

# Mass Customization und plattformbasierte, adaptive Baukastensysteme für AAL-Umgebungen

## Mass customization and platform based, modular component systems for AAL environments

Prof. Dr.-Ing/ Univ. Tokio T. Bock, Dipl.-Ing. T. Linner; Chair for Building Realization and Informatics, Faculty of Architecture, Technische Universität München (TUM); [thomas.bock@bri.ar.tum.de](mailto:thomas.bock@bri.ar.tum.de), [thomas.linner@bri.ar.tum.de](mailto:thomas.linner@bri.ar.tum.de)

### Kurzfassung

Die gezielte Bedienung der individuellen und persönlichen Bedürfnisse hat gerade im Bereich AAL nicht nur eine oberflächliche Bedeutung zur Befriedigung von Kunden- oder Komfortbedürfnissen sondern direkte Auswirkung auf Lebensqualität, Krankheitsverläufe und Gesundheit. AAL-Wohnumgebungen bzw. AAL-Servicekerne können mit einem entsprechenden, offenen Ordnungssystem versehen sinnvollerweise ständig an sich ändernden Bedürfnisse der alten Menschen angepasst werden (Continuous Customization) und damit zu einem „Motor“ für die gesamte AAL-Industrie werden (Continuous Services). Voraussetzung dafür sind Modularisierung und Industrialisierung in der Wohnungsindustrie ebenso wie die Bereitstellung eines architektonisch und informationstechnisch integrierenden Ordnungssystems zur dynamischen Einbindung von Leistungsfunktionen und Technologiepaketen in die Wohnumgebung aus einem Netzwerk von Zulieferern.

### Abstract

The selective use of individual and personal needs in the field of AAL has just not only a surface meaning of the satisfaction of customer needs or comfort but a direct impact on quality of life, course of disease and health. AAL and AAL-living environments with open classification systems, enabling adaptability to dynamically changing needs of the elderly (continuous customization), could thus become a "motor" for the entire AAL-industry (continuous services). Prerequisite for this are modularity and industrialization in the apartment and housing industry as well as the provision of an integrating framework (physical and informatic) for the dynamic integration of AAL functions and technology packages from a network of suppliers.

## 1 Introduction

„Personalized Healthcare“ wird sowohl von Fachleuten aus dem Bereich der Individualisierungsstrategien als auch von Fachleuten aus dem Gesundheitsbereich als ein Paradigma betrachtet, das insbesondere in Verbindung mit dem Demografischen Wandel neue wirtschaftliche Schwerpunkte bilden wird. Wirtschaftliche und technische Systeme/Netzwerke sind zunehmend in der Lage Menschen mit maßgeschneiderten Produkten und „Services“ zu versorgen, aufbauend auf industrialisierten Basisstrukturen. Diese Entwicklung kommt dem Gesundheitsbereich und insbesondere dem Bereich AAL entgegen, da gerade hier maßgeschneiderte Lösungen einen Mehrwert bringen, der sich direkt auf Lebensqualität, Lebensfähigkeit und Mobilität auswirkt und damit auf Dinge, die in subjektiven Wertesystemen der meisten Menschen oberste Priorität haben. Die Begriffe Individualisierung und Personalisierung können sich hier sowohl auf einzelnen assistive Technologien und „Services“ (Subsysteme) als auch auf ganze assistive Wohn- und Lebensumgebungen beziehen.

### 1.1 AAL-Umgebungen

AAL-Umgebungen sind komplexe Lebensumgebungen die aus einer Vielzahl von intelligenten und mit Mikrosystemtechnik ausgestatteten Komponenten, Bauteilen, Baugruppen, Mikrosystemen, Hilfs- und

Präventionstechnologien bestehen. Bisher wurden im Zuge zahlreicher Produktentwicklungen und Forschungsprojekte eine Reihe neuer Technologien entwickelt welche schließlich als Subsysteme in AAL-Umgebungen betrachtet werden können. Zunehmend entsteht nun auch der Wunsch diese Subsysteme über generische Plattformen miteinander zu vernetzen und überdies sowohl ganze Systeme als auch einzelne Komponenten beispielsweise über architektonische Baukastensysteme und modulare Designs in die Umgebung unscheinbar zu integrieren und auf verschiedene, individuelle Bedarfsfälle und deren „Prozessstrukturen“ maßzuschneidern.

### 1.2 Bedeutung der Individualisierung von AAL-Umgebungen

Die Entwicklung von einheitlichen, standardisierten Lösungen, welche in großen Mengen und damit zu geringen Preisen angeboten werden, ist im Bereich AAL jedoch schwierig. Analysen zeigen hier, dass sich die Eigenschaften der anvisierte Zielgruppe sowohl durch eine überdurchschnittliche Inhomogenität als auch durch eine hohe Dynamik in der Veränderung über verschiedene Altersstufen und Gesundheitszustände hinweg, auszeichnen. Zusätzlich ergibt sich ein Bedarfsfall im Bereich der häuslichen, technologiegestützten Pflege nicht nur aus den genannten Eigenschaften der Zielgruppe



verarbeitet). Insbesondere Toyota Home stellt mit seinem „Skeleton and Infill“-Ansatz eine zukunftssträchtige Lösung zur Industrialisierung von Wohnumgebungen bereit und zeigt, dass heute deren finanzierbare, kundenindividuelle und zeitnahe industrielle Herstellung möglich ist. Bevor ganze Häuser, Hausmodule, Wände oder sonstige Bauteile innerhalb kürzester Zeit industriell vorgefertigt werden (je nach Firma max. 1-2 Monate Fertigungszeit!) werden die Kunden durch einen mehrstufigen Konfigurationsprozess geführt. Während des Konfigurationsprozesses wird das Haus bzw die Raummodule auf die Kunden hin (bezüglich Form, Details, Grundrisse und der enthaltenen Funktionen) maßgeschneidert. Die Kunden werden hierzu in ein R&D-Center eingeladen, wo mit den Kunden Tests und Simulationen in den verschiedenen Wohn- und Lebensbereichen durchgeführt werden. Anschließend wird ein „Profil“ des Kunden erstellt, das auch die Veränderung des Lebensalters über die Zeit und Faktoren berücksichtigt und insbesondere das Thema „Alter“ berücksichtigt. In fast allen R&D-Centern gibt es größere Flächen, in denen speziell im Alter auftretende Situationen mit den Kunden simuliert werden können. Ausgehend von diesem wissenschaftlich erarbeiteten „Profil“ wird dann mit den Kunden die endgültige Konfiguration der Wohnumgebung vorgenommen. AAL-Funktionsmodule (intelligente Badezimmer, intelligente Haussteuerungssysteme, Notrufsysteme, Health Care/Wellness Systeme) in Verbindung mit altersgerechtem „Universal Design“ und altersgerechter Wohnumfeldgestaltung werden bereits von allen „Housing Companies“ angeboten. Trotz einer individuellen Konfiguration und der Einbindung unterschiedlicher Hersteller (welche die „Infills“ bzw Subsysteme liefern) werden die Häuser schließlich mit industrialisierten Mitteln in der Fabrik und auf dem Fließband hergestellt. [6] [7]

## 2.2 Plattformen und MQBs in der Automobilindustrie

Als ein Vorbild im Zusammenhang mit der industriellen Fertigung von Wohnraum gilt die Automobilindustrie und die hier angewendete Plattformstrategie. Die Automobilindustrie organisiert ein Netzwerk von mehr und weniger kleinen Zulieferern um ihre Plattformen, die ggf. auch individuelle Module zum Verbau im Endprodukt liefern können. Die Hierarchie der Produktionsstruktur stimmt mit der Hierarchie der Modulstruktur überein. Die Plattform ist also ein Ordnungssystem, das die Einbindung unabhängiger und über die Zeit veränderbarer Module ermöglicht. Der Begriff Plattform bezieht sich heute interessanterweise auf eine Kombination von Funktionsgruppen, die in erster Linie die technische Infrastruktur (Schaltung, Getriebe, Bremsanlagen) von Automobilen bilden; die Plattform ist damit auch eine Einheit, die keinen Einfluß auf das Äußere hat. Beispiele zeigen, dass Plattformen auch konzernübergreifend eingesetzt werden können. In einem weiteren Schritt plant VW nun die Plattformen selbst zu modularisieren und damit das ganze System auf einen modularen Baukasten

(MQB) umzustellen der die Herstellung von mehr als 40 Modellen über die nächsten 10-15 Jahre auf diesem System ermöglichen soll. [8]

## 2.3 Fritz Haller: USM, Armilla

Fritz Haller ist ein bekannter deutscher Architekt der u.a. die Bausysteme „Mini“, „Midi“ und „Maxi“ entwickelt hat und zudem als Erfinder des modularen Wohn- und Möbelsystems „USM Haller“ gilt. Als eines seiner komplexesten Projekte entwickelte Fritz Haller das Installationssystem „Armilla“, ein modulares Koordinationssystem für die Infrastruktur und die technischen Systeme von Gebäuden. Armilla modularisiert die technischen Subsysteme und schafft somit die Voraussetzung für deren industrielle Vorfertigung und dafür, dass die installierten Systeme bei einer Nutzungsänderung des Gebäudes einfach umgebaut werden können [9]. Eine Weiterentwicklung des Systems zielt derzeit auf ein computergestütztes Konfigurationswerkzeug ab, das die Daten zur industriellen Fertigung der Gebäudeinfrastruktur generiert [10].

## 2.4 Intelligente Konfiguratoren

Konfiguratoren spielen bei der industriellen Fertigung von individuellen Produkten eine zentrale Rolle. Die Entwicklung hatte mit einfachen Konfiguratoren beispielsweise für Kleidungsstücke (z.B. Spreadshirt) begonnen und schreitet zu immer komplexeren Produkten voran (Trucks, z.B. Certusoft). Die Konfiguratoren sind dabei zunehmend in der Lage nicht nur das Design zu generieren sondern auch unmittelbar Daten zur Steuerung von Logistik und Herstellung zu liefern. Auch im Bereich der großindustriellen Herstellung von Häusern werden solche „Tools“ bereits eingesetzt. So nutzt die Japanische Firma Sekisui Heim (ca. 20.000 Wohnhäuser/Jahr) das sogenannte HAPPS (Heim Automated Parts Pickup System), ein parametrisches Design Tool zur individuellen, industriellen Herstellung von Häusern. Die in einem „off-line“ Konfigurationsprozess eingegeben spezifischen 3D-CAD-Daten werden hier in eine fertigungsorientierte Modulstruktur überführt und anschließend vom Expertensystem in Materiallisten, Produktionspläne, Arbeitsanweisungen und Supply-Chain Informationen umgesetzt. HAPPS ist ein hochkomplexer Konfigurator, der bei Sekisui nun bereits seit ca. 30 Jahren in der Weiterentwicklung ist. Das System ist heute ein Garant für höchste Effizienz. HAPPS wird Firmenintern auch zur Weiterentwicklung von Grundvarianten des Herstellerbaukastens aus bestehenden Komponenten und Modulkombinationen eingesetzt. [11] [12]

## 2.6 Plug&Play Ausbauwände

Gut erhaltene und qualitativ hochwertige Bausubstanz prägt insbesondere in Deutschland das Bild sowohl der städtischen als auch der ländlichen Umgebung. Seit längerem schon werden im hochwertigen Innenausbau individuell konfektionierbare, flexible Innenwandssysteme insbesondere für den Umbau gefordert. Am Lehrstuhl für

Baurealisierung und -informatik wurde deshalb ein modulares Innenwandssystem entwickelt welches über standardisierte „Plug&Play“ Schnittstellen einerseits die Anbindung von „Leistungsfunktionen“ (Fig.02) und andererseits die Verbindung der Wände untereinander ermöglicht. [13] [20]



Fig. 02. Anbindung von AAL-Leistungsfunktionen über „Plug&Play“ Schnittstellen [13] [20]

## 2.7 Computer Aided Facility Management

CAFM beschäftigt sich traditionell mit dem ICT gestützten Lebenszyklusmanagement und der Strukturierung und Bereitstellung von objektspezifischen Daten. So unterstützen CAFM Systeme beispielsweise Wartungs- und Erneuerungszyklen/-prozesse und nutzen die heute meist ohnehin in 3D-CAD Form vorliegenden Daten zum Gebäudemanagement. Neuere System, insbesondere in großen Bürokomplexen sind aber auch zunehmend in der Lage Daten über im Gebäude integrierte Sensoren und Aktoren „real-time“ zu erfassen. Somit lässt sich einerseits die Nutzung eines Gebäude genau analysieren und andererseits ergeben sich neue Möglichkeiten für die Gebäudessteuerung (z.B. Energiemanagement) und die Gebäudewarung (z.B. im Remote-System). Insgesamt lässt sich eine immer weiter voranschreitende Integration der Gebäudeautomation mit dem CAFM feststellen. [14]

## 2.5 Life-cycle-based Customization: Sekisui House, Sekisui Heim

Japanische Wohnungsunternehmen, welche modularisierte, industriell gefertigte Häuser anbieten, zeichnen sich insbesondere durch innovative, auf den Lebenszyklus von Gebäuden bezogene Serviceleistungen aus. So bietet die Firma Sekisui House nach abgelaufener Nutzungsdauer gegliederte „Update“- bzw. „Refurbishment“- Pakete an. Mit diesen Paketen werden die Häuser wieder auf den neuesten Stand gebracht bzw. an veränderte Nutzungssituationen angepasst, indem Module bzw. Bauteile ausgetauscht oder umorganisiert werden – was aufgrund der modularisierten Bauweise relativ einfach zu bewerkstelligen ist. Die Konkurrenzfirma Sekisui Heim übertrifft diese Serviceleistungen sogar noch und bietet ein „House Reuse System“ an. D.h. es gibt eine Web-Plattform auf der Familien, die ein Haus kaufen wollen bzw. Familien, die eines anzubieten haben „verlinkt“ werden. Hat sich ein „Paar“ gefunden werden die Raummodule abgebaut, in die Fabrik gebracht, demontiert und anschließend wird das Grundgerüst mit neuen Modulen und Ausbauteilen bestückt. Auf diese Weise wird versucht effizient Modul bzw. Produktkreisläufe aufzubauen. [15] [16]

## 2.8 Personalisierbarkeit durch integrierte Mikrosystemtechnik

Zur Feinanpassung einzelner Module oder Funktionen von Wohnumgebungen (über den rein physischen Rahmen hinaus, vgl Fig. 02) werden heute verstärkt eingebettete Mikrosysteme verwendet. So können integrierte Sensoren und Aktoren beispielsweise Möbel und Regale an Personen und deren Größen anpassen. Auch können über Sensoren Personen und Situationen erfasst werden und Umgebungsparameter (Licht, Temperatur, Verschattung, Raumsituation) individuell angepasst werden. Integrierte Mikrosystemtechnik ermöglicht zudem, daß Bedienoberflächen und Interaktionsschnittstellen relativ einfach und softwarebasiert auf die Persönlichkeit der Bewohner hin personalisierbar sind, um so Kommunikation und Orientierung in intelligenten Umgebungen möglichst effizient zu gestalten. [17]

## 3. Entwicklungsstrategien für AAL-Baukästen

Die im Abschnitt 2 dargestellten Beispiele für Produktstrukturen, Fertigungsstrategien, Konfigurationsprozesse, Konfiguratoren, Lebenszyklusmanagement, Lebenszyklusservices und softwarebasierte Personalisierung stellen Ansätze dar, die dertzeit zum größten Teil unabhängig voneinander angewendet werden. Ihre Integration ist heute technisch machbar und würde insbesondere in Bezug auf den Bereich AAL sinnvoll sein, da gerade hier maßgeschneiderte, flexible und gleichzeitig erschwingliche Lösungen für hochinstallierten Wohnraum gefordert sind. Im Folgenden werden Grundbedingungen zur Entwicklung integrierender AAL-Baukastensysteme für flexible, anpassbare Lebensumgebungen aufgezeigt:

### • „AAL-Mainboard“ Baukasten

Ähnlich wie das Mainboard in einem PC können „Service-Kerne“ in Wohnungen als zentrale Plattformen eingebracht werden, welche dann je nach Bedürfnis des Kunden mit speziellen Leistungsfunktionen (Subsystemen) ausgestattet werden. Die Leistungsfunktionen können auch über den Lebenszyklus hinweg ausgetauscht, entfernt oder erweitert werden. Das AAL-Mainboard selbst bietet in kompakter Weise Grundfunktionen (Server; Netzwerkkomponenten; Anschlüsse für Wasser, Strom, Internet, TV; Interfaceschnittstellen; Softwarepakete, etc) und eine konstruktive, physische Struktur zur Einbindung der Gebäudeinfrastruktur und speziell der AAL-Leistungsfunktionen (Sensoren, Aktoren, Mechatronik, „Plug&Play“ Waschbecken, „Plug&Play“ Hausgeräte etc.). Ein „Update“ Paket kann sich dann sowohl auf die Software als auch auf die mit Mikrosystemtechnik ausgestatteten Leistungsfunktionen beziehen. Die Konfiguration kann dynamisch über Konfiguratoren erfolgen, die Zugriff auf Datenbanken verschiedener Hersteller haben und somit auch die Kompatibilität möglicher Subsysteme oder Submodule prüfen können.

### • Physische Schnittstellen:

Zur Umsetzung des AAL –Mainboard-Baukastens ist die Entwicklung verschiedener standardisierter, physischer „Plug&Play“ Schnittstellen (vgl. Beispiel 2.6) für

verschiedene Funktionsgruppen notwendig. Die Entwicklung eines universellen Verbindungssystems ist eine Herausforderung, da unterschiedliche Leistungsfunktionen unterschiedliche Anschlüsse benötigen. So benötigen manche Geräte nur einen Strom-/Informationsanschluss, andere wiederum (z.B. in Bad oder Küche) auch Wasseranschlüsse.

- **Informationstechnische Schnittstellen:**

Alle Leistungsfunktionen, Geräte, Module, Bauteile oder sonstige Komponenten, die in den Baukasten eingebracht werden, sollen mit Mikrosystemtechnik ausgestattet sein und dem Baukasten damit nicht nur physisch sondern auch informationstechnisch (PnP) zugeordnet werden. Das „Mainboard“ enthält also eine integrierte, generische Kommunikationsplattform, welche es ermöglicht alle Baukastenmodule im Sinne eines verteilten informationstechnischen Systems einzubinden. Einzelne Bauteile und Leistungsfunktionen können so mit einer entsprechenden (z.B. webservices-) orientierten Komponente ausgestattet zu einem jederzeit aufrufbaren Teil des Systems werden.

- **„AAL-Mainboard“ Netzwerke:**

Einzelne AAL-Mainboards in unterschiedlichen Wohnungen können zum Informationsaustausch bzw. zur „Collaboration“ untereinander oder mit Servicepoints freigeschaltet werden. So können innerhalb von Mehrfamilienhäusern, Wohnsiedlungen oder ganzen Stadtteilen auch Soziale Netzwerke unterstützt werden.

- **Integration in Stufen:**

Umfassende, schlagartige Veränderungen der Wohn- oder lebensumgebung sind vom „wohnpsychologischen“ Standpunkt her insbesondere für älter werdende Menschen unverträglich und zudem meist mit einem enormen punktuellen Kostenaufwand verbunden. Der Baukasten sollte daher so ausgelegt sein, dass er eine stufenweise Integration fördert.

- **Technologie- /Servicepakete:**

In Bezug auf den Baukasten sollten Technologie- und Servicepakete (ggf. auch herstellerübergreifend) gebildet werden. Solche Pakete können sich auf verschiedene Bedarfsfälle oder auch auf verschiedenen Krankheitsstufen beziehen. Pakete sollten hier nicht nur rein assistive Module sondern immer auch präventive Technologien enthalten. Technologiepakete würden den Kunden zudem die Auswahl bzw. das Zusammenstellen der meist komplexen AAL-Technologien wesentlich erleichtern.

- **Continuous Customization:**

Da sich die anvisierte Nutzergruppe über die Zeit hinweg dynamisch verändert ist es unbedingt notwendig ein modulares Baukastensystem zu entwickeln, das eine entsprechende, ständige Adaption erlaubt. Die Adaption kann zu einem gewissen Grad durch durch integrierte Mikrosystemtechnik bzw. Software (vgl. 2.8) bewerkstelligt werden. Ab einer gewissen Änderungsgrad wird jedoch der Austausch von Hardware bzw. anderen ganzen Subsystemen notwendig werden. Über integrierte CAFM Systeme kann der Austausch/Anpassung der Module gemanagt werden und als ein Servicegeschäft (aufbauend auf der offebnen Modularität des Baukastens) die eigentliche Wertschöpfung generieren.

## 4. Schlussfolgerung

Die Umsetzung von Mass Customization ist für bestehende Industrien häufig schwierig, da die bereits eingeführten Produkt- und Organisationsstrukturen hierfür nicht nur weiterentwickelt sondern grundlegend verändert werden müssen. Der AAL-Markt hingegen hat eine relativ junge Industrie, mit Produktstrukturen wird derzeit noch experimentiert und Industrie-, Herstellungs- und Vermarktungsprozesse befinden sich noch im Aufbau: ideale Voraussetzungen um neue und hocheffiziente Strategien aus dem Bereich Mass Customization einzuführen. Die in Abschnitt 2 dargestellten Beispiele für Produktstrukturen, Fertigungsstrategien, Konfigurationsprozesse, Konfiguratoren, Lebenszyklusmanagement und Lebenszyklusservices stellen Ansätze zur rentablen, großindustriellen und individuellen Fertigung von AAL-Wohnumgebungen dar. AAL-Wohnumgebungen können mit einem entsprechenden, offenen Ordnungssystem versehen (vgl. Abschnitt 3), sinnvollerweise ständig an die sich ändernden Bedürfnisse der alten Menschen angepasst werden (Continuous Customization) und damit zu einem „Motor“ für die gesamte AAL-Industrie werden (Continuous Services). Die dargestellten Beispielstrategien werden derzeit am Lehrstuhl für Baurealisierung und Informatik auf Relevanz und Übertragbarkeit auf den Bereich AAL analysiert. Ebenso wird der Baukastenansatz parallel in Einzelversuchen und Forschungsprojekten verifiziert.

## 4 Literatur

- [1] Freitag, L.: GdW-Wohntrends 2020 und aktuelle Entwicklungen im vernetzten Wohnen (2009) 2. Deutscher AAL Kongress, Berlin
- [2] Meyer, S.: Der Nutzer im Zentrum: Anforderungen, Wünsche, Erfahrungen (2009) 2. Deutscher AAL Kongress, Berlin
- [3] Hartmann, A.: Anforderungen an vernetzte Systemlösungen aus Sicht der Wohnungswirtschaft (2009) 2. Deutscher AAL Kongress, Berlin
- [4] Piller, F.T.: Mass Customization (2006) Deutscher Universitätsverlag,
- [5] Linner, T., Bock, T.: Smart Customization in Architecture: towards customizable intelligent buildings, Conference on Mass Customization, Personalization and Co-creation (2009) Helsinki
- [6] SEKISUI CHEMICAL CO., LTD., Housing Division (2008) Japan
- [7] Toyota Motor Corporation/ Toyota Home (2008) Japan
- [8] Volkswagen: [www.volkswagen.de](http://www.volkswagen.de) (2009)
- [9] Wichman, H.: System Design: Fritz Haller, Basel, Birkhäuser Verlag (1989)
- [10] Fritz Haller Bauen und Forschen GmbH, Digitales Bauen GmbH: Armilla, Planungswerkzeug für hochinstallierte Gebäude (2005) [www.digitales-bauen.de](http://www.digitales-bauen.de)
- [11] Ysel, Certusoft USA: Customizing Truck Dashboard and Frame Layout, Conference on Mass Customization, Personalization and Co-creation (2009) Helsinki
- [12] Furuse, J., Katano, M.: Structuring of Sekisui Heim automated parts pickup system (HAPPS) to process individual floor plans, ISARC (2006) International Symposium on Automation and Robotics in Construction, Japan
- [13] Bock, T., Linner, T.: Service Oriented Design (2009) 2. Deutscher AAL Kongress, Berlin
- [14] Müller, H., Neidal, E.: Erfolgreiche Gebäudebewirtschaftung (2008)
- [15] Sekisui House Corp. (2009) Japan
- [16] Sekisui Heim "System Reuse House" (2008), Japan
- [17] Shneiderman, B.; Plaisant, C.: Designing the User interface- strategies for effective human-computer interaction, Pearson Verlag
- [18] Bock, T., Linner, T.: Ambient Innovation Robotics (AIR). Ed.: Technik in Bayern, VDI, Heft 4, Seite 37, Juli/August 2009.
- [19] Bock, T., Linner, T.: Structural Changes and Technology Utilization in German Construction, in JCMA, Japan Construction Mechanization Association (2009) Japan
- [20] Forschungsbericht Entwicklung flexibler Ausbauwände (I-2000/083)
- [21] Bock, T.: Industrialization, Prefabrication, Modularization in EU – Ed.: International Symposium of China Housing Sustainable Development and Industrialization /Modularization, (2008) pages 17 - 37. Beijing, China