

# Wir sollten das Beste aus zwei Welten verbinden

Die Stadt der Zukunft wird auch an Architektur und Bauwesen veränderte Anforderungen stellen. Welche Trends und Konzepte sich hier abzeichnen diskutierten wir mit Prof. Dr.-Ing. Thomas Bock vom Lehrstuhl für Baurobotik und Baurealisierung der TU München.

*Technik in Bayern: Herr Prof. Bock, Sie stellen uns in unserem Schwerpunkt eine faszinierende Vielfalt an Projekten vor – von Vertical Farming bis zu Digitaler Fabrikation. Wie kam es zu dieser Entwicklung des Lehrstuhls für „Baurobotik und Baurealisierung“?*

**Prof. Thomas Bock:** Dieser Lehrstuhl hieß zu Beginn 1997 „Baurealisierung und Informatik“, wie unzählige andere an deutschen Hochschulen. Nachdem ich selbst Architektur in Stuttgart, Hochhausbau in Chicago und Robotik in Japan studiert habe, bin ich der Überzeugung, dass Innovation nur stattfinden kann, wenn man verschiedene Fachgebiete miteinander verknüpft. Das haben wir hier am Lehrstuhl getan und die „Baurobotik“ ist ein Alleinstellungsmerkmal geworden. Der Grundgedanke ist, dass wir bei all den Problemen des heutigen Bauwesens – ich nenne nur Kostenexplosion und Terminüberschreitung – überlegen sollten, was wir in punkto Prozessoptimierung beispielsweise von der produzierenden Industrie lernen können. Das ist unser Ansatz und das ist der Inhalt unserer Forschungsprojekte. Wir fangen an bei der Planung, dann kommen die Vorfertigung, die automatische Baustellenmontage mit Robotern und später die Integration der mechatronischen Systeme beim Betrieb des Gebäudes. Das können Sie sich fast wie eine Matrix vorstellen: Es gibt einerseits den Lebenszyklus eines Gebäudes von der Bauherstellung bis zum Rückbau und auf der anderen Seite die Mechatronik, die Robotik und die ganzen neuen ICT-basierten Technologien. Jetzt kann man überlegen, wie man das im Lebenszyklus von Gebäuden und Stadt in die Herstellungs- und Serviceprozesse einpassen kann.

*TiB: Wo sehen Sie die Hauptprobleme?*

**Bock:** Die modernen Haustechniksysteme, die heutzutage überall geplant werden, sind integrierte Konzepte mit einer Unmenge an Schnittstellen. Die heutige Bauorganisation ist in viele verschiedene Gewerke aufgeteilt. Sie kann diese komplexe Koordination schwer leisten, auch weil diese Systeme weder maschinell hergestellt, noch deren Komponenten maschinell getestet werden. Das Resultat sind also trotz neuer Technologien steigende Kosten.



Foto: Silvia Stettmayer

Prof. Thomas Bock (2.v.re.) und seine Mitarbeiter im Forschungslabor des Lehrstuhls.

*TiB: Was bedeutet das für eine Stadt?*

**Bock:** Wenn wir jetzt über die Stadt der Zukunft sprechen: Der Städtebau hat natürlich noch ganz andere Dimensionen, aber viele der modernen Lösungen würden sich auch für Städte anbieten.

Unsere moderne, zersiedelte, entzerrte Stadt hat sich – stark vereinfacht gesagt – aus der freien, mittelalterlichen Stadt über die Stadt der industriellen Revolution entwickelt. Doch es gibt nach wie vor viele Probleme, und wir müssten jetzt den nächsten Schritt tun: Wir können durch moderne Technologien – Robotik, Automatisierung, Mechatronik, verteilte Hardware- und Softwaresysteme, neue Mensch-Maschine-Schnittstellen – das Beste der beiden Welten, der vorindustriellen Zeit und der modernen Stadt, verbinden. Damit würden wir z.B. dezentral in der Wohnung, im Haus, im Stadtblock wohnen und wenn wir wollen auch arbeiten und somit Individualverkehr reduzieren und die soziale Partizipation der Älteren erhöhen.

Im Bauwesen hat – anders als in der Autoindustrie – dieser notwendige Systemwechsel zu einer zukunftsfähigen Stadt (noch) nicht stattgefunden. Hier sind wir, bildlich gesprochen, immer noch mit der Pferdekutsche mit Audi Antrieb statt Pferd unterwegs.

*TiB: Als eines der Ziele des Lehrstuhls wird die Schaffung neuer Berufsfelder bezeichnet. Können Sie uns einige Beispiele nennen?*

**Bock:** Wir brauchen wirklich neue Berufe, denn das, was Deutschland macht, können

China oder Indien bald besser. Hier waren die Engländer Vorreiter der industriellen Revolution. Wir brauchen wieder eine postindustrielle Revolution für neue Lebens- und Arbeitsformen in einer alternden Gesellschaft. Dazu müssen wir neue soziotechnische Systeme entwickeln, also im Grunde die Mitglieder der Verbände VDI und VDE mit Soziologen, Städteplanern etc. kooperieren. Wir sollten neue Berufsfelder, neue Produkte und neue Produktionssysteme schaffen. Wie auch bei unserem Masterstudiengang Advanced Construction Building Technology wo wir uns auf Automation, Robotik und Services konzentrieren und viele Disziplinen für z.Zt. 60 Studenten aus 35 Ländern und 10 Disziplinen verbinden. Vielleicht gibt es irgendwann den Beruf des Baurobotikers oder des Stadtmechatronikers.

*TiB: Abschließend ein Blick in die Zukunft: Welche Maßnahmen sollten beispielsweise in München bis zum Jahre 2020 verwirklicht werden?*

**Bock:** Was man in München sehr schnell realisieren könnte – den politischen Willen setze ich jetzt voraus – wäre eine kräftige Nachverdichtung mit erschwinglichem Wohnraum durch industrielle Methoden auf städtischen Grundstücken. Ideal wäre Eigentum bzw. Miete, die mit ca. 1/5 bis 1/3 des monatlichen Nettoeinkommens zu Buche schlagen, und dass auch ein Schwellenhaushalt sich Wohneigentum leisten bzw. vernünftig Wohnraum mieten kann. Für die Baurealisierung würde ich mich z. B. mit BMW zusammensetzen, um zu sehen, was wir lernen können, um Wohnungen mit einer hohen Leistungsfähigkeit und guter Qualität zu bezahlbaren Preisen herzustellen – so wie Toyota und Panasonic das beispielsweise schon in Japan machen. Wichtig ist die Entwicklung nach Zielkosten. Ich sehe hier große Potenziale, ausschlaggebend ist die Bereitschaft zum Austausch, auch über Bereiche, die vordergründig nicht zusammen gehören.

Das Gespräch führte Silvia Stettmayer

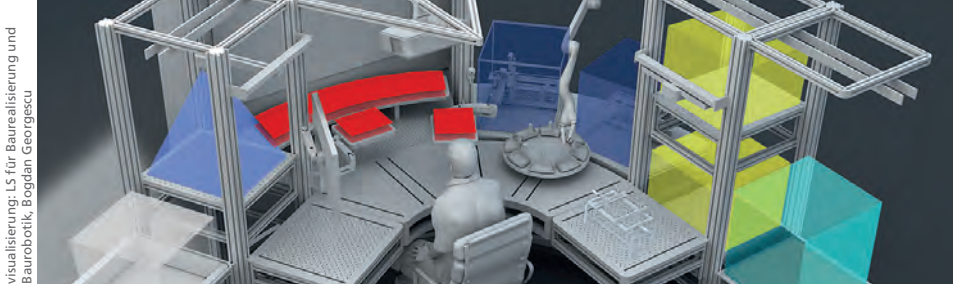
WEITERE INFORMATIONEN

INFO

[www.br2.ar.tum.de](http://www.br2.ar.tum.de)

# Mikrosysteme und Automatisierungstechnik prägen produktive Arbeits- und Lebenswelten der Zukunft

In der Stadt der Zukunft werden Wörter wie „Rush Hour“, „Hauptverkehrszeit“, „Berufsverkehr“, usw. ein Relikt aus unserer heutigen Zeit sein. Ermöglicht wird dies durch dezentrale Arbeitsplätze, die durch modernste Technologie den Arbeitnehmer bei seiner Tätigkeit unterstützt.



Die Heimfabrik für dezentrales Arbeiten.

## Weg zur Arbeit ersetzt durch dezentrales Arbeiten

Am Lehrstuhl für Baurealisierung und Baurobotik wird über ein vom BMBF finanziertes Forschungsprojekt die Möglichkeit der Heimarbeit für ältere Menschen untersucht. Das Projekt „Ubiquitäres und selbstbestimmtes Arbeiten im Alter“ (USA<sup>2</sup>) zielt daher auf die Möglichkeit ab, Wissen und Erfahrungen von Senioren wieder gewinnbringend für die Gesellschaft einzusetzen. Um dies zu ermöglichen, wird ein Arbeitsplatz entwickelt, der dezentrales Arbeiten erlaubt. Der beschwerliche Weg zur Arbeit, der eine Mobilitätsbarriere nicht nur für Senioren darstellt, wird dadurch gemieden. Die ländlichen Regionen, die durch die in Großstädten zentralisierte Arbeitswelt „ausblutet“, könnte so wieder reanimiert werden. Über Brainspots (kleine dezentrale Arbeitszentren in einer Gemeinde) und Heimarbeitsplätze können Arbeitnehmer ihren Beitrag zur Gesellschaft leisten, ohne weite Strecken über Autobahnen oder mit öffentlichen Verkehrsmitteln zurückzulegen. In diesem Heimarbeitsplatz werden sie dabei durch innovative Techniken und Neuentwicklungen (z.B. einen gestengesteuerten Roboterarm [1]) unterstützt.

## Verteilte Fabrik

In der heutigen Zeit ist der Weg zur Arbeit durch das starke Verkehrsaufkommen am Morgen und Abend ein Hindernis, welches nicht nur dem Arbeiter Zeit, sondern durch den dadurch entstandenen Stress auch Gesundheit kostet. In einer Stadt der Zukunft, in der die Arbeit von zuhause aus durchgeführt werden kann, würde

der öffentliche Verkehr massiv entlastet werden, was zu einer größeren Effizienz im Arbeitsalltag und zu einer Stressreduktion für den Arbeitnehmer führen würde. Auch wäre eine Reduktion der Verkehrsunfälle und des Kraftstoffverbrauchs aufgrund der Straßenentlastung denkbar.

## Die Vergangenheit der dezentralen Arbeit ist die Zukunft von morgen

Die dezentrale Arbeit ist dabei in der Vergangenheit in der Gesellschaft fest etabliert gewesen. So hatte z. B. der Schmied seinen Ambos und seine Esse direkt neben seinem Haus stehen, der Müller mahlte sein Korn nicht nur in der Mühle, sondern lebte gleich im angebauten Haus. Erst mit der Industrialisierung änderte sich dies, als die Fertigungsprozesse in Fabriken zur Erstellung von Massenwaren durchgeführt wurden. Dies hatte vor allem technische Gründe (Größe der Maschinen, Wartungsaufwand, Preis usw.). Durch moderne Technologien wie z. B. 3D-Drucker, 3D-Scanner, assistive Roboter, Telepräsenz, usw., ist es heute allerdings möglich regelrechte Heimfabriken aufzubauen. Speziell die Technik des 3D-Drucks für den Heimbereich (z. B. Firma RepRap 400X) ermöglicht nicht nur Hobbybastlern eine Herstellung von Modellen.

Vorteil dieses Ansatzes in der heutigen Gesellschaft sind Unikate in kleiner Stückzahl.

Schon heute hat der Heimarbeitsplatz gegenüber den Fabriken einen wesentlichen Vorteil. Er eignet sich hervorragend, sehr kundenspezifische Produkte in kleinen Mengen herzustellen. Die eingesetzten Technologien in Fabriken

sind für große Stückzahlen ausgelegt. Je mehr produziert wird, desto geringer sind die Produktionskosten. Daher sind kundenspezifische Unikate bis heute selten und sehr kostspielig. Aus diesem Grund ist der Heimarbeitsplatz in der Lage, bereits in der heutigen Gesellschaft etabliert zu werden. Abhängig von der sozialen Transformation ist es in der Stadt der Zukunft möglich, dass ein Großteil der arbeitenden Bevölkerung dezentral von zuhause aus arbeitet.

## Ein Umdenken der Arbeit ist zwingend notwendig

Hierfür muss allerdings noch eine soziale „Revolution“ stattfinden. Viele Arbeitnehmer haben sich bereits an ihren Arbeitsalltag so gewöhnt, dass mit einer gewissen Ablehnung gegenüber einem Arbeitsplatz in den eigenen vier Wänden zu rechnen ist. Zuhause wollen die Arbeiter entspannen, nicht arbeiten. Allerdings ist dieses Modell der zentralen Arbeit weder zukunftsorientiert noch zeitgemäß. Die moderne Gesellschaft fordert von seinen Arbeitnehmern immer mehr und bessere Leistung. Zeit für die Gründung einer Familie oder für das Großziehen von Kindern bleibt daher meist nicht. Gerade für Familien mit Kindern sichert das Einkommen von beiden Elternteilen die Zukunft des Kindes besser im Hinblick auf steigende Unterhaltskosten und die Finanzierung der Bildung. Daher ermöglicht der Heimarbeitsplatz nicht nur das effektivere Arbeiten, sondern begünstigt auch die Möglichkeit, sich um sein Privatleben besser zu kümmern.

Dr.-Ing. Christos Georgoulas; M. Eng. Jörg Güttler; B. Eng. Bogdan-Gheorghe Georgescu; Prof. Dr.-Ing. Thomas Bock  
Lehrstuhl für Baurealisierung und Baurobotik,  
TU München

## REFERENZEN

[1] D. Bassily, C. Georgoulas, J. Güttler, T. Liner und T. Bock. Intuitive and Adaptive Robotic Arm Manipulation Using the Leap Motion Controller. Conference ISR Robotik, 2014.



# Individuelle Mikromobilität in der Stadt der Zukunft

Am Lehrstuhl für Baurealisierung und Robotik werden die Ergebnisse aus der Analyse und Entwicklung neuer Ansätze im Bereich der Mikromobilität derzeit in Projekte eingebracht, die sich im Bereich Ambient Assisted Living mit der Mobilität Älterer im öffentlichen Raum, im Arbeitsleben, in der Pflege und im eigenen Zuhause beschäftigen.

## Mobilitätsbarriere Großstadt

Eines der größten Probleme moderner Städte bekommen besonders körperlich eingeschränkte Personen zu spüren, nämlich die Mobilität. So ist der Einstieg ins Fahrzeug für solche Menschen zu schwierig, weil der Sitz bzw. die Einstiegsstufe zu hoch ist, oder weil die eigene Kraft nicht mehr ausreicht, sicher die Treppe im Treppenhaus zu überwinden. Auch die Infrastruktur im Straßenverkehr kann hier ein massives Problem verursachen, z. B. zu kurze Grünphasen bei Straßenampeln oder zu schmale Fußgängerwege für Rollstuhlfahrer usw. Gerade im Herbst und Frühling wird dadurch, dass die Menschen eng zusammen gedrängt in der U-Bahn stehen, eine gegenseitige Ansteckung von verschiedenen Krankheiten (z. B. Grippe) begünstigt. Daher ist



Foto: Prof. Sankai University of Tsukuba / CYBERDYNE Inc.

Abb. 1: Exoskelette.

das Feld der Mikromobilität eines der wichtigsten Forschungsfelder, wenn über die Stadt der Zukunft geredet wird.

## Mikromobilität

Es hat bereits eine soziale Transformation beim Thema Mobilität, gerade in Großstädten, eingesetzt. Besonders jüngere Menschen ziehen es heute vor, ihr Geld anstelle von Autos, in Handys, Kleidung und Wohnen zu investieren. Daher wird das Thema Car-Sharing immer rentabler. Allerdings umfasst die Mikromobilität nicht nur den Straßenverkehr, sondern die komplette Infrastruktur einer Stadt. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass die Mobilitätsprobleme bereits in der Wohnung beginnen, z. B. bei Treppen. Bereits eine zu hohe Stufe kann für Rollstuhlfahrer zur unüberwindbaren Hürde werden. Hier können Systeme und Technologien wie Exoskelette Abhilfe schaffen (s. Abb. 1). Der stigmatisierende Rollstuhl kann durch moderne Fahrzeugkonzepte wie den i-Real ersetzt werden (s. Abb. 2), der auch für gesunde Nutzer als urbanes Transportmittel von Interesse sein wird. Das Gerät schafft je nach Modus zwischen 6 km/h und 30 km/h Maximalgeschwindigkeit und passt seine Sitzposition entsprechend an. Dabei sollte die Mobilität in Zukunft nicht nur als Entlastung gesehen werden um von A nach B zu gelangen. Mobilitätsmittel sollten in Zukunft den Nutzer durch Training fit und gesund halten. Ein erster Ansatz in diese Richtung (als urbanes Mobilitätsmittel) ist das Elektrofahrrad, das auch körperlich schwächeren Fahrradfahrern ermöglicht stärkste Steigungen mit Leichtigkeit zu überwinden. Am Lehrstuhl für Baurealisierung und Robotik werden die Ergebnisse aus der Analyse und Entwicklung neuer Ansätze im Bereich der Mikromobilität derzeit in Projekte eingebracht, die sich im Bereich Ambient Assisted Living mit der Mobilität Älterer im öffentlichen Raum, im Arbeitsleben, in der Pflege und im eigenen Zuhause beschäftigen.

M. Eng. Jörg Güttler

LS für Baurealisierung und Baurobotik, TUM



Foto: Prof. Dr. Thomas Bock

Abb. 2: Der i-Real kann den stigmatisierenden Rollstuhl ersetzen.

## REFERENZEN

- M. Barker: Mobilität im regenerativen Zeitalter, was bewegt uns nach dem Öl? In: Hannover, Heise, Zeitschriften-Verlag, 2009
- Toyota Mobility Robots. [http://www.toyota-global.com/innovation/personal\\_mobility/](http://www.toyota-global.com/innovation/personal_mobility/), zuletzt besucht am 18.03.2014
- Good Design Awards 'Best 15' Go to 'eneloop', 'i' [http://techon.nikkeibp.co.jp/english/NEWS\\_EN/20061003/121809/](http://techon.nikkeibp.co.jp/english/NEWS_EN/20061003/121809/), zuletzt besucht am 18.03.2014
- Cyberdyne: <http://www.cyberdyne.jp/english/>

## INFO

# Schwimmende Städte sowie „Urban“ und „Vertical Farming“ in der Stadt der Zukunft

Urban bzw. Vertical Farming bedeutet, dass unter Ausnutzung der neuesten technologischen Möglichkeiten (u. a. neueste Steuerungs- und Regeltechnik, Robotertechnologie) unter Gewächshausbedingungen in der Stadt ganzjährig Früchte, Gemüse, Speisepilze und Algen angebaut und sogar Tiere gehalten werden können. Am Lehrstuhl für Baurealisierung und Baurobotik, der mit zahlreichen Firmen weltweit in Kontakt steht, wird an integrierten Lösungen, Bausystemen und automatisierten, roboterisierten Bauabläufen gearbeitet, die in Zukunft die Realisierung urbaner Großprojekte, die Urban Farming integrieren, ermöglichen sollen.



Foto: Shimizu

Modellstudie der „Green Float initiative“.

Durch Agrarrevolutionen konnte sich die Menschheit von Jägern und Sammlern zu Nahrungsmittelproduzenten weiterentwickeln. Der daraus resultierende Wohlstand führte zu einer planetenweiten Überbevölkerung, die nicht allein durch eine grundlegende Verhaltensänderung bewältigt werden kann. Eine fünfte Agrarrevolution in der Stadt der Zukunft wird notwendig sein. Es gab bisher vier Agrarrevolutionen, die dazu führten, dass wir heute in der modernen Zeit den Kreislauf des Hungerns durchbrochen haben. Die erste Agrarrevolution fand vor 13.000 Jahren mit der Domestizierung der Tiere durch die Menschen statt. Die zweite Agrarrevolution fand vor ca. 700 Jahren im 13. Jahrhundert statt mit der planmäßigen Zucht von Pflanzen. Die dritte Agrarrevolution zog sich vom 15. bis zum 19. Jahrhundert, in der der Ertrag der Landwirtschaft massiv durch den Einsatz von Maschinen gesteigert wurde. Die vierte Agrarrevolution (Grüne Revolution genannt) vollzieht sich seit den fünfziger Jahren des 20. Jahrhunderts. Darunter wird der großflächige Einsatz von Pestiziden, Herbiziden und Mineraldüngern, sprich einer Industrialisierung in der Tier- und Pflanzenwelt, verstanden [1]. Zusammenfassend kann man sagen, dass sich bei allen vier Revolutionen die Bodennutzung durch den Menschen gewandelt hat. Spricht

man daher von der Stadt der Zukunft, spricht man auch über die kommende fünfte Agrarrevolution: „Urban Farming“ und „Vertical Farming“. Auch der Platz, der für die Herstellung von Nahrung zur Verfügung steht, reduziert sich mit dem Ausbau der Städte, die vor allem Arbeits- und Wohnplätze anbieten, erheblich. Als Technologische Lösung zur Bekämpfung des drohenden Nahrungsmangels bietet sich daher der Anbau von Agrarprodukten in der Stadt an.

„Urban“ und „Vertical Farming“ bedeutet, dass unter Ausnutzung der neuesten technologischen Möglichkeiten (u. a. neuester Steuerungs- und Regeltechnik, Robotertechnologie), unter Gewächshausbedingungen in der Stadt ganzjährig Früchte, Gemüse, Speisepilze und Algen angebaut werden. Das Platzproblem wird durch den vertikalen

Ausbau in die Höhe (oder alternativ in die Tiefe) behoben. Durch das geschlossene Gebäude können störende Umwelteinflüsse wie Hagel, Stürme, Überschwemmungen, Dürre, sowie Insekten (z. B. Heuschrecken) oder Parasiten, die die Ernte für den Verzehr unbrauchbar machen, vermieden werden. Auch der Wasserverbrauch innerhalb eines solchen Gebäudes kann um bis zu 70 % reduziert werden [2]. Das vertikale Anbauen in Hochhäusern ist noch in der Konzeptphase. Dennoch gibt es im Sinne des urbanen Anbaus Firmen, die die Endnutzer als Kunden gewinnen wollen. Die japanische Firma U-ing [3] hat ein Modul „Green Farm“ entwickelt, welches dem Nutzer ermöglicht sein eigenes Gemüse „automatisch“ anzubauen. Für die Massenproduktion geeignet ist auch das System „Agri-cube“ der japanischen Firma Daiwa House. Das international agierende Bauunternehmen Shimizu arbeitet sogar an Konzepten für ganze Städte – einschließlich „Vertical Farming“ – auf dem Wasser.

Am Lehrstuhl für Baurealisierung und Baurobotik, der mit den genannten Firmen in Kontakt steht, wird an Bausystemen und automatisierten, roboterisierten Bauabläufen gearbeitet, welche in Zukunft die Realisierung solcher Projekte ermöglichen sollen.

M. Eng. Jörg Güttler  
B. Eng. Marc Sen Dong



Foto: Daiwa House

Das System „Agri-cube“.

## REFERENZEN



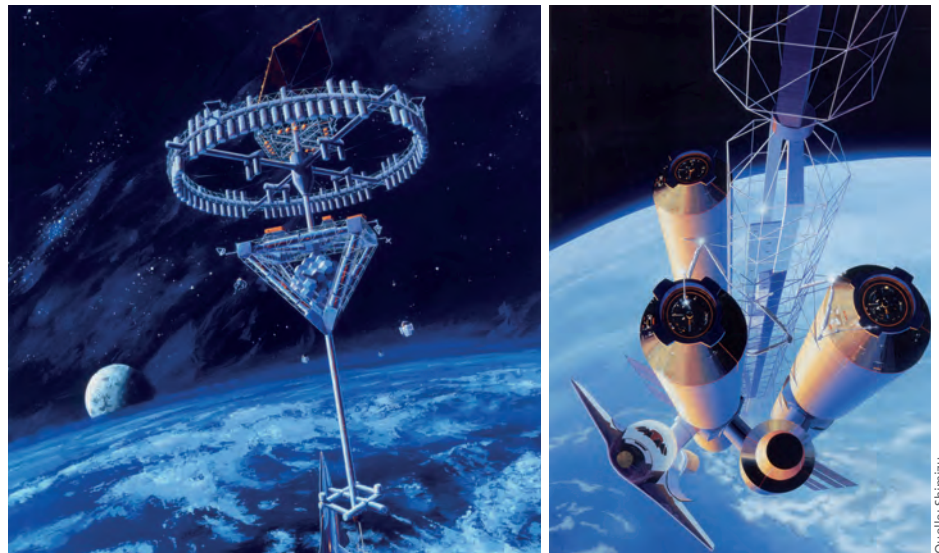
- [1] Stephen Emmott: Zehn Milliarden, Suhrkamp Verlag Berlin, ISBN: 978-3-518-42385-1, erste Auflage, 2013
  - [2] Dr. Dickson Despommier: The Vertical Farm, Feeding the World in the 21st Century, Majora Center ISBN 978-0-312-61069-2, 2010
  - [3] Green Farm <http://www.greenfarm.uing.u-tc.co.jp/>, zuletzt besucht 01.04.2014
- Rifkin, J. (2011) The Third Industrial Revolution. New York: Palgrave Macmillan

# Autonome Lebenserhaltungssysteme aus der Weltraumtechnologie für Gebäude der Zukunft

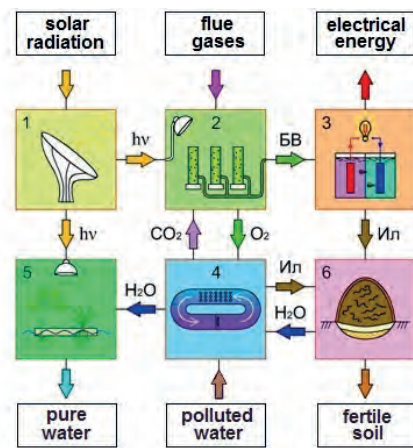
Wissenschaftler aus Russland arbeiten derzeit zusammen mit Studenten und Doktoranden an der TUM an der Integration autonomer und energieautarker Lebenserhaltungssysteme aus der Weltraumtechnologie in Hochhäusern, welche beispielsweise in den Metropolen Chinas in der Zukunft die Umweltbelastung verringern sollen.

Energieeffiziente umweltfreundliche Siedlungen auf der Basis von autonomen und energieautarken Lebenserhaltungssystemen sind nach Architekturideologie und Ingenieurösungen ähnlich den Weltraumstationen, die für die Besiedlung von Mond und Mars entworfen werden. Die Entwicklung von biosphärenkompatiblen Ökosiedlungen hat daher eine globale Bedeutung für Erdbewohner. Umweltzerstörung und Verschmutzung des Lebensmilieus der Menschen, die Intensivierung der Prozesse, die zum globalen Klimawandel vor allem durch ineffiziente wirtschaftliche und industrielle Tätigkeit führen, setzen die Suche nach Wegen zur Verbesserung der Lebensbedingungen, Sicherheit und der Lebensfähigkeit der Menschen voraus. Die Suche schließt die Erhöhung des Defizits als Bedingung und infolgedessen zur Erhöhung der Kosten für die Stromerzeugung und der Produktion von Industrie- und Betriebsstoffen mit ein. Der Anspannungsgrad dieser Situation kann weitgehend durch die regenerierbaren Technologien reduziert werden. Energieautonome, biosphärenkompatible Siedlungen, die für eine dauerhafte Besiedlung und industrielle Tätigkeit bestimmt sind, sollten über folgende grundlegende Eigenschaften verfügen:

- Eine biosphärenkompatible Siedlung
- Autonome dezentrale Systeme der Elektro-, Fernwärme und Warmwasserversorgung
- Energieautonomes Lebenserhaltungssystem zum Schutz der inneren und äußeren Umwelt, sowie Recycling aller Arten von Abfall zur Gewinnung von Energie, Wärme-, Elektrizität und Biolebensmittel. Hierfür ist in nebenstehender Abbildung eine funktionale Struktur einer fotobiologischen Aufbereitungsanlage mit natürlichem Selbstreinigungsprozess (welches gleichzeitig um ein vielfaches verstärkt ist), dargestellt.
- Minimierte Fahrzeiten zwischen Wohnort, Arbeitsplatz und Freizeitflächen (z. B. Parkanlagen)
- Umweltfreundliche Verkehrs- und Transportmittel, die ihre Energie aus den erneuerbaren Energiequellen der Siedlung beziehen.



Energieautarke Weltraumsiedlung „Space Hotel“, geplant von der japanischen Baufirma Shimizu.



Funktionale Struktur einer Aufbereitungsanlage als Beispiel für ein autonomes Lebenserhaltungssystem:

1. Beleuchtung, 2. Foto-Reaktor, 3. Mikrobiobrennstoffzelle, 4. Bioreaktor, 5. Hydroponik-Einrichtung, 6. Kompost.

Wissenschaftler der Außenstelle der Russischen Akademie der Bauwissenschaften und Leonhard Euler Stipendiaten aus Russland arbeiten derzeit zusammen mit Studenten und Doktoranden im Masterkurs Advanced Con-

struction and Building Technology der TU München an der Integration energieautarker Lebenserhaltungssysteme in Hochhäusern. Diese sollen künftig zur Reduzierung der Umweltbelastung beispielsweise in den Metropolen Chinas beitragen. In Kontakt stehen die Wissenschaftler dabei auch mit dem japanischen Bauunternehmen Shimizu sowie mit der russischen Weltraumfahrtbehörde, die seit Jahrzehnten an Konzepten und Technologien für energieautarke Siedlungen im Weltraum arbeiten.

Prof. Alexej Bulgakow,  
Dr. Natalia Buzalo, Prof. Thomas Bock  
Aussenstelle der Russischen Akademie der  
Bauwissenschaften an der TU München

## REFERENZEN

- Feuerbacher, B.; Messerschmid, E. (2007) „Vom All in den Alltag – Der Weltraum: Labor und Marktplatz“ Stuttgart: Motorbuch Verlag  
Bock T: „Die letzte Herausforderung: Mobiles Bauen im Weltraum/The ultimate challenge: mobile construction in space“. Detail. 1998; 8: 1381-1385. LS für Baurealisierung und Baurobotik, TUM



# Projekte zum Auf- und Rückbau in der Stadt von Morgen

## Erschwinglicher Wohnraum durch Produktionstechnik-Transfer

In Großstädten wie München ist der knappe Baugrund Haupttreiber für die hohen Wohnungskosten, aber auch die Baukosten steigen schnell. Der Baugrund ist nicht vermehrbar, also muss man versuchen durch Rationalisierung die Baukosten zu senken.

Der Mangel an erschwinglichem Wohnraum und insbesondere die Explosion der Mieten in deutschen Großstädten wird derzeit umfangreich in den Medien und der Politik diskutiert und kann als eine der größten Herausforderungen im Zusammenhang mit der Stadt der Zukunft gesehen werden. Die Entwicklung in großen asiatischen Metropolen zeigt, dass sich die Situation in deutschen Großstädten mit zunehmender Metropolisierung höchstwahrscheinlich noch verschlimmern wird. Forscher an der TU München sehen den Schlüssel zum nachhaltig erschwinglichen Wohnraum insbesondere in der Fertigungstechnologie und arbeiten deshalb an Konzepten und Technologien, die es ermöglichen sollen Fertigungstechnologien von BMW oder AUDI für die Gebäudeproduktion zu nutzen. Ziel der Forscher ist es, die Bauindustrie einen Schritt näher an hocheffiziente Schlüsselindustrien wie den Automobil- oder Flugzeugbau heranzuführen. In verschiedenen Projektgruppen haben die Forscher bisher an Lösungen zur Gewerke übergreifenden Modularisierung



Fließbandproduktion von erschwinglichem und dennoch individualisiertem Wohnraum auf Basis einer *Mass Customization Strategy* in einer Fabrik von Sekisui Heim in Japan.

von Bausystemen und Gebäudetechnik-Komponenten gearbeitet. Ebenso beschäftigen sich die Forscher bereits seit Jahren mit der Übertragung von verbrauchsorientierten, IKT-basierten Prozessstrategien (z. B. *Mass Customization*) der industriellen Produktfertigung in die Bauindustrie sowie mit der Entwicklung von skalierbaren Hightech-Lösungen zur Unterstützung von kontrolliertem und damit Ressourcen schonen-

dem Auf- und Rückbau auf der Baustelle. Vision der Forscher ist es, dass Wohnraum bzw. Mieten in der Stadt der Zukunft nur noch einen geringen Anteil des Nettoeinkommens beanspruchen und gleichzeitig mit einem Mehr an Funktionen besser auf deren Bewohner zugeschnitten sind. In engem Kontakt stehen die Forscher mit japanischen Unternehmen wie beispielsweise Sekisui Heim und Toyota Home, welche bereits erfolgreich auf Basis des Toyota Production System (TPS) eine Fließbandfertigung von individualisierten Häusern in großem Maßstab verwirklicht haben.

Thomas Linner, Thomas Bock

LS für Baurealisierung und Baurobotik, TUM

### REFERENZEN



T. Linner, T. Bock, *Evolution of Large-Scale Industrialization and Service – Innovation in Japanese Prefabrication Industry*. *Journal of Construction Innovation: Information, Process, Management*, April 2012, Volume 12 issue 2, ISSN: 1471-4175.

## Automatisierte Tunnelbohrmaschinen für hocheffiziente Infrastrukturen

Für den Ausbau der Städte ist der Tunnelbau ein Hauptthema, um eine bessere Infrastruktur bzw. ein besseres Transportsystem zu bieten. Im Gegensatz zu Brücken stören Tunnel nicht das Landschaftsbild und ermöglichen den Ausbau für U-Bahnen, die den nötigen Personentransport in Zukunft in den Städten erlauben.

Der Staat Katar verfolgt eine große und ambitionierte Vision, die dem Land und seinen Bürgern bis zum Jahr 2030 höchste Lebensstandards verschaffen soll. Einen wichtigen Baustein dabei bilden modernste Verkehrsinfrastrukturen. Die chronisch vom Stau geplagte Hauptstadt Doha soll folglich ein komplett neues, sehr leistungsfähiges Metrosystem erhalten. Das Unternehmen Herrenknecht

wurde hierfür mit der Lieferung von 15 Hightech-Tunnelbohrmaschinen beauftragt. Auch für zukünftige Infrastrukturen in China liefert Herrenknecht die Technologie. Hier unterfahren vier Tunnelbohrmaschinen die großen chinesischen Flüsse in rasanter Geschwindigkeit – mit höchster Sicherheit und äußerster Präzision. Mit gigantischen Durchmesser zwischen 11,61 und 15,43 Metern bohrten sie

doppelspurige U-Bahn-Tunnel und dreispurige Straßentunnel auf. Das Yangtze River Delta im Osten Chinas entwickelte sich innerhalb kürzester Zeit zu einem der größten städtischen Ballungszentren der Welt. Entsprechend schnell schreitet der Ausbau der Infrastruktur voran. Zahlreiche Seen und Flüsse sind dabei zu unter- und überqueren, wobei auf Tunnel und Maschine ein Erd- und Wasserdruck von bis zu 6,5

Bar lastete. Die China Railway 14th Bureau Group orderte den Großdurchmesser-Mixschild S-668 (siehe Abbildung), um den Jangtse-Fluss für die Linie 10 mit einem Doppelspurtunnel anstelle von zwei Einspurtunneln zu unterqueren. Der Projekterfolg in Nanjing vereint im Metrotunnelbau bei Flussunterquerungen in China eine Reihe von Superlativen: Das längste Vortriebslos, die größte Tiefe, der höchste Grundwasserdruck sowie der größte Durchmesser. In der dicht bebauten Megametropole Changjiang mit 15 Millionen Einwohnern wird es auch unter der Erde eng. Die Bohrspzialisten von STEC nutzten ein System zur präzisen Echtzeitüberwachung der Schild-



Der Herrenknecht Mixshield S-668 (Ø 11.610 mm) anlässlich der Werksabnahme in Nansha, Guangzhou, China.

position zur Bewältigung der 40 Meter langen Passage. Mit gleicher Präzision und Sicherheit wurde die Unterquerung von 30 Gebäuden gemeistert sowie der Vortrieb in direkter Nach-

barschaft zu 20 unterirdischen Versorgungsleitungen. Mit dem Durchbruch am 19. Juni 2013 hat die zweite der beiden weltgrößten Mixschild-Maschinen ihre Arbeiten erfolgreich abgeschlossen. Über 3,4 Kilometer leistet die TBM Vortrieb, mit bis zu 132 Metern pro Woche in Tiefen von bis zu 59 Metern unter der Wasseroberfläche. Nach dem ersten Durchbruch am 8. Juli 2013 prüfte das Baustellen-team von STEC alle Maschinenkomponenten und ersetzte nötige Verschleißteile. Seit dem 28. Dezember 2013 treiben die Tunnelbauer in entgegengesetzter Richtung die zweite Röhre vor.

Achim Kühn, Cornelia Lietzau  
Herrenknecht AG

## Urban Mining

Über einen stufenweise erfolgenden Rückbau können wertvolle Ressourcen wiedergewonnen werden, was für den Aufbau der Stadt der Zukunft in Regionen mit geringen Bodenschätzen sehr wichtig ist. Kombiniert mit der Technologie von Biosphären legt dies den Grundstein für die Besiedlungen anderer Planeten.



Automatisierter Rückbau von Gebäuden durch die auch in Deutschland agierende Firma Takenaka.

So spektakulär und spannend eine Sprengung auch sein mag, so unangemessen ist sie in der Stadt der Zukunft. Das liegt daran, dass eine Sprengung als Abriss kein simpler Vorgang, sondern eine gefährliche und auch für Experten hoch anspruchsvolle Aufgabe ist. So stand der Afe-Turm, der 2014 gesprengt wurde, direkt neben intakten und bewohnten Häusern. Auch wenn vorsorglich alle Gebäude geräumt werden, würden bei einer Fehlsprengung die umliegenden Gebäude zerstört werden, was zu einem gigantischen wirtschaftlichen Schaden führen würde. Die Baumaterialien sind unwiederbringlich verloren und müssen als Abfall beseitigt werden. Ein anderer Ansatz, der bereits in Japan zur Anwendung kommt, ist der

stufenweise Rückbau eines Gebäudes. Anstatt das Gebäude einfach zu zerstören und anschließend den Schutt wegzuräumen, wird hier das Gebäude Schritt für Schritt abgetragen. Der Vorteil dabei ist, dass ein Großteil der Baumaterialien wiederverwendet werden kann. Dies schont nicht nur die Umwelt, sondern spart Kosten beim Wiederaufbau. Angesichts solcher ehrgeiziger Projekte wie jenes von der Firmer Bauer, die in Saudi-Arabien einen 1001 Meter hohen Wolkenkratzer aufbaut, ist dies für zukünftige Projekte notwendig. Auch hier ist ein Umdenken nötig, da solche Bauten auch Risiken für den beteiligten Arbeiter bergen. Lösungen bietet beispielsweise der in Japan schon perfektionierte automatisierte Bau von Hoch-

häusern (siehe TIB Ausgabe 01/2013). Japanische Baufirmen nutzen solche Systeme neuerdings auch zum automatisierten Rückbau von Gebäuden, der es ermöglicht, das Gebäude so systematisch zu zerlegen, dass fast alle Bauteile wiederverwertet werden können. Durch automatisiertes Bauen (und Rückbauen) kann also in den Metropolen der Zukunft ein Recyclings-Kreislauf geschaffen werden: Alles was am Ende abgerissen wird, wird als Grundlage für den Wiederaufbau verwendet. Dies ist zwingend erforderlich, wenn man die Situation einer Biosphäre bedenkt. Biosphären würden den Bau von Städten an Orten ermöglichen, die sonst absolut lebensfeindlich sind. Aber dies erfordert innerhalb der Biosphäre, dass das künstlich geschaffene Ökosystem nicht durch störende Einflüsse wie Schutt geschädigt wird. Nur dann ist es möglich, vom Bau der Stadt der Zukunft auf dem Mond oder sogar auf andere Planeten zu träumen. Die Ingenieure von morgen (aus allen Bereichen z. B. Elektrotechnik, Mechanik, Architektur, Bauwesen, Informatik usw.), haben daher eine gigantische interdisziplinäre Herausforderung zu meistern, die allerdings mit viel Ehrgeiz zu schaffen ist.

Prof. Dr.-Ing. /Univ. Tokio Thomas Bock  
LS für Baurealisierung und Baurobotik, TUM

# Sozio-technische Stadtsysteme von morgen

Zukünftige Städte und Netzwerke im städtischen Kontext werden im Besonderen geprägt sein vom Ausbau der IKT-Infrastrukturen, dem Internet der Dinge und Ansätzen wie Industrie 4.0 und U-City-Konzepten. Aufbauend darauf können in der Stadt der Zukunft Robotersysteme in fast allen Bereichen des täglichen Lebens zum Einsatz kommen und damit ebenfalls „ubiquitär“ werden.

Gegenwärtig leben mind. 7 Milliarden auf unserem Planeten und am Ende dieses Jahrhunderts werden es 10 Milliarden sein. Das Gesetz des exponentiellen Zuwachses ist hart und unnachgiebig. Bis 2050 werden 70 % der Menschen in Städten leben. Wie werden diese Städte organisiert sein? Ob wir nun Plattformstädte, schwimmende Städte, Unterwasserstädte haben werden, oder dort, wo man nicht in die Breite gehen kann, uns einer dreidimensionalen Stadt annähern, hängt von den lokalen Gegebenheiten und Traditionen ab. Während die Serverfarmen an weitabgelegenen kühlen Fjorden liegen werden und so unsere Netzökonomie und „Cloudwirtschaft“ am Leben erhalten, werden wir Teile der Güter und Energieproduktion in die Städte verlagern. Die zur Versorgung notwendigen Proteine können durch innerstädtische Algenproduktion und Insektenzucht oder durch auf Zellkulturen gezüchtetes Fleisch ergänzt werden. Das erhöht die Versorgungs-

sicherheit der Stadtkonglomerate; ebenso wie Grünanlagen auf den Dächern mit ganzen Bienenfarmen. Die Stadt der Zukunft ist adaptiv, modular und mehr auf größtmögliche Selbstversorgung bedacht. Alle sozialen und politischen Systeme, in denen eine Partizipation erwünscht ist, sind nicht beliebig skalierbar. Daher ist es erforderlich, einerseits als starker Stadt-Verbund auf (Versorgungs-) Probleme zu reagieren und sich gegenseitig zu stützen, aber auch auf die spezifischen Probleme der jeweiligen Stadtmodule quasi vor Ort und kulturspezifisch einzugehen. Konglomerate bleiben so verwaltbar, organisierbar und (über-)lebensfähiger. Für die kommende Zukunft müssen das Verständnis und die Organisation von Städten neu durchdacht werden. Die Überlebensfähigkeit in einer dynamischen Zukunft in den städtischen Zentren verlangt eine Reorganisation zur Nutzung von neuen Hochleistungslösungen in einem neuen Maßstab.

## Der Stadtkontext

Die Art der Clusterbildung ist ein eigenes Gebiet der Komplexität. Die Möglichkeiten der Begegnung von Menschen und die darauf folgende Bildung von Gruppen und Organisationen unterliegen einer Reihe von komplexen Bedingungen und Interaktionen dar, die verantwortlich für die Bildung der heutigen globalen Zivilisation sind. Städte gleichen einem Organismus intensiver Aktivitäten, sie sind Gebiete, in denen die meisten Menschen leben und verschiedenen Tätigkeiten nachgehen. Städtische Zentren sind sowohl Anbieter als auch Verbraucher der zahlreichen Märkte, die in globalen Geschäftsnetzwerken integriert sind. Heute sind Städte nur möglich durch viele mit einander verbundene Netzwerke, die die Versorgung mit lebenswichtigen Gütern und Dienstleistungen, wie z. B. Wasser, Nahrung, Energie, Abwasser- und Abfallentsorgung gewährleisten.

## Gegenwärtige Entwicklung

Städte sind auch eine Quelle von Problemen, vor allem in Entwicklungsländern, wo Armut und Gewalt in den Städten sowie das Fehlen des Nötigsten zum Leben zu überfüllten Slums führt, in denen Ungerechtigkeit und Konflikte herrschen. In Brasilien z. B. gab es 2010 mehr als 11 Millionen Menschen, die in Slums lebten, die mehr als 6000 verschiedene informelle Gemeinschaften über das ganze Land verstreut bildeten [1]. Dennoch bieten dicht besiedelte Städte Vorteile bezüglich Dienstleistungen und Infrastruktur im Vergleich zu Gebieten mit geringer Bevölkerungsdichte [2]. Tatsächlich wird erwartet, dass in den nächsten 35 Jahren die städtische Bevölkerung um 72 % und global die Population auf 10 Milliarden Menschen ansteigen wird, was zur Erhöhung der Clusterbildung und zu einem Wachstum der Stadtzentren führen wird. [3]. Besonders viel Aufmerksamkeit sollte daher auf die Konzeption der Stadt der Zukunft gerichtet werden und insbesondere auf die effiziente Nutzung von Technologie zu Bewältigung der mit ihr in Verbindung stehenden Herausforderungen.



Grafik: TUM

In der Stadt der Zukunft können Robotersysteme in fast allen Bereichen des täglichen Lebens zum Einsatz kommen und damit ebenfalls „ubiquitär“ werden.



## Ubiquitäre Automation und Roboter Technologie

Zukünftige Städte und Netzwerke im städtischen Kontext werden im Besonderen geprägt sein vom Ausbau der IKT-Infrastrukturen, dem Internet der Dinge und Ansätzen wie Industrie 4.0 und U-City-Konzepten. Aufbauend auf diese Strukturen können in der Stadt der Zukunft Robotersysteme in fast allen Bereichen des täglichen Lebens zum Einsatz kommen und damit ebenfalls „ubiquitär“ werden. Mit der kontinuierlichen Entwicklung im Bereich der Roboterforschung wurden neue technische Möglichkeiten (Modularität, Leichtbaukonzepte, tragbare Robotertechnologien und soziale Robotertechnologie) erforscht und mit bestehender Automatisierungs- und Robotertechnologie kombiniert. Im Laufe der Zeit ist die Fähigkeit von Robotersystemen

gewachsen, sodass sie mehr und mehr in vergleichsweise unstrukturierten Umgebungen, in denen Menschen agieren, arbeiten können. Diese Entwicklung führt dazu, dass die Robotertechnologie neben der klassischen Fertigungsindustrie nun in zahlreiche Bereiche eingeführt und eingesetzt werden kann, wie z. B. in der Landwirtschaft, der Bauwirtschaft und dem Gesundheitswesen [4]. Neue Möglichkeiten erweitern nicht nur den Einsatzbereich der Robotik, sondern ermöglichen auch, dass Roboter geschickter und anpassbarer werden und damit deren Nutzen drastisch gesteigert werden kann.

Gustavo Anschau Rick, Reinhard Z. Bengez, Wen Pan, Thomas Linner, Thomas Bock

LS für Baurealisierung und Baurobotik und Munich Center for Technology in Society, TUM

### REFERENZEN

INFO

- [1] IBGE, Censo. 2010, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: Rio de Janeiro.
- [2] T. L. Saaty and M. Sagir, Global Awareness, Future City Design and Decision Making. Journal of Systems Science and Systems Engineering, 2012. 21 (3): p. 337-355.
- [3] UN, World Urbanization Prospects, the 2011 Revision: Highlights. 2012, United Nations – Department of Economic and Social Affairs, Population Division: New York
- [4] T. Bock, T. Linner (2014) Construction Robotics Handbook. Cambridge: Cambridge University Press (book currently in publishing process)
- [5] Bannwart, B. (1996) Cyber City. In: Stadt am Netz, von: Inghaut et al.; Mannheim Bollmann Verlag
- [6] Randers, J. (2012) Der neue Bericht an den Club of Rome. München: Oekom Verlag

## Ubiquitäres Stadtmanagement

Koreanische Wissenschaftler arbeiten intensiv und praxisorientiert an der Erweiterung des Internets der Dinge auf die gesamte städtische Infrastruktur. Seit 2011 fördert ein Erasmus Mundus Projekt die Zusammenarbeit von Forschern der TUM mit koreanischen Forschern.

So groß die Popularität des koreanischen Gangnam Style Sängers PSY ist, so bekannt ist die soziale Interaktion mit öffentlichen intelligenten Straßenlichtern – die „Medien Pole“ genannt werden – im Gangnam Boulevard in Seoul. Besonders die koreanische Regierung und die Behörden versuchen IKT in Stadtentwicklungs- und Realisierungsprojekte zu integrieren, um die Lebensqualität der Bürger zu steigern und derzeitige urbane Probleme zu lösen. Entsprechend dem 2009 beschlossenen „U-City“ Gesetzes ist die „U-City“ definiert als eine Stadt, die den Bürgern über allgegenwärtige IKT, integriert in Infrastrukturen wie Straßen, Brücken, Schulen und Krankenhäusern, digitale und physische Dienstleistungen – überall und zu jeder Zeit – bietet, welche die Interaktion in der Stadt für alle effizienter gestaltet. Im Jahr 2010 wurden in Korea etwa 60 „U-City“-Projekte geplant und vom öffentlichen und privaten Sektor umgesetzt, weswegen die Nachfrage nach „U-City“ Systemen kontinuierlich steigt. Insbesondere ist es bemerkenswert, dass Eunpyeong Newtown in Seoul sechs Arten von U-City Dienstleistungen (U-Web Portal, CCTV für Parken, U-Home, U-Street, CCTV Manage-



U-City Technologies & Products.)

Urheber: Samsung SDS

ment zur intelligenten Verbrechensvorbeugung und U-Locations basierter Service) zum Zweck der Realisierung eines sicheren, kriminalitätsfreien, grünen, smarten Stadtlebens startete [1]. Auch Cisco eröffnete GCoE (Global Center of Excellence) [2] um IKT Lösungen für Smart Cities bei Song-do in Incheon zu entwickeln. In diesem Zusammenhang ist es von Bedeutung, dass die koreanische Regierung rund 100 Millionen Euro auf die Entwicklung des Internets of Everything (IoE) von jetzt an für die nächsten sechs Jahre als Wachstumsmotor für die nächste Generation

beschließt. Um den anstehenden Mangel an „U-City“-Spezialisten zu bewältigen, wurde das weltweit erste Aufbaustudium im Fachbereich „U-City Design and Engineering“ [3] eingeführt. Das Erasmus Mundus Projekt AUSMIP+, in dem sowohl die TUM als auch die Sungkyunkwan University zentrale Partner sind, fördert seit 2011 die Zusammenarbeit in diesem Forschungsbereich und ermöglicht den regen Austausch von Doktoranden und Wissenschaftlern beider Universitäten.

Seong-Ki Lee, Soonwook Kwon  
Sungkyunkwan University, Department  
of u-City Design and Engineering

### REFERENZEN

INFO

- [1] Case Studies: <http://city.lgcns.com/Contents/EN/CaseStudy/CaseList.aspx>, zuletzt besucht am 21.03.2014
- [2] Cisco und Incheon Development Center eröffnen offiziell Smart City Lösung: [www.cisco.com/web/KR/about/news/2013/9-12/news\\_20131010.html](http://www.cisco.com/web/KR/about/news/2013/9-12/news_20131010.html), zuletzt besucht am 21.03.2014
- [3] u-City: <http://home.skku.edu/~ucity/>, zuletzt besucht am 21.03.2014