

Baubetriebswirtschaft

Steigender Diffusionsgrad neuer Technologien und dessen Auswirkungen auf die Bauwirtschaft

Lernen ist keine Pflicht - Überleben aber auch nicht., W. Edwards Deming, 1940

Auf Grund des abnehmenden Bauvolumens in Deutschland, der hohen Architektendichte und der Verschiebung des ökonomischen Schwerpunktes hin zu Bereichen wie Informations- und Kommunikationstechnologie, Mikrosystemtechnik, Gesundheitswesen und Dienstleistungen ist es nötig, neue Berufsfelder zu erschließen, die außerhalb der traditionellen und stark vorgeprägten Berufsbilder in Architektur und Bauwesen liegen. Diese neuen Berufsfelder entstehen im grenzwissenschaftlichen Bereich zwischen Architektur, Bauwirtschaft, Elektrotechnik, Informatik, Automatisierung, Mechatronik, Mikrosystemtechnik, Mikroelektronik, Medizin- und Gerontotechnik.

Sie werden in Zukunft entscheidend sein für die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands [1]. Zur Entstehung veränderter Aufgabenbereiche im Bauwesen tragen heute und in Zukunft vor allem folgende Tendenzen bei:

- **Steigende Bedeutung von Mikrosystemtechnik (MST)**

Die Anteile von Mikrosystemtechnik (MST) und Informations- und Kommunikationstechnologie (IuK) an der Wertschöpfung steigt ausnahmslos in allen Industriebereichen. In der Automobilindustrie so wie im Maschinen- und Anlagenbau haben diese Technologien bereits Fuß gefasst und führen zu grundlegenden Innovationen und Ver-

änderungen. Auch in weiteren klassischen Industrien wie Chemie, Medizintechnik, Logistik, Umwelttechnik und dem Bausektor zeichnet sich eine unaufhaltsame Diffusion von MST und IuK ab; auch verändern diese Technologien Wertschöpfungsketten, Prozesse, Produktstrukturen und Anwendungsfälle grundlegend. Neben der Veränderung in den angesprochenen Industrien ermöglichen MST und IuK auch zahlreiche neue Anwendungsfälle und Geschäftsmodelle, die sich außerhalb der Grenzen der klassischen Industrien bewegen. [2]

- **Bedeutungsgewinn von Automatisierung und Rationalisierung**



Bild 01: rationalisierte Fertigung individueller Gebäudemodule und Gebäude-sub-module im Fließbandverfahren, Sekisui Heim, Japan

© T. Bock

Parallel zu den Entwicklungen hinsichtlich MST und IuK erhöht sich auch der Diffusionsgrad von automatisierungs- und rationalisierungsbasierten Technologien und Prozessen in Industrie und Gesellschaft. In der Fertigung führt die steigende Bedeutung von Kleinserien und individuellen Produkten zu neuen Mensch-Maschine-Interaktionsformen und zu hochflexiblen, teil-automatisierten Fertigungssystemen. Überdies geht man davon aus, dass im direkten Einsatz in unserer Lebensumgebung (Arbeit, Wohnen, Pflege, Wellness, Gesundheit, Mobilität) intelligente Servicesysteme in Zukunft eine sogar noch größere Rolle spielen werden als in der industriellen Herstellung [3]. Insbesondere in Architektur und Bauwesen können Automatisierung und andere neue Technologien neben der Bereitstellung eines gewissen Rationalisierungspotentials auch dazu beitragen das Image dieses wichtigen Industriezweiges zu erneuern und darüber hinaus ressourceneffizientere und umweltschonendere Bauverfahren zu entwickeln.

• Interdisziplinarität und vernetztes Denken

Interdisziplinarität und vernetztes Denken [4] spielen heute bei fast allen Neuentwicklungen und in allen Anwendungsbereichen eine zentrale Rolle. Einerseits können einzelne Produkte oft nur noch in enger Kooperation verschiedener Fachrichtungen erstellt werden und andererseits geht man auch immer mehr dazu über, die Gesamtauswirkungen bzw. Synergieeinzelner Entwicklungen zu betrachten (übergeordnete Infrastrukturen, Verkehr, Architektur, Energie und Umwelt, Städtebau, Wirtschaftlichkeit, IuK, Vernetzung etc.). Diese Tendenzen sind in allen Industriebereichen zu erkennen. Architektur und Bauwesen schaffen nicht nur unsere Lebensräume in denen wir uns täglich bewegen, sondern sie bilden auch wichtige Schnittstellen zu anderen Industrie- und Technologiebereichen sowie deren Produkten und Konzepten.

Überblick über entstehende, technologiebasierte Aufgabenbereiche:

Im folgenden werden derzeit entstehende Aufgabenbereiche vorgestellt, die sich aus der zunehmenden Diffusion neuer Technologien in Prozesse, Werkzeuge und Produkte des Bauwesens ergeben. Der Einsatz neuer Technologien wird dabei in jeder Lebenszy-



Bild 02: automatisiertes Baustellentransportsystem „Z-Carry“ der japanischen High-Tech-Baufirma Kajima

klusphase von Marketing und Projektentwicklung bis hin zu Umnutzung und Rückbau sowie in der Gesamtauswirkung betrachtet.

1. Rationalisierungsgerechtes Planen

Informations- und Kommunikationstechnologien, Mikrosystemtechnik, Automation, Robotik und zahlreiche andere Technologien erhöhen ihren Wertschöpfungsanteil in allen Industrien und führen zur Erneuerung und Innovation. Auch im Bauwesen kommen neue Technologien sowohl bei der Herstellung von Gebäuden als auch in diesen selbst zum Einsatz und erfordern somit eine entsprechende Anpassung der Produktstrukturen. Rationalisierungsgerechtes Planen [6] beschäftigt sich genau damit und fördert eine Art des Denkens und „Designens“ welche Produktstrukturen schafft, die zu den

angesprochenen, neuen Technologien komplementär sind. Rationalisierungsgerechtes Planen zeigt Methodiken und Strategien auf und erklärt die komplexen Zusammenhänge von Projektkonzeption, Projektumsetzung, Modularisierung, Standardisierung und Industrialisierung im Bauwesen. Rationalisierungsgerechte Entwicklung und Planung soll in Verbindung mit industrialisierten Fertigungstechnologien die Effizienz von Bauprodukten über den ganzen Lebenszyklus steigern. Neue Management- und Fertigungsstrategien unterstützen den Paradigmenwechsel.

2. Industrialized Customization

Die rationalisierungsgerechte Vorfertigung von einzelnen Bauteilen, Modulen, Gebäudeinfrastrukturen, Fassaden, Raumzellen und ganzen Gebäudeteilen spielt im Bauwesen eine

immer größere Rolle. Gleichzeitig ermöglichen neue Fertigungs- und Logistikstrategien zunehmend eine individuelle Fertigung, was dem Anspruch der Architektur auf Einzigartigkeit entgegenkommt. In Japan ebenso wie in Europa sind Gebäude stark mit dem Gedanken der Individualität verknüpft, aber speziell in Japan konnte die Kluft zwischen Rationalisierung der Abläufe und gleichzeitiger Individualisierung der Endprodukte bei der Erstellung von Gebäuden bereits überwunden werden [7]. So bewegen sich jetzt beispielsweise in den Hallen von Toyota Home Stahlrahmen („Skeleton“) auf einem Fließband durch die Fabrik und werden „just in time just in sequenz“ den geforderten Lösungen angepasst und ausgebaut („Infill“). Jedes Haus – zusammengesetzt aus einer variablen Anzahl individualisierter Einzelmodule – erhält dabei seine eigene Identität. Toyota Home ist mithilfe des TPS [8] in der Lage, 200.000 Einzelkomponenten in kürzester Zeit zu einem fertigen Produkt zusammenzustellen und daraus ein Haus zu errichten (zum Vergleich: Bei Autos werden durchschnittlich nur ca. 14.000 Komponenten verarbeitet). Toyota Home stellt mit seinem „Skeleton and Infill“-System eine zukunftssträchtige Lösung zur Rationalisierung von Bauprozessen bereit.

3. Logistics/Site Rationalization

Der extensive Einsatz von IuK-basierenden Technologien und Prozessen in den

meisten Industriebereichen ist sowohl in Korea als auch in Japan keine Seltenheit. In beiden Ländern haben hohe Lohnkosten, Fachkräftemangel, geringe Einwanderungsquoten und Regierungsprogramme zur Entwicklung einer hochrationalisierten Hightech-Bauindustrie beigetragen, die das Image dieser Länder nachhaltig geprägt hat. Seit den 1990er Jahren werden beispielsweise in Japan und insbesondere in Tokio teilautomatisierte Systeme zum Hochhausbau von verschiedenen Baufirmen (Obayashi, Kajima, Shimizu, Taisei) eingesetzt [9]. Auftraggeber fordern hier oft explizit Rationalisierung und im speziellen kürzere Bauzeit, Mängelfreiheit und aus Gründen der Außenwirkung eine saubere Baustelle. Zunächst konnten mit den neuen Verfahren nur rechteckige Grundrisse gebaut werden, aber jüngst können auch gekrümmte Gebäude mit individuell entworfenen Fassaden gebaut werden. Ein weiteres Gebiet, das in Japan derzeit erschlossen wird, ist der systemische, automatisierte und logistikgestützte Rückbau von Gebäuden. So wurden Ende letzten Jahres mitten in Tokio 3 Hochhäuser in einer sehr belebten Gegend fast unbemerkt von der Öffentlichkeit, lautlos, staublos und trotz Erdbeben von 5,6 sicher rückgebaut. Mit diesem Ansatz wird das Arbeitsumfeld erheblich verbessert, der Recyclinganteil im Innenausbau kann auf 93% erhöht und klar in 30 Kategorien getrennt werden [10]. Ein zukunftsfähiger Ansatz, in Zeiten, in

denen Ressourcenverknappung und Nachhaltigkeit immer wichtiger werden.

4. Service Science und integrierte Assistenzsysteme

Ein wichtiger Bereich, in dem angesichts des demografischen Wandels dringend neue Strategien, Technologien, Prozesse und Produkte notwendig werden, ist der Wohnungsmarkt. Wohnungen, die in der Lage sind, Menschen ein möglichst langes, selbständiges Leben zu erhalten, sind in vielerlei Hinsicht ein wichtiger Baustein bei der Lösung sowohl im gesamtgesellschaftlichen und makroökonomischen als auch im mikroökonomischen Sinne. Wie in vielen Modellversuchen, Analysen und Studien nachgewiesen, ist ein Aufenthalt in einer geeigneten und gegebenenfalls mit „Assistenzsystemen“ ausgestatteten häuslichen Umgebung für die zu Pflegenden, Familienangehörigen, Staat und auch Krankenkassen finanziell weniger belastend als ein stationärer Aufenthalt z. B. in Alten- oder Pflegeheimen. Ebenfalls stellt sich zunehmend die Einsicht ein, dass ein Verbleib in einem geeigneten eigenen Heim und damit eine natürliche Bewegung in Wohnumfeld, Nachbarschaft und sonstigen sozialen Netzwerken hilft, den somatischen, motorischen, psychischen und sozialen Störungen aktiv vorzubeugen. Schließlich hat der Verbleib im eigenen Heim insbesondere für die Wohnungsindustrie und die örtlichen Gemeinden den Vorteil, dass die mit den älteren Menschen in Verbindung stehende Wertschöpfung aufrechterhalten bleibt oder sogar ausgeweitet werden kann. Gebäude haben einen langen Lebenszyklus der wirtschaftlich bedeutend ist und die Lebensqualität der Bewohner bestimmt.

Lebenszyklusorientierte Architektur hat daher heute insbesondere die Aufgabe, neue Technologien, Mikroelektronik, Mikrosystemtechnik, Sensoren und neue Softwaresysteme, Informations- und Kommunikationstechnologien dynamisch in immer intelligenter werdende Lebensumgebungen zu integrieren und damit neue Dienstleistungen (Services) anzubieten und auch zu generieren [11]. Fachleute wie beispielsweise Bill Gates gehen davon aus, dass IuK-unterstützte Servicetechnologien in unserer Alltagswelt eine ähnlich rasante Entwicklung erfahren werden wie einst die Verbreitung von PCs in den 1990er Jahren.

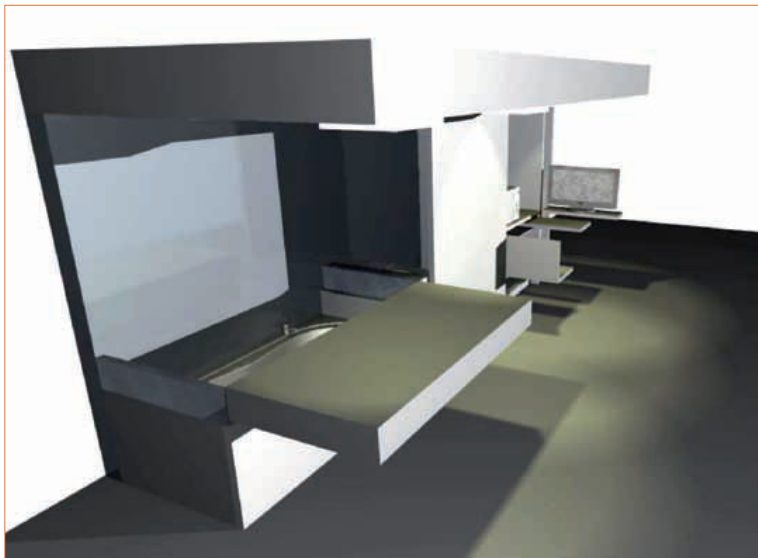


Bild 03: Eine mit Mikrosystemtechnik und Mechatronik ausgestattete „smarte“ Service Wand unterstützt das selbstständige, unabhängige zuhause Wohnen von motorisch und kognitiv beeinträchtigten älteren Menschen

© Camd, Arch. P. Graab, N. Bahlke

Gleichzeitig ist Deutschland ein führender Technologiestandort; die Bauindustrie kann dies sowohl fördern im Sinne eines gesamtgesellschaftlichen Vorteils als auch gleichzeitig davon profitieren. Diese Entwicklung greift „Service Science“ auf. Im Rahmen von „Service Science“ wird der Mensch in seiner natürlichen Wohn- und Lebensumgebung betrachtet. Gleichzeitig werden neue sozio-technische Konzepte zur Unterstützung der Gesellschaft erforscht. Ziel ist es, durch die Konzentration von möglichst vielen unterschiedlichen Fakultäten und Disziplinen auf dieses Thema, einen wirklichen Fortschritt zu erreichen und integrierte Geräte zur Vorsorge, Diagnose, Therapie, Rehabilitation und Alltagsbewältigung anzubieten. Bestimmt wird der Erfolg neuer Technologien für unser Lebensumfeld durch das synergetische Zusammenspiel passiver architektonischer Maßnahmen (wie beispielsweise dem barrierefreien Bauen) mit einer Vielzahl von neuen aktiven auf IuT und Mikrosystemtechnik begründeten Technologien. [12] [13]

5. Innovation Deployment Strategies (IDS)

Von großer Bedeutung sind heute Methodiken und Ansätze die durch Vernetzung von Wissen helfen, aus unterschiedlichen Bereichen und Disziplinen neuartige Produkte und Prozesse zu entwickeln und diese in den Markt zu bringen. Innovationen und beschleunigter Technologiefortschritt werden immer mehr zu einem integralen Bestandteil unseres Lebens und sind in den meisten Fällen kein Zufall. Grenzwissenschaftliches Arbeiten, gezielter Technologietransfer zwischen Industrien (Bauindustrie, Autoindustrie, Flugzeugindustrie, Informationstechnologie) und Kulturen (Japan, Korea, Schweden, Norwegen) sowie die gezielte Transformation bestehender Technologien sind nur einige wenige Beispiele, wie systematisch Innovation entwickelt werden kann. Weiter spielt auch das Zusammenspiel von Ökonomie, Soziologie und Technologie eine wichtige Rolle. Henry Fords Massenproduktion, die massenhafte Verbreitung von Computern, die Diffusion von Mikrosystemen und Robotik - all dies sind Phänomene die den jeweiligen Zeitgeist widerspiegeln und ein gewaltiges Potential hatten/haben unsere Wirtschafts- und Gesellschaftssysteme zu verändern. Ein Verständnis für die gegenseitige Beeinflussung von Mensch, Technologie,

Wirtschaft, Gesellschaft und Innovation ist essentiell für den Entwurf neuer, und in ihrer Gesamtheit sinnvoller sozio-technischer Konzepte.

Neue Strategien sind nachhaltig und gleichzeitig wirtschaftlich

Die beschriebenen neuen Technologien, die das Bauwesen unweigerlich durchdringen und zu den genannten neuen Aufgabenbereichen führen, eignen sich besonders dafür, auch nachhaltigere und gleichzeitig wirtschaftlichere Prozesse einzuführen. So ist es durch die genannten technologiebasierten und rationalisierungsgerechten Prozesse beim Aufbau und Rückbau von Gebäuden auch möglich, den Ressourcenfluss besser zu kontrollieren und die im Bauwesen durchaus verbesserungswürdige Ressourceneffizienz zu erhöhen [14]. Japanische Wohnraumhersteller wie Sekisui Heim und Toyota Home haben in einigen ihrer Fabriken bereits „0-Waste“-Konzepte verwirklicht. Ebenso können im Gebäude integrierte High-Tech-Assistenzsysteme und Service-Technologien dazu beitragen, die Folgen des demografischen Wandels für alle Generationen abzumildern, die gesamtgesellschaftlichen Kosten zu senken, die Lebensqualität zu erhöhen und gleichzeitig einen neuen Wertschöpfungsbe- reich zu beanspruchen.

Quellen:

- [1] Linner, T., Bock T. (2009) *Ambient Innovation Robotics (AIR)*, Ed.: *Technik in Bayern, VDI, Volume 4, Page 37, July/August 2009*
- [2] *Rahmenprogramm Mikrosysteme BMBF und Digital Competitiveness Report 2009 EU i2010*
- [3] *JRA Japan Robotics Association*
- [4] von Mutius, B. (2008) *Die andere Intelligenz*. Klett-Cotta Verlag
- [5] Bock, T., Linner, T. (2009) *Structural Changes and Technology Utilization in German Construction in JCMA, Japan Construction Mechanization Association, Japan*
- [6] Bock, T. (1988) *Robot Oriented Design*, Shokokusha, Tokyo
- [7] Linner, T., Bock, T. (2009) *Smart Customization in Architecture: Towards Customizable Intelligent Buildings*, *Conference on Mass Customization, Personalization and Co-creation, Helsinki*
- [8] Ohno, T (1988) *Toyota Production System – beyond large scale production*. Productivity Press, Massachusetts, ISBN 978-3-593-38836-6
- [9] Bock, T. (2007) *Construction Robotics*. Vol. 22:3 of *Autonomous Robots*. USA: *Springer Science + Business Media*
- [10] Bock, T. *Das Dach wird zuerst gebaut – und das Erdgeschoss zuerst rückgebaut*. – Ed.: *Bauingenieur*, Band 84, Februar 2009, Hauptaufsätze, 47. *Springer VDI Verlag, Organzeitschrift der VDI-Gesellschaft Bautechnik*.
- [11] Bock, T., Linner T (2009) *Service Oriented Design*, 2nd AAL-Kongress VDE, Berlin, 2009
- [12] Bock, T., Linner T (2010) *Mass Customization und Plattform basierte, adaptive Baukastensysteme für Ambient Assisted Living Umgebungen*, 3rd

AAL-Kongress VDE, Berlin, 2010

[13] Kranz, M., Linner, T., Ellmann, B., Bittner, A. (2010) *Robotic Service Core for Ambient Assisted Living*, in 4th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare 2010, Munich

[13] *Innovationspartnerschaft "Ambient Assisted Living"*: www.aal-deutschland.de; www.aal-europe.eu

[14] Bock, T., Linner, T., Lee, S. (2009) *Integrated Industrialization Approach for lean On-/Off-site Building Production and Resource Circulation*, 7th *World Conference on Sustainable Manufacturing*, India



**Prof. Dr.-Ing. Thomas Bock
Thomas Linner**

Lehrstuhl für Baurealisierung
und Baurobotik
Technische Universität München
Internet: www.bri.ar.tum.de