertikal oder weiter horizontal? Welche Faktoren bestimmen die Ausdehnung?
- Wie muss das Äußere einer Fabrik gestaltet sein, damit sie sich in das Stadtbild einfügt?
- Wie erfolgt, auch architektonisch, die Einbindung einer Fabrik in die Struktur eines Stadtquartiers?
- Wie stark darf eine urbane Fabrik polarisieren?
- Wie müssen Modelle für typologisierte urbane Fabriken gestaltet sein? Wie können die ermittelten Fabriktypen für andere Randbedingungen adaptiert werden?

⁵⁸ vgl. auch Bauer und Lentjes 2014, S. 7.

In Bezug auf den Aspekt der ökologischen Nachhaltigkeit, insbesondere Emissionen, Stoffkreisläufe und Energieströme, sind unter anderen folgende Punkte offen:

- Wie können Emissionen der Fabrik minimiert werden? Wie können Nullemissionsfabriken realisiert werden? Wie können Plus-Energie-Fabriken realisiert werden?
- Wie können Produktionen bei volatiler Energieangebot und -bedarf betrieben werden? Wie kann ein über mehrere Produktionsstätten hinweg vernetztes Energiemanagement zur Senkung von Gesamtenergiebedarf und zur Nivellierung von Spitzenströmen realisiert werden?
- Wie können erneuerbare Energien und Speichersysteme, auch unter Nutzung von Produktionsstätten als Energiespeicher, in vorhandene Energieversorgungssysteme integriert werden?
- Wie können Modelle zum Aufbau und Betrieb geschlossener Stoffkreisläufe in der Produktion gestaltet und umgesetzt werden?
- Wie können Betriebsstoffe und Verpackungsmaterialien in kleinen Kreisläufen innerhalb der Stadt oder zumindest innerhalb des Quartiers gehalten werden?

In mitarbeiterbezogener und organisatorischer Perspektive sind Fragestellungen zu beantworten wie:

- Wie können kognitive Fähigkeiten der Menschen zur Adaption, zum Neugestalten und zum Führen von Produktionen im städtischen Umfeld optimal genutzt werden?
- Wie müssen Mensch-Maschine-Schnittstellen und Assistenzsysteme, auch im Kontext Wissen-Lernen-Arbeiten (Industrie 4.0) gestaltet werden?
- Wie können beziehungsweise müssen Altersgerechtigkeit und Ausbildung im Rahmen urbaner Produktionen realisiert und optimiert werden?
- Welche Arbeitszeitmodelle können beziehungsweise müssen in einer Produktion im städtischen Umfeld eingeführt werden?
- Lässt es sich bei kurzen Wegen zwischen Wohnung und Arbeitsstätte realisieren, dass Menschen künftig mehrere Arbeitsstellen und Arbeitgeber haben?

Fragen zur Logistik sind neben anderen:

- Wie erfolgt die Belieferung urbaner Fabriken mit Materialien und Komponenten von außerhalb der Stadt? Wie wird die Distributionslogistik realisiert?
- Wie können Bündelungspotenziale kooperierender urbaner Fabriken genutzt werden?
- Wie werden Materialien zwischen urbanen Fabriken ausgetauscht?
- Kann die Güterlogistik zweckmäßig mit der Infrastruktur des öffentlichen Personennahverkehrs erfolgen? Wenn ja, wie?
- Müssen künftig mehr kompakt gepackte Materialien wie Pulver, Flüssigkeiten und massive Feststoffe in die Stadt transportiert und dort in Kundennähe veredelt werden?
- Wie muss mit Abfallstoffen urbaner Produktionen, beispielsweise Schrott, Abwasser und Verpackungsmaterial, umgegangen werden? Können die Abfallstoffe in lokale Kreisläufe eingebunden werden? Wenn ja, wie?

Offene Fragen mit Produktbezug sind zum Beispiel:

- Welche Produkte können überhaupt zweckmäßig im urbanen Umfeld gefertigt werden? Sollte sich eine urbane Produktion auf Lebensmittel und Dinge des täglichen Bedarfs konzentrieren?
- Wie können Produkte ressourcenoptimiert oder wertorientiert gestaltet werden?
- Welche neuen Geschäftsmodelle können im Kontext der urbanen Produktion eingesetzt werden? Wie müssen die urbanen Geschäftsmodelle entwickelt werden?
- Ist es sinnvoll, die Einbindung des Kunden in die Gestaltung, z. B. durch Open Innovation, und in die Herstellung im Sinne eines Configure-by-Customer zu stärken?
- Wie müssen Produkte für die Herstellung im städtischen Umfeld strukturiert sein?

Produktionsbezogen stellen sich unter anderen folgende Fragen:

- Wie ist die Arbeitsteiligkeit in urbanen Fabriken? Herrscht dort noch Artteilung vor oder werden in vielen urbanen Fabriken gleiche Produkte mit ihren Varianten mengenteilig komplett gefertigt?
- Wie groß sind die Lose in urbanen Produktionen?

- Wie erfolgt die Produktionsorganisation? Herrscht One Piece Flow?
- Wie kann eine kooperative Produktion geplant und betrieben werden?
- Wie können die notwendige hohe Wandelbarkeit und Adaptivität sichergestellt werden?
- Welche Fertigungsverfahren eignen sich besonders für die urbane Produktion? Welche Verfahren sind weniger geeignet?
- Wie können oder müssen ultrakurze Prozessketten und Multi-Technologieplattformen in urbanen Produktionen gestaltet und eingesetzt werden?
- Kann die additive Fertigung eine besondere Rolle in der urbanen Produktion spielen? Wie weit kann die Effizienz der Verfahren gesteigert werden? Lässt sich weiteres Potenzial zur Verbesserung der Genauigkeit und der physikalischen Eigenschaften der erzeugten Produkte schöpfen? Welche Produkte ließen sich mit additiven Fertigungsverfahren sinnvoll herstellen?
- Würde sich die urbane Produktion überwiegend auf die Veredelung und Verpackung von Lebensmitteln und Dingen des täglichen Bedarfs konzentrieren? Wie könnte eine Selbstversorgung einer Stadt, zum Beispiel mit Urban Farming, realisiert werden?

5.4 WECHSELWIRKUNGEN VON PRODUKTIONSSYSTEMEN MIT DEM UMFELD STADT

Produktionsstätten im urbanen Umfeld dürfen nicht nur möglichst geringe negative Auswirkungen auf ihr Umfeld haben, sondern sollten möglichst positive Beiträge erzeugen. Relevante Teilsysteme der Stadt als Umfeld der urbanen Produktion sind neben anderen Stoff- und Energieströmen Luftklima und Geräuschpegel, Geld- und Wertsystem sowie die Innovations- und Wissenslandschaft.

Stoffströme

Stoffströme im Kontext der urbanen Produktion beziehen sich insbesondere auf Material- und Personenflüsse, wobei Materialflüsse weiter nach Beschaffungs- und Distributionslogistik sowie Abfallentsorgung unterschieden werden können.

Ein großes Nutzenpotenzial bieten diesbezüglich vorhandene Transportmittel in einem urbanen Umfeld, wie U- oder S-Bahnen. Diese können zu Zeiten des geringen Personenverkehrs für den

Gütertransfer herangezogen werden und dadurch die städtische Infrastruktur entlasten. Ein weiterer Aspekt von Stoffströmen urbaner Produktionsstätten ist Wasser, das einerseits als Frischwasser zugeführt und als Abwasser an das Stadtsystem zurückgeleitet wird, aber auch stadtplanerisch unter dem Gesichtspunkt der Flächenversiegelung nicht vernachlässigt werden darf. Auch neue Werkstoffe, wie nachwachsende Rohstoffe für Kunststoffe nach dem Ölzeitalter, können einen Beitrag zur Reduktion von Stoffströmen in die Stadt leisten, indem sie durch *Urban Farming* gewonnen und nah am Erzeugungsort weiterverarbeitet und eingesetzt werden.

Logistik

Produktionsstandorte werden durch urbane Logistiksysteme versorgt und entsorgt. Ziel innovativer Lösungskonzepte ist es einerseits, den durch die Produktion verursachten Verkehr zum Transport von Waren und Personen, beispielsweise durch gemeinschaftliche Nutzung von Transportkapazitäten, auf ein Minimum zu reduzieren. Andererseits muss der verbleibende Verkehr emissionsarm und stadtverträglich, unter anderem durch Einsatz geräuscharmer Elektrofahrzeuge, realisiert werden. Für die dezentrale Lagerhaltung urbaner Produktionsstandorte gewinnen Ansatzpunkte der gemeinschaftlichen Nutzung von Logistikinfrastrukturen Relevanz. Be- und Entladungsprozesse im Wareneingang und -ausgang von Fabriken sind eine weitere Schnittstelle der Produktion zu urbanen Logistiksystemen. Für diese Prozesse gilt es, technologische und organisatorische Konzepte zu entwickeln, um sie im Einklang mit der Stadt durchführen zu können.

Energieströme

In Form von Energieströmen werden Produktionsstätten insbesondere Strom und Gas als Energieträger zugeführt. Die Produktionsstätte kann aber ebenfalls Energie an ihr Umfeld abgeben, beispielsweise als nutzbare Fernwärme oder zur Beheizung eines nahe gelegenen Schwimmbads. In Anlehnung an Ansätze der Architektur kann das Ziel eines *Positiv-Energie-Unternehmens*, das mehr Energie an sein Umfeld abgibt, als es von ihm bezieht, formuliert werden. Neben der reinen Eigenerzeugung von Energie durch Unternehmen ist ebenfalls eine Smart Grid-Einbindung von Unternehmen, Standorten und Produktionsverbänden denkbar, beispielsweise durch Bilden von Regelkreisen aus KMU-Interessensgruppen. Mittels einem intelligenten Energiemanagement, beispielsweise durch einen Smart Grid-Ansatz, können gegebenenfalls Energieerzeuger und -verbraucher so gekoppelt werden, dass der Fremdbezug von Energie gesenkt oder Spitzenlasten ausgeglichen werden.

Emissionen

Generelles Ziel einer urbanen Produktion muss es sein, Emissionen von Produktionsstätten wie Abgase, Gerüche und Geräusche zu minimieren, um den angrenzenden Wohnraum für Bürgerinnen und Bürger lebenswert zu halten. Dieses Ziel kann zum Beispiel durch technologische Weiterentwicklungen im Bereich von Filtern, Maschinen- und Fabrikkonzepten erreicht werden. Dennoch werden sich emissionsbehaftete Wertschöpfungsaktivitäten wohl auch in Zukunft nicht gänzlich vermeiden lassen. Eine Lösung dieses Problems kann darin liegen, genau die wertschöpfenden Aktivitäten eines Unternehmens in urbane Gegenden zu verlagern, die nahezu emissionsfrei durchgeführt werden können, während emissionsbehaftete Aktivitäten außerhalb urbaner Gegenden gebündelt werden. Langfristig müssen jedoch weitergehende technische Maßnahmen entwickelt werden, um die Stoffströme strikt im Kreislauf zu halten oder in kontrolliert transportierbaren Festkörpern beziehungsweise Flüssigkeiten zu binden. Ansätze zur Steigerung der Stadtverträglichkeit der meist geräuschbehafteten Produktionsver- und -entsorgung können deren Begrenzung auf den Tag sowie der Einsatz von Elektrofahrzeugen zur Lärmreduzierung sein.

Geld- und Wertsystem

Produktion erzeugt Wert, Unternehmen führen Gewerbesteuer an Gemeinden ab, schaffen Arbeitsplätze und generieren damit Kaufkraft über die Bezüge ihrer Mitarbeiter. Die Wertschöpfung im städtischen Umfeld kann damit einen Beitrag zur Entschärfung sozialer Brennpunkte leisten, wenn zumindest ein Teil des geschaffenen Wertes wieder lokal eingesetzt werden kann.

Ein wesentlicher, beschränkter Produktionsfaktor im urbanen Umfeld sind Flächen – ihre Verfügbarkeit ist in Städten meist niedrig, Preise entsprechend hoch. Durch urbane Produktion treten Gewerbeflächen stärker in Konkurrenz zu Wohnraum. Damit müssen die wenigen verfügbaren Flächen möglichst effizient genutzt werden. Ein Ansatz dazu können Mehrzweckflächen und -gebäude sein, die Beiträge zur Wertschöpfung und zu kommunalen Belangen leisten. Beispielsweise könnten Flächen einerseits für den Güterumschlag und andererseits als öffentlicher Park- oder Marktraum genutzt werden. Zudem stehen, insbesondere in Regionen, die ursprünglich durch Schwerindustrie geprägt waren, Industriebrachen zur Verfügung, die für die Schaffung funktionierender Mischgebiete unter Berücksichtigung der Wertschöpfung im urbanen Umfeld genutzt werden könnten.

Innovations- und Wissenslandschaft

Die Vielfalt an Fachdisziplinen, kulturellen Einflüssen und Impulsen im städtischen Umfeld kann zu einem *kreativen Schmelztiegel* als Innovationsklima führen, das, verstärkt durch die potenzielle Nähe von Hochschulen, Forschungseinrichtungen sowie Zulieferern, die Innovationsfähigkeit produzierender Unternehmen unterstützt. Darüber hinaus profitieren Unternehmen von der Qualifikation des Personals und haben damit Vorteile durch die Nähe zu Hochschulen und weiteren Ausbildungseinrichtungen. Andererseits können Unternehmen über Aus- und Weiterbildungsangebote selbst zur qualifikationsbezogenen Weiterentwicklung ihres Umfelds beitragen.

Durch die Integration der Produktion in das tägliche Lebensumfeld könnte weiterhin das Interesse der Allgemeinheit für Belange der Produktion und damit auch die Begeisterung für Technik und Produktion bei Heranwachsenden geweckt werden. Weitere Marketingeffekte können für das Produkt und das Unternehmen entstehen, wenn Fabriken und Manufakturen im städtischen Umfeld als *Showrooms* eingesetzt werden.

Stadtplanung

Auf der Grundlage der Charta von Athen⁵⁹ wurde in der Stadtplanung das Ziel verfolgt, die vier Lebensfunktionen Wohnen, Erholung, Arbeiten und Verkehr räumlich zu trennen.⁶⁰ Verschärfte Umweltschutzbestimmung und -auflagen verstärkten die Nutzungstrennung, sodass bis heute Produktion hauptsächlich in Industriegebieten stattfindet. Durch die zunehmende Dezentralität, Emissionsneutralität und die Stadtverträglichkeit von Fabriken müssen stadtplanerische Restriktionen überdacht werden, um eine Produktion direkt in der Stadt auch rechtlich zu ermöglichen.

5.5 NEUE PRODUKTIONSANSÄTZE IM KONTEXT EINER URBANEN PRODUKTION

Vor dem Hintergrund der Wertschöpfung im städtischen Umfeld und innovativer Technologien als Befähiger werden neue Ansätze für die Produktion, wie eine weitergehende Integration von Kunden in die Wertschöpfung im weiteren Sinne oder eine Dezentralisierung der Produktion, denkbar.

⁵⁹ Vgl. Streich 2002, S. 2 f.

⁶⁰ Vgl. auch die Aufteilung in Flächen- und Gebietsarten der deutschen Baunutzungsverordnung: Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz 2013, S. 2 f.

Stadtverträgliche Produktion

Entwicklungen CO₂-neutraler Fabriken, grüner Fabriken und Null-Emissions-Fabriken unterstützen die Realisierung stadtverträglicher Fabriken. Nur das umweltverträgliche Miteinander auf der Basis niedriger Emissionen garantiert die Akzeptanz der Bewohner für Produktionsstätten in urbanen Räumen.

Der Ansatz, CO₂ als Ressource zu begreifen, und die auf ihm basierende umweltgerechte Produktion und Kreislaufwirtschaft⁶¹ sind ein weiterer, für die Produktion im städtischen Umfeld bedeutsamer Paradigmenwechsel. Für den Übergang zu derartigen *grünen* Fabriken schlagen Rohrmus et al.⁶² eine vierstufige Vorgehensweise vor: die Energieeffizienzoptimierung der Produktion, den Versorgungswechsel hin zu erneuerbaren Energien, die Minimierung von Abfall über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg sowie den Einsatz von Technologien, die einen über ihren Lebenszyklus hinweg negativen CO₂-Fußabdruck aufweisen. Generell muss bei der urbanen Produktion der Nachhaltigkeit industrieller Wertschöpfungsnetze⁶³ Rechnung getragen werden.

Auch unter besonderer Berücksichtigung der Energie- und Ressourceneffizienz bieten sich neue Ansätze zur Weiterentwicklung der Produktion, wie die Einbindung von Wertstromanalysen zur Elimination von Verschwendung, an.⁶⁴ Die klassischen Verschwendungsarten des Lean Manufacturing oder deren Folge können in die Verschwendung von Ressourcen und Energie überführt werden. Darüber hinaus kann die Energie- und Ressourceneffizienz auf fabrikübergreifender Ebene durch eine industrielle Symbiose, wie sie auch bei der urbanen Produktion denkbar ist, weiter gesteigert werden.⁶⁵ Weitere Potenziale entstehen durch eine Prozesskettenbewertung aus energetischer Sicht sowie neue Netzstrukturen im Allgemeinen.⁶⁶

Grundflächenminimale Produktion

Urbane Produktion umfasst sowohl die Produktion in stadtnahen Industriegebieten als auch die stadtzenturnsnahe gemischte Nutzung von Stadtquartieren. Ökonomische Nachteile urbaner Produktion müssen mit neuen Lösungskonzepten ausgehebelt werden. Zur Verringerung des Flächenbedarfs, insbesondere in stadtzenturnsnahen Gebieten, kann die Abkehr von der Produktion in der Horizontalen, also in klassischen Fabrikhallen, zur Produktion in

der Vertikalen über mehrere Stockwerke verteilt führen. Durch die mehrstöckige Bauweise von Fabriken können höhere Grundstücksflächen im städtischen Raum durch die Verringerung der Grundstücksfläche relativiert werden. Eine vertikale Produktion wirkt sich wiederum auf interne Materialflüsse aus und damit auf die Produktionsversorgungskonzepte der Unternehmen. Unternehmen mit einem ohnehin geringen Flächenverbrauch, zum Beispiel kleine dezentrale Produktionseinheiten, sind daher ideal für die urbane Produktion geeignet. Ein weiterer Lösungsansatz, den Flächenverbrauch zu reduzieren, ist die Entkopplung von Produktion und der flächenbedarfsintensiven Lagerhaltung. Die Produktion und damit der wesentliche Anteil der Arbeitsplätze befindet sich im Stadtgebiet, die Lagerhaltung ist kooperativ und zentralisiert, zum Beispiel in der Stadtperipherie oder quartiersweise. Zusätzlich müssen geeignete Maßnahmen zur visuellen und architektonischen Integration von Fabrikstandorten in das Stadtbild durch eine integrierte Stadtquartierplanung, die wiederum zu einer Akzeptanzerhöhung in der Bevölkerung beitragen, entwickelt und umgesetzt werden.

Dezentrale Produktion

Bei einer Produktion im urbanen Umfeld ist die Fabrikgröße eine entscheidende Randbedingung, die berücksichtigt werden muss, um eine zukunftsorientierte Produktion innerhalb von Städten zu ermöglichen. Zentrale Fabriken mit mehreren Tausend Mitarbeitern erfüllen weder das Ziel, sich in das architektonische Stadtbild nahtlos einzubetten, noch wird dadurch die Forderung nach kurzen Anfahrtswegen realisiert. Vielmehr muss die Wertschöpfung dezentralisiert und auf Werke mit spezifischen Aufgaben verteilt werden. Durch die sich daraus ergebende Marktlokalität beziehungsweise Kundennähe können Skaleneffekte für die Produktion auftragsneutraler Vorprodukte realisiert werden. Eine entscheidende Fragestellung in diesem Kontext betrifft die Segmentierung bestehender Fabriken in dezentrale Einheiten. Es gilt, geeignete Schnittstellen zu identifizieren, an denen eine Aufteilung sinnvoll durchgeführt werden kann, um trotz des Wechsels von innerbetrieblichen zu überbetrieblichen Materialflüssen eine wirtschaftliche Produktion gewährleisten zu können. Gleichzeitig ist ein aus der Segmentierung resultierendes Produktionsnetzwerk komplexer hinsichtlich der Planung und Steuerung der Produktion. Durch

⁶¹ Vgl. Rohrmus et al. 2013.

⁶² Vgl. Rohrmus et al. 2013, S. 581 f.

⁶³ Vgl. Seliger 2009.

⁶⁴ Vgl. Dufflou et al. 2012, S. 600.

⁶⁵ Vgl. Dufflou et al. 2012, S. 600 ff.

⁶⁶ Vgl. Mose et al. 2013.

innovative Informations- und Kommunikationstechnologien wie RFID-Technik und weitere, die aktuell im Umfeld der *Industrie 4.0* diskutiert werden, können jedoch neue Methoden etabliert werden, die eine werksübergreifende Planung und Steuerung in einem urbanen Umfeld ermöglichen.

Kooperative Produktion

In Bezug auf Organisation und Kooperation bieten sich durch die clusterartigen Strukturen des städtischen Umfelds ebenfalls Möglichkeiten für neue Ansätze. Firmen, gerade auch klein- und mittelständische Unternehmen können sich im städtischen Umfeld gemeinsam organisieren und Versorgungs- und Distributionsprozesse, Lager, Verwaltung und Auftragsmanagement gemeinsam betreiben. Vertikale und horizontale Kooperationen von Unternehmen erhalten neue Möglichkeiten. Kooperationen können bis zur quasi genossenschaftlichen, gemeinsamen Nutzung von Produktionskapazitäten, wie Betriebsmitteln aber auch Mitarbeitern, gehen. Wesentlich bei Gestaltung und Betrieb von Unternehmenskooperationen sind jedenfalls die Berücksichtigung von Wettbewerbssituationen sowie der Erhalt von Kernkompetenzen. Darüber hinaus kann auch durch Kooperationen von Kommunen mit Unternehmen Mehrwert für alle Beteiligten geschaffen werden.

Kundenintegrierte Produktion

Die bei einer marktlokalen urbanen Produktion auftretenden kurzen Wege zum Kunden erlauben auch neue Formen der Kundenintegration. Von großer Bedeutung ist dabei aktuell die Einbindung von Kunden in Innovationsprozesse im Sinne der Open Innovation. Auch durch die Einbindung in die Produktentwicklung können Verbesserungspotenziale gehoben werden, da Kunden ihre spezifischen Anforderungen meist kennen und sich häufig der Lösungen für ihre Herausforderungen bewusst sind. Durch die Einbindung von Kunden in Produktionsprozesse könnte unter anderem die emotionale Bindung des Kunden an das Produkt und an das Unternehmen, welches vor der Haustüre Arbeitsplätze schafft, gesteigert und damit ein Beitrag zur Bindung des Kunden an das Unternehmen geleistet werden.

Stadtverträgliche Logistik

Ein weiteres Handlungsfeld beziehungsweise ein neuer Ansatz für Unternehmen, die ihre Produktion auf dezentrale Werke innerhalb eines urbanen Umfeldes verteilen möchten, bezieht sich auf die Lösung einhergehender logistischer Herausforderungen. Einerseits müssen Städte ihre Attraktivität

bezüglich der Lebensqualität erhalten oder verbessern. Andererseits ist es für eine langfristige ökonomische Balance unumgänglich, infrastrukturelle Rahmenbedingungen zu schaffen, die für eine Ansiedlung von Unternehmen notwendig sind.⁶⁷ Insbesondere die Güterver- und -entsorgung urbaner Produktionsstätten steht hier in einem Zielkonflikt zu der Anforderung einer emissionsneutralen, lebenswerten Stadt. Zusätzlicher Güterverkehr, insbesondere in Form von LKW, verstärkt die Verkehrslast im urbanen Raum und damit auch Emissionen in Form von Abgasen sowie Lärm. Zur Minimierung der entsprechenden zusätzlichen Immissionen für die Stadtbevölkerung muss daher der Einsatz elektrisch betriebener Fahrzeuge sowie allgemein leiser, sauberer Lieferverkehre und Anlieferertechniken betrachtet werden. Im Kontext der Logistik ist neben anderen auch das Problem der Lagerhaltung zu nennen. Geringe Fabrikgrößen bedingen geringe Lagerflächen, sodass Just-in-time-Strategien der Anlieferung weiter an Bedeutung gewinnen werden. Hierbei können neue technologische Möglichkeiten, wie innovative Navigations- und IKT-Technologien, beispielsweise die RFID-Technik, zur Unterstützung eingesetzt werden, um die Materialflüsse innerhalb des urbanen Umfeldes besser steuern und nachverfolgen zu können und dadurch die Produktionsplanung und -steuerung besser mit dem Gütertransport zu synchronisieren. Bedingt durch den Wechsel von innerbetrieblichen zu überbetrieblichen Materialflüssen bei einer Dezentralisierung von Produktionsstätten steigt der Gütertransfer zwangsläufig an. Um den bereits überlasteten Verkehrsfluss in städtischen Gegenden nicht vollends zum Erliegen zu bringen, gilt es, Verkehrswege, die bisher primär für den Personentransport genutzt wurden, für den Gütertransport zu erschließen. Erste Erfolge, beispielsweise in der *Gläsernen Manufaktur* der Volkswagen AG in Dresden, zeigen die grundsätzliche Machbarkeit, Straßenbahnen oder weitere Nahverkehrsmittel auch für den Gütertransport zu nutzen. Für die Transportabwicklung innerhalb verteilter Wertschöpfungsprozesse im Ballungsraum bieten sich emissionsarme Kleinladungsverkehre an, die sich besser mit den Anforderungen individueller Personenmobilität im Straßenverkehr, aber auch im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) harmonisieren lassen. Diese Erkenntnisse gilt es aufzugreifen und auszuweiten, um sowohl einen Mehrwert für produzierende Unternehmen als auch für Bürger, beispielsweise durch ein besseres öffentliches Nahverkehrsnetz, zu generieren. Darüber hinaus sind weiterführende Strategien zu entwickeln, die eine Bündelung des Güterverkehrs in urbanen

⁶⁷ Vgl. Browne 2010.

Zentren ermöglichen. Dazu wird bereits aktuell an sogenannten *Urban Consolidation Centres* geforscht, die eine zentrale Güterverteilung für Städte von morgen ermöglichen sollen. Weitere innovative Ansätze sind eine Mehrzwecknutzung von Gebäuden und Flächen, beispielsweise tagsüber für Güterumschlag oder Lagerung und nachts für andere Nutzung wie Parkraum, Märkte oder für Ladestationen, sowie eine an urbane Rahmenbedingungen angepasste Versorgungsorganisation, wie die ausschließliche Anlieferung während des Tages. Innovative Lösungskonzepte urbaner Logistiksysteme werden detaillierter in Kapitel Urbane Logistik diskutiert.

5.6 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die weltweite Zunahme der Verstädterung, volatile Märkte, Fachkräftemangel und der Zwang zur Nachhaltigkeit stellen Unternehmen vor zahlreiche Herausforderungen. Durch die Produktion im städtischen Umfeld, die im vorliegenden Beitrag zunächst anhand von neun Thesen erläutert wird, können deutliche Wettbewerbsvorteile erzielt werden. Die (Re-)Urbanisierung der Wertschöpfung bedingt eine stadtverträgliche Produktion, die sich unter anderem dadurch auszeichnet, dass sie energie- und ressourceneffizient sowie emissionsarm, insbesondere in Bezug auf Schadstoffe, Lärm und Gerüche, sein muss. Letztlich gilt es, eine Produktion zu realisieren, die sich harmonisch in ihr Umfeld, hier die Stadt, einfügt und im Sinne einer Symbiose zum beidseitigen Nutzen von Fabrik und Umfeld agiert. Zur Weiterentwicklung des Themenfelds urbane Produktion werden im Beitrag Forschungsfragen aufgeworfen und Wechselwirkungen zwischen Produktionssystem beziehungsweise Fabrik und städtischem Umfeld in wesentlichen Bereichen aufgezeigt und damit der Grundstein für künftige Arbeiten gelegt.

LITERATUR

Bauer/Lentes 2014

Bauer, W./Lentes, J.: "Wettbewerbsfähig produzieren durch urbane Produktion". In: *Industrie Management*, 30:4, 2014, S. 7–10.

Browne 2010

Browne, M.: "Urban Freight Transport and Logistics". In: Schönberger, R./Elbert, R. (Hrsg.): *Dimensionen der Logistik. Funktionen, Institutionen und Handlungsebenen*, Wiesbaden: Gabler 2010, S.139–154.

Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz 2013

Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz: Bau-nutzungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. Januar 1990 (BGBl. I S. 132), die zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 11. Juni 2013 (BGBl. I S. 1548) geändert worden ist. URL: <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/baunvo/gesamt.pdf> [Stand: 05.06.2014].

Duflou et al. 2012

Duflou, J./Sutherland, J./Dornfeld, D./ Herrmann, C./Jeswiet, J./Kara, S./Hausschild, M./Kellens, K.: "Towards Energy and Resource Efficient Manufacturing: A Processes and Systems Approach". In: *CIRP Annals – Manufacturing Technology*, 61:2, 2012, S. 587–609.

Mose/Weinert 2013

Mose, C./Weinert, N.: "Evaluation of Process Chains for an Overall Optimization of Manufacturing Energy Efficiency". In: Azevedo, A. (Hrsg.): *Lecture Notes in Mechanical Engineering. Advances in Sustainable and Competitive Manufacturing Systems: 23rd International Conference on Flexible Automation & Intelligent Manufacturing (Part VI)*, Cham, Schweiz: Springer Verlag 2013, S. 1639–1651.

Population Division of the UN DESA 2013

Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations (UN DESA) Secretariat: *World Urbanization Prospects - The 2011 Revision: Highlights*, New York, NY: United Nations 2012.

Population Division of the UN DESA 2013

Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations (UN DESA) Secretariat: *World Population Prospects: The 2012 Revision: Highlights and Advance Tables*, New York, NY: United Nations 2013.

Pratt Center for Community Development 2013

Pratt Center for Community Development: *Made in New York City*, 2013. URL: <http://madeinnyc.org> [Stand: 05.06.2014].

Rohrmus et al. 2013

Rohrmus, D./Dörich, V./Weinert, N.: "Green Cycles Economy and Factory". In: "Re-engineering Manufacturing for Sustainability". In: *Proceedings of the 20th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering (CIRP LCE 2013, Singapur 17–19.04.2013)*, S. 577–582.

Seliger 2009

Seliger, G.: „Nachhaltige industrielle Wertschöpfungsnetze“. In: Mieke, C./Behrens, S. (Hrsg.): *Entwicklungen in Produktionswissenschaft und Technologieforschung*, Berlin: Logos Verlag 2009, S. 439–460.

Spath/Lentes 2012

Spath, D./Lentes, J.: „Flexibler produzieren in der Stadt“. In: *Stuttgarter Impulse – Produktionstechnik für den Wandel. Schriftliche Fassung der Vorträge zum Fertigungstechnischen Kolloquium am 25. und 26. September 2012* (FtK2012, Stuttgart 25–26.09.2012), S. 241–259.

Streich 2002

Streich, B.: *Die Charta von Athen*, 2002. URL: http://www.urban-is.de/Quellennachweis-Internet/StadtPlanung@CD/Charta_v_Athen.pdf [Stand: 08.07.2014].

WWF International et al. 2012

WWF International, Zoological Society of London, Global Footprint Network, European Space Agency: *Living Planet Report 2012: Biodiversity, Biocapacity and Better Choices*. Gland: WWF International, 2012.

6 URBANE LOGISTIK

AXEL KUHN, FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR MATERIALFLUSS UND LOGISTIK, DORTMUND, FÜR DAS THEMENNATZWERK MOBILITÄT, LOGISTIK, LUFT- UND RAUMFAHRTTECHNIK

BESONDERER DANK GILT ARND BERNSMANN; TOBIAS HEGMANN; MARTHE KNUDSEN; LAURA SIEDLAREK; ALEX VASTAG, FRAUNHOFER IML, DORTMUND

6.1 MOTIVATION

Güterverkehr und Logistik sind aus der Ver- und Entsorgung der Städte nicht mehr wegzudenken: Die Logistik übernimmt wichtige Aufgaben für Haushalte, den Handel, für produzierende Unternehmen und vielfältige weitere Dienstleistungen. Die Schere der Anforderungen an die zukünftige Ver- und Entsorgung urbaner Räume wird in den nächsten Jahren weiter auseinandergehen. Auf der einen Seite stehen die durch den Internethandel zunehmenden und gleichzeitig kleinteiligeren Warenmengen, auf der anderen Seite führt die Zuspitzung der Verkehrssituation sowie Umwelt- und Klimaschutzziele zu erheblichen Einschränkungen bzw. notwendigen Effizienzsteigerungen.

Bei zunehmender Flächenknappheit und Nutzungskonkurrenzen, einer Überlastung des Straßennetzes und der Verantwortung für eine schadstoffarme Umwelt und klimafreundliche Zukunft kann den beschriebenen Herausforderungen nicht alleine durch eine leistungsfähige Infrastruktur begegnet werden – diese ist nur die notwendige Voraussetzung. Es sind vielmehr stadtverträgliche, ressourcen- und infrastrukturechonende Logistikkonzepte erforderlich, um Mobilität, wirtschaftliche Dynamik, Attraktivität und sonstige Standortvorteile zu sichern und eine gesunde Stadtentwicklung, die Zufriedenheit der Bürger und die Ansiedlung von Unternehmen zu erreichen.

6.1.1 Gegenstand und Aufgaben der Logistik

Die Logistik ist mit einem Marktvolumen von rund 228 Milliarden Euro und über 2,8 Millionen Beschäftigten⁶⁸ der drittstärkste Wirtschaftszweig in Deutschland. Leistungsfähige Logistiknetze sichern das Wirtschaftswachstum und ermöglichen der Exportnation Deutschland, wettbewerbsfähig am internationalen Markt teilzunehmen.

Logistik umfasst die Koordination, Organisation und Ausführung von Material-, Energie- und Informationsflüssen in Systemen, Netzen und Prozessen. Zu den logistischen Dienstleistungen werden neben dem Transport, dem Umschlag und der Lagerung von Gütern, Waren und Informationen zunehmend logistische Mehrwertdienste (Value-added Services) wie kundenspezifische Verpackung, Montage oder Datenhaltung und Informationsmanagement

gezählt. Die Logistik stellt die notwendigen Funktionen für *Wertschöpfungsprozesse und Handelsbeziehungen* bereit - für die Versorgungs- und Entsorgungsprozesse von Produktionsanlagen ebenso wie für die Prozesse der Warenverteilung in Handel und Dienstleistung. Durch ihre Dienstleistungen realisiert die Logistik die erforderlichen Warenbewegungen und Wirtschaftsverkehre und lenkt die damit verbundenen Informationen.

Unmittelbar für den Menschen wahrnehmbar ist die Logistik vor allem durch ihre Aufgaben bei der *Versorgung* der Menschen. Unter *Versorgung* ist der Zugang der Menschen zu Warenangeboten und Dienstleistungen zu verstehen. Elementar ist der Zugang zu den Waren des täglichen Bedarfs wie Lebensmitteln oder Haushaltswaren sowie zu Dienstleistungen von Ärzten, Apotheken, Restaurants usw. Der Zugang zu den vielfältigen verfügbaren Waren, Leistungen und Kontakten der Konsumwelt ist substanzieller Teil der Lebensqualität.⁶⁹

Neben der Versorgung sind die vielfältigen Entsorgungs- und Recyclingaufgaben wesentliche Bestandteile der urbanen Logistik.

Gleichzeitig erzeugt logistische Aktivität *Verkehr* als die physisch wahrnehmbare Realisierung von Bewegungen aller Art. Personen- und Güterverkehr treffen auf unseren Verkehrsinfrastrukturen zusammen, stehen zueinander in substitutiven und induzierenden Beziehungen. Alle Bewegungen in der Stadt werden durch Planungen, Dispositionen, Ereignisse, Steuerungen oder Termine initiiert und erzeugen einen Datenverkehr, der ebenfalls eine eigene Infrastruktur benötigt.

Zentrale Aufgabe heutiger Logistik- und Verkehrssystemgestaltung ist es, die Mobilität von Personen und den Transport von Gütern effizient und nachhaltig zu ermöglichen sowie so zu gestalten, dass wirtschaftliche, ökologische, soziale und kulturelle Rahmenbedingungen berücksichtigt werden. Grundlage des Transports von Menschen und Gütern ist das Verkehrssystem als gemeinsam genutzte Infrastruktur. Personen-, Wirtschafts- und Güterverkehr teilen sich die Infrastrukturen aller Verkehrsträger (Straße, Schiene, Wasser, Luft) und konkurrieren um deren knappe Kapazitäten.

⁶⁸ BVL 2013.

⁶⁹ Acatech 2012, S. 9.

Im Umfeld der Stadt als Lebens- und Wirtschaftsraum treffen die Aufgaben der Logistik in örtlich konzentrierter Form aufeinander. Im städtischen Umfeld sind die Ansprüche und Konflikte der Logistik um Flächen- und Infrastrukturnutzung, Energie- und Ressourcenverbräuche, Informations- und Kommunikationsbedarfe in besonderer Weise verschärft. Hierzu tragen in besonderer Weise die nachfolgend aufgeführten Entwicklungen bei.

6.1.2 Trends und Herausforderungen der Logistik⁷⁰

Der *technische Wandel* und der *Wandel zur Internet-Gesellschaft* sind zentrale Aufgaben der Logistik. Elektronische Kommunikationsmittel wie Internet, Handy, Smartphone oder Tablet-PC haben nahezu alle Haushalte erreicht. Die Digitalisierung beinahe aller Lebensbereiche vollzieht sich mit großer Geschwindigkeit. Vor allem unser Kontakt- und Konsumverhalten ist stark von dieser Entwicklung beeinflusst. In Deutschland haben im Jahr 2013 rund 70 Prozent der Bevölkerung ab 14 Jahren Online-Einkäufe getätigt.⁷¹ Der E-Commerce-Gesamtmarkt in Deutschland betrug im Jahr 2013 33 Milliarden Euro bei Wachstumsraten um 20 Prozent. Die Bedeutung von E-Commerce, Social Media und mobilen Geräten wird beim Vertrieb von Waren und Dienstleistungen bereits deutlich sichtbar. Schon heute steigt die Anzahl an Einzeltransporten durch Kurier-, Express- und Paketdienstleister in Ballungsräumen. Die Individualisierung von Produktion und Handel wird das Aufkommen individueller Wertschöpfungs- und Transportdienstleistungen weiter verstärken. Es werden nicht nur die klassischen Artikel, wie Bücher, CDs und andere Hartwaren, sondern vermehrt auch frische Waren per Internet gehandelt. Internethandel, Social Media und damit verbundene neue Dienstleistungen bieten einerseits Chancen für die Versorgungsqualität der Menschen, andererseits stehen dem verstärkte Belastungen der Infrastrukturen durch die drastisch wachsende Anzahl von Sendungen und Güterbewegungen auf der letzten *Meile* ihrer Zustellung gegenüber.

Die *alternde Bevölkerung* verstärkt die Nachfrage nach individualisierten Produkt- und Dienstleistungsangeboten zusätzlich. In den nächsten zehn Jahren wird die Zahl der Menschen, die zu Hause versorgt werden, auf 2,68 Millionen ansteigen. Das bedeutet, dass die individuellen Bedürfnisse dieser Gruppe effizient und kostengünstig erfüllt werden müssen. Das gilt für die Versorgung mit Gütern des täglichen Bedarfs, aber auch für

Pflege und medizinische Betreuung. Unternehmen der Pharma- und Gesundheitsdienstleistungsbranche werden verstärkt entsprechende Angebote aufbauen.⁷² Gleichzeitig wird die Nahrungversorgung durch Läden, Praxen und neue Dienstleistungen im Quartier immer wichtiger, da sie noch ein selbstbestimmtes Leben in der eigenen Wohnung ermöglicht. Entsprechende Anforderungen und neue Lösungswege sind bei der altersgerechten Raum- und Stadtgestaltung verstärkt zu berücksichtigen⁷³ (s. a. Kapitel Zukunftsfähige Gesundheitsinfrastrukturen).

Mit den zuvor genannten Entwicklungen werden sich auch die *Raumstrukturen von Handel und Versorgung* verändern. Der stationäre Einzelhandel als eine Hauptquelle der Versorgung war jahrelang auf *Grüne Wiese*-Standorte fokussiert. Neue Standorte wurden lange Zeit vorwiegend an verkehrsgünstigen Stadtrandlagen eröffnet. In jüngerer Vergangenheit kam es jedoch zu einer Renaissance der Innenstadtlagen: 81 Prozent aller Neueröffnungen wurden in innerstädtischen Lagen getätigt. Selbst Betriebe, die bis dato als prädestiniert für Lagen in der erweiterten Stadtperipherie galten, haben Filialen im Innenstadtbereich eröffnet, zum Beispiel im Möbelhandel (IKEA, Möbel Lutz) oder im Baumarktbereich (Hagebau). Auch Lebensmitteleinzelhändler gehen derzeit mit Testfilialen wie REWE to go REWE City in diese Richtung oder suchen verstärkt nach Bahnhof-Standorten. Diese *räumlichen Entwicklungen in den Handelsstrukturen* haben Einfluss auf Güterverkehre und -ströme in urbanen Gebieten. Filialbelieferungen verändern sich hin zu hohen Frequenzen bei kleinen Mengen – vor allem bei Frischewaren und stellen neue Anforderungen an die Auslastung von Transportfahrzeugen. Weiterhin ist in den nächsten Jahren eine weitere Flexibilisierung der Liefer- und Zustellzeiten zu erwarten. Die sich ergebende Herausforderung besteht darin, gleichzeitig eine hohe Versorgungsqualität für die Menschen zu gewährleisten und andererseits Verkehrsbelastungen sowie Lärm- und Emissionsbelastungen durch Lieferverkehre im Stadtgebiet zu reduzieren.

Einerseits müssen Städte ihre Attraktivität bezüglich der Lebensqualität ihrer Bürger erhalten oder verbessern. Andererseits ist es für eine langfristige ökonomische Balance unumgänglich; infrastrukturelle Rahmenbedingungen zu schaffen, die für eine Ansiedlung von Unternehmen notwendig ist:⁷⁴ Insbesondere die Güterver- und -entsorgung *urbaner Produktionsstätten* steht

⁷⁰ Siehe dazu acatech 2012.

⁷¹ Statista 2014.

⁷² DHL 2013.

⁷³ Beetz et al. 2009.

⁷⁴ Vgl. Browne 2010

hier in einem Zielkonflikt mit den Anforderung einer emissionsarmen lebenswerten Stadt. Zusätzlicher Güterverkehr insbesondere in Form von LKW verstärkt die Verkehrslast im urbanen Raum. Ziel nachhaltiger urbaner Logistikkonzepte muss es sein, beschriebene Zielkonflikte zwischen Wohnen und Arbeiten weitestgehend aufzuheben und Potenziale eines urbanen Standorts zu nutzen. Produktionsstätten im urbanen Umfeld dürfen nicht nur möglichst geringe negative Auswirkungen haben, sondern sollten neue positive Beiträge liefern können. Relevante Teilsysteme der Stadt als Umfeld der urbanen Produktion sind neben neu genutzten Stoff- und Energieströmen, verbesserte Luft und Geräuschpegel sowie Geld- und Wertesysteme von Unternehmen in der Stadt, die eine Innovations- und Wissenslandschaft mitentwickeln.

Umwelt-, Klimaschutz und Ressourcenschonung stellt auch die urbane Logistik vor besondere Herausforderungen. Zuerst stellen die Klimaschutzziele der Europäischen Union und der Bundesregierung auch die Akteure der urbanen Logistik vor Herausforderungen. So müssen auch sie einen Beitrag zum Zielwert der Bundesregierung leisten, die CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2020 gegenüber dem Basisjahr 1990 um 40 Prozent zu reduzieren. Diese Ziele können nur erreicht werden, wenn auch die Bereiche Mobilität, Logistik und Güterverkehr einen Beitrag leisten. Diese Bestrebungen stehen der oben beschriebenen Entwicklung in Richtung zusätzlicher logistikbasierter Services und der Zunahme von Güter- und Personenverkehren entgegen. Obwohl Lieferverkehre insgesamt nur einen untergeordneten Anteil, circa 10 Prozent, am gesamten Verkehrsaufkommen haben, sind ihre Auswirkungen auf den Verkehrsfluss, die Infrastrukturabnutzung und die Lärm- und Umweltbelastung erheblich. Die Night Noise Guidelines (Nachtlärmrichtlinien) der Weltgesundheitsorganisation WHO für Europa empfehlen, dass Menschen keiner Nachtlärmbelastung von mehr als 40 Dezibel ausgesetzt sein sollten. Untersuchungen zufolge sind in der EU über 34 Millionen Menschen nachts einer Durchschnittsstraßenlärmbelastung von mehr als 50 Dezibel ausgesetzt. Gesundheitliche Schäden sind die Folge.⁷⁵ Verkehrslärm ist bereits heute nach der Luftverschmutzung das Umweltproblem mit den zweitstärksten Auswirkungen auf die Gesundheit.⁷⁶ Die EU-Kommission schätzt die durch den Verkehrslärm in der EU verursachten Kosten

auf rund 40 Milliarden Euro. Rund 90 Prozent davon entfallen auf den Straßenverkehr. Die Logistik muss deshalb neben technischen Innovationen auch neue Konzepte entwickeln, die diese vordergründigen Zielkonflikte lösen. Es sind passende Anreize oder Sanktionen zu schaffen, mit denen sich neue Konzepte umsetzen lassen. Das Wachstum der Logistikbranche und das Wachstum unserer Städte stehen vor allem in Bezug auf die Ressource Fläche im Konflikt miteinander. Logistische Anlagen, Umschlagsplätze, Warenübergabestationen und andere Infrastrukturen benötigen Flächen, die in dichten urbanen Räumen kaum noch existieren. Vor allem Siedlungs- und Verkehrsflächen dehnen sich stetig aus. Im Jahr 2010 lag der Flächenverbrauch in Deutschland bei 87 Hektar täglich. Bis 2020 möchte die Bundesregierung die Inanspruchnahme neuer Flächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke auf 30 Hektar pro Tag begrenzen.⁷⁷

6.2 THESEN ZUR ZUKÜNFTIGEN LOGISTIK IN DER STADT

Kooperation als Schlüssel zu Effizienzsteigerungen

Zentrales Paradigma für die Gestaltung urbaner Produktionskonzepte ist Kooperation. In der Ver- und Entsorgung von Produktionsstandorten mit Materialien und Rohstoffen bzw. Reststoffen arbeiten Unternehmen, Logistik- und Infrastrukturdienstleister und städtische Betriebe eng zusammen. Die gemeinschaftliche Nutzung städtischer Ressourcen, zum Beispiel Umschlagsflächen, Verteilverkehre, Warenübergabesysteme, wird als Mittel zur Effizienzsteigerung und zur Entlastung der städtischen Infrastrukturen eingesetzt. Für die Feindistribution in der Stadt sind innovative Konzepte gefragt, bei denen Wettbewerber zu Kooperationspartnern und Dienstleister sowie Kommunen zu Koordinatoren werden. Dafür müssen logistische Infrastrukturen und Schnittstellen zwischen Fernverkehr und Feindistribution weiterentwickelt und neu gestaltet werden. Kooperativ genutzte Lager- und Umschlagszentren sollen als zentrale Bündelungs- und Verteilpunkte die logistische Abwicklung hoch individualisierter Warenströme ermöglichen. Die unter dem Stichwort der *City-Logistik* in den 90er Jahren diskutierten⁷⁸, aber in der Breite nicht um- und durchsetzbaren Kooperationsansätze müssen unter den geänderten Rahmenbedingungen neu bewertet werden.⁷⁹

⁷⁵ EEA 2010.

⁷⁶ World Health Organization 2011.

⁷⁷ Vgl. Statistisches Bundesamt (Destatis) 2012.

⁷⁸ Deutscher Städtetag 2003.

⁷⁹ Vgl. Bretzke 2011.

Entwicklung nachhaltiger Konsum- und Belieferungskonzepte

Demografische Entwicklungen, aber auch sich ändernde Lebensstile bringen neue Bedürfnisse hervor. Diese werden den Handlungsdruck auf die Logistik und andere Dienstleistungserbringer weiter erhöhen. Der Wettbewerb in Produktion und Handel wird die Nachfrage individueller Wertschöpfungs- und Transportdienstleistungen weiter verstärken. Zentraler Treiber dieser Entwicklung ist neben dem Internethandel die digital vernetzte Gesellschaft. Die wohnstandörtliche Versorgung durch neue Kanäle der Warenverteilung, durch die neuen Möglichkeiten für individuelle logistische Bring- und Lieferservices braucht zukünftig eine Neuorientierung des Menschen. Den Nutzen für die Gesellschaft und zugleich ökonomisch sinnvolle bedarfs- und raumgerechte logistische Lösungen schaffen wir nur mit einem entsprechenden Konsumverhalten.

Dazu wird es notwendig sein, die räumlichen Profile der Versorgungsbedarfe, der Güterströme und Wirtschaftsverkehre besser zu erfassen und gegen die vorhandenen logistischen Infrastrukturen, die Verkehrssysteme und verfügbaren Dienstleistungsangebote in diesen Räumen zu prüfen.

Nachhaltigkeit und steigende Logistikleistungen dürfen sich gegenseitig nicht ausschließen. Nachhaltigkeit muss zur Gestaltungsmaxime der neuen Dienstleistungsangebote werden. Ungeeignete Lösungen werden vom Menschen wahrgenommen werden. Der Bürger in der Stadt der Zukunft wird die Wirkung seines eigenen Handelns erkennen (müssen). Politik und Gesetzgebung werden Anreize zu setzen haben, um Leistungsangebote und Nachhaltigkeitsanforderungen zu harmonisieren.

Einsatz stadtverträglicher Transporttechnologien

Güterverkehr ist vor allem im städtischen Raum aufgrund seiner verkehrsbehindernden Wirkung, der Schadstoff- und Lärmemissionen sowie die starken Infrastrukturabnutzung mit vielen negativen Wirkungen verbunden, insbesondere bei Fahrzeuge über 7,5 Tonnen.⁸⁰ Mit der steigenden Verkehrsbelastung verstärken sich die zahlreichen negativen Folgen. Die verladende Wirtschaft, der Handel und die Spediteure müssen zukünftig Verkehre im städtischen Bereich anders organisieren und stadtverträglicher gestalten. Der Einsatz alternativer Antriebslösungen und neuer Fahrzeugkonzepte für den Transport ist deshalb zu forcieren. Fahrzeuge mit Hybrid- oder Elektroantrieb lassen sich für Auslieferverkehre in der Ver- oder Entsorgung einsetzen.

Elektrisch betriebene Nutzfahrzeuge (E-NFZ) haben ihre Tauglichkeit in Feldversuchen, vor allem für die Distributionslogistik auf kurzen und mittleren Distanzen, bereits erwiesen. Die lokalen Schadstoffemissionen von E-NFZ liegen bei null, die Schallemissionen sind sehr gering.⁸¹ Der Einsatz dieser Fahrzeugkonzepte in der Praxis erfordert die Entwicklung darauf abgestimmter Logistikkonzepte und vice versa. Einhergehend mit neuen, innovativen Belieferungskonzepten für Städte werden weiterhin gänzlich neue Fahrzeugkonzepte attraktiv. Beispielsweise elektrisch betriebene Kleintransporter, autonome Fahrzeuge oder Lastenfahräder. Oder der Einsatz des vorhandenen Schienennetzes der Stadt- und U-Bahn für Gütertransporte. Eine Ausdehnung der Belieferungsaktivitäten auf die Nacht ist weiterhin ein vielversprechender Ansatz. Technisch sind die eingesetzten Transportmittel dafür heute nicht ausgestattet. Die Fahrzeuge selbst, ihre Ausrüstung, zum Beispiel Ladebordwände, Türen, Kühlaggregate, und die Ladungsträger, zum Beispiel Rollcontainer, sind bislang zu laut und würden die Nachtruhe der Anwohner stören. Die technische Weiterentwicklung ist daher erforderlich. Voraussetzung für den flächendeckenden Einsatz innovativer Transporttechnologien ist jedoch die Weiterentwicklung der Geschäftsmodelle und -prozesse der Versender, Spediteure und Warenempfänger. Die beschriebenen Potenziale der Energie- und Emissionsreduktion sowie die Infrastrukturentlastung lassen sich nur erzielen, wenn sowohl bei den eingesetzten Geschäftsmodellen und -prozessen als auch bei den Transportmitteln sich gegenseitig bedingende Fortschritte erzielt werden.

Vernetzung von Haushalten, Handel, Produzenten und Logistikdienstleistern über vernetzte IKT-Systeme

Informationssysteme spielen eine Schlüsselrolle bei nahezu allen Lösungsansätzen einer urbanen Logistik. Die informationstechnische Vernetzung aller Akteure der urbanen Logistik ist für die Planung und Steuerung von intelligenten Versorgungsanbietern, -nachfragern und -services in einer urbanen Infrastruktur unabdinglich.

Gewerbliche Geschäftssysteme von Industrie und Handel, die Nachfrage der privaten Haushalte und städtische Informationssysteme – alle müssen miteinander vernetzt werden. Für eine Realisierung müssen neue Daten- sowie Kommunikationsformate und -inhalte entworfen werden, damit alle relevanten Informationen gesammelt und genutzt werden können. Dazu gehören beispielsweise Daten zu räumlichen

⁸⁰ EEA 2010.

⁸¹ Peters/Dütschke 2010; Peters/Hoffmann 2011.

Nachfragestrukturen, Daten zu Steuerung der Warenströme, wie Bestell- oder Lieferdaten, Verkehrsinformationen oder Daten für erforderliche Serviceausprägungen. Diese Daten werden allen Bedarfsträgern sowohl von Unternehmen als auch von Stadtverwaltungen zur Verfügung gestellt werden. Auf Basis dieser Datengrundlage werden vielfältige Anwendungsmöglichkeiten mit Nutzen für die stadtverträgliche Organisation der urbanen Logistik erschließbar. Die Anwendungsmöglichkeiten reichen von der Bestellabwicklung, Transportbündelung über die Lenkung der Verkehrsströme bis zum Energiemanagement. Erschlossen werden muss weiterhin die Ebene der Maschine-zu-Maschine-Kommunikation. Gebäude, Haushaltsgeräte, (Transport-)Fahrzeuge, Behältnisse, Packstücke, Verkehrssensoren speisen wertvolle Informationen in das urbane Informationssystem ein beziehungsweise kommunizieren untereinander. Die intelligente Einbindung individueller Nachfrager anhand mobiler Applikationen stellt hierbei eine wesentliche Voraussetzung dar, um Bedarfszeitpunkte in Real Time zu erfassen und Maßnahmen fristgerecht umzusetzen.

Logistikgerechte Infrastrukturen und Gebäude

Entgegen den Prognosen und Szenarien zu verödeten Innenstädten entwickelt sich seit circa zwei Jahren ein Gegentrend in Handel und Bevölkerung. Zurück in die Städte mit kleineren, aber spezialisierten Verkaufsflächen ist die Strategie vieler Handelsunternehmen. Die Logistik wird sich an den geänderten Anforderungen ausrichten. Kleinere Verkaufsflächen benötigen eine flexiblere Logistik auf der letzten Meile, um schneller bedarfsgerecht Ware zu liefern. Die hohe Flächenkonkurrenz in den Innenstädten hat zu einer Verdrängung von Logistikfunktionen geführt. Lager-, Kommissionier- und Umschlagsflächen sind zunehmend in Randlagen der Städte zu finden. Die damit verlängerten Touren und häufigeren Leerfahrten sind ineffizient und verkehrsbelastend. Neue Ansatzpunkte der gemeinschaftlichen Nutzung von Verkehrs- und Logistikinfrastrukturen, zum Beispiel Umschlagsflächen, Warenübergabesysteme, Verteilverkehre, zeichnen Lösungswege für diese Problematik auf. Die bestehenden Infrastrukturen müssen für Logistikfunktionen nutzbar gemacht werden und Logistikfunktionen in bestehende und neue Gebäude integriert werden. Logistikanforderungen werden heute bei der Gestaltung von Gebäuden im Bereich des privaten Wohnens wie auch bei Gewerbeimmobilien kaum berücksichtigt. Nur so ist bei zunehmender Flächenknappheit, die gewünschte Versorgungssicherheit mit stadtverträglicher Logistik zu erreichen. Durch die Entkopplung der Anwesenheit des Empfängers von

der Warenübergabe sowohl für die gewerbliche Logistik, beispielsweise im Handel, wie auch in der Versorgung der privaten Haushalte entstehen effizientere Logistikabläufe. Mit der Errichtung flächendeckender Warendepots in den Innenstädten werden die infrastrukturellen Voraussetzungen geschaffen. Kleinere Maßnahmen, zum Beispiel die zeitlich beschränkte Umnutzung bestimmter Flächen während der Tageszeiten, werden eine erhebliche Verbesserungswirkung haben.

Die Stadt/Kommune als Partner für innovative Lösungen

Für die Steigerung der Leistungsfähigkeit der bestehenden Infrastruktur und Etablierung effizienterer Logistikstrategien werden engere Kooperationen und eine bessere Vernetzung zwischen Logistikdienstleistern untereinander sorgen. Mit Entscheidungsträgern der öffentlichen Hand werden neue Potenziale erschlossen werden. Städte und Kommunen werden die Koordinatoren für die vielen Akteure der urbanen Logistik sein und entsprechende Logistikprojekte initiieren.

Die heute von kommunaler Seite erlassenen Beschränkungen des Lieferverkehrs werden durch komplexere Lösungsstrategien ersetzt. Einfache Restriktionen, zum Beispiel pauschale Zufahrtsbeschränkungen, haben meist negative Auswirkungen auf den Güterverkehr, verlagern oder verschärfen das Problem an anderer Stelle und bewerten Ursache und Wirkung nicht ganzheitlich genug. Kommunen und Behörden werden zukünftig für eine neue gestalterische und steuernde Qualität in der mittel- bis kurzfristigen Entwicklung der städtischen Logistik verantwortlich zeichnen. Hierzu werden Kommunen ein städtisches Logistikmanagement aufbauen, das über die Aufgaben des Verkehrs- und Straßenbetrieb weit hinausgeht. Die Stadt wird die urbane Logistik unternehmerisch mit neuen, eigenen Zielen, Methoden und Technologien organisatorisch und strukturell kooperativ managen.

6.3 WECHSELWIRKUNGEN ZWISCHEN URBANEN LOGISTIKSYSTEMEN UND DEN AUFGABEN DER STADTENTWICKLUNG

In Kapitel 6.3 sollen die Interaktionen der vielen Disziplinen, Kompetenzen, Interessen und Akteure beleuchtet werden. Hier müssen die Ergebnisse der in diesem Kompendium behandelten Sichten auf die Stadt der Zukunft sorgfältig studiert und analysiert werden. In diesem Kapitel können die Wechselwirkungen nur schemenhaft skizziert werden.

Produktion

Eine essentielle Aufgabe der urbanen Logistiksysteme ist die Ver- und Entsorgung von Produktionsstandorten. Das Ziel innovativer Lösungskonzepte ist es, den durch die Produktion verursachten Verkehr in der Materialver- und -entsorgung planbar und steuerbar zu machen und damit auf ein Minimum zu reduzieren. Kollaborative Beschaffungs- und Nutzungskonzepte realisieren emissionsarme und stadtverträgliche Lösungen. Ansatzpunkte der gemeinschaftlichen Nutzung von Logistikinfrastrukturen werden insbesondere für die Lagerhaltung der (Roh-)Ware urbaner Produktionsstandorte relevant werden. Be- und Entladungsprozesse im Wareneingang und -ausgang von Fabriken sind die Schnittstellen der Produktion zur Logistik. Für diese Prozesse gilt es technologische und organisatorische Konzepte zu entwickeln, welche die hier entstehenden Logistikprozesse mit denen der Stadtlogistik zielgerichtet verbinden.

Transport und Verkehr

Städtische und regionale Siedlungsstrukturen beeinflussen in starkem Maße die Mobilität und damit den Transport von Menschen und Gütern. Die Wechselwirkungen zwischen den urbanen Logistiksystemen mit dem Umfeld Stadt liegen insbesondere im Transport- und Verkehrsaufkommen, der räumlichen Verteilung und der Verkehrsmittelwahl. Verkehrliche Infrastrukturen einer Stadt bestimmen entscheidend die Erreichbarkeiten innerhalb einer Stadt. Schließlich belastet der Verkehr das städtische Umfeld und prägt die Standortqualitäten einer Stadt. Mit der Zunahme des Autoverkehrs ist der Straßenraum mehr und mehr als Verkehrsraum definiert worden. Verkehr bestimmt das Stadtbild und steht bei der Flächennutzung in direktem Konflikt mit vielen Stadtfunktionen. Große Teile des öffentlichen Raums dienen hauptsächlich oder sogar ausschließlich dem Autoverkehr, dem sich alles andere unterordnen muss. Diese strikte Funktionstrennung wird in der Gestaltung der Straßen deutlich. Funktionstrennungen können Konflikte vermeiden, sind aber nicht überall umsetzbar, schwer zu revidieren und verbrauchen viele Flächenressourcen. Die verträgliche Verknüpfung von urbanen Logistiksystemen mit dem Umfeld Stadt kann durch neue Belieferungskonzepte und den Einsatz von Elektromobilität erreicht werden.

Energie

Energie ist die zentrale Ressource des 21. Jahrhunderts. Der Energieverbrauch deutscher Städte wächst stetig, auch der Verbrauch pro Kopf. Als Grund werden der hohe Wohlstand und der damit einhergehende energieverbrauchende Lebensstil angeführt.

Die Einsparungspotenziale ressourcenschonenderer Technologien werden oft durch sogenannte Reboundeffekte verringert.

Die gestiegenen Kundenforderungen an die Logistik in Bezug auf Schnelligkeit, Flexibilität und Preis führen auch zu höherem Energieverbrauch pro Lieferung. Entwicklungen im Bereich der Green Logistics reduzieren durch den Einsatz ressourcenschonender Techniken den Energieverbrauch. Ähnlich dem Ökostrom gibt es bereits Green-Logistics-Zertifikate und -Label, durch die sich die Verbraucher gezielt für ressourcenschonendere Logistikunternehmen entscheiden können.

Neben den technischen und organisatorischen Dimensionen müssen auch Anreizsysteme geschaffen werden, welche die Reflektion des Verbrauchers über sein Konsumverhalten fördern und nachhaltiges Verhalten unterstützen.

Die Energiewende in Deutschland setzt gezielt auf den Aufbau dezentraler Versorgungsstrukturen mit erneuerbaren Energien. Die Stromproduktion rückt dadurch näher an den Verbraucher. Ähnlich einem Nullenergiehaus mit lokaler selbstversorgender Energieproduktion können durch die Verknüpfung von Elektromobilität mit erneuerbaren Energien emissionsarme urbane Logistiksysteme aufgebaut werden.

Gesundheit

Die demografische Entwicklung wird sich insbesondere im Gesundheitssektor bemerkbar machen. Die alternde Gesellschaft hat den Wunsch nach möglichst langer Selbstbestimmung und Unabhängigkeit. Es sind innovative Logistikkonzepte gefragt.

Derzeitige Logistikleistungen mit dem Paradigma einer möglichst hohen Stopp-Dichte werden den Anforderungen älterer Menschen nicht gerecht.

Die folgenden beispielhaften Rahmenbedingungen müssen sich in einem neuen Logistiksystem wiederfinden, bei dem die Belieferung älterer Menschen im Vordergrund steht:

Die zu beliefernden Personen sind häufig in ihrer Mobilität eingeschränkt. Sie benötigen einige Minuten, bis sie die Tür öffnen können.

Ältere Menschen können schwere oder große Waren nicht an der Haustür annehmen, sondern benötigen eine Lieferung *frei Verwendungsstelle*, das heißt bis zum endgültigen Einsatzort der Ware.

Informations- und Kommunikationstechnik

Schnellebige Technologien kollidieren mit langfristigen Infrastrukturen. Im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnik steigt die Innovationsgeschwindigkeit stetig, das heißt, die Verbreitung der neuen Techniken und ihrer Anwendung in der Bevölkerung und bei Unternehmen erfolgt immer schneller. Vor allem die enge Vernetzung der Akteure untereinander fördert einerseits die Verbreitung, aber auch den effizienteren Informationsaustausch. Die Durchdringung des geschäftlichen und privaten Alltags mit IuK-Techniken hat für die Unternehmen enorme Effektivitätssteigerungen und eine Optimierung der Steuerung von Prozessen ermöglicht. Städte können bei dem Einsatz von IuK-Technologien vor allem in den Bereichen Verkehrsvermeidung, -bündelung, und -lenkung, Flächenmanagement und Katastrophenschutz profitieren. Im ersten Schritt fehlen hierzu aktuelle und aufbereitete Daten sowie Möglichkeiten, die Daten zur Verfügung zu stellen. Ohne diese Basis fehlt Wissen über die infrastrukturellen Gegebenheiten und die konkreten Bedarfe und Möglichkeiten für urbane Logistiksysteme.

Governance

Die Einführung innovativer Logistikkonzepte im städtischen Umfeld wird nur mit kommunaler Unterstützung und in Teilen nur mit Hilfe neuer, zielführend eingesetzter, regulativer Bestimmung möglich sein. Beispielsweise werden für bestimmte Durchfahrten im Innenstadtbereich Sondergenehmigungen notwendig sein. Auch müssen generelle Regelungen für zukünftige mögliche Rund-um-die-Uhr-Belieferungen gefunden werden. Eine Vermeidung von Überregulierungen ist für diese Fälle anzustreben. Regularien sollten nur da erfolgen, wo sie tatsächlich sinnvoll sind und der eigentlichen Sache dienen. Ziel ist die Umsetzung solcher Verfahren als eine Gemeinschaftsaufgabe. Dabei ist das frühe Einbeziehen Betroffener und umsetzungsrelevanter Akteure sehr hilfreich. Governance kann für den Aufbau von gut funktionierenden Kooperationen und Netzwerken hinzugezogen werden.

Supply Chain

Städte sind Ausgangs- und Endpunkte von Supply Chains zugleich. Als örtliche Zentren des Konsums stehen sie am Ende vielfältiger Distributionskanäle des Handels. Einzelhandel wie auch E-Commerce – beide setzen funktionierende Lieferketten voraus. Mit der fortschreitenden Dezentralisierung des stationären Handels wird die bedarfsgerechte Steuerung dieser Lieferketten an Bedeutung gewinnen. Nur so kann Verschwendung, zum Beispiel bei Frischewaren, die nach Geschäftsschluss

entsorgt werden müssen, vermieden werden und können bedarfsgerechte Warenangebote bereitgehalten werden. Für Hersteller werden in Zukunft auch städtespezifisch optimierte Vertriebsstrategien mit darauf abgestimmter Supply Chain-Logistik interessant werden. Weiterhin sind Städte als Standorte produzierender Unternehmen Ausgangspunkte der Verteilung von Gütern in alle Welt. Hier kommt es auf effiziente Transportbündelung und stadtverträgliche Transporte auf der *First Mile* an, die nur durch Kooperation erreicht werden kann.

6.4 NEUE LÖSUNGSANSÄTZE EINER URBANEN LOGISTIK UND FORSCHUNGSBEDARF

6.4.1 Kommunale Logistikstrategien und Lenkungsinstrumente

Eine große Herausforderung für die Gestaltung der urbanen Logistik auf Seiten der Kommunen und Städte besteht darin, konkreten örtlichen Entwicklungsbedarf zu erkennen, um mit geeigneten politischen, förderrechtlichen oder investiven Maßnahmen darauf zu reagieren. Hierzu fehlen derzeit die notwendige Datenerhebungsgrundlage wie auch geeignete Indikatoren, welche den örtlichen Handlungsbedarf aufzeigen beziehungsweise nicht genutzte Potenziale ausweisen. Weiterhin fehlen notwendige Managementinstrumente, um Kommunen und Städten bei ihren Aufgaben in der Organisation und Koordination der urbanen Logistik zu unterstützen:⁸²

- Konzepte und Instrumente zur detaillierten Erhebung von Indikatoren zu den infrastrukturellen Voraussetzungen der Logistik in Städten sowie den räumlichen Nachfragen nach Logistikleistungen und den verfügbaren Angeboten schaffen ; über aggregierte gesamtwirtschaftliche oder branchenbezogene Indikatoren zu Logistik- und Verkehrsleistung hinaus müssen Indikatoren eingesetzt werden, welche die Qualität der Erfüllung bestimmter logistischer Versorgungsaufgaben, zum Beispiel wohnstandörtliche Versorgung, Versorgung des Handels, Versorgung von Industrieansiedlungen und Unternehmensstandorten, analysierbar machen.
- Instrumente zur Analyse und Identifikation von Schwachstellen der Logistik- und Verkehrsleistung von Städten und Regionen vor dem Hintergrund spezifischer wirtschaftlicher Tätigkeit ortsansässiger Unternehmen oder Branchen.

⁸² Siehe dazu auch acatech 2012.

- Analyse und räumliche Eingrenzung von Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen der Qualität und Zuverlässigkeit logistischer Dienstleistungen und verkehrlichen Effekten (Verkehrsaufkommen, zeitlicher Verkehrsdynamik und Verkehrsstörungen).
- Technisches und methodisches Erfassungs- und Erhebungskonzept für empirische Daten zur Identifikation der örtlichen Handlungsbedarfe im sich wandelnden Handelsssektor; insbesondere die räumliche Eingrenzung bedarfs- und angebotsseitiger Risiken und Potenziale durch die Ausweitung des Internethandels und durch neue Angebote zur wohnstandörtlichen Versorgung ist zu untersuchen.
- Kooperative Management- und Organisationsmodelle für ein städtisches/kommunales Logistikmanagement als Lenkungsinstrumente zur Umsetzung einer urbanen Logistikstrategie.

6.4.2 Logistikkonzepte und Geschäftsmodelle für nachhaltige urbane Logistik

Durch die aktuellen Wandlungsprozesse in Wirtschaft und Gesellschaft können die steigenden Ver- und Entsorgungsbedarfe von Städten von den konventionellen Logistikstrukturen in Zukunft nicht mehr bewältigt werden. Die vorhandenen Infrastrukturen stoßen schon heute an ihre Kapazitätsgrenzen, während der Bedarf an Verkehrs- und Logistikflächen im Stadtgebiet weiter zunimmt. Die Ausbaumöglichkeiten sind jedoch aufgrund der weitreichenden Veränderungen des Stadtbilds und der konkurrierenden Flächennutzungen mit anderen Stadtfunktionen begrenzt. Um zukünftig eine stadtverträgliche und emissionsarme Versorgung urbaner Räume sicherzustellen, sind daher neue Konzepte für die Gestaltung der Logistik und für die Nutzung der Infrastrukturen erforderlich.

Als Grundlage innovativer Logistikkonzepte werden unternehmensübergreifende Kooperationen in Zukunft eine Schlüsselrolle spielen, um Synergien in urbanen Lieferketten zu heben. Während für vertikale Kooperationen entlang der Supply Chain bereits eine Reihe von Strategien wie CPFR⁸³ oder VMI⁸⁴ existieren und erprobt sind, besteht im Bereich der horizontalen Kooperationen noch erheblicher Entwicklungsbedarf. Gerade die Kooperationen von Marktteilnehmern derselben Wertschöpfungsstufe bieten jedoch enorme Potenziale, durch Bündelungsansätze Verkehre zu reduzieren und die Transportauslastung zu steigern. Anstelle der

heutigen, individuellen Logistikstrukturen liefern Multi-User- und Sharing-Konzepte in Zukunft neue Lösungswege zur Steigerung der Effizienz in urbanen Transport- und Umschlagprozessen. Voraussetzung für eine gemeinschaftliche Nutzung logistischer Ressourcen ist die Definition gemeinsamer Prozess-, Daten- und Servicestandards bis hin zu modularen Ladungsträgern, die eine unternehmensübergreifende Bündelung von Warenströmen und die Vernetzung der Informationsflüsse erlauben. Auf dieser Basis erfolgt die Weiterentwicklung und Vernetzung der heutigen einzelnen Konzepte und Logistkdienstleistungen zu einem intelligenten urbanen Dienstleistungsnetzwerk.

Das Konzept einer *kooperativen Last-Mile-Logistik* basiert auf den Prinzipien der Warenbündelung und ermöglicht die kleinräumige Feinverteilung von Warenlieferungen über gemeinsame innerstädtische Umschlagpunkte. Wesentliche Elemente sind die kooperative Nutzung von logistischen Ressourcen wie Transportkapazitäten, Umschlag hubs und Warenübergabestationen sowie die flexible Konsolidierung der zu- und abfließenden Warenströme. Ziel ist die Kombination von unterschiedlichen Versorgungssträngen (Lebensmittel, Konsumgüter, Pflegedienstleistungen etc.), von Ver- und Entsorgungsprozessen, Sammel- und Verteilverkehren, Filial- und Endkundenbelieferungen sowie Retourenabwicklungen. Kooperative Logistikstrukturen für die letzte Meile bilden weiterhin die Basis, um auf der einen Seite optimierte (multi-modale) Schnittstellen zwischen Güterfernverkehr und lokaler Feinverteilung zu installieren und auf der anderen Seite weitere innovative Konzepte wie Milkrun-Systeme, Drop-off und Pick-up-Lösungen anzuschließen.

Letztere sind gerade für die Umsetzung einer *integrierten Multi-Channel-Logistik* von großer Bedeutung. Konsumenten nutzen heute eine Vielzahl an Einkaufsmöglichkeiten über die unterschiedlichen Vertriebskanäle der Handelsunternehmen. Gleichzeitig haben gerade die online-affinen Sortimente wie Bücher, Medien, Unterhaltungselektronik, Mode und Schuhe eine hohe Relevanz für den stationären Handel in Innenstädten. Multi-Channel-Konzepte können dazu beitragen, die Attraktivität des Handels in Innenstädten aufrechtzuerhalten, wenn online und offline Angebote optimal miteinander verknüpft sind. Um den Kundenanforderungen hinsichtlich Verfügbarkeit und Schnelligkeit gerecht zu werden, ist eine durchgängige Integration der Vertriebs- und Logistikstrukturen im Handel notwendig. Durch transparente Bestände, die Bündelung von B2B- und B2C-Logistik

⁸³ Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment.

⁸⁴ Vendor Managed Inventory.

auch in Kombination mit der Rückführung von Retouren und die Entwicklung neuer Servicebausteine, zum Beispiel Click-and-Collect, können die heutigen Inselfösungen und dadurch bedingten Ineffizienzen in der Multi-Channel-Logistik aufgelöst werden.

Die Einbindung *urbaner Güterverkehrszentren* in Citylogistikkonzepte bietet ein großes Potenzial für eine stadtverträglichere und nachhaltigere Belieferung, da Verkehre gebündelt und vermieden werden können. Bisher erschweren die zunehmend komplexen Logistikabläufe, die häufig unzureichende Datenverfügbarkeit und die Vielzahl der beteiligten Akteure im Wirtschaftsraum Stadt einen wirtschaftlichen Betrieb der urbanen Güterverkehrszentren. Der Schlüssel liegt hier in der Vernetzung der Akteure und der effizienten Steuerung der Waren unter Ausnutzung der vorhandenen Infra- und Suprastruktur.

Unter dem Begriff *Shared Space* wird der konzeptionelle Ansatz einer *Mehrzwecknutzung von Gebäuden und Flächen* verstanden. Lager, Umschlagsflächen und Anlieferungszonen belegen zunehmend hochwertige Flächen im urbanen Raum. Neue Logistikkonzepte und technische Entwicklungen ermöglichen eine zeitliche Verschiebung der Belieferung, zum Beispiel in die Nachtstunden, sodass der derzeit belegte Raum tagsüber wieder öffentlich genutzt werden kann. Reservierung von Flächen für unterschiedliche Nutzungen können über IuK-Technologien bedarfsabhängig vorgenommen werden. So ist zum Beispiel die zeitweise Nutzung eines Parkhauses als Lager, und Umschlagsfläche realisierbar.

Die Bedeutung des sekundären Sektors, der produzierenden Unternehmen, im urbanen Raum nimmt durch die Verschmelzung von Produktionsort, Arbeitsmarkt und Absatzmarkt für eine nachhaltige Versorgung und eine gesunde ökonomische Balance der Stadt wieder zu.⁸⁵ Für die *Materialver- und -entsorgung urbaner Produktionsstandorte, Industrieparks oder produzierender Kleinstunternehmen* sind neue Logistikkonzepte erforderlich. Diese Konzepte müssen das mit der Renaissance urbaner Produktion steigende Güterverkehrsaufkommen kompensieren helfen. Forschungs- und Entwicklungsbedarf ergibt sich vor allem in folgenden Bereichen:

- Eine mögliche Organisationform urbaner Produktion sind Industrie- oder Produktionsparks, in denen sich, unterstützt durch innovative zentral bereitgestellte Infrastruktur und Ressourcendienste, produzierende Unternehmen räumlich konzentriert ansiedeln; hierzu sind entsprechende

Transport- und produktionslogistische Lösungen zu entwickeln, welche die Effizienzvorteile einer agglomerierten Industrieansiedlung in Transport, Umschlag und Lagerung innerhalb des Parks wie auch in der Materialver- und -entsorgung von außen effektiv ausnutzen.

- Transport- und produktionslogistische Konzepte zur Entkopplung von Produktionsstätten und flächenbedarfsintensiver Lagerhaltung; die Produktion und damit der größte Anteil der Arbeitsplätze befindet sich im Stadtgebiet; Lagerhaltung und Materialbereitstellung sind kooperativ und zentralisiert organisiert, zum Beispiel in der Stadtperipherie oder quartiersweise, um Flächenverbrauch zu minimieren und Bündelungspotenziale zu optimieren.
- Für Micro-Fabbing-Werkstätten, produzierende Kleinstunternehmen und andere Formen innovativer dezentraler Kleinstwertschöpfung werden funktionierende transportlogistische Lösungen notwendig, welche eine kurzfristige Verteilung der Güter an lokale Abnehmer, aber ggfs. auch eine globale Distribution und Integration in räumlich verteilte Lieferketten ermöglicht; Paket- und Kurierdienste werden mit ihrem heutigen Leistungsangebot diese Aufgaben nicht effizient lösen können
- Nicht alle Produktionsunternehmen sind gleich für eine Ansiedlung im urbanen Raum geeignet. Die Eignung ist abhängig von Wertschöpfungsumfängen, eingesetzten Fertigungstechnologien, Flächenbedarfen und transportlogistischen Implikationen (Anlieferfrequenzen, Bündelungspotenziale, Schwerlastanteil etc.). Entsprechende produktions- und transportlogistische Branchenanalysen müssten Städten und Kommunen zum Abgleich mit ihrem spezifischen Raumangebot zur Verfügung stehen. Städte und Kommunen könnten diese Erkenntnisse nutzen, um ihre strategischen Entwicklungspläne daran auszurichten und gleichzeitig kundenorientierte Angebote aufzubauen.

Einhergehend mit den beschriebenen konzeptionellen Ansätzen stellt die Entwicklung geeigneter zugehöriger *Geschäfts- und Betreibermodelle* einen essentiellen Bestandteil dar, um neben dem Nutzen für die Stadt und die Umwelt auch die ökonomische Tragfähigkeit der Logistikkonzepte zu gewährleisten. Die Umsetzung kollaborativer Konzepte wird heute vielfach durch fehlende Wirtschaftlichkeit sowie durch wettbewerbliche Rahmenbedingungen und opportunistisches Verhalten der Beteiligten gehemmt. Für die wirtschaftliche Realisierung neuer urbaner Logistikstrukturen

⁸⁵ Siehe dazu das Kapitel Urbane Produktion.

und Nutzungskonzepte wie *Shared Space* sind daher in Zukunft neue Wege notwendig. Forschungs- und Entwicklungsbedarf ergibt sich vor allem in folgenden Bereichen:

- Stakeholderprozesse zur frühzeitigen und umfangreichen Einbindung aller Beteiligten für eine gemeinsame, ganzheitliche Optimierung der Supply Chain
- Innovative Finanzierungsmodelle und Beteiligungsformen von Unternehmen, Kommunen und Bürgern, zum Beispiel die Gründung nutzerinitiiertter Logistikunternehmen, Aufbau von Public Private Partnerships, Einsatz von Crowdfunding
- Wettbewerbsrechtliche Gestaltung und Wertung von Kooperation unter Berücksichtigung insbesondere kartellrechtlicher Rahmenbedingungen
- Entwicklung tragfähiger Geschäftsmodelle: geeignete Regeln zur Kosten- und Gewinnallokation zwischen den Beteiligten (unter anderem sogenannte Gain Sharing-Mechanismen), ökonomische Anreizinstrumente, Möglichkeiten zur Internalisierung von externen Kosten

6.4.3 Innovative Logistiktechnologien

Intelligente und mobile Warenübergabesysteme

Innovative Warenübergabesysteme ermöglichen eine zeitlich asynchrone Sendungsübergabe und damit eine Entkopplung des Anlieferzeitpunkts von der Warenannahme durch den Empfänger. Hier bedarf es der Entwicklung flexibler und modularer Lösungen in Form von Boxensystemen, Pickup-Stationen und Mehrweg-Tauschsystemen sowohl für die Warenübergabeprozesse von Unternehmen, zum Beispiel Handelsfilialen, Handwerker, Dienstleister, als auch für die Endkundenbelieferung. Durch die zeitliche Entkopplung können sowohl auf Seiten des Lieferanten als auch des Empfängers signifikante Effizienzsteigerungen durch Bündelung und Tourenoptimierung realisiert werden. Aufgrund der zeitlichen Unabhängigkeit können die Lieferprozesse darüber hinaus in verkehrsärmeren Zeiten verlagert und damit Restriktionen der Innenstadtbelieferung umgangen werden. So ist zum Beispiel eine Belieferung von Handelsfilialen in der Nacht denkbar, während die Waren erst in den frühen Morgenstunden vor der Ladenöffnungszeit verräumt werden.

Elektromobilität für die Versorgung

Der Einsatz von elektrobetriebenen Nutzfahrzeugen wird derzeit erprobt und bietet für den Lebensraum Stadt großes Potenzial, die Beeinträchtigungen durch den Lieferverkehr deutlich zu

reduzieren. Derzeit ist jedoch aufgrund hoher Kosten für die Umrüstung bzw. den Neukauf von elektrobetriebenen Nutzfahrzeugen die Hürde für Logistikunternehmen, dem Ansatz der Green Economy zu folgen, zu hoch. Hier werden neue Anreizsysteme und Geschäftsmodelle benötigt. Für Logistikunternehmen, die Elektrofahrzeuge einsetzen oder stadtverträgliche Konzepte verfolgen, sind hier zum Beispiel die Ausweitung von Zustellzeiten oder exklusive Zufahrtsgenehmigungen für sensible Innenstadtbereiche attraktiv.

Leise Lieferverkehre und Anliefertchnik

Durch den Einsatz von Elektromobilität können die Lärmemissionen von Belieferungsfahrzeugen bereits deutlich gesenkt werden. Aber neben den Motorgeräuschen entstehen bei Be- und Entladung der Fahrzeuge ebenfalls hohe Lärmpegel. Das Schließen von LKW-Türen erzeugt bspw. 74 Dezibel (A), das Schieben eines Rollcontainers über die Laderampe sogar bis zu 80 Dezibel (A). Hier sind Anpassungen bei den Arbeitsabläufen, Fahrerschulungen sowie bei der technischen Ausstattung der LKW und dem Rollmaterial, wie Palettenhubwagen oder Rollcontainer notwendig, um eine stadtverträglichere, geräuscharme Belieferung zu realisieren.

6.4.4 Informations- und Kommunikationstechnologien und der Umgang mit Daten

Ohne die Vernetzung teilweise schon vorhandener – aber auch neu zu entwickelnder – Informationssysteme hin zu einem umfassenden Informationsnetzwerk sind effiziente urbane Logistikkonzepte kaum möglich. Erst durch die Integration unterschiedlicher Daten aus den verschiedensten Quellen wie Smartphones, Verkehrsinformationsportalen und Energiesystemen, aber auch von Logistikdienstleistern, dem Handel und der Produktion, den privaten Haushalten können Optimierungen der Personen- und Warenströme vorgenommen werden.

Einen wichtigen Baustein stellen hier die *Cyber-Physischen Systeme (CPS)* dar, welche in Produktions- und Logistiknetzwerken wie auch in anderen Anwendungsfeldern durch flächendeckende Datenerfassung und intelligente Datenverarbeitung zu einer Vernetzung der Systeme und neuen Möglichkeiten der Steuerung und Koordination führen werden. Hier gilt es, die Chancen und Herausforderungen, die durch den Einsatz der erforderlichen Technologien entstehen, frühzeitig zu erkennen und so für eine nachhaltige urbane Logistik zu nutzen. Wichtig ist es, die verschiedenen Entwicklungsfelder im städtischen Umfeld in einem gemeinsamen Smart City-Ansatz zu verbinden

und die Synergien zu nutzen. Hier treiben aktuell andere Bereiche als die Logistik die Entwicklung voran. Mit den Fortschritten zu einer Smart City im Bereich der städtischen Verwaltung und Bürgerdienste, im Energiemanagement, in der Vernetzung der Haushalte oder im Katastrophenschutz sind die notwendigen Lösungen für die Logistik entsprechend zu synchronisieren.

Im Bereich der Produktion wird eine immer stärker werdende Individualisierung der Produkte beobachtet, welche durch eine hoch flexible Produktion gewährleistet werden soll. Dies setzt eine Automatisierung bis hin zur Einführung von Verfahren der Selbstoptimierung und Selbstkonfiguration voraus. Erreicht werden kann dies durch eine stärkere informatorische Vernetzung der Industrieunternehmen untereinander und mit den Kunden und Geschäftspartnern. Es werden also integrierte Wertschöpfungsnetzwerke entstehen, die durch erhöhte Digitalisierung auch innerhalb der klassischen Industrien zu neuen Wertschöpfungsprozessen beitragen. Für die urbane Logistik bedeutet dies die Notwendigkeit, die Voraussetzungen für eine flexible Gestaltung der Transporte zu schaffen.

In der Logistik besteht diesbezüglich insbesondere folgender Forschungs- und Entwicklungsbedarf:

- Informationssysteme müssen hinsichtlich Bestelldaten und Warenströmen stärker vernetzt werden, damit man den Verkehrsfluss zwischen Personen und Waren verbessern kann.
- Verkehrsinformationen müssen erhoben und zur Verfügung gestellt werden. Dazu zählen Daten aus infrastrukturellen Anlagen, zum Beispiel Ampelschaltungen, Verkehrssensoren, aber auch Video-, Geräusch- und Erschütterungsdetektion. Darüber hinaus müssen weitere externe Datenquellen, wie Bewegungsprofile von Smartphones und Smart Devices, aber auch Wetterinformationen und Informationen, zum Beispiel über Großereignisse, berücksichtigt werden. Nicht zuletzt müssen noch Unternehmensdaten, wie Auftrags- und Transportinformationen, integriert werden. So kann der Verkehr durch die Informationen über Personen und Logistikbedürfnisse optimiert werden.
- Es müssen auch neue Methoden zur Rekonfiguration der Transportwege entwickelt werden. Durch Bündelung der Auslieferung können kürzere Auslieferungsintervalle erzeugt werden, sodass sich der Komfort der einzelnen Geschäftspartner erhöht. Durch eine permanente

Verfügbarkeit aktueller Daten kann die Routenplanung dynamisch angepasst werden. Ein Zusammenspiel von Verkehrsinformationen, Navigationsanwendungen, Standortinformationen und Unternehmenssoftware ermöglicht so die individuelle Planung der Auslieferungsrouten.

- Firmen, Städte und Kommunen aber auch Privatpersonen müssen bereit sein, Daten auf eine das heutige Ausmaß übertreffende Weise zu teilen und zu kommunizieren und ihre Systeme für einen Datenaustausch zu öffnen. Im Sinne eines *Smart Grid* (intelligentes Netzwerk) müssen hier Datenstandards geschaffen werden, die die Nutzung und Vermittlung von Informationen effektiv und sicher koordinieren. Beim Thema Datenschutz besteht diesbezüglich großer Handlungsbedarf. In vielen Fällen ist eine anonymisierte Nutzung ausreichend. Diese muss technisch sichergestellt und die nötige öffentliche Akzeptanz dafür geschaffen werden.
- Datenstandards und Datensicherheit sind auch Grundvoraussetzungen für langfristige Kooperationen der Unternehmen. Nur durch die geregelte Verwendung der Informationen können nachhaltige Strukturen und Wertschöpfungsketten geschaffen werden, die wiederum für die Versorgung der Personen und Produktionsstandorte notwendig sind.
- Für die Verarbeitung dieser großen Menge an heterogenen Daten müssen Verfahren zur effizienten Informationsgewinnung entwickelt werden. Unter dem Stichwort Big Data werden bereits Ansätze in diese Richtung verwirklicht. Für die Steuerung einer urbanen Ver- und Entsorgung müssen hier allerdings noch Voraussetzungen geschaffen werden, die es unter Sicherheitsgesichtspunkten erlauben, persönliche, öffentliche und Unternehmensdaten zu koppeln.

Weiterer Bedarf besteht im Bereich der *Navigation und Geo-Informationssysteme* und dafür eingesetzter IuK-Technologien. Heute sind Navigationskarten, Navigationssoftware und -hardware nicht spezifisch auf die Anwendung in der Logistik ausgerichtet. Vor allem an der Integration branchenspezifischer Inhalte, wie Positionsangaben, Empfängerangaben, Einfahrrestriktionen und logistikspezifischer Funktionen, zum Beispiel spezielle Routingverfahren, besteht Mangel. Ziel ist die Entwicklung einer individualisierbaren Navigation für spezielle Fahrzeug- und Nutzerklassen im Wirtschaftsverkehr, die sowohl nützliche Funktionen für die verbesserte Abwicklung der Logistikprozesse bereitstellt und als auch die Verkehrsströme optimiert.

6.5 FAZIT UND ZUSAMMENFASSUNG

Neue Logistikkonzepte und innovative Logistiktechnologien werden einen substanziellen Beitrag zu lebenswerten und nachhaltigen Städten leisten. Sie werden zur Entlastung der Verkehrsinfrastrukturen, zur Verbesserung der Umweltqualität und Steigerung der Lebensqualität beitragen. Kooperation zwischen Kommunen, Unternehmen, Dienstleistern und Haushalten ist eine zentrale Voraussetzung für die erfolgreiche und wirksame Umsetzung der neuen Ideen. Gemeinsam müssen diese Akteure tragfähige Geschäftsmodelle für eine nachhaltige Logistik in der Stadt definieren. Die Smart City als vernetzte offene Informations- und Kommunikationsplattform ist eine wichtige technische Grundlage, von der viele Entwicklungsfelder für die Stadt der Zukunft gemeinsam profitieren können. An der Entwicklung der Smart City sollte deshalb disziplinübergreifend mit allen Sektoren der Stadtentwicklung gearbeitet werden. Für die Logistik ist das Informationsnetz der Smart City grundlegender Enabler, um die Verteilung von Warenströmen zu optimieren und Kooperation technisch zu ermöglichen. Wichtig ist weiterhin, dass Städte und Kommunen die Bedeutung der Logistik erkennen. Logistik umfasst weit mehr als den Transport von Gütern. Städte müssen die Logistikprozesse in der Stadt in Zukunft unternehmerisch managen. Sie müssen eine Logistikstrategie entwickeln, Ziele festlegen und die vielen an der Umsetzung der beschriebenen neuen Logistikkonzepte beteiligten Akteure koordinieren. Dafür sind geeignete Organisationsstrukturen und Managementwerkzeuge aufzubauen.

LITERATUR

acatech 2012

acatech (Hrsg.): *Menschen und Güter bewegen* (acatech POSITION), Heidelberg: Springer Verlag 2012.

Beetz et al. 2009

Beetz, S./Müller, B./ Beckmann, K. J. /Hüttl, R. F.: *Altern in Gemeinde und Region* (Altern in Deutschland Band 5), Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart, 2009.

Bretzke 2011

Bretzke, W.-R.: *Citylogistik: Wiedergeburt einer gescheiterten Idee?*, Vortrag 16. Magdeburger Logistiktagung 28.06.-01.07.2011, Magdeburg, 2011.

Browne 2010

Browne, M.: "Urban Freight Transport and Logistics". In: Robert Schönberger (Hrsg.): *Dimensionen der Logistik. Funktionen, Institutionen und Handlungsebenen*. Wiesbaden: Gabler 2010, S. 139–155.

BVL 2013

Bundesvereinigung Logistik (BVL) e. V.: *Arbeitgeber Logistik. Umfrageergebnisse zur Attraktivität für Arbeitnehmer – Zahlen, Daten, Fakten – Trends*, 2013. URL: <http://www.bvl.de/thema/arbeitgeber-logistik> [Stand:10.07.2014].

Destatis 2012

Statistisches Bundesamt (Destatis): *Nachhaltige Entwicklung in Deutschland - Indikatorenbericht 2012*, 2012. URL: https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltoekonomischeGesamtrechnungen/Umweltindikatoren/Indikatoren-PDF_0230001.pdf [Stand: 22.07.2014]

Deutscher Städtetag 2003

Deutscher Städtetag: *Leitfaden City - Logistik – Erfahrungen mit dem Aufbau und Betrieb von Speditionskooperationen*, Berlin 2003.

DHL 2013

DHL: *Key Logistics Trends in Life Sciences 2020+. A DHL Perspective on How to Prepare for Future Growth* (White Paper), 2013.

EEA 2010

European Environment Agency (EEA): *The European Environment – State and Outlook 2010: Synthesis*, Kopenhagen, Dänemark: European Environment Agency 2010.

Peters/Dütschke 2010

Peters, A./Dütschke, E.: *Zur Nutzerakzeptanz von Elektromobilität - Analyse aus Expertensicht*, Karlsruhe: Fraunhofer ISI, 2010.

Peters/Hoffmann 2011

Peters, A./Hoffmann, J.: *Nutzerakzeptanz von Elektromobilität: Eine empirische Studie zu attraktiven Nutzungsvarianten, Fahrzeugkonzepten und Geschäftsmodellen aus Sicht potenzieller Nutzer*, Karlsruhe: Fraunhofer ISI, 2011.

Statista 2014

Statista: *Anzahl der Personen in Deutschland, die in den letzten 12 Monaten etwas per Internet oder Katalog nach Hause bestellt haben, von 2007 bis 2013, 2014.* URL: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/171114/umfrage/anzahl-der-personen-die-bestellungen-per-internet-oder-katalog-in-den-letzten-12-monaten-taetigten/> [Stand: 22.07.2014].

WHO 2011

World Health Organization (WHO) European Centre for Environment and Health: *Burden of Disease from Environmental Noise - Quantification of Healthy Life Years Lost in Europe*, Bonn: WHO 2011.

7 RESILIENTE INFRASTRUKTUREN⁸⁶

KLAUS THOMA, FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR KURZZEITDYNAMIK, FREIBURG FÜR DAS THEMENNETZWERK SICHERHEIT
 BESONDERER DANK GILT BENJAMIN SCHARTE; DANIEL HILLER; TOBIAS LEISMANN, FRAUNHOFER EMI, FREIBURG

7.1 MOTIVATION

Für den überwiegenden Teil der Menschheit ist die Stadt der Lebensraum der Zukunft. Denn Urbanisierung, der andauernde prozentuale und absolute Anstieg der in Städten lebenden Menschen im Verhältnis zur Gesamtbevölkerung, ist einer jener globalen *Megatrends*, die das menschliche Zusammenleben in Zukunft bestimmen werden. Die Zahlen dazu sind bekannt. Im Jahr 2010 lebte erstmals die Hälfte aller Menschen in Städten, bis zum Jahr 2025 wird dieser Wert auf voraussichtlich zwei Drittel ansteigen.⁸⁷ Entscheidend für die *Stadt der Zukunft* wird sein, dass sie ihren Bewohnern ein in jeder Hinsicht lebenswertes Leben bieten kann. Dieses generelle Ziel führt in den verschiedensten gesellschaftlichen Bereichen, von Ökonomie über Ökologie bis zur Gesundheit, zu einer Vielzahl an spezifischen Herausforderungen und daraus folgenden Handlungsnotwendigkeiten. Die vorangehenden Beiträge haben gezeigt, dass Forschung und Wissenschaft sich der Herausforderungen bewusst sind und intensiv an den verschiedensten Lösungsmöglichkeiten arbeiten.

Vor allen Dingen sind urbanisierte Lebensräume aufgrund der Konzentration von Menschen und gesellschaftlichen Funktionsbereichen auf engem Raum verwundbar (vulnerabel) gegenüber so genannten widrigen Ereignissen. Darunter fallen Naturkatastrophen genauso wie terroristische Anschläge, Folgen des Klimawandels und Industrieunfälle. So befinden sich beispielsweise viele Mega-Cities, also Städte mit mehr als zehn Millionen Einwohnern, in unmittelbarer Küstennähe und müssen im Zuge des Klimawandels mit häufigeren und gravierenderen Überflutungen rechnen.⁸⁸ Tokio ist stark erdbebengefährdet, die ecuadorianische Hauptstadt Quito wird von Vulkanen eingerahmt, Mumbai muss in der Lage sein, den jährlichen Monsun genauso zu überstehen wie monatelange Trockenheit. Durch ihre gesellschaftliche und wirtschaftliche Bedeutung sind Städte zudem bevorzugte Ziele terroristischer Anschläge. Und auch für Unfälle in Industrieanlagen gilt: In Gebieten mit hoher Bevölkerungsdichte richten sie deutlich größere Schäden an als in wenig besiedelten Landstrichen.

Um den skizzierten Bedrohungen nicht schutzlos ausgeliefert zu sein, müssen die Städte der Zukunft ihre *Resilienz* erhöhen. Das Konzept der Resilienz wurde in den letzten Jahrzehnten in verschiedenen wissenschaftlichen Fachgebieten entwickelt und findet seit einigen Jahren auch verstärkt in der Sicherheitsforschung, die sich mit dem Schutz von gesellschaftlich relevanten Systemen vor den Auswirkungen widriger Ereignisse beschäftigt, Verwendung. Gerade in Ländern wie den USA und Großbritannien wird Resilienz bereits in strategischen Plänen der Regierungen als Zielvorstellung genutzt und mithilfe staatlicher Unterstützung an konkreten Lösungen geforscht und gearbeitet.⁸⁹ Für den Kontext der Stadt der Zukunft stellt sich die Frage, was Resilienz genau bedeutet?

„Resilienz ist die Fähigkeit, tatsächliche oder potenziell widrige Ereignisse abzuwehren, sich darauf vorzubereiten, sie einzukalkulieren, sie zu verkraften, sich davon zu erholen und sich ihnen immer erfolgreicher anzupassen. Widrige Ereignisse sind menschlich, technisch sowie natürlich verursachte Katastrophen oder Veränderungsprozesse, die katastrophale Folgen haben.“⁹⁰

Von dieser Definition ausgehend müssen in der Stadt der Zukunft verschiedene Bereiche adressiert werden, um Resilienz gegenüber widrigen Ereignissen herzustellen und langfristig zu erhöhen. Derartige Bereiche sind zum Beispiel Bildung, Frühwarn- und Vorsorgesysteme, (Krisen-)Kommunikation, sozialer Zusammenhalt und viele mehr. Dabei ist Resilienz kein endgültig erreichbarer statischer Zustand, sondern vielmehr eine Eigenschaft dynamischer, sich entwickelnder Systeme. Städte sind dynamische Systeme und Resilienz wird daher für die Stadt der Zukunft zu einem überlebenswichtigen Merkmal.

Dieses Verständnis von Resilienz wird im Wesentlichen von den Vereinten Nationen (UN) oder auch Stiftungen wie der Rockefeller Foundation geteilt.⁹¹ Für die UN ist Resilienz eine entscheidende Grundvoraussetzung für die nachhaltige Entwicklung von Städten. Deshalb hat das United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR) im Jahr 2010 die Kampagne „Making Cities Resilient – My City is Getting Ready!“ gestartet.⁹²

⁸⁶ Ergebnisse des acatech-Projekts „Resilien-Tech. ‚Resilience-by-Design‘: Strategie für die technologischen Zukunftsthemen“ mit Bezug zur Stadt der Zukunft.

⁸⁷ UNISDR 2012, S. 8.

⁸⁸ UNISDR 2012, S. 8.

⁸⁹ Siehe Scharte et al. 2014, 2014b.

⁹⁰ Scharte et al. 2014, S. 17, basierend u. a. auf The National Academies 2012b, S. 2 und Edwards 2009, S. 20.

⁹¹ UNISDR 2012, S. 11.

⁹² UNISDR 2012, S. 8.

Aktuell beteiligen sich daran 1834 Städte und Kommunen, die über die gesamte Welt verstreut sind.⁹³ Mit ihrer Unterschrift bringen die Verantwortlichen in den Städten und Kommunen zum Ausdruck, dass sie Maßnahmen ergreifen werden, um die Resilienz ihrer lokalen Gebiete gegenüber widrigen Ereignissen zu erhöhen. Das generelle Ziel der Kampagne ist es, Beiträge zur nachhaltigen Urbanisierung zu leisten, verstanden vor allem als Resilienz-Bildung gegenüber klimawandelinduzierten Extremereignissen. Die Devise dafür lautet: „Know more, Invest wiser, and Build safer.“⁹⁴ Aus dieser grundsätzlichen Devise leitet das UNISDR eine Checkliste von „Ten Essentials for Making Cities Resilient“ ab. Darunter findet sich zum Beispiel die Anforderung, genügend Daten über Gefahren bereitzustellen und Risikoanalysen durchzuführen, genauso wie der Appell, Katastrophenschutz als Bildungsinhalt in Schulen zu stärken, und der Aufruf, Ökosysteme als natürliche Pufferzonen gegenüber Klimagefahren zu nutzen.⁹⁵

Auch die Rockefeller Foundation, die sich die Förderung des Wohls der Menschheit auf die Fahnen geschrieben hat, beschäftigt sich mit dem Thema Resilienz in Städten.⁹⁶ Mit einem Eigenkapital von über 3,5 Milliarden US-Dollar ist sie eine der vermögendsten Stiftungen weltweit, was ihren Initiativen ein entsprechendes Gewicht verleiht.⁹⁷ Im Jahr 2013 startete sie die „100 Resilient Cities Centennial Challenge“, die es bis zu 100 Städten weltweit ermöglichen soll, besser mit den Gefahren und Risiken des 21. Jahrhunderts zurechtzukommen. Aus fast 400 Bewerbungen von Städten wurden am 3. Dezember 2013 zunächst 32 ausgewählt, die in den nächsten drei Jahren von der Rockefeller Foundation finanziell und technisch unterstützt werden. Mithilfe dieser Unterstützung werden sie unter anderem jeweils einen „Chief Resilience Officer“ beschäftigen, einen Resilienzplan erarbeiten und mit dessen Umsetzung beginnen können.⁹⁸

Es wird also deutlich: Resilienz als überlebensnotwendige Eigenschaft der Stadt der Zukunft ist auf der internationalen Agenda als Thema bereits fest verankert. In Deutschland

war das bisher nicht in ähnlicher Weise der Fall. Deshalb hat die acatech in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut (EMI), das Projekt „Resilience by Design – Strategie für die technologischen Zukunftsthemen (Resilien-Tech)“ durchgeführt. Ziel des Projekts war es, ein besseres Verständnis des Konzepts Resilienz für den Bereich der Sicherheitsforschung zu erarbeiten. Dazu wurden drei Expertenworkshops durchgeführt zu den Themen nationale und internationale Perspektiven von Resilienz sowie resiliente Unternehmen. Aus den Ergebnissen wurden zehn konkrete Handlungsempfehlungen für Entscheidungsträger in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft abgeleitet. Die Handlungsempfehlungen zeigen Wege auf, wie ein Resilience-by-Design-Ansatz in künftige Forschungsstrategien integriert und Resilienz zur fundamentalen Grundvoraussetzung technologischer oder gesellschaftlicher Sicherheitslösungen gemacht werden kann.⁹⁹

Der Fokus des Projekts Resilien-Tech lag weniger auf der Resilienz des Systems Stadt als vielmehr auf der Frage, wie die Resilienz von Systemen generell erhöht werden kann, mit einem besonderen Schwerpunkt auf kritische Infrastrukturen. Für die Resilienz der Stadt der Zukunft werden deren kritische Infrastruktursysteme überlebenswichtig sein. Denn kritisch sind Infrastrukturen dann, „wenn sie für die Funktionsfähigkeit moderner Gesellschaften von wichtiger Bedeutung sind und ihr Ausfall oder ihre Beeinträchtigung nachhaltige Störungen im Gesamtsystem zur Folge hat“.¹⁰⁰ Und moderne Gesellschaften sind größtenteils urbanisierte Gesellschaften. Der Grad der Kritikalität der Infrastruktur kann bestimmt werden durch den Schaden, den eine Gesellschaft an der Versorgung mit lebensnotwendigen Gütern und Dienstleistungen erleidet, wenn diese Infrastruktur ausfällt.¹⁰¹ Kritische Infrastrukturen sind somit zum Beispiel die Energieversorgung, Wasserver- und -entsorgung, das Transportsystem, das Notfall- und Rettungswesen oder auch der Katastrophenschutz.¹⁰²

Diese Infrastruktursysteme versorgen neben Städten selbstverständlich auch den ländlichen Raum. Allerdings sind sie für die Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems Stadt von noch einmal

⁹³ UNISDR 2014.

⁹⁴ UNISDR 2012, S. 8 ff.

⁹⁵ UNISDR 2012, S. 113.

⁹⁶ The Rockefeller Foundation 2014, 2014b.

⁹⁷ The Rockefeller Foundation 2012, S. 42.

⁹⁸ The Rockefeller Foundation 2014.

⁹⁹ Die Ergebnisse des Projekts Resilien-Tech finden sich in: Thoma 2014.

¹⁰⁰ BMI 2009, S. 5.

¹⁰¹ BMI 2009, S. 5.

¹⁰² BMI 2009, S. 5.

erheblich größerer Bedeutung. Zwei Beispiele dafür sind Wasser- und Nahrungsmittelversorgung: Stadtbewohner sind vollständig vom Funktionieren dieser Infrastrukturen abhängig. Auf dem Land verfügen die Menschen hingegen selbst in hochindustrialisierten Ländern wie Deutschland vielfach über landwirtschaftlich nutzbare Fläche und autarke Wasserversorgung in Form von Brunnen.

Um Städte resilient zu gestalten, ist es also von überragender Bedeutung, die Resilienz der kritischen Infrastruktursysteme zu erhöhen. Wie das gelingen kann, war die Frage, die im Projekt Resilien-Tech beantwortet werden sollte. Im Folgenden werden daher zunächst vier Thesen zu den Fähigkeiten aufgestellt, welche resiliente kritische Infrastrukturen besitzen müssen. Dann werden in Form eines Exzerpts der Ergebnisse aus Resilien-Tech Handlungsfelder vorgestellt und Forschungsgebiete aufgezeigt, die dabei helfen sollen, die Resilienz kritischer Infrastrukturen zu sichern und zu erhöhen.¹⁰³

7.2 THESEN ZUR RESILIENZ KRITISCHER INFRASTRUKTUREN

Das System Stadt benötigt funktionierende Infrastrukturen. Nur mithilfe solcher Infrastrukturen kann die Versorgung einer Vielzahl von Menschen, die gemeinsam auf kleinem Raum leben, mit lebensnotwendigen Gütern und Dienstleistungen gewährleistet werden. Durch eine immer größer werdende Zahl an Herausforderungen – vom Klimawandel bis zum Terrorismus – sind die Infrastrukturen bedroht. Zudem bedingt ihre zunehmende Komplexität und Vernetzung die Gefahr von Kaskadeneffekten. Dieser vielgestaltigen Bedrohungslage können kritische Infrastrukturen nur Herr werden, wenn sie ihre Resilienz kontinuierlich steigern. Dazu müssen sie vier Bedingungen erfüllen:

1. **Die kritischen Infrastrukturen der Stadt der Zukunft müssen funktionsfähig sein.** Funktionsfähigkeit bedeutet, dass die Systeme im Normalfall, im Regelbetrieb, das tun, wofür sie entworfen wurden. Sie ist die Grundvoraussetzung und erste notwendige Bedingung für Resilienz. Denn nur Systeme, die im Normalfall reibungslos funktionieren und die Bevölkerung von Städten mit den Gütern und Dienstleistungen versorgen, die diese benötigen, sind grundsätzlich in der Lage, die Versorgung auch im Not- und Krisenfall zu gewährleisten. Die *normale* Funktionsfähigkeit sicherzustellen ist unter anderem eine Aufgabe des Resilience Engineering.¹⁰⁴ Damit spielen Faktoren wie Lebensdauer, Betriebsfestigkeit und technische Sicherheit mittelbar auch für die Resilienz kritischer Infrastrukturen eine wichtige Rolle. Resiliente Systeme funktionieren auch noch im Ausnahmefall so gut wie möglich, und zwar unter anderem deshalb, weil sie im Normalfall gut und vor allem zuverlässig funktionieren.
2. **Die kritischen Infrastrukturen der Stadt der Zukunft müssen widerstandsfähig sein.** Widerstandsfähigkeit bedeutet, dass Systeme auch unter Stress, das heißt im Ausnahmefall, ihre Funktionsfähigkeit möglichst lange aufrechterhalten können. Wie genau sie dazu in der Lage sind, ob durch funktionale Redundanz, physische Robustheit oder intelligentes Design, spielt hierbei keine Rolle. Die Infrastrukturen müssen im Notfall ihre einzelnen Funktionen kontrolliert zurückfahren und so Kaskadeneffekte verhindern können. Entscheidend ist, die wichtigsten Basisfunktionen selbst unter sehr großen Belastungen weiter zu erfüllen. Wenn sich der Totalausfall des Systems dennoch nicht vermeiden lässt, sind resiliente Systeme in der Lage, möglichst schnell wieder ein hinreichend großes Mindestmaß an Funktionsfähigkeit herzustellen. Das ist die zweite notwendige Bedingung für Resilienz. Nur so kann ein abrupter, katastrophaler Totalausfall des Systems vermieden beziehungsweise so kurz wie möglich gehalten werden.
3. **Die kritischen Infrastrukturen der Stadt der Zukunft müssen lernfähig sein.** Lernfähigkeit bedeutet, dass sie den Fall des Eintretens eines widrigen Ereignisses dazu nutzen, möglichst viele Erfahrungen zu sammeln. Diese Erfahrungen helfen dann zukünftig dabei, Fehler nicht zu wiederholen oder die Logik hinter Dingen, die im Krisenfall gut funktioniert haben, zu erkennen. Das ist die dritte notwendige Bedingung für Resilienz und der erste Bestandteil der Fähigkeit zur Weiterentwicklung durch Adaption, die resiliente Systeme auszeichnet. Obwohl widrige Ereignisse sich meist voneinander unterscheiden, lassen sich Muster erkennen, die dem System helfen, beim nächsten Ereignis noch besser vorbereitet zu sein und besser reagieren zu können. Dies gilt zum einen *ceteris paribus*, also beim wahrscheinlichkeitstheoretisch beinahe ausgeschlossenen erneuten Auftreten des exakt gleichen widrigen Ereignisses. Zum anderen gilt es aber gerade auch für andere – wenn auch – ähnliche widrige Ereignisse.

¹⁰³ Die Handlungsempfehlungen finden sich in: acatech 2014, S. 18 – 25.

¹⁰⁴ Siehe Handlungsempfehlung 4.

4. **Die kritischen Infrastrukturen der Stadt der Zukunft müssen anpassungsfähig sein.** Anpassungsfähigkeit bedeutet, dass die Systeme in der Lage sind, auf sich verändernde Bedingungen zu reagieren oder diese sogar proaktiv in ihrer eigenen Systemlogik mitzudenken. Das ist die vierte notwendige Bedingung für Resilienz und der zweite Bestandteil der Fähigkeit zur Weiterentwicklung durch Adaption. Resiliente Systeme halten nicht starr an altbekannten Verteidigungsmechanismen fest, sondern entwickeln alternative Lösungswege. Sie zeichnen sich durch Flexibilität und dynamische Interaktion mit ihrer Umwelt aus und können notfalls auch eingeübte Routinen aufgeben, wenn diese keine adäquate Lösung mehr darstellen. Durch konsequentes Anpassen an eine sich wandelnde Umgebung leisten sie zudem – wo dies aufgrund der Ursachen überhaupt denkbar ist – einen Beitrag zur Prävention katastrophaler Ereignisse.

7.3 LÖSUNGSANSÄTZE FÜR DIE SICHERSTELLUNG UND ERHÖHUNG DER RESILIENZ KRITISCHER INFRASTRUKTUREN (EXZERPT AUS DER ACATECH POSITION ZUM PROJEKT RESILIEN-TECH)¹⁰⁵

Damit die kritischen Infrastrukturen der Stadt der Zukunft die vier notwendigen Bedingungen für Resilienz erfüllen beziehungsweise sich ihnen immer weiter annähern können, müssen von Seiten der technikwissenschaftlichen Forschung in den nächsten Jahren große Anstrengungen unternommen werden. Was das im Einzelnen bedeutet, wurde im Rahmen des Projekts Resilien-Tech untersucht. Daher werden im Folgenden Handlungsfelder und Forschungsnotwendigkeiten, die das zentrale Ergebnis von Resilien-Tech bilden, in Form eines Exzerpts aus der acatech POSITION zu diesem Projekt wiedergegeben. Im Lauf des Projekts wurde deutlich, dass das gesellschaftliche Teilsystem der kritischen Infrastrukturen nur im Gesamtzusammenspiel mit anderen Teilsystemen resilient gestaltet werden kann. Daher decken die Handlungsfelder – ähnlich den oben erwähnten *Ten Essentials* der Vereinten Nationen – eine große Bandbreite an notwendig zu bearbeitenden Fragestellungen ab. Sie adressieren unterschiedliche Zielgruppen und bewegen sich auf mehreren Abstraktionsebenen. Auf diese Weise stellen sie wichtige Bausteine für die resiliente Stadt der Zukunft dar.

Zunächst sollte Resilienz als *ganzheitliches Konzept zur Minimierung schädlicher Auswirkungen* widriger Ereignisse auf unsere Gesellschaft verstanden werden. So kann es gelingen, die Funktions-, Anpassungs-, Widerstands- und Lernfähigkeit komplexer Systeme im Angesicht externer oder interner Schocks nachhaltig zu erhöhen. Dazu müssen geeignete und korrespondierende Maßnahmen technologischer, gesellschaftlicher und ökonomischer Art erforscht, entwickelt, ergriffen und integrativ miteinander kombiniert werden. Der holistische Ansatz des a priori unklaren Konzepts Resilienz ist der zentrale Mehrwert, den die Verwendung des Begriffs der deutschen Gesellschaft langfristig bieten kann. Warum ist das so? Das Wort Resilienz läuft aufgrund seiner Begriffsgenese und der bisherigen Verwendung Gefahr, zu einem inhaltsleeren und beliebigen Schlagwort zu degenerieren, welches verschiedene Akteure je nach ihren spezifischen Interessen bewusst völlig unterschiedlich verstehen. Dieser Gefahr kann durch ein konsistentes und klares Verständnis davon, was den Kern von Resilienz ausmacht, entgegengewirkt werden. Der Kern besteht demnach darin, dass resiliente Gesellschaften in der Lage sind, die menschlichen, ökonomischen und ökologischen Schäden, die durch widrige Ereignisse verursacht werden, so gering wie irgend möglich zu halten. Sie schaffen das, indem sie sich jedweder denk- und durchführbarer Lösungen bedienen, unabhängig davon, ob es sich um Technologien, gesellschaftliche Werkzeuge wie Bildung und den Dialog auf Augenhöhe mit der Bevölkerung oder ökonomische Anreize handelt. Insbesondere das Zusammendenken der verschiedenen Lösungsmöglichkeiten und ihre zielgerichtete kombinierte Verwendung vor, während und nach einem Krisenfall machen resiliente Gesellschaften aus. Ihr besonderes Kennzeichen ist es, dass sie auf ständig wechselnde Umwelteinflüsse dynamisch reagieren und sich an unerwartete gravierende Ereignisse anpassen können. Resilienz ist insofern kein statischer Zustand, sondern eine Eigenschaft lernfähiger und beweglicher, adaptiver Systeme.

Diese Eigenschaft kann einem System nur dann immanent sein, wenn es Wege kennt, seine eigene Verwundbarkeit und auch Resilienz vernünftig quantifizierbar zu machen. Nur dann ist es möglich, umfassender als bisher systematisch nach Schwachstellen zu suchen, den Nutzen von Investitionen zu bewerten oder festzustellen, wie bestimmte Maßnahmen Resilienz beeinflussen. Deshalb sollten *Metriken und Indikatoren zur Bewertung von Verwundbarkeit und Resilienz* entwickelt werden. Vulnerabilitäten lassen sich identifizieren, kategorisieren,

¹⁰⁵ acatech 2014, S. 18–25.

messen, abbilden und miteinander vergleichen. Die Verwundbarkeit bestimmter geografischer, technologischer oder sonstiger Einheiten gegenüber spezifischen Bedrohungen wird bereits sowohl in Deutschland als auch in anderen Ländern, zum Beispiel den USA, erhoben. Hier besteht die Herausforderung in einer Verstärkung dieser Anstrengungen sowie der systematischen, interdisziplinären Ausweitung auf potenziell betroffene Systeme und alle Arten von Bedrohungen. Der Forschungsbedarf ist aufgrund der Komplexität der Phänomene evident. Noch deutlich schwieriger und bisher ohne gänzlich zufriedenstellende Lösung geblieben ist die Herausforderung, eine geeignete Methode zur Messung von Resilienz zu entwickeln. Die Forscher stehen einer Vielzahl an konzeptionellen Schwierigkeiten und methodischen Fallstricken gegenüber: Welche Variablen sind wie wichtig? Mithilfe welcher Indikatoren lassen sie sich operationalisieren? Kann die Resilienz verschiedener Systeme miteinander verglichen werden? Welche Dimensionen müssen integriert werden und wie können sie gewichtet werden? Sind qualitative oder quantitative, absolute oder relative Maße sinnvoll? Und wie kann Resilienz als dynamische Eigenschaft mithilfe einer Bewertung oder Messung zu einem bestimmten Zeitpunkt sinnvoll erhoben werden? Trotz der Vielzahl an offenen Fragen lohnt sich die Anstrengung. Zudem muss die Resilienzmessung kein perfektes Ergebnis produzieren. Vielmehr wird eine hinreichend differenzierende Aussage über den Grad der Resilienz zwischen verschiedenen untersuchten Einheiten angestrebt, um so besonders resiliente Systeme als Vorbilder und besonders wenig resiliente Systeme als der Hilfe bedürftig identifizieren zu können.

Um die Resilienz komplexer Systeme zielgerichtet erhöhen zu können, benötigen die verantwortlichen Akteure außerdem ein detailliertes, genaues Verständnis des Verhaltens der Systeme und ihrer exakten Funktionsweise auch und gerade im Extremfall. Dafür können sie natürlich nicht auf das Eintreten externer oder interner Schocks warten. Sie müssen vielmehr bereits im Vorhinein bei der Planung des Systems sowie während des Normalzustands, wenn das System wie vorgesehen funktioniert, in der Lage sein, Extremfälle möglichst wirklichkeitsnah nachzustellen. Auf diese Weise können sie Schwachstellen erkennen, Gegenmaßnahmen planen, Fehler korrigieren und alles tun, um das System möglichst umfassend auf das Eintreten widriger Ereignisse vorzubereiten. Die Simulation und Modellierung komplexer Systeme versetzt sie genau dazu in die Lage. Deshalb sollten künftig verstärkt *Methoden zur Modellierung und Simulation komplexer soziotechnischer Systeme* mit hoher gesellschaftlicher

Relevanz entwickelt werden. Entscheidend sind die zuverlässige Identifikation systemkritischer Knotenpunkte und Schnittstellen, deren Schädigung zu Kaskadeneffekten führt, und die Vorhersage des Potenzials zur Selbstorganisation des Systems. Es existiert schon heute eine Vielzahl an Möglichkeiten zur Modellerstellung. Gerade vor dem Hintergrund der Komplexitätszunahme und der größer werdenden Interdependenzen vormals unabhängiger Subsysteme werden aber weitergehende, fortschrittlichste Methoden benötigt, um das Systemverhalten auch für das Eintreten unerwarteter Ereignisse zuverlässig abbilden zu können. Daher sollte verstärkt an der Erforschung von Methoden gearbeitet werden, die nicht nur das *Durchrechnen* vorher festgelegter Szenarien erlauben. Zukünftige Modellierungsansätze müssen das Gesamtsystem darstellen können, ohne vorher definierte Szenarien mit einzubeziehen. Das Ziel sind multimodale Simulationen, die in einem integrierten Ansatz technische und soziale Systeme und ihr komplexes Zusammenspiel abbilden können.

Derartige Simulationen sind ein wichtiger Bestandteil eines Resilience Engineering. Um die Funktions-, Anpassungs-, Widerstands- und Lernfähigkeit kritischer Infrastrukturen im Angesicht widriger Ereignisse jedweder Art sicherzustellen und zu erhöhen, ist Resilience Engineering das Mittel der Wahl. *Resilience Engineering ist die ingenieurwissenschaftlich-interdisziplinäre Erforschung und Entwicklung von Vorgehensweisen und Methoden zur Erhöhung von Widerstandsfähigkeit, Anpassbarkeit und Selbstorganisation von Systemen hohen gesellschaftlichen Werts.* Dahinter verbirgt sich eine konsequente und frühzeitige Einbeziehung technologischer Lösungsansätze für Sicherheitsprobleme aller Art in jegliche Planungs- und Umsetzungsaktivitäten bedeutender gesellschaftlicher Projekte von der individuellen bis zur Gesamtsystemebene. Ziel ist es, kritische Teilfunktionen dieser Systeme im Schadensfall auch außerhalb der Standardanforderungen kontrolliert aufrechtzuerhalten und einen katastrophalen Totalausfall zu vermeiden. Es werden maßgeschneiderte technologische Lösungen zur Erhöhung der Resilienz einzelner Infrastrukturen benötigt, die gleichzeitig hinsichtlich ihrer Wirkung und ihrer Effekte auf das Gesamtsystem optimiert und durch intelligente Lösungen aus anderen Bereichen, wie der Ökonomie, der Ökologie oder den Sozialwissenschaften, ergänzt werden. Beispielhaft kann man an dieser Stelle auf Technologien wie selbstheilende, adaptive Werkstoffe oder durch energieautarke, automatisierte Sensornetze intelligent und lernfähig gestaltete Bauwerke verweisen. Resilience Engineering ermöglicht es zudem, die

Entstehung nicht kompatibler Insellösungen zu vermeiden. Der ganzheitliche Aspekt von Resilienz kommt hier insofern zum Tragen, als Technologien zukünftig sowohl untereinander als auch nach außen anschlussfähig für weitere Lösungsmöglichkeiten sein müssen.

Insbesondere mit sozialwissenschaftlichen Methoden und praktischen, gesellschaftlich orientierten Herangehensweisen müssen die Technologien der Zukunft kompatibel sein. Zudem sollten *Strategien zur nachhaltigen Stärkung der Eigenverantwortlichkeit der Bürgerinnen und Bürger* im Angesicht widriger Ereignisse entwickelt und umgesetzt werden. In einem Dialog auf Augenhöhe und mithilfe der Schaffung weitreichender Möglichkeiten zur Partizipation auf verschiedenen, dezentralen Ebenen sollte die Bevölkerung aktiv an der Gestaltung resilienter Gesellschaften beteiligt werden. Vorsorge vor und Akzeptanz von Risiken kann von staatlicher Seite unterstützt werden, etwa durch Lehrinhalte an Schulen, durch Stärken des freiwilligen Engagements in Feuerwehren, bei DRK, THW und vielen weiteren Rettungsorganisationen oder weitere konkrete Maßnahmen. Der erste Schritt dazu ist die Schaffung eines verantwortungsvollen Bewusstseins dafür, was alles passieren könnte. Nur wer mit dem Eintreten widriger Ereignisse rechnet, kann sich mental und durch Handeln darauf vorbereiten und wird so in die Lage versetzt, den Schock möglichst unbeschadet zu überstehen. Ein derartiges Bewusstsein zu schaffen und effizient Katastrophenschutz und -vorsorge zu betreiben, erfordert beispielsweise regelmäßige Notfall- und Katastrophenübungen. So werden Routinen eingeübt und Selbstverständlichkeiten aufgebaut, die im Krisenfall Leben retten können. Regelmäßige Übungen für den Ernstfall schaffen zudem die Überzeugung – und damit teilweise die Fähigkeit selbst –, gegenüber Katastrophen aller Art gerüstet und gut auf sie vorbereitet zu sein. In Deutschland engagieren sich bereits heute sehr viele Menschen freiwillig bei Feuerwehren und Rettungsorganisationen. Dieses Potenzial gilt es zu erhalten und weiter auszubauen sowie durch die Schaffung eines Bewusstseins für Katastrophen in der gesamten Bevölkerung zu nutzen. Ein weiterer Weg, der künftig verstärkt beschritten werden sollte, ist die Einbindung entsprechender Lerninhalte in Schulunterricht und Weiterbildungsangebote. Die Fokussierung auf Bildung und Ausbildung von Menschen zur Erhöhung ihrer Resilienz ist ein sehr wichtiger Aspekt auf dem Weg hin zu resilienteren Gesellschaften. Dabei muss eine Überfrachtung, die zur Gleichgültigkeit gegenüber Gefahren führt, genauso vermieden werden wie eine dauerhafte Verunsicherung angesichts der unüberschaubaren Risiken. Mithilfe der Integration verschiedener

Methoden zur Stärkung der Eigenverantwortlichkeit der Bürger soll es langfristig gelingen, neben der Befähigung Einzelner auch Sozialkapital und sozialen Zusammenhalt auf nachbarschaftlicher, lokaler Ebene zu stärken. Denn diese Faktoren können bei Eintreten eines widrigen Ereignisses einen großen Einfluss darauf haben, wie gut die jeweilige geografische Einheit den entsprechenden Schock übersteht.

Gerade auf lange Sicht zahlt sich Resilienz dann auch aus. Insofern bedarf es einer Erweiterung der Perspektive weg von einer kurzfristigen und kurzsichtigen Nutzenoptimierung hin zu strategischem und nachhaltigem Denken und Handeln. Dazu müssen künftige Forschungsansätze ökonomische Aspekte von Anfang an mitdenken. So können sie aufzeigen, dass sich Investitionen in Resilienz lohnen. Damit wird ein *Business Case* aus dem vermeintlichen Kostenträger Resilienz. Grundsätzlich nutzen Gesellschaften, deren Wirtschaftssystem marktwirtschaftlich organisiert ist, für Entscheidungen über Investitionen eine mehr oder weniger ausgeklügelte Kosten-Nutzen-Rechnung. Staatliche Investitionsentscheidungen sind von dieser Logik teilweise ausgenommen, da ihnen häufig kein direkter Nutzenzuwachs in Form von monetärem Benefit entgegensteht. Trotzdem versucht auch der Staat, mit dem Einsatz seiner knappen Mittel ein bestmögliches Ergebnis im Rahmen der zuvor definierten Anforderungen zu erreichen. Die Mittel sollen möglichst effizient und effektiv genutzt werden. Entscheidend ist die Bewertungsgrundlage, anhand derer darüber befunden werden soll, ob der Mitteleinsatz effizient und effektiv ist. Maßnahmen zur Erhöhung der Resilienz einer Gesellschaft kosten Geld, von benötigten Investitionen in Forschung und Entwicklung über den zusätzlichen Aufwand für resiliente Konstruktionsweisen kritischer Infrastrukturen bis hin zu Kosten für die Implementation des Konzepts in Lerninhalte an Schulen. Trotzdem ist Resilienz kein *kostspieliges Add-on*, kein verzichtbarer Luxus, sondern vielmehr Grundvoraussetzung für die Nachhaltigkeit von Investitionen. Denn im Angesicht der immer größer werdenden Herausforderungen, denen sich unsere Gesellschaften gegenübersehen, sind Systeme, die bei der ersten kleinen Störung zusammenbrechen, weil sie unter der Maßgabe der bedingungslosen Kostenreduktion gestaltet wurden, kein langfristig tragbares Modell. Die durch Resilienz zunächst entstehenden Mehrkosten lohnen sich in einer auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Betrachtungsweise gleich in mehrfacher Hinsicht. Zum einen durch die Vermeidung menschlichen Leids im Falle des Eintretens widriger Ereignisse. Zum anderen aber auch finanziell. Einer

Untersuchung des Multi-Hazard Mitigation Council zufolge verhindert jeder Dollar, der in Maßnahmen zur Mitigation im Vorfeld von Erdbeben, Fluten und Stürmen investiert wird, im Nachhinein Schäden von ungefähr vier Dollar.¹⁰⁶

Dafür ist es selbstverständlich erforderlich, genau zu wissen, wo sich welche Investitionen wie sehr lohnen. Daher sollte darüber nachgedacht werden, ein standardisiertes Resilienz-Monitoring einzuführen, welches von öffentlicher Seite begleitet und gegebenenfalls koordiniert wird, um gesellschaftlich relevante Unternehmen, die nachweislich ihre Resilienz steigern, in geeigneter Form zu inzentivieren und diejenigen gesellschaftlich relevanten Unternehmen, die dem Aufbau von Resilienz nicht nachkommen, durch erhöhte Versicherungsprämien, Zusatzabgaben oder Ähnliches zu beeinflussen. Es geht also darum, *Anreize für Unternehmen zu schaffen, ihre Resilienz zu erhöhen*. Unternehmen versuchen grundsätzlich, durch ihre Geschäftstätigkeit ihren Gewinn zu maximieren. Dazu benötigen sie einen möglichst störungsfreien und reibungslosen Ablauf ihrer Geschäfte. Deshalb betreiben die meisten Unternehmen zumindest implizit Risikoversicherung, das heißt, sie wappnen sich durch geeignete Gegenmaßnahmen für den Fall des Eintretens bestimmter widriger Ereignisse. Entscheidend sind dabei die vermutete Schadenshöhe sowie die Eintrittswahrscheinlichkeit. Resilienz bezieht sich im unternehmerischen Kontext auch auf die Ereignisse, deren Eintreten unerwartet, demzufolge sehr unwahrscheinlich ist. Obwohl die Schadenshöhe zum Beispiel bei Naturkatastrophen enorm sein kann, sind nur die wenigsten Unternehmen auf derartige Risiken vorbereitet. Die geringe Eintrittswahrscheinlichkeit macht Investitionen scheinbar unrentabel. Daher sollte künftig nach Wegen gesucht werden, die Unternehmen dabei helfen, resilienter im Angesicht unwahrscheinlicher aber gravierender widriger Ereignisse zu werden. Eine erfolgsversprechende Maßnahme kann die Einführung von Versicherungspflichten gegenüber widrigen Ereignissen sein, wobei Versicherungsunternehmen auch veranlasst werden müssen, derartige Versicherungen anzubieten. Daneben bietet sich eine staatliche Überwachung der von Unternehmen getätigten Schritte hin zu mehr Resilienz an. Dazu bedarf es Regularien darüber, was Unternehmen tun müssen, um resilienter zu werden, zum Beispiel die Durchführung von Notfall- und Krisenübungen oder die Einrichtung gewisser Redundanzen und Puffer im Geschäftsablauf. Die Einhaltung oder Nichtbeachtung dieser Regularien kann dann von staatlicher Seite entsprechend belohnt oder sanktioniert werden.

Hier könnten zum Beispiel auch *Meldepflichten im Sinne eines Frühwarnsystems* eingeführt werden. Darunter kann etwa eine Art nationales Frühwarnsystem verstanden werden, das mit einer auf Branchen zugeschnittenen Meldepflicht, zum Beispiel durch branchenspezifische Meldekriterien, verbunden ist, die Unternehmen vorschreibt, sicherheitskritische Ereignisse zu melden. Die meisten Unternehmen rechnen im normalen Tagesgeschäft nicht mit dem plötzlichen Eintreten schwerer Schocks. Es mangelt vielen von ihnen an einem entsprechenden Gefahrenbewusstsein. Meldepflichten für bestimmte Vorfälle können diese Art Bewusstsein stimulieren. In diesem Sinne können sie als Frühwarnsystem dienen und so zu einer deutlich stärkeren Prävention beitragen. Die zu erwartenden Befürchtungen von Unternehmen, durch derartige Meldepflichten unter Umständen an einem öffentlichen Pranger zu stehen und in ihrer Geschäftstätigkeit geschädigt zu werden, müssen dabei ernst genommen und durch eine entsprechende Ausgestaltung der Meldepflichten entkräftet werden. Außerdem muss vor der Einführung derartiger Regelungen intensiv untersucht werden, für welche Ereignisse und Branchen welche Informationen und natürlich auch an wen gemeldet werden müssen. Die Pflichten sollten sich nur für solche Unternehmen gelten, bei denen ein teilweiser oder gänzlicher Zusammenbruch ihrer Geschäftstätigkeit gravierende negative Auswirkungen auf die lokale, regionale oder nationale Wirtschaft haben könnte. Derartige Meldepflichten scheinen zudem gerade für die zunehmende Bedrohung durch Cyber-Kriminalität besonders sinnvoll, da sie dort die Aufmerksamkeit für bevorstehende oder wahrscheinliche Attacken erhöhen sowie eine zielgerichtete Bekämpfung erlauben. Selbstverständlich gilt es hier, mithilfe eines durchdachten Systems mögliche Reputationsschäden und sonstige Benachteiligungen der betroffenen Unternehmen von vornherein auszuschließen.

All diese Handlungsfelder und Lösungsansätze müssen noch weiter ausgearbeitet und konsistent miteinander verknüpft werden. Dazu sollte eine *nationale Resilienzstrategie* als übergreifende Vision für resiliente Gesellschaften im größeren Kontext der nachhaltigen Entwicklung konzipiert werden. Resilienz als holistisches Konzept kann nicht per Gesetz verordnet werden. Eine nationale Resilienzstrategie kann aber den Grundstein dafür legen, den vielfältigen Herausforderungen der immer komplexer werdenden, hochtechnisierten Welt mit einem konsistenten und umfassenden Ansatz zu begegnen und davon ausgehend maßgeschneiderte Lösungen für spezifische Probleme zu entwickeln. Durch eine solche Strategie wird

¹⁰⁶ The National Academies 2012, S. 13.

deutlich, dass Regierung und verantwortliche Behörden die Erhöhung der Resilienz der Gesellschaft und ihrer relevanten Subsysteme als unabdingbar für deren Zukunftsfähigkeit erkannt haben. Sie kann zugleich Ausgangspunkt für konkrete Pläne zur Umsetzung Resilienz-erhöhender Maßnahmen sein, zum Beispiel im Bereich der kritischen Infrastrukturen. Dazu gehört auch eine ständige Überprüfung der einzelnen Bereiche der Regierung, zum Beispiel nachgeordneter Katastrophenschutzbehörden, im Hinblick darauf, ob sie Resilienz in angemessener Weise als Organisationsprinzip in ihre Arbeit aufnehmen und zur Umsetzung hinreichend stark mit anderen verantwortlichen Stellen kooperieren können. Damit lassen sich innovative Ideen und Ansätze schneller und besser identifizieren, Forschungslücken aufdecken und ein möglicher Mehrwert, den einzelne Lösungen zur ganzheitlichen Resilienz der Gesellschaft beitragen, zuverlässig bewerten.

So kann Resilienz auch als *Schlüsselkomponente nachhaltiger Entwicklung* etabliert werden. Nachhaltigkeit ist im Laufe der letzten beiden Jahrzehnte zu einem der wichtigsten politischen Leitmotive weltweit geworden. Das gilt in sogar noch größerem Maße für Deutschland, wo beispielsweise durch die Idee der Energiewende ein Kernbestandteil nachhaltiger Entwicklung bereits in der Praxis umgesetzt werden soll. Nachhaltigkeit bedeutet aber weit mehr als nur die Umstellung der Energieversorgung einer Gesellschaft von fossilen Energieträgern auf regenerative Gewinnung. Die Vereinten Nationen etwa definieren sieben Schlüsselkomponenten nachhaltiger Entwicklung und sind so in der Lage, die drei entscheidenden Dimensionen des Konzepts mit Inhalt zu füllen. Nachhaltig ist eine Entwicklung dann, wenn sie sowohl ökologisch und ökonomisch als auch sozial sinnvoll für die lebende und für zukünftige Generationen ist. Dieser Ansatz wird als Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit bezeichnet. Die sieben Schlüsselkomponenten nachhaltiger Entwicklung sind dann folgerichtig faire Beschäftigung, nachhaltige Energieversorgung, Nahrungssicherheit und nachhaltige Landwirtschaft, eine nachhaltige Stadtentwicklung, sichere Wasserversorgung, ein nachhaltiger Umgang mit den Ozeanen und die resiliente Gesellschaft. Jede dieser Schlüsselkomponenten bedarf für sich noch einer weiteren Spezifizierung, um daraus konkrete Handlungsempfehlungen zur Erhöhung der Nachhaltigkeit von Gesellschaften abzuleiten. Klar ist aber, dass nur durch eine intensive und insgesamt gleichrangige Beachtung der sieben Schlüsselkomponenten die Entwicklung der Welt nachhaltig gestaltet werden kann. Resilienz bedeutet in

diesem Kontext das Vermögen, die Funktions-, Anpassungs-, Widerstands- und Lernfähigkeit im Angesicht elementarer Veränderungsprozesse bei gleichzeitig auftretenden gravierenden Schadensereignissen zu wahren. Das wiederum ist für Nachhaltigkeit im Sinne der Zukunftsfähigkeit menschlicher Gesellschaften überlebensnotwendig. Ergo kann Nachhaltigkeit nur gelingen, wenn sie Resilienz mitdenkt.

7.4 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Städte sind hochvulnerable Systeme. Zum einen im Allgemeinen aufgrund der Vielzahl an Menschen, die miteinander auf engem Raum leben. Die Organisation dieses Zusammenlebens hat komplexe und interdependente Infrastrukturen hervorgebracht, auf deren zuverlässiges Funktionieren Städte angewiesen sind. Zum anderen sind einzelne Städte in besonderer Weise vulnerabel aufgrund ihrer spezifischen Lage, sei es gegenüber Überflutungen, Dürren, Stürmen oder auch im Hinblick auf ihre politische Bedeutung gegenüber terroristischen Anschlägen.

Um ihren Bewohnern ein lebenswertes Leben bieten zu können, muss die Stadt der Zukunft angesichts dieser Herausforderungen Resilienz gegenüber widrigen Ereignissen aller Art aufbauen. Ein wichtiger Schritt dabei ist die konstante Aufrechterhaltung und Erhöhung der Resilienz ihrer kritischen Infrastrukturen. Dazu müssen diese in Zukunft vier Bedingungen erfüllen:

1. Sie müssen funktionsfähig sein, also im Normalfall zuverlässig und störungsfrei ihre Aufgabe erfüllen.
2. Sie müssen widerstandsfähig sein, also im Ausnahmefall ihre Funktionsfähigkeit so lange und gut wie möglich aufrechterhalten können.
3. Sie müssen lernfähig sein, also Erfahrungen aus widrigen Ereignissen sammeln und künftig gezielt einsetzen.
4. Sie müssen anpassungsfähig sein, also dynamisch auf sich verändernde Umweltbedingungen reagieren und sich weiterentwickeln können.

Diese vier Bedingungen können die kritischen Infrastrukturen der Stadt der Zukunft nur erfüllen, wenn in den nächsten Jahren intensiv an technologischen, gesellschaftlichen und sonstigen Lösungsansätzen geforscht und gearbeitet wird. Um der Politik dabei eine Entscheidungshilfe an die Hand zu geben, welche

Themen sinnvollerweise unterstützt werden sollten, wurden zehn wichtige Handlungsfelder und Lösungsansätze präsentiert, die aus dem acatech-Projekt Resilien-Tech resultieren:

1. Resilienz als ganzheitliches Konzept zur Minimierung schädlicher Auswirkungen widriger Ereignisse auf unsere Gesellschaft anwenden.
2. Metriken und Indikatoren zur Bewertung von Verwundbarkeit und Resilienz entwickeln.
3. Methoden zur Modellierung und Simulation komplexer soziotechnischer Systeme mit hoher gesellschaftlicher Relevanz entwickeln.
4. Resilience Engineering als eigenständiges Fachgebiet etablieren: Die Erforschung, Entwicklung und Umsetzung resilienten Designs und resilienter Konstruktionsweisen für kritische Infrastrukturen forcieren.
5. Strategien zur nachhaltigen Stärkung der Eigenverantwortlichkeit der Bürgerinnen und Bürger im Angesicht widriger Ereignisse entwickeln und umsetzen.
6. Den langfristigen Mehrwert von Resilienz für Gesellschaften aufzeigen.
7. Anreize für Unternehmen schaffen, ihre Resilienz zu erhöhen.
8. Meldepflichten im Sinne eines Frühwarnsystems einführen.
9. Eine nationale Resilienzstrategie entwickeln.
10. Resilienz als Schlüsselkomponente nachhaltiger Entwicklung etablieren.

Diese zehn Lösungsansätze umzusetzen und durch adäquate Politik die notwendige Unterstützung bereitzustellen ist für die Stadt der Zukunft von eminenter Bedeutung. Denn so können die kritischen Infrastruktursysteme die Herausforderungen des 21., des urbanisierten Jahrhunderts erfolgreich bewältigen.

LITERATUR

acatech 2014

acatech (Hrsg.): *Resilien-Tech. „Resilience-by-Design“: Strategie für die technologischen Zukunftsthemen* (acatech POSITION), München: Herbert Utz Verlag 2014.

BMI 2009

Bundesministerium des Innern (BMI): *Nationale Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen (KRITIS-Strategie)*, 2009.

Edwards 2009

Edwards, C.: *Resilient Nation*, London: Demos 2009.

Scharte et al. 2014

Scharte, B./Hiller, D./Leismann, T./Thoma, K.: „Einleitung“. In: Thoma, K. (Hrsg.): *Resilien-Tech. „Resilience-by-Design“: Strategie für die technologischen Zukunftsthemen* (acatech STUDIE). München: Herbert Utz Verlag 2014, S. 9–18.

Scharte et al. 2014b

Scharte, B./Hiller, D./Leismann, T./Thoma, K.: „Resilienz – Internationale Perspektiven“. In: Thoma, K. (Hrsg.): *Resilien-Tech. „Resilience-by-Design“: Strategie für die technologischen Zukunftsthemen* (acatech STUDIE). München: Herbert Utz Verlag 2014b, S. 53–95.

The National Academies 2012

The National Academies: *Disaster Resilience. A National Imperative*, Washington, D. C.: 2012.

The National Academies 2012b

The National Academies: *Disaster Resilience. A National Imperative. Summary*, Washington, D. C.: 2012b.

The Rockefeller Foundation 2012

The Rockefeller Foundation: *Annual Report 2011, 2012*.

The Rockefeller Foundation 2014

The Rockefeller Foundation: *About the Challenge*, 2014. URL: <http://100resilientcities.rockefellerfoundation.org/pages/about-the-challenge> [Stand: 27.05.2014].

The Rockefeller Foundation 2014b

The Rockefeller Foundation: *About the Rockefeller Foundation*, 2014b. URL: <http://www.rockefellerfoundation.org/about-us> [Stand: 27.05.2014].

Thoma 2014

Thoma, K. (Hrsg.): *Resilien-Tech. „Resilience-by-Design“: Strategie für die technologischen Zukunftsthemen* (acatech STUDIE). München: Herbert Utz Verlag 2014.

UNISDR 2012

United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR): *Making Cities Resilient Report 2012. My city is getting ready! A global snapshot of how local governments reduce disaster risk, 2012.*

UNISDR 2014

United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR): *List of participating municipalities and cities, 2014.*
URL: <http://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/pdf>
[Stand: 28.05.2014].