

UbiComp-Kaizen

Von der Fakultät für Architektur der
Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen
zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Ingenieurwissenschaften
genehmigte Dissertation

vorgelegt von
Odilo Schoch

aus
Schwäbisch Hall

Berichter: Universitätsprofessor M. Arch. Peter Russell
Universitätsprofessor Dr.-Ing. Robert Schmitt

Tag der mündlichen Prüfung: 25. Februar 2009

Diese Dissertation ist auf den Internetseiten
der Hochschulbibliothek online verfügbar.

DANK

Ich danke meinen Eltern, die mir diesen bisherigen Lebensweg ermöglichten.

Den zahlreichen Wegbegleitern, welche mir mit ihrer Unterstützung halfen, diese Dissertation zu formen, gelten ebenso mein Dank und meine Anerkennung.

Insbesondere meine beiden Betreuer, Universitäts-Professor Peter Russell und Universitäts-Professor Dr.-Ing. Robert Schmitt, trugen durch ihre Kompetenz und präzisen Fragen zum Erfolg dieser Promotion bei.

ZUSAMMENFASSUNG

Diese Arbeit beschreibt die erfolgreiche Entwicklung eines Werkzeugs für Architekten zur Qualitätssicherung im Entwurf computerintegrierter Hochschulbauten. Das Werkzeug heißt ‚Ubicomp-Kaizen‘. Es basiert auf der japanischen Managementphilosophie ‚Kaizen‘, die primär in der Automobilindustrie Verwendung findet. Ein bekanntes Derivat ist das Toyota Produktionssystem. Ubicomp-Kaizen hat zum Ziel, die Anforderungen der digital vernetzten Gebäude- und Medientechnik (dem ‚Ubiquitous Computing‘, bzw. ‚Ubicomp‘) im Gebäudeentwurf zu berücksichtigen. Um dies zu erreichen, werden Aspekte aus beiden Bereichen in den Prozess der Qualitätssicherung integriert. Ausgehend von einem Lastenheft werden unter Verwendung des Werkzeugs Konsequenzen für den Entwurf in ein Pflichtenheft integriert. Die Anwendung des Werkzeugs hat positive Auswirkungen auf die Qualität des Entwurfs sowie den ressourcenoptimierten Betrieb des Gebäudes.

Die Innovationen durch diese Dissertation sind wie folgt: Im Bereich des Gebäudeentwurfs wird eine Qualitätssicherung für das junge Thema ‚Ubicomp‘ integriert. Im Bereich des Qualitätsmanagements wird ein Werkzeug zur Erarbeitung des immateriellen Produkts ‚Entwurf‘ entwickelt. Im Bereich der digitalen Gebäudeinformationsmodellierung (Building Information Modelings, BIM) wird eine Erweiterung der sog. IFC-Klassen vorgeschlagen.

Die zugrunde liegende Frage der Arbeit lautet: „Wie können Architekten die Anforderungen und Dienste des ‚Ubicomp‘ beachten, obwohl sie ungenügende Kenntnisse über deren variablen Anforderungen haben?“ Die Resultate der Anwendung von Ubicomp-Kaizen sind Gebäude mit weniger Planungsfehlern hinsichtlich digital vernetzter Geräte und Dienste. Ubicomp-Kaizen verbindet die Managementphilosophie ‚Kaizen‘ sowie das ‚Quality Function Deployment (QFD)‘ mit Gebäudeentwurf, Ressourcenmanagement und Ubicomp.

Die Arbeit wird aus der Sicht eines generalistisch denkenden Architekten auf Ubicomp entwickelt. Um dies zu erreichen, wird Ubicomp zu einem Bauteil erklärt. Es wird nur das Gebäude von der Hülle bis zu Details betrachtet. Dies entspricht den in der Architektur üblichen Planungsmaßstäben von ca. 1:500 bis 1:10. Die betrachteten Bautypologien sind akademische Bauten, ausgenommen hoch technisierte Laborbauten. Die Arbeit basiert auf Erfahrungen und Anforderungen, wie sie in den Ländern Deutschland, Österreich und der Schweiz üblich sind.

Schlüsselworte: Architektur, Entwurf, Planung, Prozessanalyse, Gebäudebetrieb, ubiquitous computing, pervasive computing, intelligente Gebäude, Qualitätsmanagement, QFD Quality Function Deployment, Kaizen, Kanban, Toyota Produktionssystem, Ressourcen, Simulationen, Nachhaltigkeit, Systemdesign, Optimierung.

EXECUTIVE SUMMARY

This paper describes the successful development of a tool for use within architectural design. The tool is named 'Ubicomp-Kaizen'. It enables quality control for the design of computer integrated academic buildings. Based on the principles and methods of the Japanese management philosophy 'Kaizen', it aims for the holistic consideration of heterogeneous demands of both building and digitally networked building- and media-services (known as 'ubiquitous computing' or 'Ubicomp'). In order to achieve this goal, aspects of both areas are integrated into one tool. Concepts based on Kaizen are mainly applied in the car manufacturing industry. The philosophy is as well the foundation of the more public Toyota Production System. When applying Ubicomp-Kaizen, requirements of building design and Ubicomp are compiled into the technical specifications. The use of the tool generates positive impact on both the design quality and the resource-optimized operation of a building.

Innovations of this paper are: In the field of building design, a method for quality control is set up in order to integrate demands of the upcoming topic of Ubicomp. In the field of quality management, a tool for the elaboration of an immaterial product such as a 'design' is developed. In the field of digital Building Information Models (BIM) an extension of the so called IFC-classes is proposed.

The underlying question of this paper is: "How can architects handle the demands and services of Ubicomp, despite their weak knowledge of this fast-changing topic?" The application of Ubicomp-Kaizen generates solutions towards the integration of digitally networked devices and services. It networks existing tools based on the Kaizen philosophy such as 'quality function deployment (QFD)' with building design, resource management and Ubicomp.

The paper is elaborated based on the point of view of a holistically arguing architect on Ubicomp. In order to achieve this foundation, Ubicomp is defined to be a novel constructional element. The design considers the building only from building envelope to detailing. This relates to usual design scales from 1:500 to 1:10. The focussed building types are academically used buildings except specialized buildings such as laboratories. The paper is based on experiences and standards from Germany, Austria and Switzerland.

Keywords: architecture, building design process, building operation, ubiquitous computing, pervasive computing, smart buildings, quality management, QFD Quality Function Deployment, Kaizen, Kanban, Toyota Production System, resources, simulations, sustainability, system design, optimization.

论文摘要

论文陈述一项名为“Ubicomp-Kaizen”（普适计算又称普存计算、普及计算-改善）的建筑设计工具的成功开发。该工具使得通过整合学术性建筑的计算机质量控制方法成为可能。基于日本“Kaizen”管理的原理及方法论，论文以全盘兼顾解决建筑、电子网络建筑工程及多媒体技术（被誉为“普存计算”或是“普适计算”）的诸多需求为目标，并为实现该目标而将上述领域内涵归并至单个设计工具中。基于“Kaizen”的理论大都用于汽车制造行业，该原理同时作为“丰田生产系统”的基础为公众所知。在开发“Ubicomp-Kaizen”工具过程中，建筑设计和普适计算的需求规格说明合为技术性规格说明，该设计工具的使用将对建筑设计质量及资源优化的建筑运营过程带来积极影响。

本论文的创新在于：在建筑设计范畴，质量控制方法的建立旨在把即将到来的普适计算需求综合一体；在质量管理领域，开发了适用于匠心独具的非物质产品创造过程——比如“设计”——的工具；在电子建筑信息模型（BIM）范围，提出一种称为 IFC 类别的延伸。

论文最基本的问题是：“建筑师在不甚了解普适计算这一日新月异的技术的情况下，如何应对与之相关的服务和需求？”对 Ubicomp-Kaizen 的开发，产生了整合电子网络设备与服务的解决方法，这些网络方法都建立在 Kaizen 概念的基础上，比如，建筑设计中的“质量功能调度”（QFD），资源管理以及普适计算。

论文从一种全局的视角详细诠释普适计算中的建筑问题。为建立这一基础，普适计算被定义为一种新型的构造元素，其中的设计仅牵涉到从外围护结构设计到建筑细部设计，相关的建筑比例范围为 1:500 到 1:10，建筑类型主要聚集于专业建筑，如实验室等的学术性建筑。论文所用方法来自于经验及德国、奥地利和瑞士的建筑规范。

关键词：建筑，设计，规划，建筑运营，普适计算，普存计算，智能建筑，质量管理，质量功能调度 QFD, Kaizen, 改善, Kanban, 看板, 丰田生产系统，资源，模拟，可持续性，系统设计，过程优化。

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
Executive Summary	5
论文摘要	6
Begriffe, Formulierungen und Abkürzungen	10
Motivation und Hintergrund	13
 1. Einführung	 15
1.1 Ziel	17
1.2 Abgrenzung und benachbarte Bereiche	19
 2. Methode	 31
2.1 Gliederung	31
2.1.1 Erläuterung	31
2.1.2 Diskussion der Methode	32
 3. Stand des Wissens	 35
3.1 Qualitätsmanagement	35
3.1.1 Phasen der Produktentwicklung	36
3.1.2 Japanische QM-Konzepte	37
3.1.3 Qualitätsmanagement in Bezug auf Gebäudeentwurf	49
3.1.4 Qualitätsmanagement in Bezug auf Ressourcen	52
3.1.5 Qualitätsmanagement in Bezug auf Ubicomp	53
3.1.6 Einschränkungen des Qualitätsmanagement	54
3.2 Gebäudeentwurf	56
3.2.1 Evaluation von Aspekten des Gebäudeentwurfs	59
3.2.2 Gebäude als Dienstleistung	59
3.2.3 Aufgaben des Architekten	60
3.2.4 Raumeinheiten und Unterteilung	62
3.2.5 Gebäudeentwurf in Bezug auf Qualitätsmanagement	63
3.2.6 Gebäudeentwurf in Bezug auf Ressourcenmanagement	68
3.2.7 Gebäudeentwurf in Bezug auf Ubicomp	72
3.2.8 Einschränkungen des Gebäudeentwurfs	76
3.3 Ressourcenmanagement	79
3.3.1 Relevante Ressourcen	82
3.3.4 Ressourcenmanagement in Bezug auf Qualitätsmanagement	83
3.3.5 Ressourcenmanagement in Bezug auf Gebäudeentwurf	84
3.3.6 Ressourcenmanagement in Bezug auf Ubicomp	88
3.3.7 Einschränkungen des Ressourcenmanagements	90
3.4 Ubicomp	91
3.4.1 Kontextuelle Informationen	94
3.4.2 Ubicomp in Bezug auf Qualitätsmanagement	96
3.4.3 Ubicomp in Bezug auf Gebäudeentwurf	98
3.4.4 Ubicomp in Bezug auf Ressourcen	102
3.4.5 Einschränkungen von Ubicomp	103
3.5 Aspekte der Zeit	105
3.5.1 Entwicklung des Projektwissens	105
3.5.2 Lebenszyklen haptischer und virtueller Bauteile	107
3.5.3 Heuristik	109
3.6 Diskussion zum Stand des Wissens	110

4. Ausarbeitung des Ubiomp-Kaizen	115
4.1 Kerneigenschaften	115
4.1.1 Kerneigenschaften des Qualitätsmanagements	115
4.1.2 Kerneigenschaften des Gebäudeentwurfs	116
4.1.3 Kerneigenschaften des Ressourcenmanagements	117
4.1.4 Kerneigenschaften des Ubiomp	117
4.2 Verknüpfen der Kerneigenschaften	118
4.2.1 Analyse der Verknüpfung	119
4.2.2 Diskussion der Verknüpfung	120
4.3 Systematisierung	123
4.3.1 Entwicklung des Systems	125
4.3.2 Analyse der Komponenten	126
4.3.3 Konkretisierung	128
4.3.4 Beispiel Raumreservierung	130
4.3.5 Diskussion Systematisierung	132
4.4 Formalisierung	132
4.4.1 Beispiel SIA D0216 Effizienzpfad Energie	133
4.4.2 Konkretisierung des Ubiomp-Kaizen	134
4.4.3 Diskussion der Formalisierung	141
4.5 Integration in IFC und BIM	143
4.5.1 IFC und Ubiomp-Kaizen	146
4.5.2 Domainerweiterung im Sinne des Ubiomp-Kaizen	148
5. Nachweis	151
5.1 Nachweis im Gebäudeentwurf	151
5.1.1 Vergleichende Disziplin	151
5.2 Bewertung und Diskussion	153
6. Schlussfolgerung und Ausblick	157
Bibliographie	158
Bildnachweise	161
Urheber- und Markenrechte	161
Anhang A	162
A.1 EWSN Installation	162
A.2 ETHWorld Projekt Building IP – Hörsaal der Zukunft	163
A.2.1 Digitales Türschild	163
A.2.2 tRoom in HIL E69.1	165
A.3 Villa Garbald, Schweiz	166
A.4 Shangdi-MOMA, Peking	169
A.6 Blue-C-II	171
A.6 MAS Thesis Wohnforum	174
Anhang B	175
B.1 Rauminformationssystem der ETH Zürich.	175
B.2 Nachhaltigkeit Science City Schwerpunkte und Maßnahmen	177
Lebenslauf	178

BEGRIFFE, FORMULIERUNGEN UND ABKÜRZUNGEN

Die Formulierungen im Text verwenden die männliche Form, ohne diskriminieren zu wollen. Es werden demnach auch Architektinnen, weibliche Bauherren, etc. berücksichtigt.

Die Bezeichnung ‚Architekt‘ wird im offeneren Sinne verwendet als jene Personengruppe, welche eine durch bundesdeutsche Kammergesetze geschützte Berufsbezeichnung haben. D.h. jeder, der gesamthafte entwurfsbezogene Aufgaben an Hochbauten vollbringt, wird im Kontext dieser Arbeit meist als ‚Architekt‘ und teilweise als ‚Planer‘ bezeichnet. Da diese Arbeit im Kontext des deutschsprachigen Kulturraumes erfolgt, kann die Regulierung der Berufsbezeichnung durch bundesdeutsche Kammerverordnungen nicht berücksichtigt werden. Der Architekt ist als Akteur zu verstehen, der ‚Entwerfer‘, ‚Bauleiter‘, ‚Bauzeichner‘, ‚Projektleiter‘, ‚Koordinator‘, ‚Organisator‘, ‚Kalkulator‘, ‚Bauherrenvertreter‘, ‚Planer‘, etc. ist.

Der Entwurf von Gebäuden wird als Prozess verstanden. Die Planung wird als die zeichnerische, textgebundene und numerische Dokumentation eines Pflichtenheftes verstanden, welches klare Aussagen über Qualitäten des zu erstellenden Gebäudes enthält. Insbesondere andere Kulturräume und benachbarte Disziplinen definieren den Leistungsumfang von Entwurf und Planung andersartig.

Es wird ausdrücklich nicht der Begriff ‚Architektur‘ als Synonym für ‚ein Gebäude‘ verwendet, da Architektur im Verständnis des Autors mit formalen und ästhetischen Belangen belegt ist. Diese Arbeit fokussiert auf den Entwurf von Gebäuden, d.h. eine gesamtheitliche Aktivität, welche aufgrund von Simulationen der Konstruktionsprozesse und Nutzungsabläufe eine Struktur definiert, die den einem Grossteil der Vorgaben entspricht. Ob diese Gebäude als Architektur definiert werden, ist nicht Thema dieser Arbeit.

Mit dem Begriff ‚Hochschulbauten‘ werden Gebäude für private oder öffentliche Institutionen des tertiären Bildungsbereichs beschrieben. Dies sind im deutschsprachigen Bereich beispielsweise Fachhochschulen, kirchliche Hochschulen, technische Hochschulen, Kunstakademien, Wirtschaftshochschulen, Bildungseinrichtungen von Unternehmen, etc.

Der Anglizismus ‚Ubicomp‘ wird verwendet als Beschreibung von Diensten und Geräten im Kontext allgegenwärtiger Rechnerleistung in der physischen Umgebung. Da diese Formulierung teilweise schwerfällig ist, wird die Abkürzung ‚Ubicomp‘ des weithin bekannten Themas des ‚ubiquitous computing‘ (auf deutsch etwa ‚allgegenwärtige Datenverarbeitung‘) verwendet.

Verwendete Abkürzungen sind:

- CAAD = Computer Aided Architectural Design, auf Deutsch etwa: ‚Computerunterstützter Gebäudeentwurf‘.
- Deutschland = Bundesrepublik Deutschland
- ETH Zürich = Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
- FM = Facility Management, auf Deutsch etwa: Verwaltung und Bewirtschaftung von Gebäuden, Anlagen und Einrichtungen.
- Österreich = Republik Österreich
- QM = Qualitätsmanagement
- RWTH Aachen = Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
- Schweiz = Schweizerische Eidgenossenschaft inkl. Kantone
- TPS = Toyota Produktionssystem
- Toyota = der Gesamtkonzern, aber mit Fokus auf jene Unternehmen, die in der Automobilfertigung und -zulieferung aktiv sind.
- Ubicomp = ‘Ubiquitous Computing’, auch ‘ubi-comp’
- WLAN = ‚Wireless Local Area Network‘, drahtloses, lokales Netzwerk zur Datenkommunikation über Funk.

MOTIVATION UND HINTERGRUND

Der Autor dieser Arbeit erhielt 2001 den Titel ‚Diplom Architekt‘ an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich. In den Jahren 2006 bis 2008 entstand diese Dissertation bei Universitäts-Professor Peter Russell an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen am ‚Lehr- und Forschungsgebiet Computergestütztes Planen in der Architektur‘, Fakultät für Architektur. Koreferent ist Universitäts-Professor Dr.-Ing. Robert Schmitt, Inhaber des Lehrstuhls für ‚Fertigungsmesstechnik und Qualitätsmanagement‘, sowie Direktor des Werkzeugmaschinenlabors WZL der RWTH Aachen. Beide Personen übernehmen die Rolle der Betreuer und Berichtser.

Nachfolgend aufgelistete Aktivitäten hatten starken Einfluss auf den Inhalt dieser Arbeit. Die langjährige Mitarbeit des Autors im Architekturbüro der Eltern prägte schon frühzeitig das Verständnis von realen Bauprojekten, sowie Entwurfs- und Bauprozessen. Nach dem inspirierenden Studium ermöglichten die Praxiserfahrungen im Büro der Eltern und im Büro GramazioJörgensenKohler in Zürich die Anwendung des erworbenen Wissens. Die anschließende selbständige Forschung und der aktiv praktizierte Unterricht von Nachdiplomstudierenden an der Professur für CAAD im Departement Architektur der ETH Zürich bei Prof. Dr. Ludger Hovestadt ermöglichten die punktuelle Vertiefung des inhaltlich breiten Themas ‚Der Rolle des Computers in der physischen Umwelt‘. In dieser Zeit begannen Untersuchungen und Überlegungen, die nachfolgend zitiert und ausgearbeitet werden. Zahlreiche Thesen wurden im Rahmen von internationalen Forschungsreisen und Konferenzen diskutiert.

Von 2004 bis 2006 absolvierte der Autor parallel zur Forschungstätigkeit ein Masterprogramm (MAS) bei Professor Dietmar Eberle an dessen Wohnforum im Departement Architektur der ETH Zürich. Der Titel der Diplomarbeit ist verbunden mit der Thematik dieser Dissertation: „Der gestalterische Einfluss digital vernetzter Gebäude und Medientechnik auf den Wohnraum“¹. Das Ergebnis jener Untersuchung ist, dass sich direkt keine oder nur geringe Veränderungen des Wohnraums aufgrund des Ubicomp abzeichnen werden. Allerdings können die sekundären und tertiären Einflüsse sehr stark sein. Die anschließende praktische Tätigkeit in den Architekturbüros von Baumschlager-Eberle an den Standorten Peking und St. Gallen eröffnete Einblicke in einen bemerkenswert strukturierten Entwurfsansatz. Die akademische Tätigkeit in Zürich und Aachen sowie die Praxiserfahrungen wurden durch die Zusammenarbeit mit Professor Peter Russell weitergeführt, verfeinert und erheblich konkretisiert. Durch die kritischen Fragen von Professor Dr.-Ing. Robert Schmitt wurde mein bisheriges Verständnis von ‚Prozessen‘, ‚Methoden‘ und ‚Qualität‘ stark erweitert und präzisiert.

¹ Schoch, O. [1], 2005



Abbildung 1: Informationskiosk im International Finance Centre in Tokio als zentraler Punkt für individuelle und persönliche Informationsvermittlung, Tokio, Japan, 2006.

1. EINFÜHRUNG

Üblicherweise haben Architekten für Entwurf, Planung und Realisierung von Gebäuden eine Vielzahl von Anforderungen aus unterschiedlichen Disziplinen zu integrieren. Die Anforderungen sind beispielsweise in den Bereichen Tragkonstruktion, Gebäudetechnik, Recht, Kosten, Gebäudebetrieb, etc. verankert. Jeder dieser Bereiche hat unterschiedliche Auswirkungen auf detaillierte Aspekte des zu realisierenden Gebäudes, wie Erstellungskosten, Betriebskosten, Lebensdauer, zu erreichender Komfortgrad, Form, Dimension und Materialität, etc.

Die Stärke der einzelnen Auswirkungen erkennen Architekten meist im Dialog mit weiteren Beteiligten. Im Anschluss an diese interdisziplinäre Diskussion werden Schlussfolgerungen formuliert und eventuelle Konsequenzen erwägt. Verallgemeinert kann von Kundenforderungen gesprochen werden, die durch die Arbeit der Architekten und seiner Partner in ein Pflichtenheft übersetzt werden. Idealerweise werden im Verlauf dieses Prozesses neue Informationen generiert. In Folge reduziert sich die Größe des projektbezogenen Lösungsraumes und erhöhen sich eine oder mehrere Qualitäten des zu konstruierenden Gebäudes. Zunächst ist das zu erstellende Produkt ein Pflichtenheft in Form von Zeichnungen und Leistungsverzeichnissen. Teilweise sind die Inhalte dieser Kommunikationsmedien vordefiniert, was die Qualität des Gebäudes ebenso beeinflusst.

Die Qualität von Gebäuden hängt zunehmend mit Anforderungen an Komfort und Sicherheit zusammen. Durch Technologie lassen sich viele dieser Anforderungen umsetzen. Insbesondere Hochschulbauten bieten zusätzlich spezialisierte Dienstleistungen an, die mit Technologie umgesetzt wird. Seit einigen Jahren sind diese Komponenten informationstechnisch vernetzt. Durch den Austausch von Informationen und deren rechnergestützter automatisierten Verarbeitung entstehen neue, digital vernetzte Dienstleistungen. Gemeinhin werden diese digital vernetzten Dienstleistungen im Begriff des ‚ubiquitous computing‘ bzw. ‚Ubiomp‘ zusammengefasst. Deren Basis sind elektronische Geräte, welche bezüglich Form und Präsenz meist klein und unscheinbar sind. Sie sind aber miteinander und mit der Umwelt über drahtgebundene oder drahtlose Technologien verbunden. Dabei entstehen Dienstleistungen, welche bestehende ersetzen und teilweise ein gänzlich neuartiges Dienstleistungsangebot schaffen. Diese Dienstleistungen haben teilweise direkten Einfluss auf die Gestalt eines Gebäudes, da sie konkrete Anforderungen stellen. Andererseits können sie auch indirekt Einfluss auf das Gebäude nehmen, indem beispielsweise das Nutzerverhalten im Gebäude verändert wird, was zu veränderten Anforderungen and die Räume führt. Beispiele hierfür sind verteilte digitale Temperatursensoren, die bestehende Technologien ersetzen und drahtlose Datenkommunikation, welche Nutzern teilweise an beliebigen Orten eine Infrastruktur wie am klassischen Arbeitsplatz ermöglicht. Diese drahtlose Datenkommunikation erfordert allerdings die Installation von Antennen, und ein Arbeitsplatz hat andere Anforderungen and Größe und Ergonomie als beispielsweise jene,

die der übliche Küchentisch bieten kann. Dieses Beispiel zeigt einen einfachen Aspekt des Ubicomp. Zudem werden die entwurfsrelevanten Parameter des Ubicomp meist von Fachplanern festgelegt. In der Vernetzung haben diese Dienstleistungen aber teilweise starken Einfluss auf den Entwurf. Einerseits fehlt es Architekten am Wissen um diese Dienste und ihre Auswirkungen, andererseits fehlen Werkzeuge, die eine qualitativ hochwertige Integration in den Entwurf ermöglichen.

Die produzierende Industrie entwickelte vor allem seit den 1950er Jahren Werkzeuge, welche ein permanentes Qualitätsmanagement (QM) in den Phasen der Entstehung und Produktion eines Produktes ermöglicht. Insbesondere japanische Methoden haben starken Einfluss auf das aktuelle QM genommen, indem sie Prinzipien wie Kundenorientierung, Hol-Systematik und Aufgliederung in kleinere Einheiten formulieren. Daraus entstanden verschiedenartige Modelle des QM. Ziel einiger Modelle ist, beispielsweise zufriedene Kunden zu haben bei gleichzeitig kostengünstiger Produktion. Der mögliche Kundenkreis wird sehr weit gefasst, so dass es interne und externe Kunden gibt. Ebenso können spezifische und beabsichtigte Eigenschaften als ‚Kunde‘ auftreten. Der Ansatz dieser japanischen Methoden beginnt mit einem präzisen Wissen möglichst aller beteiligten Faktoren und deren gegenseitigen Einflussnahme. Dieses Wissen sollte nach Möglichkeit besser sein als jenes der Mitbewerber. Es wurden Werkzeuge entwickelt, die bei gleich bleibender oder besserer Qualität des Produkts den Lösungsraum der Entwicklungsmöglichkeiten überschaubar halten. Diese Werkzeuge sind im jeweiligen Kontext einer Aufgabe neu zu adaptieren, folgen aber grundsätzlichen Erkenntnissen.

Die vorliegende Arbeit beabsichtigt die Verwendung und eventuelle Anpassung einiger dieser Werkzeuge für ausgesuchte Anwendungen im Gebäudeentwurf.

Auf zwei Beobachtungen basiert die Erkenntnis, dass die eigentlich unsichtbare Technologie des Ubicomp ein Gebäude gestalterisch beeinflussen kann. Einerseits haben neuartige Bautechnologien wie jene des mechanischen Personenaufzugs, des elektrischen Lichts, des Stahlbetons oder der Lüftungstechnik Einfluss auf Gestalt und Dimension genommen. Es entstanden sogar neue Gebäudetypologien. Andererseits hat Ubicomp beispielsweise Einfluss auf das Nutzerverhalten, auf Raumnutzung oder das Funktionsangebot von Gebäuden². Der Autor sieht Ubicomp als eine zusätzliche Technologie, welche in dem bisherigen Diskurs der Abhängigkeiten und Gewichtungen innerhalb eines Entwurfes durch Architekten und Planer berücksichtigt werden muss. Dabei ist nicht nur die Technologie in Form seiner Geräte zu betrachten, sondern vor allem seine Dienstleistungen sind auf ihren Einfluss auf den Entwurf zu untersuchen.

Die Thematisierung von Ubicomp im Gebäudeentwurf wirft einige Schwierigkeiten auf. Es ist beispielsweise das geringe Erfahrungswissen, das in der Neuartigkeit der Technologie und ihrer Dienstleistungen begründet ist. Außerdem unterscheidet sich das Lebenszyklusmodell stark von klassischen Bauteilen. Die Dienste des Ubicomp können mittels Softwareaktualisierungen meist ohne bauliche Eingriffe verändert werden. Diese Änderungen können zudem beinahe sekundlich durchgeführt werden, was bisherige physische Bauteile im Gebäude nicht konnten. Diese

² Schoch, O. [3], 2006

Unklarheit wird üblicherweise als Gefahr für eine hohe Entwurfsqualität gesehen.

1.1 Ziel

Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines Werkzeugs, welches auf den Prinzipien meist japanischer Qualitätsmanagement-Methoden aufbaut, um baulich relevante Anforderungen des Ubicomp im Gebäudeentwurf zu berücksichtigen. Das Werkzeug wird ‚Ubicomp-Kaizen‘ genannt. Es wird auch die sekundären und tertiären Einflüsse des Ubicomp berücksichtigen, indem es diese quantitativ ermittelt und bewertet.

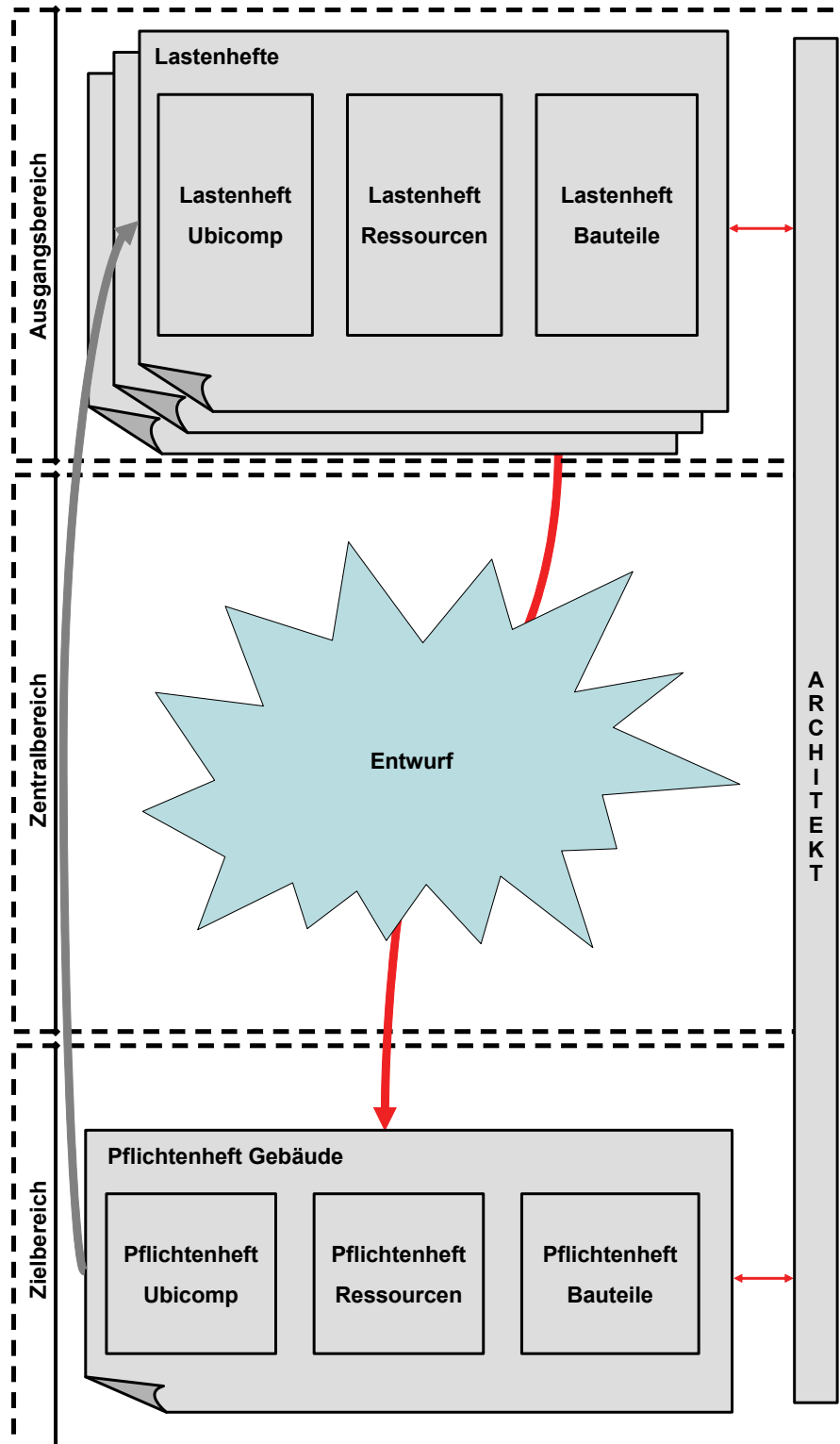


Abbildung 2: Schema des Ausgangspunktes. Ziel ist die Erarbeitung eines neuen Werkzeuges für den zentralen Bereich „Entwurf“.

UbiComp-Kaizen verknüpft bestehende Methoden und Werkzeuge des QM, welche in jüngerer Zeit vor allem durch den wirtschaftlichen Erfolg des Automobilproduzenten Toyota in eine breitere Öffentlichkeit getreten sind. Toyota hat seine QM-Methoden zu einem zentralen Bestandteil des gesamten Unternehmens gemacht. Toyotas Methoden fußen u.a. auf der Managementphilosophie ‚Kaizen‘.

Als formales Ergebnis dieser Arbeit wird ein System präsentiert, welches die strukturierte Ermittlung von Spezifikationen aufgrund heterogener Zielvorgaben ermöglicht. Dieses System wird in einer ersten Phase als analoges Medium formalisiert. In einer zweiten Phase wird die Erweiterung der ‚Industry Foundation Classes‘ (IFC) vorgeschlagen.

Die Innovationen sind im Bereich des Gebäudeentwurfs eine Qualitätssicherungs- und Prüfungsmethode für das junge Thema ‚UbiComp‘. Im Bereich des Qualitätsmanagements liegt die Innovation in der Entwicklung eines Werkzeugs zur Erarbeitung eines immateriellen Produkts. Im Bereich des computerunterstützten Entwurfes (CAAD) werden Erweiterungen für das Datenmodell IFC entwickelt.

1.2 Abgrenzung und benachbarte Bereiche

Der Entwurf eines Gebäudes tangiert zahlreiche Disziplinen. Eine Betrachtung der Nachbarn ist für eine präzise Positionierung des Themas notwendig. Gleichwohl erhebt die nachfolgende Liste keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Abbildung 3 illustriert den thematischen Fokus der Arbeit.

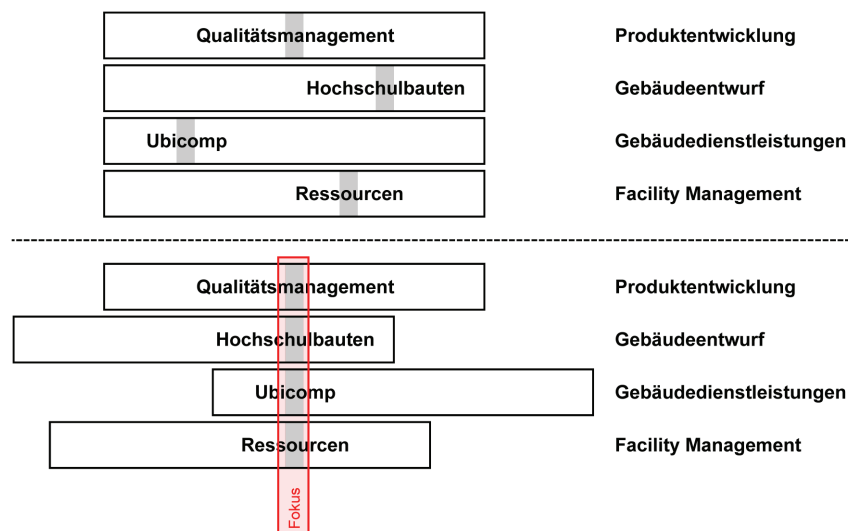


Abbildung 3: Fokus dieser Dissertation.

A) Gebäudetypologien

Eine Beschränkung der Gebäudetypologien wird gemacht, indem nur Hochschulbauten betrachtet werden. Einerseits sind diese meist stärker mit vernetzter Technik ausgerüstet als beispielsweise Sozialwohnungsbauten.

Andererseits konnte der Autor Erfahrung in Forschung, Konzeption und Ausführung von computerintegrierten Hochschulbauten sammeln. Die Arbeit beansprucht nicht Lösungen für hochgradig spezialisierte Hochschulgebäude, wie etwa Laborbauten, Sportbauten oder Versuchsanlagen, zu liefern. In dieser Dissertation betrachtete Bautypen sind Gebäude mit hauptsächlichlicher Nutzung als Auditoriengebäude, Seminarräume, studentischen Arbeitsräume und für Verwaltungsaufgaben.

Die Beschränkung auf wenige Typologien ist in der exemplarischen Untersuchung des heterogenen Gebäudetypus ‚Hochschulbau‘ begründet. Gemeinsam sind ihnen die primäre Nutzung für Forschungs-, Verwaltungs- und Unterrichtszwecke. Es gibt weltweit vergleichbare Anforderungen an Bauten für Bildungseinrichtungen³. Außerdem können beispielsweise flexible, nicht-akademische Bürogebäude zusätzlich zahlreiche Anforderungen von Seminarräumen, studentischen Arbeitsräumen und Verwaltungstätigkeiten erfüllen. Sie sind flexibel.

Zu berücksichtigen ist auch die örtliche Vielfalt von Hochschulbauten. Sie reicht von zentralen Hörsälen am Stammsitz bis hin zu Außenposten fernab der meist ikonographischen Hauptgebäude⁴. Wichtig ist hierbei die Verwendung des Gebäudes für primäre akademische Tätigkeiten der Forschung und Lehre. Hochschulgebäude sind deshalb im Sinne dieser Dissertation jene Bauten, die von einer akademischen Einrichtung genutzt werden. Der Besitzer eines Gebäudes hat zwar rechtlich gesehen viel Mitspracherecht, was im Kontext dieser Arbeit allerdings nicht von Bedeutung ist. Das Hochschulgebäude muss nicht zwingend im Besitz einer Universität sein. Es ist ebenso nebensächlich, welchen nationalen Status die Universität hat und ob es sich um eine staatliche oder private Universität, gewerbliche Bildungsbereiche, Technische Hochschule, Fachhochschule, höhere Lehranstalt, etc. handelt.

Die Auswirkungen von didaktischen Methoden und ihren Unterrichtsvarianten werden ebenso nicht untersucht. Es sei denn sie fundieren bewusst auf den Möglichkeiten des Ubicomp, wie beispielsweise das ‚Pervasive Gaming‘⁵ ⁶ oder das ‚Serious Gaming‘, welches auf die Verwendung meist digital vernetzter mobiler Technologien in physischer Umgebung zur Wissensvermittlung setzt. Andere didaktische Konzepte werden als übliche Kundenforderung in das Lastenheft des Gebäudeentwurfs aufgenommen.

B) Facility Management

Facility Management beschreibt „einen ganzheitlichen, strategischen Rahmen für koordinierte Programme, um Gebäude, ihre Systeme und Inhalte kontinuierlich bereitzustellen, funktionsfähig zu halten und an die wechselnden organisatorischen Bedürfnisse anzupassen.“⁷ Diese Definition wird erweitert um betriebswirtschaftliche und technisch-infrastrukturelle

³ Hierzu werden derzeit u.a. über das Netzwerk der ‚International Alliance of Research Universities‘ (IARU) standardisierte Berechnungsmodelle zum ermitteln der Nachhaltigkeit von Gebäuden ermittelt (<http://www.iaruni.org/activities/researchprojects/energy> : Jan 2008).

⁴ Beispiele sind: die Außenstellen der RWTH Aachen in Oman, des MIT in Singapur, Konferenzzhotel Villa Garbald der ETH Zürich.

⁵ Vgl. von Borries, et. al., 2007, Seiten 302ff.

⁶ Vgl. Walz, S., et. al., 2005

⁷ Dexheimer, T., 2003, Seite 16 .

Belange. Eine Verwendung der Ergebnisse dieser Arbeit im ‚Facility Management‘ ist möglich, aber nicht beabsichtigt. Dies ist vor allem darin begründet, da der Autor weder Betriebswirt noch ‚Facilitymanager‘ ist. Die vorliegende Dissertation maßt sich deshalb nicht an, Facilitymanagern methodische Neuigkeiten zu liefern. Es ist bekannt, dass für ökonomisch betriebene Gebäude bereits in der Entwurfsphase eine Kooperation zwischen Facilitymanagern und Architekten erfolgen sollte. Beide Parteien haben wesentlichen Einfluss auf den Erfolg, betriebstechnisch optimierte Gebäude zu entwerfen⁸. Da die Betriebskosten einer genutzten Immobilie bei derzeitigem Wissen nach ca. 30 Jahren die Investitionskosten desselben Gebäudes übersteigen, sollten die Anforderungen des optimierten Gebäudebetriebes in den Gebäudeentwurf integriert werden. Im Kontext der Arbeit wird davon ausgegangen, dass Simulationen eventuell Bedarfswerte eines Ubiomp-Dienstes ermitteln. Diese Zielvorgaben können als Kundenwünsche in das Ubiomp-Kaizen integriert werden.

C) Integrierter Entwurf

In der Gebäudebewirtschaftung werden Simulationen und digital vernetztes Ressourcenmanagement bereits angewendet, um zukünftige Situationen zu ermitteln. Allerdings wurden bisher realisierte Installationen z.B. im Bereich des vernetzten Flächenmanagements meistens erst nach der Entwurfs- und Planungsphase in die Gebäude integriert⁹, ohne die Vorteile eines holistischen Entwurfs zu nutzen. Dadurch sind eventuell die Chancen des optimierten Flächenmanagements als entwurfsbeeinflussendes Medium zumindest vernachlässigt bzw. ignoriert worden¹⁰.

Im Ergebnis wird Ubiomp-Kaizen auf Möglichkeiten und Anforderungen der Gebäudebewirtschaftung Rücksicht nehmen können, sofern Dienste des Ubiomp dazu Bezug nehmen. Es ist nicht beabsichtigt, beispielsweise energetische Simulationen in das Ubiomp-Kaizen zu integrieren, obwohl dies einem holistischen Entwurfsansatz entspricht. Es wird hier nicht der Nachweis geführt, ob diese Aspekte korrekt berücksichtigt werden können.

D) Simulationen und Messen-Steuern-Regeln

Der zeitgenössische digital vernetzte Gebäudebetrieb verbindet heterogene Themen wie Gebäudetechnik, Bauphysik, Nutzerprofile, Kommunikation, Inhalte, Ressourcenmanagement etc. mittels digital gesteuerten Geräten und Software. Die ist eine Weiterentwicklung der bisherigen Messen-Steuern-Regeln (MSR) der klassischen analogen Gebäudetechnik mit dem Ziel der Ressourcenoptimierung durch Vernetzung bisher solitärer Dienstleistungen¹¹. Die analoge Technik insbesondere älterer Installationen ist meist solitär auf eine Dienstleistung entwickelt worden wie beispielsweise für Zugangskontrolle oder Lüftungssteuerung. Solitäre wie vernetzte Installation haben die Werterhaltung und Schaffung von Behaglichkeiten zum Ziel. Die bauseitige Anwendung des MSR ist vor allem im Bereich der thermischen Konditionierung von Gebäuden auf hohem

⁸ Nagel, U., Seiten 87ff.

⁹ Vgl. www.performancebuildings.ch : Sept 2007

¹⁰ Mallick, Interview 2007

¹¹ Vgl. Kapitel „3.3.6 Ressourcenmanagement in Bezug auf Ubiomp“ und Kell, S. 3

Niveau voraussagbar^{12 13}. Diese Dissertation beschäftigt sich nicht mit energetischen bzw. dynamischen Gebäudesimulation, sondern mit deren Ergebnissen. Sie geht von einer starken Vernetzung und steuerungstechnischer Konvergenz etablierter und neuer Dienstleistungen in Gebäuden aus.

E) Produktions- und Prozessmanagement

Der Gebäudeentwurf wird nicht einer industriellen Produktion gleichgesetzt. Der Gebäudeentwurf ist inhaltlich eher der industriellen Produktentwicklung verwandt, obwohl bei Architekten durch die immer wiederkehrende Erarbeitung von Zeichnungen und Leistungsverzeichnissen bei vielen Gebäudeentwürfen der subjektiven Anschein einer seriellen Produktion aufkommen mag.

Sowohl Architektenleistungen als auch Produktzyklen haben aufeinander folgende Phasen. Architekten haben beispielsweise ein Phasenmodell gemäß der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI)¹⁴. Die Gliederung eines industriellen Produktzyklus weist ebenso Phasen auf¹⁵. Insbesondere die Phase der Projektentwicklung mit ihren Subphasen gleicht in weiten Teilen den Phasen des Gebäudeentwurfs, wenngleich man sich als Architekt öfters eine detailliertere Evaluation und einen definitiven ‚Design-Freeze‘ wünscht, wie sie einer idealen Produktentwicklung vorkommen. Ein Design-Freeze beschreibt den Stopp einer Produktentwicklungsphase per Definition und die Einleitung einer nachfolgenden Phase. Spätere Änderungen an den Spezifikationen sind dabei im idealen Modell nicht möglich.

Die Prinzipien der japanischen Managementphilosophie ist sowohl in den Phasen Produktentwicklung als auch in der Führung der Produktion vorhanden. Ein bekanntes Beispiel ist das Management des Automobilherstellers Toyota. Die Prinzipien werden in „Kapitel 3.1 Qualitätsmanagement“ genauer untersucht.

Diese Arbeit geht weder detailliert auf die physische Produktion von industriellen Produkten ein, noch auf die physische Erstellung von Gebäuden.

F) Kultureller Kontext

Die dieser Dissertation zugrunde liegenden Untersuchungen und Beobachtungen bezüglich Gebäudeentwurf, Ressourcen und Gebäudebetrieb wurden hauptsächlich in Mitteleuropa gemacht.

Gebäude werden als Teil eines kulturellen Verständnisses angesehen. Die Einflüsse von öffentlicher Meinung, persönlichen Präferenzen, individuellen und persönlichen Erfahrungen, Tradition, Geschichte, etc. sind überliefert und teilweise in Gesetzesvorgaben eingeflossen.

Teile der Dissertation lassen sich wahrscheinlich bei Projekten in anderen geographischen Regionen anwenden. Aufgrund des japanischen Ursprungs einiger der untersuchten Methoden des Qualitätsmanagements könnte der

¹² Z.B. die Simulationssoftware TrnSys der Fa. Transsolar, Stuttgart, http://www.transsolar.com/_software/docs/trnsys/trnsys_uebersicht_de.htm : August 2008

¹³ Vgl. Junghans, L., Seiten 36ff.

¹⁴ Vgl. http://www.hoai.de/online/HOAI-Text/teil_2.php#15

¹⁵ Vgl. Wildemann, H.

asiatische Kulturraum für die Anwendung des UbiComp-Kaizen im Entwurf von Gebäuden interessant sein. Die Untersuchungen werden aber nicht darauf ausgeweitet.

Die Methoden des japanisch-basierten Qualitätsmanagements wurden nicht in der Originalsprache der Erstverfasser gelesen sondern in Übersetzungen aus dem Japanischen bzw. Englischen, sowie in Interpretationen und Weiterbearbeitungen deutschsprachiger Autoren. Da diese Ansätze des Qualitätsmanagements insbesondere in Deutschland seit mehr als 20 Jahren erfolgreich angewendet werden¹⁶, wird von einem soliden Verständnis der jeweiligen örtlichen Verfasser ausgegangen. Die Probleme einer Übersetzung der Methoden aus dem japanischen Kontext mit seinen beispielsweise tief verwurzelten, kulturellen Eigenheiten wie kunsthandwerkliche Perfektion in einen mitteleuropäischen Kontext der in den Zünften begründeten Meisterausbildung sind den europäischen Verfassern bekannt¹⁷.

G) Nutzergruppen

Bezüglich der Nutzer von Hochschulgebäuden ist zu vermerken, dass die Hauptnutzer Angestellte, Studierende und eingeladene Gäste sind. Zusätzlich müssen zunehmend private, gewerbliche und institutionelle Nutzer, sowie Nachbarschaften berücksichtigt werden. Diese nutzen über direkte oder indirekte Wege wesentliche Infrastrukturen der Hochschulbauten.

Der Kreis von Nutzern gebäudebezogener Dienstleistungen wird durch die digitale Vernetzung erweitert. Auch Nutzer außerhalb des Gebäudes erweitert können an vernetzten Infrastrukturen teilhaben. Beispiele sind die Übermittlung von Vorlesungen über das Internet oder die Steuerung hoch spezialisierter physischen Maschinen. Die Aura des Gebäudes ist dadurch wesentlich größer als beispielsweise die reine Sichtbarkeit. Diese Nachbarschaften werden ebenso durch UbiComp und Ressourcenmanagement bedient. Beispiele hierfür sind vermietete Rechenleistungen¹⁸, soziale Netzwerke oder akademische WLAN Netze, die für jedermann geöffnet sind, solange nur Dienstleistungen aus dem Hochschulnetz abgerufen werden.

H) Maßstab

Es werden in dieser Dissertation nur Einflüsse auf das Gebäude selbst betrachtet. Das Gebäude selbst wird über die Gebäudehülle begrenzt. Dadurch entsteht beispielsweise die Situation, dass entfernt liegende Energieversorger wie Heizkraftwerke oder die Bebauungsart der Nachbarschaft nicht berücksichtigt werden, obwohl deren Distanz und digitale Ansteuerung wesentlichen Einfluss auf eine Energiebedarfsoptimierung haben kann¹⁹.

¹⁶ Porsche gilt in Deutschland als einer der erfolgreichsten Automobilproduzenten bezüglich dem Gewinn je verkaufter Einheit. Diesen Erfolg wird auch mit der frühen und konsequenten Integration japanischer Managementmethoden in den deutschen Kontext begründet. Vgl. z.B. <http://www.business-wissen.de/organisation/aufbauorganisation/fachartikel/lean-management-eine-frage-der-philosophie.html> : August 2008

¹⁷ Liesegang, D. G.; Seite II

¹⁸ Vgl. z.B. Hochleistungscomputer JUGENE des Forschungszentrums Jülich der Bundesrepublik Deutschland und des Landes Nordrhein-Westfalen.

¹⁹ Schoch, O. [3], 2006; und Anhang A.5.

Die Arbeit geht nicht auf die Gestaltung von Campus bzw. Hochschulanlagen im städtebaulichen Maßstab ein, insbesondere da der Autor von teilweise gravierenden Auswirkungen des Ubicomp auf den Städtebau überzeugt ist. Allerdings würde die Bearbeitung dieser größeren Maßstäbe den Rahmen dieser Dissertation sprengen.

I) Campus

Der Campus als solcher ist von generellem Interesse, da in seiner Gesamtheit eine Vielzahl von Ressourcen ebenso angeboten wie auch benötigt werden. Durch die Vernetzung verschiedener Elemente des Campus entstehen vielfältige Synergien wie beispielsweise die optimierte Auslastung von spezialisierten Räumen wie Hörsälen. Diese Ressourcenangebote und Bedarfswerte werden im Ubicomp-Kaizen als Anforderung berücksichtigt.

Zu beachten ist außerdem, dass die Anzahl der derzeit projektierten Hochschulbauten und Campus weltweit wächst. Höger listet zahlreiche in Planung befindliche Campusprojekte mit Größenordnungen bis zu 200'000 Studierenden²⁰. Die Universitäten in Europa sind mit ihren Hochschulbauten meist mit der Stadt verwoben, wodurch das Thema der Ressourceneffizienz an Bedeutung gewinnt. Auch hier wird Ubicomp einen Beitrag leisten können, indem neuartige Synergien und Optimierungen in den Bestand integriert werden können. So projektiert und realisiert die RWTH Aachen Umstrukturierungen im Stadtzentrum und Erweiterungen am Westbahnhof und der Steinbachstrasse. Die ETH Zürich zeigt mit den Projekten ETH World, ScienceCity und Kulturmeile, dass einerseits der digitale Datenraum als weiterer Campus zu sehen ist, andererseits auch die physische Infrastruktur des 24-Stunden Betriebs von Forschung- und Lehre erfüllen sollte²¹.

Angesichts der Vielschichtigkeit von Ressourcen im Kontext des Entwurfs und Betriebs von Hochschulbauten ist das Thema der nachhaltigen Campusplanung aktuell. Derzeit werden ‚Tabellen‘ erstellt, welche die regional verschiedenen Anforderungen und Ziele der ressourcenbezogenen Bewirtschaftung vergleichbar machen, ohne von ein und derselben baulichen Lösung auszugehen.²²

J) Lebenszyklen und Bauteile

Der zeitliche Einfluss auf Bauteile wird detaillierter in Kapitel „3.5.2 Lebenszyklen haptischer und virtueller Bauteile“ behandelt. Vereinfacht wird der gesamte Lebenszyklus eines Gebäudes als lineare Abfolge von Aktivitäten gesehen: Entwurf, Bau, Betrieb und Entsorgung.

Die präzisierte Betrachtung zeigt, dass Gebäude keine fixen unveränderbaren Artefakte sind. Umbauten, also physische ‚Updates‘ der Bausubstanz, lösen abermals die vorab genannte Kette von Entwurf, Bau, Betrieb und Entsorgung aus. Umbauten haben teilweise eine veränderte Reihenfolge der Aktivitäten. Dieser Umstand wird auch in Normen und Wertermittlungstabellen präzisiert, da die Lebenszyklen und deren Erneuerungen starken Einfluss auf den Wert und die Zustandsbeschreibung

²⁰ Hoeger, K., et. al. Seite 13ff

²¹ http://www.sciencecity.ethz.ch/internationalcompetition/documentation/mainelements_and_measures_DE : Mai 2008

²² Vgl. <http://www.iaruni.org/activities/researchprojects> : Okt. 2007

eines Gebäudes haben. Interessant ist, dass neben dem lokalen Marktwert des Gebäudes vor allem Erfahrungswerte und Lebenszyklusmodelle die Grundlage der Wertermittlung bilden.

Diese Sichtweise der Lebenszyklen in Jahresabschnitten wird durch UbiComp herausgefordert. Theoretisch sind sekundliche Updates der Dienstleistungen mittels Softwareaktualisierung möglich. Diese Diskrepanz ist ein zentraler Punkt dieser Dissertation. Die Ermittlung des Lebenszyklus einer UbiComp-basierten Dienstleistung wird nicht angestrebt.

K) Industrie und Handwerk

Das Ergebnis dieser Arbeit basiert auf Managementmethoden und Werkzeuge, die ihren Ursprung in der Industrie haben. Die Erstellung von Gebäuden an seinem Standort ist allerdings größtenteils eine handwerkliche Leistung. Zwar werden Maschinen eingesetzt, auch werden zunehmend industriell vorgefertigte Produkte verwendet, dennoch ist die materielle Erstellung eines Gebäudes eher mit dem Erstellen eines Prototyps in der Industrie zu vergleichen. Selbst wenn mehrere Gebäude nach exakt demselben Entwurf erstellt werden, ist das noch keine industrielle Produktion. Andererseits ist bekannt, dass die serielle Fertigung der Industrie durch Parametrisierung der Produkte eine Entwicklung in Richtung einer seriellen und teilweise industriellen Unikatproduktion beschreibt²³. Auch gibt es in der industriellen Produktion einen wesentlichen Anteil an personeller Arbeitskraft.

Gemeinsam ist der Bauwirtschaft und der Industrie der stetig steigende Durchsetzungsgrad mit digitalen Medien. Diese Durchsetzung findet sich sowohl in Entwicklung und Fertigung als auch im Betrieb des gefertigten Objekts. Schindler beschreibt in Abbildung 4 exemplarisch die daraus entstehenden Veränderungen für die Fertigung von Gebäuden aus Holz.

²³ Vgl. <http://www.designtoproduction.com/> : August 2008;
<http://wiki.caad.arch.ethz.ch/Education/MAS> : Mai 2008

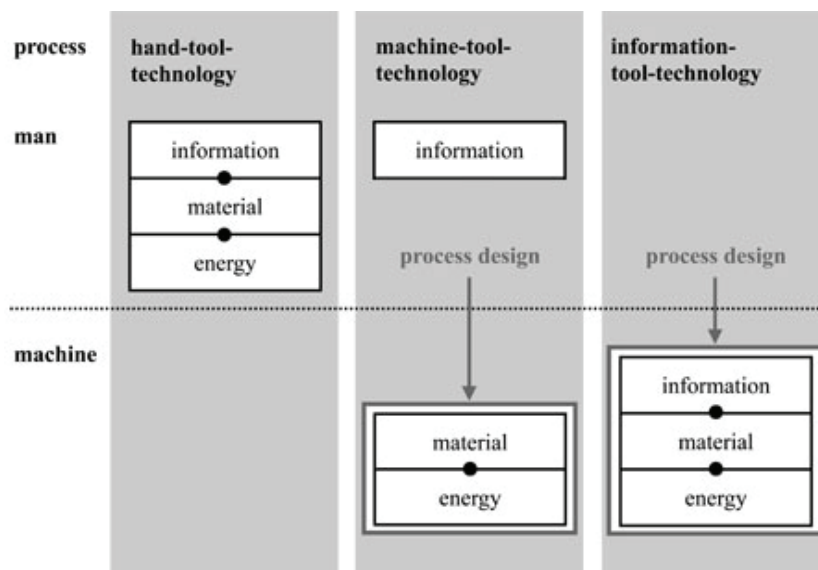


Abbildung 4: Phasen der Entwicklung von Holzverarbeitung. Links die Handarbeit, in der Mitte die Werkzeugnutzung und rechts die Nutzung von Computergesteuerten Systemen²⁴.

Da diese Arbeit auf die Festlegung von Pflichtenheften eines Gebäudeentwurfs fokussiert, wird die industrielle Fertigung als entwurfsbeeinflussender Parameter berücksichtigt.

L) Digitaler Entwurf

Wie vorab durch Schindler beschrieben, kann es einen Einfluss der informationsverarbeitenden Werkzeuge auf die Produktion geben. Um die Möglichkeiten der Produktion zu nutzen, sollten bereits die vorangehenden Phasen im Entwurfsprozess von diesen Fähigkeiten und Einschränkungen wissen²⁵. Dies gilt generell bei der Erstellung von Gebäuden und ist ein von der Digitalisierung der Maschinen unabhängiges Qualitätskriterium eines Projektes.

In der Entwurfsphase vollzieht sich ebenso ein Wechsel zu rein digitalen Medien. Derzeit üblich sind Computerprogramme, die mehr oder weniger den klassischen papiergebundenen Entwurf nachahmen. Zeitgleich etablieren sich andersartige Entwurfsansätze, welche die Bearbeitung formal komplexer Geometrien oder relationaler Gebäudemodelle erlauben. Hinzu kommt die direkte Anwendung von Methoden der Biologie oder Informatik in Form von generischer Software, wie beispielsweise Arbeiten der Gruppe Kaisersrot zeigen²⁶.

²⁴ Quelle: <http://wiki.caad.arch.ethz.ch/Organisation/PhD-ChristophSchindler> : Mai 2008

²⁵ Anmerkung: Im Sinne einer digitalen Kette wurden beginnend mit dem Nachdiplomkurs CAAD im Jahr 2002/2003 an der ETH Zürich der Begriff der digitalen Kette eingeführt, welcher die mediumkonforme Verarbeitung von Projektinformationen parametrisch forderte. Im Ergebnis wurden digitale Werkzeuge geschaffen, von Entwurf bis zu Fertigung die Möglichkeiten und Einschränkungen der benötigten Prozesse gesamthaft berücksichtigten. Das Produkt war der ESG_Pavillon. Vgl. Schoch, Applying a Digital Chain in Teaching CAAD and CAAM, eCAADe 2005, <http://e-collection.ethbib.ethz.ch/eserv/eth:30101/eth-30101-01.pdf>

²⁶ Vgl. <http://www.kaisersrot.com/> : Mai 2008

Werkzeuge zur Informationsverarbeitung sind im Rahmen dieser Arbeit generell aufgrund ihrer möglichen Interdisziplinarität interessant. Wie in Abbildung 42 von Bjoerk dargestellt, gibt es generell unterschiedliche Sichtweisen auf Gebäudeinformationen. Computergestützte Ansätze helfen hierbei. Auch scheinen noch nicht alle Visionen des computerbasierten Entwurfs erkannt worden²⁷.

Diese Arbeit beabsichtigt nicht, die Grundlage für einen digitalen Entwurfsgenerator zu liefern. Allerdings sind die Möglichkeiten der zeitnahen Verarbeitung immenser Informationsmengen im Kontext dieser Arbeit von Interesse. Insbesondere der Ausblick legt nahe, dass Ubicomp-Kaizen als digitales Werkzeug entwurfsunterstützend sein könnte.

M) Intelligente Gebäude und Raumautomation

Gebäude weisen seit Generationen eine zunehmende Technisierung auf. Die Technik versucht dabei aktiv Forderungen nach Komfort, Schutz und Sicherheit zu erfüllen. Dies gilt für beispielsweise für sanitäre Installationen, Förderanlagen, elektrisches Licht, etc. Diese Systeme bieten Dienstleistungen an, welche dem Nutzer zur Verfügung gestellt werden. Zu beachten ist, dass die Technisierung in den vergangenen Jahrzehnten stetig zunahm. Dabei haben sich einige Dienste gegenseitig beeinflusst, andere haben einen größeren Mehrwert, wenn man sie verknüpft. Dieses Verbinden solitärer Dienste erfolgt heute meist unter Zuhilfenahme digitaler Systeme.

Fachpublikationen und Massenmedien fokussieren dabei öfters auf so genannte ‚intelligente Gebäude‘²⁸. Dabei wird meist ein gebautes Objekt bezeichnet, welches in irgendeiner Form mit digitaler Rechnerleistung ausgerüstet ist und eine damit verbundene Dienstleistung erbringt. Grundlegendes Ziel dieser Gebäude ist die Mitteilung, dass eine technische Innovation für ein angeblich angenehmeres Leben sorgt. Dass dies ggf. den Nutzer überfordert, wird anschaulich in historischen Filmen wie jenen von Buster Keaton²⁹, Charles Chaplin³⁰, Jacques Tati³¹ thematisiert. In jüngerer Zeit wurden Schaugebäude vor allem von Firmen erstellt, die damit eine spezielle Technologie oder Dienstleistung einer größeren Öffentlichkeit zugänglich machen möchten³². Abbildung 5 zeigt anschaulich nicht genutztes Potential der multidisziplinären Vernetzung. Einerseits weisen zahlreiche Kabel auf eine Inkompatibilität der Informationen hin. Andererseits sind parallele Dienste in direkter Nachbarschaft installiert worden, ohne von technisch möglichen Synergien zu profitieren. So kann die Webcam im Bild rechts oben zusätzlich zur Bildübertragung dieselben Funktionen übernehmen wie der Bewegungsmelder direkt links daneben. Eine Webcam ist technisch gesehen ein Computer mit Netzwerkanschluss und Kamera. Es wurde demnach im Beispiel ein Gerät samt Verkabelung zuviel installiert.

²⁷ Vgl. Schmitt, G. [1], Seite 8

²⁸ Im englischen meist ‚smart home‘, ‚sentient environment‘ oder ‚intelligent building‘.

²⁹ The Electric House, 1922

³⁰ Moderne Zeiten, 1936

³¹ Mon Oncle, 1958

³² Beispiele hierfür sind das Mediale Haus, InHouse, Futurlife, etc.



Abbildung 5: Redundante Installationen und Kabelchaos in einem sog. intelligenten Gebäude. Am Beispiel des T-Com-Hauses in Berlin, 2005.

Auf alltäglicher Ebene wird vereinfacht von digital vernetzter Gebäude- und Medientechnik oder vernetzter Raumautomation gesprochen. Die Arbeit geht allerdings von einem erweiterten Verständnis von ‚Raumautomation‘ aus. Während Raumautomation klassisch die Unterstützung und Ergänzung bestehender Dienstleistung auf Raumebene beschreibt³³, wird hier der Begriff Ubicomp verwendet³⁴, welcher von einer Raumautomation ausgeht, die alle Nutzer, Gewerke, Projektphasen und Skalen integriert.

Vernachlässigt werden dabei stark konzeptionelle Ansätze wie die multidisziplinäre Untersuchung im Rahmen des ‚Media House Project‘, welche frei und teilweise künstlerisch an das Thema der digitalen Dienste in der gebauten Umwelt herangeht³⁵. Beispielsweise wird vorgeschlagen, die Primärstruktur als Kommunikationsnetzwerk zu nutzen. Dies ist konzeptionell von Interesse, da die Primärstruktur neben dem Grundstück die längsten Lebenszyklen aller Bauteile hat. Allerdings wird keine qualitativ hochwertige, konstruktive Aussage zu solch einem hybriden Bauteil gemacht. Insbesondere da die Lebenszyklen von Primärstrukturen sich stark von denen der Gebäudetechnik unterscheiden.

Vergleichsweise unerforscht sind in intelligenter Umgebung die Fragen der Privatsphäre und des Datenschutzes. Im Kontext dieser Arbeit besteht die Möglichkeit, Datenschutz als bauliche Anforderung zu berücksichtigen.

³³ Staub et. al., Seite 3

³⁴ Zur Definition von Ubicomp, vgl. Kapitel “3.4 Ubicomp”

³⁵ Vgl. Guallart, V.

N) Umbau und Neubau

UbiComp-Kaizen wird im Kontext des Entwurfs eines fiktiven Neubaus erarbeitet und überprüft. Das Werkzeug könnte auch im Kontext einer Umbauplanung eingesetzt werden, da letztlich nur andere und in ihrer Wichtigkeit verschiedene ‚Kundenforderungen‘ notiert werden müssen.

O) Architekten

In dieser Arbeit werden Architekten als Generalisten und fachlich versierte Bauherrenvertreter gesehen, die Aspekte der Ökonomie, Recht, Konstruktion, Physik, Form, Kultur, Ästhetik, etc. beachten und in ein Pflichtenheft integrieren. Der Autor vertritt zudem die Meinung, dass der Architekt zwar eine wichtige Rolle innehat, da er beispielsweise das Projekt über viele Phasen betreut oder bei Schäden zur Haftung herangezogen wird. Er hat allerdings nicht die wichtigste Rolle im gesamten Lebenszyklus des Gebäudes. Diese Rolle wird ggf. durch den Investor oder die Nutzer eingenommen.



Abbildung 6: Dicht gebaute Umgebung mit Strassenführung über mehrere Ebenen in Roppongi Hills, Tokio, Japan.

2. METHODE

Die Erarbeitung des Ubicomp-Kaizens gliedert sich in einzelne Elemente, die sequentiell bearbeitet werden. Die Breite der vier Themen gilt es zu begrenzen, um die Arbeit auf einen sinnvollen Umfang zu begrenzen, ohne dabei zentrale Bereiche auszulassen. Die Methode folgt den Prinzipien über Heuristik von Maier und Rehtin³⁶, welche eine breite Möglichkeit von Ergebnissen bei Problemlösungen erwarten.

2.1 Gliederung

Die einzelnen Schritte zur Erarbeitung des Ubicomp-Kaizens sind wie folgt:

1. Abgrenzung und Beschreibung des aktuellen Wissenstandes je Thema und in Bezug auf drei jeweils benachbarte Themen.
2. Ausarbeitung der Kerneigenschaften jedes Themas.
3. Vergleich der Kerneigenschaften auf der Basis zentraler Methoden des japanischen QM.
4. Konkretisierung der Systemkomponenten des Ubicomp-Kaizen.
5. Formulierung eines analogen Ubicomp-Kaizen auf der Basis des ‚Quality Function Deployments‘³⁷ (QFD) und einer fiktiven Problemstellung.
6. Konzeptionelle Integration in die IFC.
7. Nachweis der generellen Tauglichkeit.
8. Schlussfolgerung und Ausblick auf Anwendungsmöglichkeiten und Entwicklungen.

2.1.1 Erläuterung

Die Erläuterung begründet die Anordnung und den Inhalt der methodischen Schritte.

Zu 1.: Die Ermittlung des aktuellen Wissensstandes gibt Aufschluss über die zeitgenössischen Entwicklungen und ihrer Herkunft. Jedes Thema wird mit einer kontextuellen Diskussion kritisch hinterleuchtet.

Zu 2.: Die Ausarbeitung der Kerneigenschaften hat zum Ziel, dass die Unterschiede und Gemeinsamkeiten stichwortartig benannt werden. Idealerweise kann ein themenübergreifendes Vokabular verwendet werden.

Zu 3.: Die ermittelten Kerneigenschaften des Qualitätsmanagements bilden in einem weiteren Schritt die Grundlage für eine Zusammenführung der Anforderungen von Ubicomp, Gebäudeentwurf und Ressourcenmanagement. Daraus lässt sich die Systematik des Ubicomp-Kaizen entwickeln.

Zu 4.: Um der Systematik eine Form zu geben, werden Anleihen aus zwei bestehenden Werkzeugen genommen. Zum einen wird mittels ‚House of Quality‘ (HoQ) erfolgreich ein QFD durchgeführt. Zum anderen wird durch die Merkblätter des ‚SIA Effizienzpfads Energie D0216‘ ein

³⁶ Maier, Rehtin; Seite 312ff

³⁷ QFD ist ein stehender Begriff innerhalb des Qualitätsmanagements. Liesegang behält die englische Beschreibung und schlägt folgende deutsche Formulierung vor: „die Planung und Entwicklung der Qualitätsfunktionen eines Produktes entsprechend den von den Kunden geforderten Qualitätseigenschaften“; in Akao, 1992, Seite 15.

interdisziplinärer, energieoptimierter Gebäudeentwurf handhabbar gemacht. Die Systematisierung erfolgt auf der Basis der sowohl gesamtheitlichen Relevanz einer Eigenschaft als auch einzigartiger Qualitäten eines Themas.

Zu 5.: Ein zeitgemäßes Werkzeug zur digitalen Abbildung von Gebäuden während Entwurf und Betrieb von Gebäuden sind die Datenmodelle des IFC bzw. der Gebäudeinformationsmodellierung (BIM). Diese sind aber derzeit nur teilweise geeignet, Ubicomp darzustellen. Hierfür wird ein Lösungsvorschlag unterbreitet.

Zu 6.: Der Nachweis der Funktionstauglichkeit des entwickelten Ubicomp-Kaizens veranschaulicht einerseits die Handhabung. Andererseits erlaubt der Nachweis, kritische Punkte aufzudecken.

Zu 7.: Der Ausblick zeigt potentielle Anwendungsmöglichkeiten an, ohne sie zu verifizieren.

2.1.2 Diskussion der Methode

Die Arbeit beginnt mit einer thematischen Abgrenzung (Kapitel 1), der Beschreibung der Methode und der Beschreibung des Wissensstandes (Kapitel 3). Dadurch wird der Standpunkt bezüglich jedem einzelnen Thema klarer definiert, ohne die interdisziplinären Aspekte von QM und Gebäudeentwurf zu vernachlässigen. Durch die Beschreibung des Standes des Wissens wird der nächste Schritt (Kapitel 4) vorbereitet. Dies ist ein klassischer Weg einer wissenschaftlichen Arbeit. Die Zustandsbeschreibung wird zudem im Kontext der jeweils drei benachbarten Themen gesehen. Zu bemerken ist, dass durch die Verbindung der Themen untereinander drei positive Strategien verfolgt werden: (i) der Gleichzeitigkeit der Entscheidungen im Entwurfsprozess wird berücksichtigt, (ii) mögliche Diskrepanzen in der späteren Systematisierung des neu zu erarbeitenden Werkzeugs Ubicomp-Kaizen werden berücksichtigt, und (iii) die thematische Breite wird auf eine überschaubare Menge signifikanter Eigenschaften reduziert.

Die Systematisierung (Kapitel 4) erfolgt auf der Basis des QM in der Phase der Produktentwicklung. Dies ermöglicht, innovative Ideen des QM in die Kerndisziplin Architektur einzubringen. Eine Diskussion über mögliche systembedingte Falschannahmen ist wichtig. Die Formalisierung nimmt sowohl Anleihen aus bereits bekannten Instrumenten des Gebäudeentwurfs als auch von bewährten Werkzeugen des QM. Das Werkzeug wird anhand eines Beispiels anschaulich entwickelt, was gleichzeitig als Diskussionsgrundlage für die Qualität der Form dient. Durch die anschließende Verknüpfung mit der strukturierten Beschreibungssprache IFC wird Ubicomp-Kaizen mit weiten Bereichen der Immobilienwirtschaft verbunden.

Die Nachweise (Kapitel 5) bauen auf dem exemplarischen Gebäudeentwurf aus Kapitel 4 auf. Vergleichswerte einer Evaluation bleiben aus, da der Entwurf eines akademischen Gebäudes in der Dimension derart umfangreich und kostspielig ist, dass es in diesem Rahmen dieser Dissertation nicht möglich ist, zu Vergleichszwecken ein Hochschulgebäude zweimal zu entwerfen und zu bauen. Aufgrund von Vergleichen mit Erkenntnissen aus parallelen Entwicklungen in anderen Industrien wird eine systematische Tauglichkeit ermittelt.

Der Ausblick (Kapitel 6) formuliert weitere Anwendungsgebiete des Ubicomp-Kaizens, ohne den Nachweis seiner Tauglichkeit zu führen.



Abbildung 7: Präsentation zum Thema der Digitalisierung von Haustieren zur Aufzeichnung deren Aktivitäten an der Ubicomp-Konferenz 2005 in Tokio, Japan.

3. STAND DES WISSENS

Die vier untersuchten Themen „Qualitätsmanagement“, „Gebäudeentwurf“, „Ressourcen“ und „UbiComp“³⁸ sind jeweils geprägt von inhaltlicher Vielschichtigkeit sowie direkter und indirekter Einflussnahme auf andere Disziplinen. Dieses Kapitel begrenzt den vergleichsweise großen Raum aller Eigenschaften, indem es die Kerneigenschaften in der aktuellen Definition kontextuell herleitet und begründet.

3.1 Qualitätsmanagement

Pfeifer definiert Qualitätsmanagement (QM) „als eine Grundhaltung oder besser noch, als das ständige Bemühen aller Mitarbeiter in einer Organisation oder einem Unternehmen, die externen und internen Kundenerwartungen zu verstehen, zu erfüllen und zu übertreffen. Sie ist sowohl Philosophie als auch praktizierte Umsetzung von Führungsprinzipien und quantitativer Methoden sowie Techniken zur Optimierung dienstleistender als auch technischer Prozessabläufe“³⁹. Wikipedia beschreibt QM als „grundsätzlich alle organisierten Maßnahmen, die der Verbesserung von Produkten, Prozessen oder Leistungen jeglicher Art dienen“⁴⁰. QM legt demnach Qualitätssicherungs- und Prüfmethoden fest und verwaltet diese. QM durchdringt viele Bereiche eines Unternehmens bzw. Projekts.

Eine Erweiterung des QM ist das ‚Total Quality Management‘ (TQM), welche beabsichtigt, Qualität als Systemziel einzuführen und dauerhaft zu garantieren⁴¹. TQM wurde primär durch die japanische Automobilindustrie nach dem Zweiten Weltkrieg weiterentwickelt. Während QM primär auf die Sicherstellung einer technischen Produktqualität bezogen ist, widmet sich TQM möglichst allen Aspekten einer Kundenzufriedenheit, welche „nur durch eine nachhaltige Entwicklung des Unternehmens selbst dauerhaft gewährleistet“⁴² sei. Da je nach Aufgabe und Kontext unterschiedliche Anforderungen an das TQM gestellt werden, ist keine abschließende Aufstellung von Methoden, Werkzeugen und Anwendungen möglich. QM und TQM sind zudem aktuelle Forschungsbereiche in Theorie und Anwendung. Ein TQM ist schwierig zu realisieren, da die Dimension des ‚totalen‘ im Sinne des Gesamthaften oft unendlich sein kann. Es ist dabei fallspezifisch zu beachten, nicht dem Irrglauben der totalen Kontrolle zu verfallen.

Liesegang schreibt im Vorwort zu Akao dem TQM besondere Fokussierung der Qualität auf den Kunden zu. „Die geeignete Produktqualität manifestiert sich in der Kundenzufriedenheit, in dem Grad der Deckung der Kundenbedürfnisse und Forderungen bezüglich einer Problemlösung durch dementsprechende Produkteigenschaften. Die

³⁸ Vgl. auch Kapitel „1.2 Abgrenzung und benachbarte Bereiche“

³⁹ Pfeifer, T. Qualitätsmanagement, Seite V

⁴⁰ Vgl. <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Qualit%C3%A4tsmanagement&oldid=51164780>: August 2008

⁴¹ Vgl. http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Total_Quality_Management&oldid=52198304: Juli 2008

⁴² Vgl. <http://de.wikipedia.org/wiki/Total-Quality-Management#Grundgedanke> : Juli 2008

technische Qualität im Produktvollzug und in den Produktspezifikationen erscheint hier nur als eine abgeleitete Größe, nicht als primäres und originäres Ziel (...)“⁴³. Im Wesentlichen wird QM in Betrieben und Institutionen des zweiten Sektors, teilweise auch im ersten, dritten und vierten Sektor angewendet. Unternehmen und Institute können sich mittels einer Zertifizierung die Einführung eines QM-Systems bestätigen lassen.

Zahlreiche Prinzipien, Modelle, Methoden und Werkzeuge des QM wurden über die Jahre erarbeitet. Seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts orientiert sich das TQM an ganzheitlichen Modellen wie beispielsweise dem Toyota-Produktionssystem (TPS), dem EFQM-Modell⁴⁴ oder in jüngerer Zeit dem Aachener Qualitätsmanagementmodell. Allen gemeinsam ist die Betrachtung von vernetzten Informations- und Materialflüssen. Diese Flüsse sind nicht in derselben Richtung orientiert, sondern fördern den Informationsaustausch zwischen den Beteiligten. Beispielsweise fließen im TPS Informationen über Prozess und Produkt zurück zum Rohmaterial, während sich das Produkt nach vorne Richtung Endprodukt bewegt⁴⁵.

Die meisten der beschriebenen QM-Modelle zielen auf eine größere Kundenzufriedenheit. Kundenforderungen sind dabei im weiteren Sinne zu sehen. Jede bedarfsformulierende Einheit kann als Kunde gesehen werden. Mit dieser Sichtweise lässt sich auch das Ziel einer größeren Rendite des Unternehmens als Kundenforderung integrieren. Weitere ‚Kunden‘ sind beispielsweise Marketingvorgaben, benachbarte Baukomponenten, Festigkeitsanforderungen, Geräuschemissionen, Energiewerte, etc. Insbesondere in den Konfliktmatrixen des ‚Quality Function Deployments‘ (QFD) können aus Qualitätsmerkmale Kundenforderungen werden und umgekehrt.

Ebenso arbeiten viele QM-Modelle im Sinne eines besseren Verständnisses von Anforderungen wesentlicher oder gar aller Beteiligten in einem Unternehmen. Das bessere Verständnis der Beteiligten erfolgt meist über Fachkompetenz und vor allem über Aufteilung von komplizierten Einheiten in möglichst kleine Elemente. Dies betrifft komplizierte Firmengefüge ebenso wie komplizierte Produkte. Die ‚Beteiligten‘, auch Säulen oder Kriterien genannt, sind beispielsweise gemäß dem EFQM-Modell Menschen, Prozesse und Ergebnisse.

Prefi gibt zu bedenken, dass nur die wahrgenommenen Merkmale über die Kundenzufriedenheit entscheiden⁴⁶. Dies erfordert ein gutes Verständnis der Kundenwünsche und genaue problemspezifische Betrachtung der Kundenvielfalt. Interne Kunden bemerken beispielsweise verborgene technische Mängel. Externe Betrachter nehmen nur das gesamthafte Nichtfunktionieren des Gerätes wahr.

3.1.1 Phasen der Produktentwicklung

⁴³ Akao, Seite III

⁴⁴ Vgl. <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=EFQM-Modell&oldid=51656576> : Mai 2008

⁴⁵ Vgl. auch Abbildung 9.

⁴⁶ Prefi, T.; „Qualität und Markt“ in Masing Seite 377f.

Die industrielle Produktion kennt Phasenmodelle zur Gliederung des Lebenszyklus eines Produkts⁴⁷. Eine Phase im frühen Stadium eines Produktes ist dessen Entwicklung. Je nach QM-Modell schließt an die Phase der Produktentwicklung die Erarbeitung eines Prototyps an.

Nach Boutellier et. al. besteht die industrielle Produktentwicklung aus drei nacheinander geschalteten Phasen⁴⁸:

1. Vorprojektphase
2. Entwicklungsphase
3. Markteinführungsphase

Die Vorprojektphase fokussiert nach Boutellier et. al. auf vier Hauptaufgaben:

- I. Marktsegment identifizieren = Wer sind unsere Kunden?
- II. Lastenheft erstellen = Welches sind die Bedürfnisse unserer Kunden (in der Sprache des Kunden) ?
- III. Produkt konzipieren = Wie können wir die Kundenbedürfnisse erfüllen (in der Unternehmenssprache)?
- IV. Pflichtenheft erstellen = Wie erfüllen wir die Kundenbedürfnisse (in der Unternehmenssprache)?

Andere Modelle integrieren die Erstellung eines produktspezifischen Pflichtenhefts in die Entwicklungsphase.

Diese Arbeit betrachtet vor allem die beiden Phasen ‚Vorprojekt‘ und ‚Entwicklung‘. Boutellier et. al. und beschreiben dabei die Systematik des ‚Simultaneous Engineering‘, welches eine Antwort auf heterogene Anforderungen externer und interner Kunden ist. Akao stellt hierzu fest, dass es bei neuen Produkten erst zu lernen gelte, „was es an Qualität sicherzustellen gibt“⁴⁹.

Die Wertung, ob eine Qualität wichtig ist und was wichtig ist, benötigt genaue Abklärungen. So ist ein qualitativ hochwertiges Produkt nicht immer das technisch beste. Die Entscheidung hinsichtlich einer angestrebten Qualität oder Lösung wird meist kostenbezogen gemacht, d.h. die preiswertere Variante hinsichtlich Endpreis, Durchlaufzeit, etc. wird favorisiert und als ‚wichtig‘ gewertet.

Im weiteren Kontext ist zu erwähnen, dass das Beschreiten von unterschiedlichsten Wegen gewünscht wird, aber aus Ressourcengründen nicht immer möglich ist. Auch vor diesem Hintergrund wurden untenstehende Werkzeuge entwickelt, um den Entscheidungsraum begründet zu verringern.

3.1.2 Japanische QM-Konzepte

Die Entwicklung der heute in Europa bekannten Japanischen QM-Werkzeuge ist durch die Situation Japans nach dem Zweiten Weltkrieg geprägt. Eine komplette Liste japanischer und japanisch inspirierter QM-

⁴⁷ Vgl. Pfeifer, T.; Seite 312: Phasen eines Produktes: Produktidee, Marketing, Entwicklung, Konstruktion, Arbeitsvorbereitung, Fertigung/Montage, Produktnutzung

⁴⁸ Boutellier, R. und Biedermann, A. „Qualitätsgerechte Produktplanung“ in Masing, Seite 504ff.

⁴⁹ Akao, Seite 16.

Werkzeuge wird nicht beabsichtigt. Hierzu wird u.a. auf die zitierte Fachliteratur verwiesen.

Wichtiges Merkmal der japanischen QM-Konzepte ist die oben genannte Kundenorientierung^{50 51}. Brunner sieht den Erfolg der japanischen Konzepte in diesen Charakteristika begründet⁵² in:

- der nachhaltigen Unternehmensführung
- der Bemühung um ständige Verbesserung und gleichzeitiger Rationalisierung
- den langfristigen Prozessen in allen Unternehmensbereichen
- der Konsequenz
- der Disziplin

Zahlreiche japanische Autoren referenzieren ihre Entwicklungen auf den Einfluss des US-Amerikaners Deming⁵³ welches seit den 1940er Jahren die prozessorientierte Sicht auf Tätigkeiten von Unternehmen entwickelte. Seine Aufenthalte im Nachkriegsjapan hatten prägenden Einfluss auf die dortigen QM-Methoden, welche sich in Entwicklung befanden und die später entwickelt wurden.

Diese Arbeit listet Autoren und/oder Werkzeuge auf, sofern diese in einem starken Kontext der Produktentwicklung stehen und dem Ziel dieser Arbeit ein Werkzeug zur Spezifikation von Pflichtenheften möglichst direkt beitragen.

A) TQM und sieben Grundwerkzeuge ,Q7‘

Ishikawa gilt als Begründer des japanischen ‚Total Quality Control‘ (TQC). Er listete die sieben Qualitätswerkzeuge ‚Q7‘ und entwickelte neben anderen Werkzeugen das nach ihm benannte Ishikawa-Diagramm.

Die sieben Grundwerkzeuge der Qualitätskontrolle (Q7) sind gemäß Injac⁵⁴:

1. Ursache-Wirkung-Diagramm (Ishikawa-Diagramm)
2. Entwicklungsdiagramm
3. Verhältnisdiagramm
4. Verlaufsdiagramm
5. Histogramm
6. Pareto-Diagramm
7. Shewhart’sche Kontrollkarte

Durch die Anwendung dieser Werkzeuge sind bereits diese Aktivitäten durchgeführt worden: Datensammlung, Fehlererfassung, Fehleruntersuchung, Ursachenermittlung, Problemlösung, Verhindern von Fehlern und Verbesserungsanalysen⁵⁵.

⁵⁰ Vgl. Liesegang in Akao, Seite III

⁵¹ Shingo, Seite 3

⁵² Brunner, Seite V

⁵³ Vgl. <http://www.deming.org/> : März 2008

⁵⁴ Injac, N., „Die Entwicklung des Qualitätsmanagements im 20./21. Jahrhundert“ in Masing, S. 23

⁵⁵ Brunner, Seite 12.

B) Poka Yoke

Shingo entwickelt ‚Poka Yoka‘ als Methode der konstruktiv bedingten Fehlervermeidung und integrierte es in das TPS. So werden beispielsweise Bauteile so geformt, dass sie nur auf eine spezifische Art zusammengesetzt werden können. Dadurch sind Fehlerquellen stark reduziert beziehungsweise entfernt worden. Dasselbe Prinzip lässt sich bei administrativen und nicht materialgebundenen Aufgaben anwenden, indem beispielsweise optisch ähnliche Formulare vermieden oder auf andersfarbiges Papier gedruckt werden.

C) Kaizen

Die Kaizen-Prinzipien (Japanisch 改善) stehen für eine permanente ‚Veränderung zum Besseren‘⁵⁶. Imai gilt als Entwickler der Kaizen-Prinzipien. Er formuliert die Inhalte des Kaizen als ‚Verbesserungskonzept in kleinen Schritten‘⁵⁷. Kaizen ist ein zentraler Baustein des Toyota Produktionssystems (TPS) und die zu Grunde legende Philosophie zahlreicher japanischer QM-Konzepte. Ohno beschreibt Kaizen als Sammlung von fünf Managementregeln⁵⁸:

1. Fünf-S-Bewegungen:
 - a. Seiri (Strukturieren, d.h. Aussortieren),
 - b. Seiton (Systematisierung, d.h. Ordnung schaffen),
 - c. Seisō (Reinigung, d.h. Sinn für Sauberkeit),
 - d. Seiketsu (Standardisierung, Standards setzen),
 - e. Shitsuke (Selbstdisziplin, d.h. Disziplin halten).
2. Sechs-M-Checkliste, welche stetig überprüft werden sollte:
 - a. Mensch,
 - b. Maschine/Material,
 - c. Messung,
 - d. Methode,
 - e. Milieu / Mitwelt,
 - f. Moneten (Geld);
 - g. plus ein siebtes Element: Management.
3. Sieben-W-Checkliste nach Cicero⁵⁹:
 - a. Was – ist zu tun?,
 - b. Wer – macht es?,
 - c. Warum – macht er es?,
 - d. Wie – wird es gemacht?,
 - e. Wann – wird es gemacht?,
 - f. Wo – soll es getan werden?,
 - g. Wieso – wird es nicht anders gemacht?
4. Drei-Mu-Checkliste:

⁵⁶ <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kaizen&oldid=52022614> : Jan. 2008

⁵⁷ Imai, M, Seiten 47ff

⁵⁸ Ohno, S. 18ff

⁵⁹ Anmerkung: Cicero war ein römischer Konsul (106 bis 43 v. Chr.)

- a. Muda (Verschwendung, vgl. 7 Verschwendungsarten),
- b. Muri (Überlastung der Mitarbeiter und Maschinen),
- c. Mura (Unregelmäßigkeit der Prozesse).

5. Sieben-Verschwendungsarten:

- a. Überproduktion,
- b. Bestände,
- c. Transport,
- d. Verpackung,
- e. Wartezeiten,
- f. Herstellungsprozess (Overprocessing),
- g. unnötige Bewegung,
- h. auftretende Fehler (als 8te Verschwendungsart).

Diese Managementregeln führen beispielsweise zu montageoptimierten Bauteilen, welche sich nur in einer Weise einbauen lassen⁶⁰, oder zu heterogenen Inhalten und Medien am Arbeitsplatz und in den Regelkreisen.

D) Quality Function Deployment und House of Quality

Akao entwickelte Mitte der 1960er Jahre das ‚Quality Function Deployment‘ (QFD) als kundenwunsch-orientierte Produktplanungsmatrix, welche die Transparenz des Entscheidungsfeldes als Ziel beabsichtigt. Hierzu verwendet es eine schrittweise und systematische Analyse und Umsetzung mit Unterstützung von tabellarischen und graphischen Darstellungen⁶¹. Nach Boutellier et. al. kann sich QFD bereits in der Vorprojektphase als sehr nützlich erwiesen⁶². QFD und das daraus abgeleitete ‚House of Quality‘ (HoQ) sind Konfliktmatrixen.

Die Matrix erfasst gemäß Abbildung 8 die Kundenforderungen und führt sie mit technischen Qualitätsmerkmalen zusammen. Sie lässt sich an jeder Seite ergänzen um individuelle Elemente wie Wertungen oder Vergleich mit Lösungen der Konkurrenz. Ziel des HoQ ist die detaillierte Analyse der Kundenforderungen, welche in die Sprache der Entwickler übersetzt wird. Die zeilenbasierten Kundenforderungen können mittels numerischen Faktoren gewichtet werden. Die Lösungsmerkmale der Entwickler werden in Spalten eingetragen. Die Beziehungswerte werden durch interdisziplinäre Teams gesetzt und folgen der Fragestellung: „Wie erfüllt das Lösungsmerkmal die Kundenbedürfnisse?“⁶³. Je nach Modell werden in die Beziehungswerte aus einer Skala zwischen 1 für schwach und 9 für sehr stark ausgewählt. Die Beziehungswerte werden meist durch die von Akao vorgeschlagene Symbolik ‚Dreieck = schwach‘, ‚Kreis = mittel‘ und ‚Kreis mit Punkt = stark‘ dargestellt. Besteht keine Beziehung, bleibt das Feld leer. Anschließend ist eine Bewertung der Produktcharakteristika im unteren Teil der Grafik möglich, welche rechnerisch die relative und absolute Wichtigkeit eines Lösungsmerkmals aufzeichnet bzw. Erweiterungen erlaubt. Der rechte Abschnitt erlaubt beispielsweise den Vergleich mit konkurrenzierenden

⁶⁰ Vgl. Abschnitt „B) Poka-Yoke“ in diesem Kapitel

⁶¹ Akao, Y.; Seite IV.

⁶² Boutellier, R. und Biedermann, A. „Qualitätsgerechte Produktplanung“ in Masing, Seite 506.

⁶³ Vgl. <http://wiki.qfd-id.de/pmwiki.php/Main/HouseOfQuality> : Juli 2008

Lösungen aufzuzeichnen. Akado führt mehrere Interpretationen dieser Konfliktmatrix sowie der Sache dienliche Werkzeuge auf⁶⁴. So ermöglicht das ‚Dach‘ des HoQ den paarweisen Vergleich von Lösungsmerkmalen in Form einer Beschreibung von ‚positiver Einfluss‘, ‚negativ konkurrenzierender Einfluss‘ und ‚neutral‘. Es wird empfohlen, eventuelle Konflikte und Fehlerpotentiale beispielsweise durch die Methoden der FBA und FMEA zu präzisieren⁶⁵. Qualitätsmerkmale können in einer neuen Matrix zu Kundenforderungen werden. Außerdem kann die Tabelle um Konkurrenzwerte ergänzt werden.

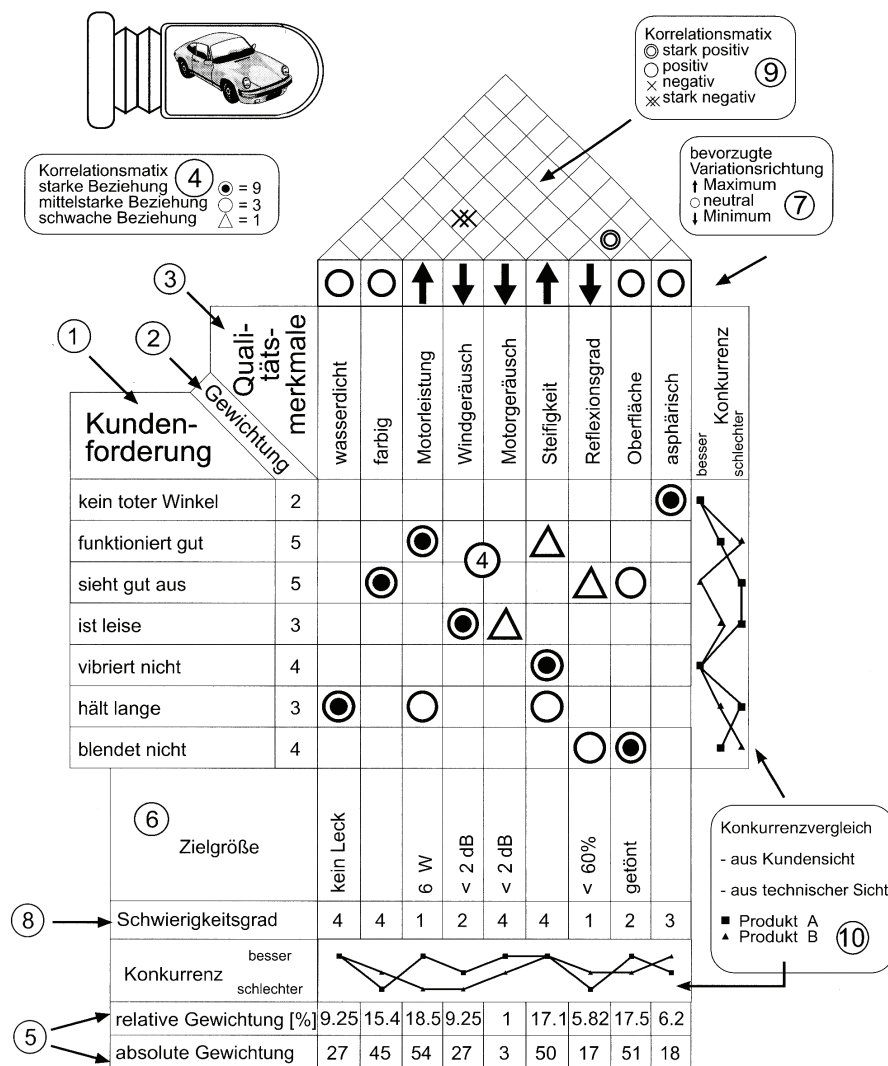


Abbildung 8: Beispiel eines ausgefüllten ‚House of Quality‘ am Beispiel eines elektrischen Außenspiegels. Die Zahlen mit Kreisen sind in Pfeifer, Seite 317 erläutert.⁶⁶

⁶⁴ Akao, Y.; Seiten 12ff

⁶⁵ Vgl. z.B. Akao, Y., Seite 39;

⁶⁶ Pfeifer, T.; Seite 317

In der Anwendung sieht Pfeifer insbesondere die Verknüpfungsmöglichkeiten mit vier Entwicklungsbereichen als Vorteil, welche Parallelisierungspotentiale in der Entwicklung ermöglicht⁶⁷. So lassen sich diese vier Themen synchronisiert betrachten:

1. Qualität
2. Technologie
3. Kosten
4. Zuverlässigkeit

Um Interpretationsvarianten der Wertung durch Multiplikationseffekte zu vermeiden, weisen mehrere Autoren auf die klare Definition der Beziehungswerte hin. Diese können beispielsweise die Kette ‚1, 3 und 9‘ oder ‚1, 5, 9‘ sein. Die ist vergleichbar dem Problem der FMEA. Zudem ist die Zuordnung der Bewertungszahlen und Beziehungen subjektiven Einschätzungen unterworfen. Diese Fehlerquellen gilt es bei Wertungen zu beachten, um nicht einer Fehlentscheidung zu erliegen.

King merkt zudem an, dass Akao's Matrixen zu stark auf Kostensenkung sowie der Benutzung von beherrschten Prozessen und bewährten Technologien ausgerichtet ist⁶⁸. Die Matrizen des QFD sind den jeweiligen Kontexten anzupassen und in der Abarbeitung den jeweiligen Begebenheiten folgen.

E) Toyota Produktionssystem (TPS)

Ohno gilt zusammen mit Eiji Toyoda als Entwickler des Toyota Produktionssystems (TPS) mit den Werkzeugen Just-in-Time JIT, Kanban und anderen. Beide verweisen auf Deming. Seit den 1950er Jahren wird es in der Automobilproduktion von Toyota konsequent angewandt, auch in den angrenzenden Disziplinen wie Controlling und Entwicklung sowie bei zahlreichen anderen Fahrzeugherstellern⁶⁹.

Das TPS ist Philosophie, Werkzeug und Methode. Idealerweise integriert es Lieferanten und Kunden⁷⁰. Die Autoren des TPS sehen das System als eine Kombination von ‚Just in Time Produktion JIT‘ und ‚Automatisierung mit menschlichem Charakterzug‘⁷¹. Zentrale Eigenschaften des TPS sind u.a.:

- das Hol-Prinzip aller Aktivitäten,
- Unterscheidung von Prozessen und Operationen in der Fertigung,
- Aufteilung von komplexen Einheiten in verständlichere Teile
- entgegengerichtete Material- und Informationsflüsse.

Shingo schreibt, dass „die Produktion ein Netzwerk von Prozessen und Operationen ist“⁷². Seine Definition von ‚Prozessen‘ beschreibt die Bewegung von Material in Zeit und Raum oder präziser: die Transformation des Materials von Halbzeugen zu fertigen Produkten. ‚Operationen‘

⁶⁷ Pfeifer, T.; Seite 315

⁶⁸

http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Quality_Function_Deployment&oldid=56791475: Juli 2008, Absatz „Die Matrizen von Yoji Akao“

⁶⁹ Ohno, T.; Seite 13

⁷⁰ Vgl. auch Liker, 2007

⁷¹ Ohno, T.; Seiten 8ff

⁷² Vgl. Shingo, S.; Seite 3

beschreiben die Arbeit, welche gemacht wird, um den Prozess zu erfüllen⁷³. Diese Betrachtung ermöglicht die getrennte Analyse und Planung von Material und Arbeit, ohne deren Verbindung zu verlieren. Die beiden Ressourcen können in einer Matrix in Verbindung gebracht werden⁷⁴.

Verschiedene Regelkreise sind innerhalb des TPS zumindest über Informationsflüsse und Materialflüsse miteinander verbunden. Gemäß Abbildung 9 fließt das Material von links nach rechts und die Information von rechts nach links. Der Materialfluss generiert mit jedem Schritt eine Veredelung des Materials. Dieser Kette können mehrere Ebenen hinzugefügt werden wie beispielsweise Qualitätssicherung und Kostenkontrolle. Das Resultat sind ebenfalls synchronisierte Prozesse mit mehrschichtig vernetzten Abhängigkeiten. Der Informationsträger zwischen den Regelkreisen sind ‚Kanban‘-Karten.

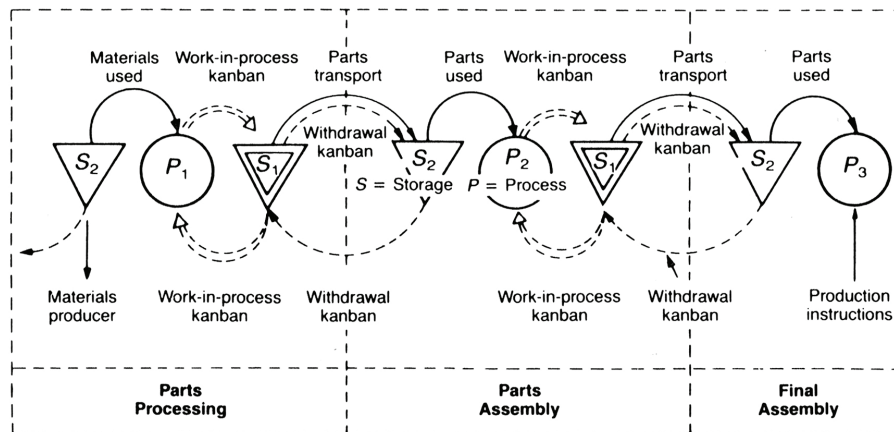


Abbildung 9: Die Verteilung des Kanban innerhalb eines Produktionsprozesses⁷⁵.

Im Rahmen dieser Dissertation wird auf das Thema der Aufteilung großer Prozessketten in kleinste Elemente fokussiert. Das TPS geht davon aus, dass einzelne Elemente leichter zu verstehen sind als komplizierte Einheiten. Dadurch kann das einzelne Element optimiert werden. Auf alle Elemente angewendet, erfolgt eine gesamthafte Optimierung des Produktes, des Prozesses und der Operation. Jedes dieser Elemente kann als mehrdimensionaler Regelkreis verstanden werden⁷⁶, welcher mit anderen Elementen verknüpft ist.

Das TPS integriert in der heutigen Form zahlreiche weitere QM-Werkzeuge, QM-Philosophien und QM-Methoden. Einige sind im Rahmen dieser Arbeit erläutert. Die vorab genannten Schwerpunkte des TPS werden auch in der Produktentwicklung angewendet⁷⁷.

⁷³ Vgl. Shingo, S.; Seite 4

⁷⁴ Vgl. Shingo, S.; Seite 3, Fig. 1

⁷⁵ Quelle: Shingo, S.; Seite 182

⁷⁶ Geiger, G.; Seiten 32ff

⁷⁷ Liker, J.; Seiten xvff

F) Kanban

Die vorab genannten Regelkreise bezüglich Bedarf, Angebot, Qualität, Kosten, Auslasten, etc. basieren auf Materialfluss und Informationsträgern. Diese Informationsträger werden ‚Kanban‘ genannt (Japanisch 看板)^{78 79}, auf deutsch ‚Karte‘, ‚Schild‘ oder ‚Beleg‘. Die Karten transportieren zentrale Informationen wie Teilename, Gebindegröße, Lieferort, Füllort, etc.. Als Entwickler gilt Ohno während seiner Anstellung bei Toyota.

Heute werden Kanban-Karten auch in Form von Barcodes, RFID-Chips⁸⁰ und Datensätze repräsentiert, deren Integration in Geschäftsdatensoftware wie SAP möglich ist⁸¹.

„Kanban ist eine Methode der Produktionsablaufsteuerung nach dem Pullprinzip (auch Holprinzip oder Zuzufprinzip)“⁸² und ein zentrales Element der TPS. Es kann physische oder virtuelle Güter verwalten.

Die Schritte einer Integration von Kanban in bestehende Produktionsprozesse sind folgende⁸³:

1. Gesamtprozess analysieren,
2. Prozesse synchronisieren,
3. Prozesse standardisieren,
4. Fehler vermeiden,
5. Anlagen verbessern,
6. Verbesserungen umsetzen,
7. Prozessorientiertes Management.

Kanban wird nicht mehr nur von Toyota verwendet sondern auch erfolgreich von Mitbewerbern und außerhalb der Automobilindustrie, beispielsweise in der Zulieferindustrie⁸⁴ und Softwareentwicklung⁸⁵. Viele Unternehmen, die ihre Produktion und Verwaltung auf die Prinzipien des TPS umstellten, haben dadurch schnellere Laufzeiten und teils größere Gewinnmargen erreicht.

G) Ausfalleffektanalyse FMEA

Die Fehler-Möglichkeiten-und-Einfluss-Analyse (FMEA) wurde in den 1960er Jahren für Vorhaben der US-Raumfahrtbehörde NASA entwickelt. Sie ist demnach keine ursprünglich japanische Methode. Sie hat aber direkten Einfluss auf das QFD und wird von Akao in das QFD integriert⁸⁶. Sie ist in Deutschland unter dem Begriff ‚Ausfalleffektanalyse‘ in der DIN 25 448 genormt und hat große Verwendung in der Produktionstechnik. Ihre Verwendung erfolgt in der Entwicklung von Produkten und Prozessen. Sie wird immer wieder weiterentwickelt und jeweiligen Situationen betr. Kunde, Land, Norm, Produkt, Firma, etc. angepasst.

⁷⁸ Ohno, T.; Seite 32

⁷⁹ <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kanban&oldid=51690248> : Jan 2008

⁸⁰ Vgl. ‚Bosch realisiert Kanban mit RFID‘, http://www.computerwoche.de/knowledge_center/scm_rfid/590069/ : Juni 2008

⁸¹ Vgl. <http://www.sap.info/public/DE/de/index/Category-28943c61b1e60d84b-de/-1/articlesVersions-1572846e904a6db59a> : Juni 2008

⁸² <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kanban&oldid=51690248> : Nov 2007

⁸³ gemäß www.4managers.de/fileadmin/4managers/fohlen/kanban.pdf : Mai 2008

⁸⁴ Interview mit Seichter, D.; 15. Dez. 2007; Würth Industrie Service GmbH & Co. KG

⁸⁵ Furugaki, et. al.;

⁸⁶ Akao, Y.; Seite 39

„Das ursprüngliche Ziel der Methode ist die systematische Erfassung und Bewertung zuverlässigkeits-, sicherheits- und instandhaltungsrelevanter Informationen eines Systems durch die induktive Analyse der Ausfallarten aller Komponenten und deren Auswirkungen“⁸⁷.

Die FMEA ist ein Werkzeug zur Fehlervermeidung in den planerischen Phases des Produktentstehungsprozesses. Sie kann Entwürfe bewerten. Gemeinsam mit der Fehlerbaumanalyse (FBA) wird sie in Normen und Richtlinien zitiert. „Das Ziel der Durchführung einer FMEA ist es, potentielle Fehler bei der Entwicklung eines Produktes bzw. bei (neuen) Fertigungsverfahren bereits während der Planung aufzudecken und durch geeignete Maßnahmen zu vermeiden“⁸⁸. FMEA kann zudem Erfahrungswissen über Fehlerzusammenhänge und Qualitätseinflüsse innerhalb eines Unternehmens systematisch sammeln zugänglich machen. „Die FMEA und verwandte Methoden stellen ein wesentliches Hilfsmittel zur Schaffung geschlossener Qualitätsregelkreise dar.“⁸⁹. Zudem erlaubt die Auswertung der Analyseergebnisse die Bestimmung von Maßnahmen zur Risikominimierung. Abbildung 10 zeigt als Beispiel eines FMEA-Formblattes. Von Bedeutung im QM ist die Ermittlung der sog. ‚Risikoprioritätszahl‘ (RPZ).

⁸⁷ Pfeifer, T.; Seite 395

⁸⁸ Pfeifer, T.; Seite 394

⁸⁹ Pfeifer, T.; Seite 394

Fehler-Möglichkeits- und Einfluss-Analyse										Regel-Nr.:	
☒ System-FMEA Produkt ☐ System-FMEA Prozess										Seite 1 von 1	
Typ/Modell/Fertigung/Charge: 1990/03/X 13				Sach-Nr.: 90-HF-A Änderungsstand: ① A/369 437/KC		Verantw.: M. Schmitz Firma:		Abt. Techn. Entw. ① Datum: 21.10.85			
System-Nr./Systemelement: Funktion/Aufgabe: Antrieb Lichtmaschine Vorspannung für Keilriemen				Sach-Nr.: Änderungsstand:		Verantw.: Firma:		Abt.: Datum:			
Fehler Nr.	Mögliche Fehlerfolgen ④	B ⑧	Mögliche Fehler ③	Mögliche Fehlerursachen ⑤	Vermeidungs- maßnahmen ⑥	A ⑨	Entdeckungs- maßnahmen ⑦	E ⑩	RPZ ⑪	V/T	
	Verstell- lasche bricht; Lichtma- schine wird nicht an- getrieben (lädt nicht)	6	Materialer- müdung	Falsches Material benutzt Materialfehler (Verformrisse) Dimensions- abweichungen Tatsächliche Beanspruch- ung übersteigt Konstruktions- grundlage		10 8 2 4	Zugversuch am Rohmaterial 1/Coil Prüfung 5 Teile/ Stunde Prüfung der wichtigen Merkmale (am Fertigteil) 5 Teile / Stunde	1 2 4 10	60 96 48 240	Fertigungsprüfung Fa. Schmidt Prod.-Entw.	

Legende:

B = Bewertungszahl für die Bedeutung
1 (keine B.) - 10 (sehr hohe B.)

V = Verantwortlicher

T = Termin für die Erledigung

A = Bewertungszahl für die
Auftrittswahrscheinlichkeit
1 (unwahrscheinlich) - 10 (hoch)

Risikoprioritätszahl $RPZ = A \times B \times E$

E = Bewertungszahl für die
Entdeckungswahrscheinlichkeit
1 (hoch) - 10 (unwahrscheinlich)

Abbildung 10: Beispiel eines FMEA-Formblattes⁹⁰.

Einige Nutzer des FMEA⁹¹ verweisen auf die kalkulatorische Varianz der Bewertungszahlen innerhalb der FMEA. Insbesondere die Gefahr einer zu hohen oder zu niedrigen Bewertung durch die Multiplikation leicht variierender Zahlen. Rechnerisch resultieren ähnliche Gruppen von Bewertungszahlen wie beispielsweise $A_1=8$, $B_1=5$ und $E_1=5$ bzw. $A_2=8$, $B_2=6$ und $E_2=6$ bezüglich der RPZ in bemerkenswerter Distanz, obwohl sie subjektiv ähnliches Risiko haben. Im Beispiel ist das $RPZ_1=200$ und $RPZ_2=288$. Wird der Schwellwert beispielsweise auf den Wert 250 gesetzt, so besteht die Gefahr, dass beispielsweise mögliche Fehlerursachen nicht beachtet werden. Die Kommentatoren schlagen deshalb vor, nur mit 3 Zahlenwerten wie beispielsweise 1,5 und 10 zu arbeiten oder das Fehlerisiko nicht linear zu werten, sondern in Gruppen von 1, 2 bis 50, 51 bis 100, 101 bis 1000⁹². Andere Ansätze schlagen vor, die RPZ als Sortierkriterium zu nutzen, welche die Priorisierung der Bearbeitung erkannter Fehlermöglichkeiten gibt. Dadurch wird keine Fehlermöglichkeit ausgeschlossen. Beim Überschreiten der Projektzeit werden aber weniger wichtige Fehler übersprungen. Hauptkriterium bleibt demnach die subjektive Ermittlung der Bewertungszahlen. Dies ist vergleichbar den systemimmanenten Bewertungsproblemen des QFD.

⁹⁰ Quelle: Pfeifer, Seite 401

⁹¹ Vgl. z.B. <http://www.quality.de/quality-forum/2005/messages/19439.htm> : Juli 2008

⁹² Organisationshandbuch des Deutschen Ministeriums des Innern
http://www.orghandbuch.de/nr_413746/OrganisationsHandbuch/DE/6__MethodenTechniken/63__Analysetechniken/633__FehlermoeglichkeitUndEinflussanalyse/fehlermoeglichkeitundeinflussanalyse-node.html?__nnn=true : August 2008

H) Fehlerbaumanalyse FBA

Die Fehlerbaumanalyse ist eine Standardmethode des QM für sicherheitsrelevante Systeme. Sie hat Ihren Ursprung in den USA. Sie wurde in den 1960er Jahren von den Bell Labs⁹³ als logisches Diagramm mit graphischer Darstellung entwickelt, um in Projekten mit Null-Fehler-Anforderung eine Qualitätssicherung zu erreichen.

„Die Fehlerbaumanalyse ist eine Top-down-Analyse: Ausgangspunkt ist ein unerwünschter Systemzustand, das sogenannte Top-Ereignis. (...) Mit logischen Verknüpfungen werden in einer (umgekehrten) Baustruktur sukzessive die Ursachen eingezeichnet.“⁹⁴ Die umgekehrte Betrachtung erlaubt einen Zuverlässigkeitsbaum. Die FBA ist eine Systemanalyse und wird in der DIN 25 424 beschrieben.

Akao identifiziert mit Hilfe der FBA „ursächliche Faktoren für die in der FMEA ermittelten Fehlermöglichkeiten“⁹⁵. Er sieht sie gemeinsam mit der FMEA als Teil der Anwendung des QFD.

Abbildung 11 zeigt eine durchgeführte FBA am Beispiel der Bequemlichkeitsanforderung in einem Automobil.

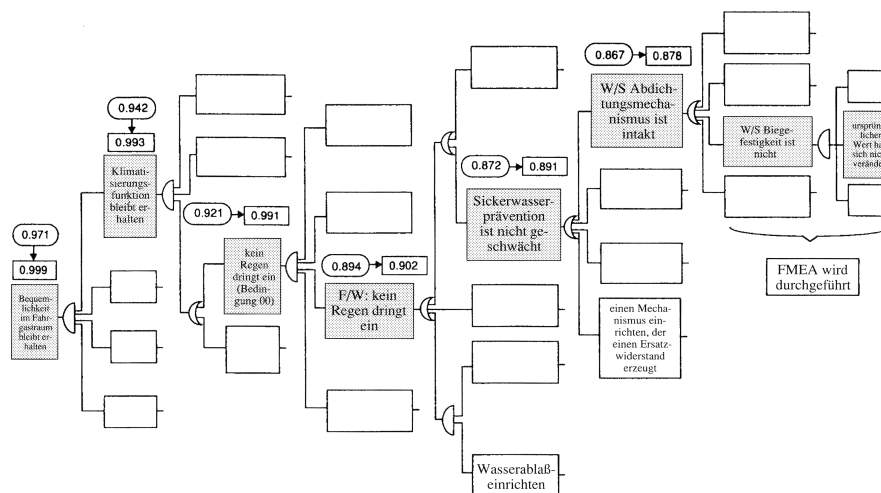


Abbildung 11: Durchgeführte FBA am Beispiel der Bequemlichkeitsanforderung in einem Automobil⁹⁶.

I) Kano-Modell

Das Kano-Modell wurde 1978 von Noriaki Kano entwickelt und ist ein Werkzeug zur Ableitung von Kundenwünschen.

Das Modell unterscheidet fünf Ebenen der Qualität, namentlich Basismerkmale, Leistungsmerkmale, Begeisterungsmerkmale, unerhebliche Merkmale und Rückweisungsmerkmale. Prefi führt aus, dass nach Kano die Begeisterungsmerkmale den eigentlichen Unterschied zwischen konkurrierenden Produkten ausmachen⁹⁷. Es muss generell berücksichtigt

⁹³ Präzisierung: die ‚Bell Labs‘ wurden damals ‚Bell Telephone Laboratory‘ genannt.

⁹⁴ Zinniker, P.; „Zuverlässigkeits- und Sicherheitsplanung“ in Masing, Seite 463

⁹⁵ Akao, Y.; Seite 39

⁹⁶ Quelle: Akao, Y.; Seite 183

⁹⁷ Prefi, T.; „Qualität und Markt“ in Masing, Seite 376

werden, dass sich die Begeisterungsmerkmale eines Produktes über die Zeit ändern und unterschiedliche Zielgruppen andere Begeisterungsmerkmale haben.

Das Kano-Modell ist ein Modell zur Analyse von Kundenwünschen⁹⁸. Es erlaubt die Erwartungen von Kunden zu erfassen und diese bei der Produktentwicklung zu berücksichtigenden Ziele der Kano-Methode sind:

- genauere Abschätzung des Einflusses der Kundenforderungen auf die Kundenzufriedenheit
- Entwicklung maßgeschneiderter Leistungspakete für verschiedene Kundensegmente
- Schaffung von Wettbewerbsvorteilen gegenüber der Konkurrenz
- Ableitung von Prioritäten für die Produktentwicklung (Hilfsmittel zum Trade-off)⁹⁹

Die Kano-Analyse ist bei komplexen Produkten sinnvoll.

J) DRBFM und GD³

Das Konzept GD³ steht für die drei Prämissen ‚Good Design‘, ‚Good Discussion‘ und ‚Good Dissection‘ (auf deutsch etwa ‚gute Gestaltung‘, ‚gute Diskussion‘ und ‚gute Analyse‘). Es wurde von Yoshimura für Toyota zur Qualitätssicherung in der Produktentwicklungsphase entwickelt. Sie gilt als Kreativitätsmethode, die auf der FMEA basiert. Sie ist aus der Erkenntnis entstanden, dass Änderungen das höchste Fehlerpotential enthalten. Der Unterschied zur FMEA ist die Beschränkung auf Änderungen an einem Bauteil oder Element. Eine weitere Grundlage ist das Konzept der präventive Fehlervermeidung, auch GD³ genannt, welche als Weiterführung des Kaizen-Gedankens hin zu einer generellen Robustheit des Produkts gilt¹⁰⁰. Die Autoren sehen die Qualitäten in der Identifizierung von unbekannten Fehlern und dem kreativen Gedankenaustausch. Unter kreativem Gedankenaustausch wird eine fruchtbare Diskussion zwischen gleichberechtigten Fachleuten unterschiedlicher Fachgebiete gesehen, die sich mit einer Thematik befasst. Dadurch können Erfahrung und Wissen spontan eingebracht und zunächst durch die Anwesenden gedanklich vernetzt werden.

Das Instrument zur Handhabung des GD³ ist das sog. ‚Design Review Based on Failure Mode (DRBFM)‘¹⁰². Das DRBFM zeichnet sich durch die Notierung der Änderungen von Bauteilen auf Formblättern aus. Die Änderungen werden Funktionen und anderen Änderungen in einer Matrix gegenüber gestellt. Befürchtungen der Diskussionsteilnehmer werden gesammelt und zusammen mit vermeintlichen Fehlerursachen dokumentiert. Dabei können andere Werkzeuge wie QFD oder FMEA nach Anforderung angewendet werden.

Die Bewertungen von Entwicklungen, sog. ‚Design Reviews‘, beabsichtigen die Erfahrungen aller Beteiligten zu nutzen, die

⁹⁸ Vgl. <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kano-Modell&oldid=51405952> : Juni 2008

⁹⁹ Vgl. http://imihome.imi.uni-karlsruhe.de/nkano_b.html : Juni 2008

¹⁰⁰ Neumärker, et. al.; „Methodische Qualitätssicherung mit „Design Review Based on Failure Mode“ (DRBFM)“ in Masing, Seite 433f

¹⁰¹ das vorab genannte ‚Poka-Yoke‘ ist auch eine präventive Fehlervermeidung, das von Shingo bei Toyota entwickelt wurde.

¹⁰² auf Deutsch in etwa: ‚Bewertung von Entwicklungen basierend auf Fehleranalyse‘.

Kommunikation über Bereichs- und Abteilungsschichten hinweg zu verbessern, Fehler bzw. Unzulänglichkeiten zu finden und nachvollziehbare Dokumentationen der Ergebnisse zu gewährleisten¹⁰³. Neumärker et. al. bemerken, dass Grundvoraussetzungen für eine erfolgreiche Anwendung des DRBFM der Wille ist, Wissen zu teilen. Die Anwendung des GD³ bringt Mängel in der Organisation wie Kommunikation, fehlende Fachkompetenzen, etc. sofort zutage und sollten bereinigt werden¹⁰⁴.

3.1.3 Qualitätsmanagement in Bezug auf Gebäudeentwurf

Eine direkte Verbindung zwischen vorab genannten japanischen QM-Konzepten und Gebäudeentwurf bzw. QM im Gebäudeentwurf ist nicht bekannt. Es zeigen sich allerdings Parallelen in Konzepten und Zielen.

Architekten in Mitteleuropa und Japan finden zwar die jeweils andere Architektur reizvoll; allerdings hat dieses gegenseitige Interesse keine QM-Werkzeuge für den Gebäudeentwurf auf der Basis der vorab genannten japanischer QM-Werkzeuge geschaffen. Auch ist ein umgekehrter Einfluss nicht dokumentiert. Es wird in dieser Arbeit nicht untersucht, ob Europas Japonismus ab ca. 1850 und das nachweisliche Interesse der Wiener Werkstätten an japanischer Kunst Anfang des 20. Jahrhunderts einen konzeptionellen Einfluss auf das QM in Lehre und Gebäudeentwurf hatte. Auch bekannte Vertreter der Moderne wie Mies van der Rohe haben sich bewusst mit chinesischen und japanischen Philosophien und deren baulichen Interpretationen beschäftigt. Wenngleich keine bewusste Übernahme von Stilelementen nachgewiesen werden kann, so sind Konzepte wie das immerwährende Gestalten aus der ‚Wesenheit der Dinge‘¹⁰⁵ verwandt mit dem Streben nach permanenter Verbesserung. Allenfalls kann man also ein europäisches Interesse für Perfektion im Sinne eines traditionellen künstlerischen Kaizen erkennen. Eventuell existierendes QM aus dem zeitgenössischen japanischen Gebäudeentwurf ist in Europa nicht dokumentiert.

Eine weitere Parallele zwischen Gebäudeentwurf und QM in der Industrie sind die Phasenmodelle. Der Gebäudeentwurf wird stark mit der Phase der Produktentwicklung verglichen, insbesondere mit den in Kapitel „3.1.1 Phasen der Produktentwicklung“ formulierten Aufgaben ‚I. Marktsegment identifizieren‘ bis ‚IV. Pflichtenheft erstellen‘. Der in der Produktentwicklung definierte ‚Freezing Point‘ ist im Gebäudeentwurf dem Abschluss der in der HOAI vorgeschlagenen Leistungsphasen¹⁰⁶ ‚5 Ausführungsplanung‘ und ‚6. Vorbereitung der Vergabe‘ verwandt. Die Produktentwicklung sieht hier das erstellte ‚Pflichtenheft‘ vor.

Konzeptionelle Parallelen zu vorab genannten QM-Methoden gibt es beispielsweise in Form von Berücksichtigung verschiedener, teils konkurrierender Kundenforderungen, der Aufteilung größerer komplizierter Bauteile in kleinere Einheiten, der Ermittlung von Zuverlässigkeitsketten bzw. Fehlerfolgen. Auch werden Variantenstudien gemacht, welche unter projektspezifischen Anforderungen untereinander abgewogen werden. Meist sind Kosten ein wichtiges Argument für die Prozessgestaltung des Entwurfs,

¹⁰³ Pfeifer, T.; Seite 341

¹⁰⁴ Neumärker, et. al.; „Methodische Qualitätssicherung mit „Design Review Based on Failure Mode“(DRBFM)“ in Masing, Seite 439

¹⁰⁵ Blaser, W.; Seiten 6, 26, 108.

¹⁰⁶ Vgl. Kapitel „1.2.5 Produktions- und Prozessmanagement“

der Gebäudeerstellung, des Gebäudebetriebs bzw. der Gebäudeentsorgung. Diese Herangehensweise ähnelt dem V-Modell, welches eine geschachtelte Reihe zur Reduzierung von Komplexität in Projekten vorschlägt. Nach abgeschlossener, detaillierter Spezifikation werden die einzelnen Komponenten zu einem Produkt integriert^{107 108}. Die wertende Abwägung von konkurrierenden Anforderungen ist dem QFD vergleichbar. Allerdings sind diese konzeptionellen Parallelen kaum in abstrahierenden Werkzeugen und Schemen festgehalten, welche idealerweise die Entscheidung herleitet, numerisch untermauert und die Wertung dokumentiert. Vielmehr sind es Inhaltsdefinitionen, welche zu den Werkzeugen des Gebäudeentwurfs zählen.

Die etablierten Inhaltsdefinitionen sind teilweise durch Gesetze und Normen hinterlegt. Beispiele hierfür sind die Leistungsphasen der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI), Bürgerliches Gesetzbuch (BGB), Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB), Kostenkontrolle mittels DIN 276, Mengenermittlung Mittels DIN 277, Energieverordnungen, Planinhaltsdefinitionen für Baugenehmigungen, Zeichnungsvorgaben, Maßstäbe, Darstellungen, etc.

Staub et. al merken allerdings an, dass die baukostenorientierte Honorierung der HOAI die Systemintegration der Raumautomation behindert¹⁰⁹. Deshalb wurden von Architektenverbänden wie dem SIA integrierte Planungsmethoden wie das SMART-Konzept vorgeschlagen, welche Planung und Erstellung von Gebäuden nach Phasen gliedert, anfangs klare Lastenhefte formuliert, Unternehmer- und Fachplanergespräche während der Planungsphase vorsieht und vor allem ein Design-Freeze nach den Werkplänen definiert¹¹⁰. SMART geht zudem von einem Modell der eigenverantwortlichen Ausführung von Leistungen durch Werkgruppen, welche mehrere verknüpfte Gewerke gemeinsam ausführen. Dieses Modell scheint vergleichbare Angriffspunkte hinsichtlich Qualitätssicherung zu haben wie Generalunternehmermodelle und Bauherrenintegration während des Bauprozessen, da die Werkgruppen einerseits die definierten Standards unternehmerisch interpretieren und andererseits innerhalb ihrer Werkgruppe nach Optimierungen suchen. Die Gewährleistung würde gemäß SMART den Werkgruppen übertragen, was ggf. zu rechtlichen Problemen führen könnte, da die Werkgruppen aus einzelner Unternehmen bestehen. Andererseits entspricht das System der Werkgruppen dem Zuliefermodell der produzierenden Industrie.

Das vorab beschriebene DRBFM ist teilweise vergleichbar mit Fachplanergesprächen bzw. internen Projektbesprechungen. Diese haben sich vor langer Zeit etabliert, ohne dass sie beispielsweise über einheitlich strukturierte Formblätter oder Abläufe verfügen. Zudem fehlen Werkzeuge wie FBA, FMEA, etc. Die Forderung von Neumärker et. al. nach konkreter Diskussionsgrundlagen wie Zeichnungen, Messblättern, etc.¹¹¹ kommt dagegen den strukturierten Entwurfsprozessen nahe. Einige Büros

¹⁰⁷ Vgl. Prefi, T, „Qualitätsmanagement in der Produktentwicklung“ in Masing, Seite 408

¹⁰⁸ Quelle: Prefi, T, „Qualitätsmanagement in der Produktentwicklung“ in Masing, Seite 409

¹⁰⁹ GNI, „GNI-Handbuch der Raumautomation“, AZ Fachverlage, Aarau; 1999, Seiten 57f

¹¹⁰ SIA 971 „Bauen nach SMART“, 1998; <http://www.bauweb.ch/funkt13.html> : August 2008; und Staub, R., Seiten 74f

¹¹¹ Neumärker, I., et. al.; „Methodische Qualitätssicherung mit „Design Review Based on Failure Mode“(DRBFM)“ in Masing, Seite 433f

praktizieren selbstentwickelte Werkzeuge, welche über die Anforderungen der vorab genannten Inhaltsdefinitionen hinausgehen. Die Tabellen des DRBFM sind vereinfacht gesagt strukturierte Sitzungsprotokolle mit integrierten Rückläufen und Anmeldungen von Bedenken der Fachplaner. Mit seinem generalistischen Wissen wird der Architekt im Idealfall als Moderator zwischen Fachplanern gesehen und ist dem Moderator im Sinne einer DRBFM vergleichbar¹¹². Ein zentraler Unterschied ist, dass der Architekt meist die direkte Kundenbetreuung hat ohne dem Backup einer Marketingabteilung, welche Anforderungen ermittelt und vorschlägt.

Weitere Parallelen sind Qualitätszertifikate für Gebäude bzw. Baumaterialien wie beispielsweise TÜV, RSL, Umweltzeichen, Baumuster, Energielabel, etc.¹¹³ Allerdings gibt es wenige Zertifikate, welche die Entwurfsqualität garantieren. Einerseits wird dies in Deutschland durch Baugesetze, Architektengesetze und öffentlich-rechtlichen Berufsverbände geregelt. Diese schreiben bei bestimmten, meist größeren Bauvorhaben vor, dass nur ein Ingenieur mit erfolgreichem Architekturstudium und einer gewissen Erfahrung die Genehmigungsplanung unterschreiben darf. Ohne dieser Unterschrift wird der Genehmigungsprozess eines Gebäudes nicht gestartet. Dies kann als Qualitätssicherung betrachtet werden. Die gebäudebezogenen Gesetze sichern eine bauliche, hygienische und energetische Qualität. Dies ist ggf. in dem hohen Wert des Gesamtwertes aller Gebäude einer Gesellschaft begründet.

Darüber hinaus bestehen wenige Initiativen, welche ein Qualitätszertifikat für Entwurfsleistungen herausgeben¹¹⁴. Die Zertifizierung nach DIN 9000 oder vergleichbaren Normen ist für Architekturbüros nicht üblich.

Gemäß Shingo beeinflusst das TPS das Layout von Maschinenstandorten in Fabriken¹¹⁵. Dies bedeutet, dass beispielsweise kleine Gruppen von Maschinen in U-Form aufgestellt werden, so dass mehrere Maschinen von einer Person beaufsichtigt werden können. Dies kann in Konsequenz einen Einfluss auf das Layout der Gebäude haben. Hinsichtlich des Prozessmanagements ist wichtig zu erwähnen, dass diese gruppierten Maschinen unterschiedlicher Art sein können bzw. unterschiedlich sein sollten. Inwieweit das TPS neben Standortparametern und gesetzlichen Vorgaben beispielsweise Einfluss auf die Gestalt eines Gebäudes nehmen kann, ist nicht bekannt und wird nicht weiter untersucht. Es wird angenommen, dass der Einfluss des TPS auf den Gebäudeentwurf nur indirekt durch Maßnahmen und Resultate anderer Aktivitäten erfolgt.

Die Prinzipien des Kaizen sind vergleichbar mit der holistischen Entwurfsarbeit von mitteleuropäischen Architekten. Meistens arbeiten diese weniger strukturiert als die Angestellten von Toyota scheinbar tun. Kaizen dient im Kontext dieser Dissertation als grundsätzliche Sichtweise auf die Strukturierung von Arbeitsabläufen in Entwurf und Gebäudebetrieb.

Das TPS ist als ein Werkzeug zur Steigerung von Effizienz und Qualität in der Serienfertigung entwickelt und erprobt. Obwohl Automobile durch Kombinationen von Zubehör und Optionen viele Variationsmöglichkeiten

¹¹² Pfeifer, T.; Seite 404

¹¹³ Eihoff, M.; „Warenkennzeichnung“ in Masing, Seiten 761ff

¹¹⁴ Beispielsweise die „Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen e.V.“;
<http://www.dgnb.de/> ; Juli 2008

¹¹⁵ Shingo, S.; Seiten 63ff

aufweisen, bleibt das TPS eine auf Serienproduktionen abgestimmte Philosophie. Durch den Fokus auf die Produktentwicklung wird der Vergleich des TPS mit dem Gebäudeentwurf schwächer gewichtet. Eine kritische Betrachtung des Einsatzes von TPS in Gewerben mit ‚kundenindividueller Massenproduktion‘ (englisch ‚mass customization‘) wäre deshalb nötig. Die kundenindividuelle Massenproduktion beschreibt die Fertigung von Produkten, bei denen sich eine Vielzahl von Parametern und Teilen individualisieren lassen ohne die Logik von Form, Fertigung oder Montage zu verändern¹¹⁶. Der Entwurf und die Erstellung von Gebäuden kommt diesen Vorgaben für ein kundenindividuelles Massenprodukt nahe¹¹⁷.

Diese Diskrepanz zwischen Serienproduktion und kundenindividuellem Produkt wird in Kapitel „5.1.1 Vergleichende Disziplin“ dieser Dissertation diskutiert.

Wenige Autoren beziehen direkte, gestalterische Elemente in den Kontext des QM. Matsuhita schlägt vor, in kleinen Firmen zwischen Management und Produktion Wände aus Glas anzubringen, um die Transparenz zu verdeutlichen¹¹⁸. Dazu gehört auch, Prozessdaten und Reklamationen sichtbar zu halten.

Das Kano-Diagramm dient im Kontext dieser Arbeit der Sortierung und Präferenzierung anfänglich gleichwichtiger Anforderungen. Es wird erwartet, dass insbesondere im Bereich des Ubicomp Begeisterungsmerkmale zu verzeichnen sind, da die Basisfunktionen eines Gebäudes bekannt sind und als Standard angenommen werden. Begeisterungsmerkmale sind derzeit beispielsweise Aspekte des Ressourcenmanagement. Allerdings ist aufgrund der langen Lebensdauer eines Gebäudes langfristig gültige Begeisterungsmerkmale schwierig zu ermitteln. Deshalb wird die Wichtigkeit des Kano-Diagramms im Kontext dieser Arbeit als gering gesehen.

Die Bewertung der gestalterischen und funktionalen Qualitäten von Gebäuden ist schwierig. Der Autor wagt die These, dass aufgrund der Einbeziehung von Zulieferern, Nutzern, Bauunternehmen und Planungsbüros eine im global Vergleich gesehene meist gute bis sehr gute Qualität der Gebäude erarbeitet wird. Zwar sind die Erstellungskosten vergleichsweise hoch. Ressourceneffizient¹¹⁹, Komfort und Sicherheit sind aber überdurchschnittlich gut.

3.1.4 Qualitätsmanagement in Bezug auf Ressourcen

Das QM interpretiert Ressourcen anders als der Gebäudeentwurf und Gebäudebetrieb, welche mit Personalressourcen, Abfällen, Grauer Energie und Landbedarf bis hin zu fossilen und nachwachsenden Energiebedarfswerten. Fischer und Walko listen als Ressourcen im QM der Verfahrenstechnik dagegen personelle und infrastrukturelle Ressourcen auf¹²⁰. Pfeifer verweist auf Verordnungen und Normen¹²¹. Er fügt an, dass

¹¹⁶ Piller, F.; Seiten 86ff

¹¹⁷ Vortrag von Piller, F.; an der ETH Zürich am 06. Nov. 2002

¹¹⁸ Brunner, F.; Seite 98

¹¹⁹ Vgl. http://www.baulinks.de/webplugin/2003/0082.php4?url1=http://www.baulinks.de/webplugin/z_starta.txt&url2=http://www.baulinks.de/webplugin/z_ende.txt : Juni 2008, <http://www.bmybs.de/architektur-baukultur/download/Architektur12122003.pdf> August 2008

¹²⁰ Fischer, B., Walko, P.; „Integration eines Informationssicherheitsmanagements in ein QM-System“ in Masing, Seite 908

die reine Erfüllung gesetzlicher bzw. behördlicher Auflagen um eine ökologische Komponente zu ergänzen ist. Auf europäischer Ebene sind ebenso Verordnungen entstanden, die ein Umweltmanagementsystem auf betrieblicher Ebene erfordern¹²¹. Konkrete Kennwerte zum Energiebedarf, beispielsweise zur Zerspanung von 1kg Edelstahl in einem Fräszentrum, wurden in der Literatur nicht erkannt. Solche Zahlen wären mit den Energiekennwerten der Bauindustrie gleichzusetzen, wo graue Energien sortiert nach Bauteilen und Herkunft oder projektbezogene Energiebedarfswerten nach Standort und Nutzung üblich sind.

Andererseits erlauben o.g. Werkzeuge und Philosophien die Betrachtung und Integration von Ressourcen in den Entscheidungsprozessen. Die ‚drei-Mu-Checkliste‘ beispielsweise resultiert in einer kritischen Betrachtung der Ressourcenbedarfswerte hinsichtlich Finanzen, Flächen, Investitionen, etc. Die Einbeziehung allgemein bekannter Umweltparameter in die Produktentwicklung scheint abgesehen von behördlichen Auflagen, eine Ermessenssache der jeweiligen Unternehmen zu sein.

Durch das Prinzip des ‚Vermeidens von Verschwendungen‘ (Muda, Japanisch 無駄) wurden im Sinne des TPS bereits zu Beginn seiner Anwendung die Rahmenbedingungen für ökologisches Handeln festgelegt, obwohl dies wahrscheinlich nicht das ursprüngliche Ziel war. Vermeidung von Verschwendungen ist im Sinne von Vermeidung von jenen Aktivitäten zu verstehen, welche keine Wertsteigerung eines Produktes oder positive Produktivität ermöglichen. Dadurch ist der ressourcensparende Umgang in möglichst allen Bereichen einer Unternehmung ein generelles Ziel und nicht erst ein Kind der ökologischen Bewegung.

Im TPS sind Ressourcen sehr vielfältig zu verstehen. Beispiele für Ressourcen sind monetäre Mittel, Arbeitnehmer, Lagerplätze, Laufzeiten, Abfall, etc. Die Ressourcenoptimierung ist im TPS rein ökonomisch begründet, da ‚Abfall‘ nicht als zentrale Aktivität angesehen wird, welche ein Unternehmen aktiv ausführen sollte, das Automobile produziert. In Konsequenz gilt es, Abfall zu vermeiden. Der Begriff Abfall wird in sehr weitem Kontext gesehen, da im Sinne des TPS auch Fehlzeiten, unproduktive Laufstrecken, etc. als Abfall gesehen werden.

Der Einfluss des TPS auf die generelle Ressourceneffizienz einer Handlung wird deshalb als stark eingeordnet.

Shingo¹²³ beschreibt die Mischung von Artikeln in der Produktionskette. Dabei werden beispielsweise zwei Produkte gemischt, die sonst in separaten Produktionsketten gefertigt würden. Da Produkt A eine gewisse Leerzeit nach dem vollzogenen Arbeitsschritt hat, wird diese mit der Bearbeitung des Produkts B aufgefüllt. Es müssen zwar passende Paarungen gefunden werden, um nicht weitere Leerzeiten zu verursachen. Bei erfolgreicher Paarung ist eine Ressourcenoptimierung möglich ohne gleichzeitigen Qualitätsverlust.

3.1.5 Qualitätsmanagement in Bezug auf Ubicomp

Es finden sich im Bereich des ursprünglichen TPS keine direkten Bezüge zu Themen des ‚ubiquitous computings‘ oder ‚pervasive computings‘. Am o.g.

¹²¹ Pfeifer, T.; Seite 114ff.

¹²² Vgl. Ensthaler, J.; „Qualitätsmanagement und Recht“ in Masing, Seiten 144ff

¹²³ Shingo, S.; Seite 132

Beispiel der effizienten Softwareentwicklung mit Hilfe einer Kanban-Steuerung ist ein Teilbereich des Ubicomp angesprochen. Die Verwendung von Prinzipien des TPS als Grundlage von Ubicomp-Dienstleistungen ist allerdings nicht nachgewiesen.

In der reinen Softwareentwicklung ausserhalb des Ubicomp werden allerdings in manchen Projekte Werkzeuge wie das V-Diagramm oder Kanban verwendet.

Eine erste Herleitung kann Parallelen zwischen Teilsystemen des Ubicomp und des TPS aufzeigen. So weisen Kanban-Karben starke Parallelen mit Einträgen von relationalen Datenbanken auf, wie beispielsweise den ‚tables‘ in Datenbanken wie MySQL. Das Hol-Prinzip ist konzeptionell verwandt mit einem Abfrage-Prozess in Netzwerken und Softwarestrukturen wie beispielsweise im Internet die Informationsabfrage der Clients am http-Server.

Eine weitere Parallele könnte gemacht werden durch den Vergleich von Fertigungsstrecke in der Produktion mit Verarbeitung von Daten zu höherwertigen Informationen¹²⁴. Produkt wie Daten erreichen durch eine Verarbeitung eine höherwertige Qualität. Die Produkte einer Fertigungsstrecke können mit den Daten einer Software verglichen werden, die durch Verarbeitung zu höherwertigen Informationen werden.

Insbesondere objektorientierte Softwareprogrammierung zergliedert meistens komplexe Aufgaben in einfachere Teilbereiche. Dies hat mehrere Gründe wie:

- Fehlerreduzierung bei der Erstellung der Software,
- Vereinfachte Verteilung auf mehrere Programmierer
- bessere Wartung im Betrieb.

Dadurch entstehen ineinander greifende Abhängigkeiten, welche der Anwendung des TPS vergleichbar sind.

Ubicomp lässt sich gut in die Definitionen von Kano nach Grundforderungen des Kunden und Begeisterungsmerkmale integrieren¹²⁵. Mit dem Unterschied, dass Ubicomp ggf. Qualitäten hat, die der Kunde nicht kennt und deshalb nicht schätzen kann. Allerdings dürften insbesondere die Begeisterungsmerkmale des Ubicomp die Kundenwünsche definieren, da der Kunde im Kontext eines Gebäudes von grundlegenden Diensten wie Schutz und Sicherheit ausgehen kann. Ubicomp ist neu, und hat dadurch gewissen Reiz. Kommen nun Dienste hinzu, welche beispielsweise Schutz, Sicherheit und Komfort verbessern, ist er darüber erfreut.

3.1.6 Einschränkungen des Qualitätsmanagement

Sollten nachfolgende Punkte nicht aus der Prozesskette eliminiert werden können, dann erzielt das TPS keine oder nur eine eingeschränkte Steigerung von Effizienz und Qualität¹²⁶:

1. bei Unterbrechungen in einer nach TPS gesteuerten Prozesskette durch nicht Kanban gesteuerte Teilprozesse.
2. bei Arbeiten, welche die Entlohnung der Angestellten und Arbeiter in Abhängigkeit der Mengenleistung (Akkordarbeit) erbringt, da

¹²⁴ Vgl. Wang, K., et. al; 1997

¹²⁵ Prefi, T.; „Qualität und Markt“ in Masing, S. 376

¹²⁶ Vgl. Geiger, G.; Seiten 34ff.; und Interview mit Seichter, D.;

hierbei die Arbeitnehmer kein Interesse haben die Verwaltungsarbeiten für ein funktionierendes TPS auszuführen, was in einem geringeren Lohn resultiert.

3. bei Arbeiten, welche große Vorbereitungen mit viel Ausschuss erfordern wie beispielsweise die Herstellung von Stanzteilen oder Schrauben.
4. bei Arbeiten welche aufwendige Rüstarbeiten von Maschinen benötigen und das Produkt erst ab einer gewissen Menge in einer gewissen Qualität oder Effizienz erstellen.
5. bei Arbeiten, die nicht vorher eingeplant wurden, d.h. wenn Anfragen zu Leistungen oder Produkten kommen, die nicht im System integriert sind.

Kaizen beispielsweise geht davon aus, dass „der wirtschaftliche Erfolg das Ergebnis von Produkten und Dienstleistungen ist, die mit ausgezeichneter Qualität höchste Kundenzufriedenheit erzielen“¹²⁷. Es lässt sich kommerzieller Erfolg allerdings auch mit Produkten erzielen, die nicht die höchste Qualität haben, aber dem Käufer suggerieren, dass sie ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis haben.

Eine nach TPS optimierte Fertigung erscheint als ein System ohne Redundanzen und Puffer. Man erwartet permanente Systemausfälle, vergleichbar mit einem Dominoeffekt, da ein fehlerfreier Betrieb in der Praxis nicht gewünscht ist bzw. nicht auftreten darf. Auch müssen die Veränderungen im Sinne der permanenten Verbesserung gemacht werden, welche wiederum Zeit und Änderungen an den Arbeitsabläufen erfordern. Beispiele für Systemausfälle aufgrund zu geringer Toleranzen, Redundanzen oder Kapazitäten sind in Kapitel „3.3.7 Einschränkungen des Ressourcenmanagements“ formuliert.

Eine zu straffe Just-in-Time-Produktion kann die Produktion hemmen, insbesondere wenn Zulieferungen ausbleiben. So musste beispielsweise Toyota die Produktion in zwölf japanischen Werken stoppen, nachdem ein wichtiger Zulieferer aufgrund eines starken Erdbebens nicht liefern konnte¹²⁸. Im genannten Fall scheiterte das TPS in der Form, dass es seine eigene Optimierung nicht schnell genug anpassen konnte.

Letztlich wird auch das TPS von kulturellen Rahmenbedingungen wie Gesetzen, Traditionen, etc. von außen beeinflusst. Auch Vorgaben wie die Interessen von Aktionären sind Kundenwünsche, welche in das System eingebracht werden. Dadurch hat das TPS auch die Eigenschaft eines Bring-Systems zu beachten. Derselben Logik folgen teilweise die Verwaltung und Vorhaltung von Massenwaren (C-Teile) oder von Bauteilen mit aufwendigen Fabrikationsverfahren. Beide werden teilweise in größerer Stückzahl produziert als aktuell benötigt, da entweder ihr Einzelpreis sehr gering ist oder bei aufwendigen Produkten die Produktionskette eine Vorlaufzeit benötigt.

Angewandtes QM oder TQM resultiert nicht zwingend in exzellenter Produktqualität. Sind beispielsweise niedrige Verkaufskosten als primäre Kundenforderung gefordert, dann kann das TQM in vollem Umfang erfüllt worden sein, obwohl das Produkt eine schlechte Qualität hat.

¹²⁷ <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kaizen&oldid=52022614> : Jan 2008

¹²⁸ http://www.cedim.de/download/Unikath_04_07_cedim.pdf : Feb 2008

Wenige Werkzeuge gehen direkt auf Konfliktsituationen ein. Im Falle widersprüchlicher Anforderungen kann die Situation einer unlösbaren Situation auftreten. In solchen Situationen wird auf Werkzeuge wie TRIZ oder die Widerspruchstheorie WOIS verwiesen. Diese Werkzeuge beabsichtigen strukturiert Innovationen herzuleiten¹²⁹. Prefi bemerkt hierzu, dass Kunden bei Innovationen die Anwenderkompetenz fehlt¹³⁰. In wiefern ein Architekt auf eine Marketingabteilung zurückgreifen kann, um Vorteile zu kommunizieren, wird nicht untersucht.

Gefährlich ist ein kritikloser Einsatz von Werkzeugen wie QFD und FMEA. Durch die Verwendung von Zahlen scheinen sie eine Sicherheit zur Abstützung von Entscheidungen zu geben. Allerdings ist durch die Definition der wertenden Zahlen ein großer Spielraum in der Interpretation möglich.

3.2 Gebäudeentwurf

Als Gebäudeentwurf wird gemeinhin die Aktivität zur bewussten Definition der technischen und teilweise gestalterischen Spezifikationen eines zukünftigen Gebäudes verstanden. Diese Spezifikationen werden mittels heterogenen Medien wie Worte, Zahlen, Zeichnungen, Bilder, Beispiele, Datensätze, Leistungsverzeichnisse, etc. als Pflichtenheft an nachfolgende Phasen weitergegeben.

Der Autor ist der Meinung, dass jeder Entwurf ästhetische Belange definiert. Bereits die bewusste Vernachlässigung dieser Belange wird als Aussage zur Ästhetik verstanden. Die nachfolgende Definition von ‚Gebäudeentwurf‘ erscheint mechanisch und technisch. Es werden bewusst ästhetischen Parametern ausgeklammert, um Diskussionen über ästhetische Qualität zu verringern.

Bereits Vitruv beschreibt im 1. Jahrhundert v. Chr. die Rolle eines Pflichtenhefts in der Architektur: „Die Baukunst (...) besteht aus der Ausübung – *fabrica* – und aus der Theorie – *ratiocinatio*. – Die Ausübung ist eine durch Nachdenken und stäte Übung erworbene mechanische Fertigkeit, aus jeder Art von Materialien ein Gebäude nach vorgelegtem Risse aufzuführen. Die Theorie aber ist die Geschicklichkeit, die, mit Kunst und nach den Grundsätzen des guten Verhältnisses – *proportio* – aufgeführten, Gebäude zu erläutern und zu erklären.“¹³¹. Die Form eines zeichnerischen ‚Risses‘ ist eine heute noch übliche Darstellungsart. Sie ist zur Erlangung einer behördlichen Baufreigabe in Form von Grundrissen, Aufrissen und Schnitten notwendig. Risse beschreiben das zukünftige Gebäude auf abstrakte Art und Weise. Insbesondere Schnitte stellen Zusammenhänge dar, welche am realisierten Gebäude nie oder bestenfalls während der Erstellungs- oder Entsorgungsphase in Realität sichtbar sind.

Eine aktuelle Definition des Gebäudeentwurfes formuliert Deplazes: „Entwerfen und Konstruieren ist für mich ein und dasselbe. Mir gefällt die Vorstellung, dass die Form das Resultat von Konstruktion und Material ist,

¹²⁹ Vgl. http://www.wois-innovation.de/index.php?option=com_content&task=view&id=19&Itemid=27 : August 2008; und <http://de.wikipedia.org/wiki/Widerspruchstheorie> : August 2008

¹³⁰ Prefi, T.; „Qualität und Markt“ in Masing, Seiten 377f

¹³¹ Röde, A.; "Vitruvius Des Marcus Vitruvius Pollio Baukunst", 1796, Band 1, Kapitel 1, Seite 16, <http://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/vitruvius1796a/0036> : August 2008

also etwas Konkretes. Allerdings würde ich die Einschränkung auf diese Formel als mechanistische Reduktion betrachten, denn die Gestalt der Form trägt, willentlich oder nicht, über ihre materielle und konstruktive Komponente hinaus eine Information in sich, eine Absicht.¹³² Deplazes verweist zudem auf die paradoxe Situation, dass es dem Architekten um Schaffung von Raum geht, also etwas Immateriellen, wenn man von der Luft, den Nutzern und den Gegenständen im Raum absieht. Diesen Raum definiert er aber mittels Elementen des ‚Nicht-Raums‘, d.h. den raumbegrenzenden Materialien.

Durch das Aufkommen von Computern in Architekturbüros wurden bestehende analoge Werkzeuge digitalisiert sowie gänzlich neue Werkzeuge entwickelt. Der Autor geht davon aus, dass entwurfsunterstützende Werkzeuge Einfluss auf den Entwurfsprozess und die Qualität der Spezifikation haben. Beispiele für neuartige digitale Werkzeuge sind Computerprogramme, welche das Verhalten von mehreren Personen bei Evakuierungen simulieren¹³³ oder Freiformflächen automatisiert gemäß den Anforderungen nachfolgender Produktionsprozesse unterteilen¹³⁴. Sowohl analoge als auch digitale Werkzeuge haben ihren Einfluss nicht nur auf die Arbeitsweise und die formale Erscheinung, sondern auch auf die Möglichkeiten der Qualitätssicherung¹³⁵ und Entwurfsweise¹³⁶.

Im mitteleuropäischen Architektenverständnis ist die holistische Betrachtung einer Planungsaufgabe über mehrere Disziplinen und Maßstabebenen ein erstrebenswertes Ziel hinsichtlich einer hohen Qualität. Kapitel „3.2.4 Entwurf in Bezug auf Qualitätsmanagement“ werden die Formen des Qualitätsverständnisses diskutiert. Diese Arbeit fokussiert auf das Gebäude selbst und nimmt als Ursprung den Standpunkt des entwerfenden Architekten ein. Hinsichtlich des Entwurfs von Hochschulgebäuden bedeutet dies, dass Themen aus universitätspolitischen Leitbildern, globale Allianzen oder nationalen Plänen¹³⁷ in dieser Arbeit nur dahingehend berücksichtigt werden, indem damit verbundene planerische Kundenanforderung zu integrieren sind. Solche Zielvorgaben sind z.B. variable Büroräume, dreidimensionale Projektionen¹³⁸ oder energieautarker Gebäudebetrieb¹³⁹.

¹³² Deplazes, A.; Seite 19

¹³³ Vgl. <http://www.space-syntax.com/> : Juli 2008

¹³⁴ Vgl. beispielsweise die Arbeiten von DesignToProduction GmbH, Erlenbach, <http://www.designtoproduction.ch/content/view/1/4/> : August 2008

¹³⁵ Insbesondere das digitale Gebäudemodell/’Building Information Models’ (BIM) auf Basis der Industry Foundation Classes (IFC) erfordert eine neuartige Modellierung des Gebäudes, strebt aber an, ein integratives Gebäudemodell zu sein, welches Fachplaner und Gebäudebetreiber integriert (vgl. Kapitel „4.5 Einbindung in das IFC-Datenmodell“).

¹³⁶ Einen zeitgenössischen Überblick von computerbasierten Entwurfsmethoden mit Fokus auf formale Ergebnisse zeigt <http://www.entwurforschung.de/> : Mai 2008

¹³⁷ Leitbilder der Hochschulen wie beispielsweise RWTH Aachen (<http://www.rwth-aachen.de/go/id/cfj/> : Sept. 2008) , ETH Zürich (<http://www.ethz.ch/about/missionstatement> : Feb. 2008); Hochschulnetzwerke wie die IDEA League (<http://www.idealeague.org/> : März 2008).

¹³⁸ Vgl. das Siemens-Auditorium im eScience-Gebäude der ETH Zürich, welches ein zentrales Auditorium mit neuartiger audio-visueller Interaktionstechnologie ist. Die damit verbundenen technischen Installationen wurden baulich berücksichtigt beispielsweise durch Materialwahl, Hohlräume und spezialisierter Klimatechnik. Quelle: Projektleiter der Architekten Baumschlager-Eberle, Lochau, Österreich.

¹³⁹ Vgl. Wettbewerbsprogramm des Gebäudes „Forum Chriesbach“ der EMPA in Dübendorf, Schweiz; <http://www.forumchriesbach.eawag.ch/> : Aug. 2008

Wie in Kapitel „3.1.1 Phasen der Produktentwicklung“ und „3.1.3 Qualitätsmanagement in Bezug auf Gebäudeentwurf“ beschrieben, kennzeichnet sich der Gebäudeentwurf durch eine phasenweise Bearbeitung. Diese ist zudem iterativ und findet in einem heterogenen Umfeld statt. Dabei sollten idealerweise die Prozesse und Anforderungen über Personen, Disziplinen, Phasen und Gewerke hinweg synchronisiert sein.

Der Gebäudeentwurf hat den Einfluss von augenscheinlich unproduktiven Beteiligten zu beachten, da diese das Gelingen des Projekts beispielsweise mittels Nichtgenehmigung oder Nichtfinanzierung wesentlich beeinflussen können. Deren Vorgaben werden meist als Kundenwünsche im Entwurfsprozess berücksichtigt. Zu bemerken ist, dass ein Gebäudeentwurf keine Realisierung garantieren kann.

In Abbildung 12 fasst Russell die möglichen Transformationen von Daten-Bits zu materiellen Atom und von Ideen zu Repräsentationen zusammen. Der Gebäudeentwurf ist dabei als ‚Potential‘ und ‚virtuelle‘ Darstellung zu sehen, der über das Verständnis des Gebäudes die Realität modelliert. Ressourcenbedarfe und deren Konsequenzen lassen sich ebenso mittels des Quadriviums abschätzen, indem die Realität interpretiert wird. Daraus wird das Potential des zukünftigen Gebäudes ermittelt.

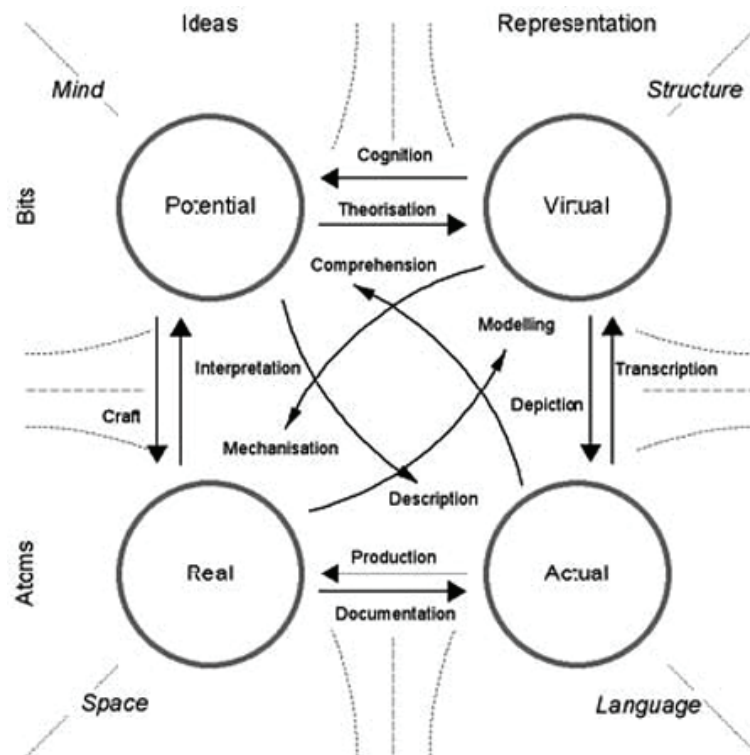


Abbildung 12: Quadrivium nach Russell zur Beschreibung der Beeinflussung von Ideen im Entwurf von Architektur¹⁴⁰.

Der Gebäudeentwurf ist das Ergebnis eines Prozesses, welcher durch das Produkt ‚Pflichtenheft‘ dargestellt wird. Das Pflichtenheft wird als immaterielles Produkt verstanden, das die Grundlage zur Realisierung eines

¹⁴⁰ Quelle: Russell, 2003

materialisierten Produktes bildet. Der Gebäudeentwurf berücksichtigt meistens die Erstellungsprozesse und zukünftige Betriebssituation. Die Anforderungen der diversen Betriebssituationen werden durch Simulationen und Erfahrungswerte ermittelt und miteinander in Verbindung gebracht.

3.2.1 Evaluation von Aspekten des Gebäudeentwurfs

Durch die Verbindung unterschiedlicher Anforderungen sind zahlreiche Evaluationen notwendig. Diese können beispielsweise in Form von Gedanken, Tischgesprächen, Berechnungen oder selbständigen Projekten gemacht werden. Diese Evaluationen sind, wenn richtig angewendet, ein Teil der Qualitätssicherung eines Gebäudeentwurfs. UbiComp-Kaizen kann über den üblichen Rahmen eines Instruments der Evaluation hinausgehen, indem es bestimmte Lösungen konkretisieren kann.

Der Gebäudeentwurf involviert eine Vielzahl von Personen, die über gegenseitige Abhängigkeiten vernetzt sind sowie unterschiedliche Kompetenzen und Verantwortungen haben. Darüber hinaus werden diese Beteiligten zu unterschiedlichen Zeitpunkten aktiv, formulieren ihre Anforderungen und Wertungen. Durch die permanente Zusammenarbeit aller Beteiligten ergibt sich im Idealfall ein wesentlicher Beitrag zur positiven Qualität. Üblicherweise findet die Zusammenarbeit in Form von Diskussionen sowie dem Austausch spezialisierter Lasten- und Pflichtenhefte. Die daraus resultierende Evaluationen sind können strukturiert und formalisiert sein oder auch rein verbal ausgetauscht werden. Es gibt nur selten Standards zur Dokumentation und Kommunikation der Evaluationen im Gebäudeentwurf. Die wenigen Definitionen sind beispielsweise Kosten-, Flächen- und Raumermittlungen nach DIN, Energieausweise, Fachplanerzeichnungen und Maßstabsdefinitionen. Eine Dokumentation der Herleitung wird in der Praxis nur bei technischen Aspekten wie beispielsweise Tragkonstruktionen, Energiebedarfswerten, Brandschutz, etc. gemacht.

3.2.2 Gebäude als Dienstleistung

Im Verständnis des Autors sind Gebäude vor allem Dienstleister. Der Autor geht dabei von einer Erweiterung der Definition der Fraunhofer Gesellschaft aus, welches „ein Haus als eine Ansammlung von Diensten [sieht]. Platzbedarf, Heizung, Licht bis hin zur Hard- und Software-Ausstattung sowie der Zugriff auf bestimmte Netzwerkressourcen werden im Rahmen dieses Konzepts als Dienste verstanden, die Nutzer/Betreiber beliebig zusammenstellen können.“¹⁴¹. Vereinfacht dargestellt sind die Basisdienste von Gebäuden hauptsächlich:

1. Sicherheit von Leben und Eigentum
2. Schutz vor Umwelteinflüssen

Diese primären Dienstleistungen überschneiden sich in ihren Konsequenzen, wodurch Synergien und Konkurrenzsituationen entstehen. So beinhaltet die Dienstleistung ‚Sicherheit‘ thematisch auch den Schutz vor Naturgewalten, etc. Andererseits wird beispielsweise der Schutz von

¹⁴¹ Fraunhofer Gesellschaft, Institut Sichere Informationstechnologie, „facilityboss“, 2007, http://www.sit.fraunhofer.de/Images/facilityboss_de_en_tcm105-97896.pdf : August 2008, Seite 2

Eigentum durch den Schutz vor Umwelteinflüssen konkurrenziert, indem das Gebäude teils kostenintensive Ressourcen umsetzt.

Zusätzlich zu den direkten Nutzern und Besitzern von akademischen Gebäuden interessieren sich sog. indirekte Nutzer für die akademischen Gebäude. Meist besteht ein öffentliches Interesse am Schutz der investierten Steuergelder, am Wahrzeichen oder an einer öffentlichen Nutzung.

Ein Gebäude selbst wird ebenfalls als schützenswertes Eigentum eingestuft, da es jemand besitzt. In extremen Situationen wie bei einem Brand kann es dadurch zu Interessenskonflikten kommen, da ein Feuer im Gebäude zahlreiche Ressourcen gefährdet. Namentlich sowohl Leben, die materiellen Güter im Gebäude und das Gebäude selbst. Ggf. könnte durch den Schutz des Gebäudes der Schutz des Lebens als weniger wichtig eingestuft werden. Sollte es im Ubicomp-Kaizen zur Wertung einer solchen Situation kommen, dann ist der Schutz des Lebens per Definition die erste Priorität.

Neben diesen primären Dienstleistungen sind dedizierte Dienstleistungen des Gebäudes zu berücksichtigen, die beispielsweise durch ein Raumprogramm angegeben werden.

Je nach Anforderung und Sichtweise erfüllt ein Gebäude auch ‚Dienstleistungen‘ wie beispielsweise Prestigegewinn und Abschreibungsmöglichkeiten von Investitionen.

3.2.3 Aufgaben des Architekten

In den meisten Ländern legen Gesetze und Regelwerke die durch Architekten zu erbringenden Leistungen sowie deren Ablauf in den wichtigsten Punkten fest¹⁴². Im Detail sind individuelle Anpassungen des Leistungsumfanges und der Prozessfolge möglich und durchaus üblich. Diese Variantenvielfalt betrifft die Phasen vom Entwurf bis zum Betrieb eines Gebäudes. Zum besseren Verständnis werden zusammenfassend die Phasen eines fiktiven Projektes beschrieben, um das Thema der Arbeit zu präzisieren¹⁴³:

- I. Grundlagenermittlung
- II. Vorentwurf
- III. Entwurf
- IV. Ausführungsplanung und Leistungsbeschreibung
- V. Vergabe
- VI. Bauleitung
- VII. Dokumentation
- VIII. Objektbetreuung während des Gebäudebetriebes

Diese Dissertation konzentriert sich auf die Phasen I bis IV.

¹⁴² Vgl. trotz Vertragsfreiheit zwischen Auftraggeber und Entwerfer haben die Berufsverbände der Architekten und Ingenieure in Deutschland, der Schweiz und Österreich Regelwerke erstellt, die beinahe normativen Charakter haben bzw. Gesetzesgrundlage sind (vgl. HOAI, SIA, etc.). Durch das Aufkommen digitaler Datenmodelle wie Building Information Models (BIM) und Internet verpflichten einige Staaten bereits die Entwerfer strukturierte Daten eines Projektierten Gebäudes den Behörden vorzulegen (vgl. Dänemark, www.bips.dk)

¹⁴³ Diese Gliederung fasst die Definitionen der Leistungsphasen verschiedener Länder zusammen. Sie ist dadurch nicht in Nummerierung und Benennung mit den Vorgaben der deutschen HOAI zu vergleichen.

Architekten können bei Bauprojekten zentrale koordinierende Rollen bezüglich Geometrie, Technologie, Zeitplanung und Kosten haben. Diese Rolle ist entweder auf die Entwurfsphase beschränkt oder beinhaltet zusätzlich die Erstellungsphase in Form der Bauleitung. Eine permanent wiederkehrende Tätigkeit ist der Informationsabgleich zwischen Fachleuten zur Entscheidungsfindung. Sie können die Rolle an externe Fachleute abgeben. Die Betriebsphase wird meist ohne Architekten begleitet. Es sind vor allem Facility Manager, die den Gebäudebetrieb beeinflussen.

Aufgrund der Erarbeitung dieser Dissertation aus Sicht eines Architekten mag der Eindruck entstehen, dass der Architekt die wichtigste Person in einem Projekt ist. Diesem Eindruck wird widersprochen. Je nach Kontext sind dies Investor, Besitzer, Bauherr, Behörden bzw. jene, die durch ihre Aktivität den Werdegang des Projektes beeinflussen. Aufgrund seiner Präsenz in zahlreichen Projektphasen laufen zahlreiche Informationen und Aufgaben zentral bei Architekten zusammen.

Um die Vielfalt der zu berücksichtigenden Anforderungen des Architekten während der Entwurfsphase zu betrachten, wird auf Maier et. al. verwiesen. In ihrem Buch „The Art of Systems Architecting“¹⁴⁴ werden verschiedene Sichtweisen auf die Arbeit und Ziele des Architekten formuliert. Insbesondere deren Schlussfolgerung, dass der Mehrwert von Systemen, welche einer Entwurfsaufgabe dienlich sind, in dem Zusammenhang zwischen den Elementen liegt, ist von Bedeutung für diese Arbeit. Abbildung 13 zeigt exemplarisch eine Sichtweise nach Maier et. al. auf die Anforderungen des Gebäudeentwurfs.



Abbildung 13: Diversität der Anforderungen an den Gebäudeentwurf.¹⁴⁵

Vereinfacht gesehen, lässt sich festhalten, dass im Idealfall ein Gebäudeentwurf eine phasenbasierte koordinierte Präzisierung von

¹⁴⁴ Maier, M., Rehtin, E.; Kapitel 1 „Extending the Architecture Paradigm“

¹⁴⁵ Quelle: Maier, M., Rehtin, E.; Seite 21

Informationen aufgrund des Wissens der Beteiligten ist. Ziel des Gebäudeentwurfs ist die Erstellung eines möglichst variantenarmen Pflichtenhefts, das die Vorgaben eines ursprünglichen Lastenheftes weitgehend erfüllt.

Trotz dieser vielfältigen Anforderungen kann man interessanterweise bereits vor Projektbeginn die Aufwendungen für Betriebskosten und daraus resultierenden Dienstleistungen vergleichsweise genau bestimmen, ohne dass ein präzises Pflichtenheft formuliert wurde. Die Genauigkeit liegt je nach Komplexität der Aufgabe meist bei Schwankungen von +/- 20% bezüglich den Erstellung- und Betriebskosten. Diese Kostenermittlungen basieren auf Erfahrungs- und Vergleichswerten und folgt Nutzflächen und Volumina.

Um präzise Kundenanforderungen zu erhalten, werden im Lastenheft neben den gewünschten Flächen und Aktivitäten auch die Zielvorgaben der thermischen, visuellen, akustischen und hygienischen Behaglichkeit sowie der dazu erwarteten Ressourcenbedarfs quantitative benannt. Bei üblichen Zielvorgaben kann in der Regel auf Erfahrungswerte und Simulationen zurückgegriffen werden.

3.2.4 Raumeinheiten und Unterteilung

Die vorab genannten primären und sekundären Dienstleistungen eines Gebäudes werden üblicherweise in Räumen zur Verfügung gestellt. Deren klare Abgrenzung ist teilweise schwierig und abhängig von der Betrachtung. Je nach Projekt ist allerdings eine klare Definition notwendig, um ein qualitativ hochwertiges Pflichtenheft zu erstellen. Deplazes regt an, mittels ‚Denken‘, ‚Interpretieren‘ und ‚Synthetisieren‘ den Raum über die Form ausgehend von der Tektonik zu definieren¹⁴⁶. Wichtiges Element der Tektonik ist für ihn das haptische Material. Durch die Anwendungen von Medien können die Räume virtuell erweitert werden. Schon während des Barocks wurde somit optisch die physische Grenze des Raumes erweitert indem die Decken mit Darstellungen von Dachkonstruktionen und Wolken visuell aufgebrochen wurden. Heute stehen mittels Medienwänden optische Erweiterungen zur Verfügung, die aufgrund ihrer kurzen Aktualisierungszeiten für unterschiedliche Dienste zu gebrauchen sind¹⁴⁷. Elektronische Medienwände können Teil des Ubicomp sein.

Räume lassen sich auch abgrenzen, indem die Funktionalität beschrieben wird, die nicht durch Wände begrenzt ist. Beispielsweise sind Bezeichnungen wie ‚Büro‘ oder ‚Archiv‘ meist über mehrere Räume verteilt. Raumbezogene Bezeichnungen sind Zimmer, Saal, Korridor, Toiletten, etc. Die Begrenzung dieser Einheiten erfolgt üblicherweise über Bauteile wie Wand, Decke, Türe, Fassade, etc. Die messbaren Größen basieren meist auf einem kartesischen System und drücken sich beispielsweise in Metern, Quadratmetern und Kubikmetern aus. Andere Größen sind beispielsweise Brandabschnitte, Mietverhältnisse, sowie qualitative Beschreibungen wie beispielsweise ‚in den hellen Räumen‘, ‚die Bereiche mit der Holzverkleidung‘.

Diese Raumeinheiten sind im Gebäudebetrieb ein Ressourcenreservoir. Diese Betrachtung ermöglicht, dass sowohl ein Raum als auch eine Wand zu

¹⁴⁶ Deplazes, A.; Seite 20

¹⁴⁷ Schoch [1, 2], 2006; Schoch [1, 2], 2007

nutzende Ressourcen darstellen, von denen gewisse Dienste erwartet werden. Diese Dienste sind beispielsweise Vorlesungssaal oder Lastabtragung. Im Detail haben die Ressourcen meist mehrere Dienstleistungen anzubieten. So steht das Bauteil ‚Wand‘ zusätzlich noch für Dienstleistungen wie Brandschutz, Wärmepuffer und akustischen Schutz zur Verfügung.

Diese Arbeit geht bezüglich des Pflichtenhefts von einer materialgebunden Definition von Räumen aus. Dies entspricht der etablierten Sichtweise der Darstellung in Entwurf, Realisierung und Betrieb eines Gebäudes, wo Bewertungen mittels Flächen und Volumen üblich sind.

3.2.5 Gebäudeentwurf in Bezug auf Qualitätsmanagement

Der Gebäudeentwurf als solches wird als eine qualitätssichernde Maßnahme verstanden, da die Umsetzung spezifischer Qualitäten des zukünftigen Gebäudes und seiner Inhalte angestrebt wird. Dies steht im Gegensatz zum simplen ‚Bauen ohne Plan‘. Realistisch gesehen ist ein Bauen ohne Entwurf bei Objekten größer als eine Gartenlaube fast nicht mehr möglich. Bereits die Standortwahl eines Gebäudes kann als Entwurf und dadurch als qualitätssichernde Maßnahme gelten.

Die Betrachtung des realen QM im Gebäudeentwurf zeigt im Vergleich zum Ideal der QM in der Produktentwicklung eine wesentlich geringere Diskussion der Methoden und Werkzeuge. Das QM des QM ist als eigenständiges Thema des Gebäudeentwurfs fast nicht präsent. So gibt es nur wenige Hochschulen, welche für Architekturstudenten QM als Fach anbieten. Es werden zwar meist Grundbegriffe der Baukonstruktion, des Baurechts und der Bauökonomie vermittelt, um eine gewisse technische Qualität des Gebäudeentwurfs zu erreichen. QM Theorien werden wenig vermittelt, wenn man von zahlreichen Entwurfsmethoden absieht, die meist individuell von den Entwurfsprofessoren entwickelt wurden. Diese Methoden zeichnen sich zwar durch eine gewisse Innovation aus und basieren teilweise auf stark praxisbezogenen Erfahrungen. Der Autor schätzt die Vorteile dieses Praxisbezugs insbesondere aufgrund der Interdisziplinarität. Allerdings werden diese Methoden selten fundiert evaluiert bezüglich ihres qualitätssichernden Ansatzes. Zwar weist vor allem ein langfristiger unternehmerischer Erfolg des Architekturbüros eine Qualitätssicherung seitens des Architekten nach. Ein QM muss aber über einen rein erfolgsbezogenen Nachweis hinausgehen. So werden Grundsätze des QM im Entwurfsprozess kaum diskutiert. Vor allem werden hierzu kaum etablierte Instrumente der Industrie oder Wirtschaft genutzt. Vielmehr werden Entwurfstheorie und räumliche Qualitäten untersucht und publiziert. Es ist nicht bekannt inwiefern diese architekturtheoretischen Untersuchungen eine Qualität im Sinne einer Kundenzufriedenheit nach Grundsätzen der produzierenden Industrie integrieren.

Andererseits ist der rein unternehmerische Erfolg eines Architekturbüros bereits ein gewisser Nachweis der Kundenzufriedenheit, da Architekten von ihren Auftraggebern abhängig sind.

Trotz der schwachen Präsenz von klaren QM-Methoden im Gebäudeentwurf hat dieser im Grundsatz zahlreiche Parallelen zum QM der Produktentwicklungsphase in der Industrie. Beide nutzen Lasten- und Pflichtenhefte, phasenorientierte und vernetzte Prozesse, die im Idealfall

synchronisiert bearbeitet werden. Ihnen liegen Regelkreis-basierte und iterative Bearbeitungsfolgen, Fehleranalysen und Simulationen zugrunde.

Ein QM im Gebäudeentwurf ist die Gestaltung von Prozessabfolgen, die am Ende des Entwurfsprozesses möglichst eine vorab definierte Qualität unter Zuhilfenahme von spezifischen Werkzeugen ermöglichen. Hierzu werden die erwarteten Ziele als Kundenanforderungen verstanden, welche in Lastenhefte vermerkt werden. Aufgrund der Phasengliederung und der zahlreichen Beteiligten gibt es mehrere Lastenhefte. Die Dokumentation des erreichten Ziels ist Pflichtenheft mit seinen heterogenen Medien. Das Ausgangsprodukt ‚Lastenheft‘ wird im Kontext des Gebäudeentwurfs meist ‚Ausschreibung‘, ‚Raumprogramm‘ oder ‚Kundenanforderung‘ genannt. Neuffert formuliert eine Strategie zur Erstellung des Lastenheftes¹⁴⁸. Er nennt es Pflichtenheft, da es von der vorgeschalteten Stufe der Bauherrenabklärung als Vorgabe für den Gebäudeentwurf entwickelt wurde. Hierzu werden Instrumente, Vorgaben, Formblätter und Methoden vorgeschlagen. Allerdings fehlt eine klare Beschreibung der Zusammenhänge.

Zur Formulierung des Pflichtenheftes stehen Architekten standardisierte Mustersammlungen bereit, welche die Effizienz und Qualität erhöhen sollen. Beispiele sind das Standard-Leistungsbuch (StLb), Sirados-Texte oder Sammlungen DIN-konformer Konstruktionsdetails. Inwiefern diese Werkzeuge die Suche nach einer optimierten Lösung vereinfacht oder Folgeprobleme aufwirft, wird nicht weiter untersucht.

Bezüglich der Erarbeitung eines Pflichtenheftes sind während des Gebäudeentwurfes zahlreiche Personen beteiligt. Deren Interaktion erfolgt über zahlreiche kulturelle, thematische und technische Schnittstellen. Es ist bekannt, dass Informationen meist durch Schnittstellen verändert werden. Diese Situation beeinflusst eine Qualitätssicherung negativ, da Informationen über die Zeit eine andere Aussage haben. Um dieser negativen Entwicklung entgegenzuwirken, wurden im Gebäudeentwurf Standards definiert, die zumindest die kommunikativ bedingten Informationsveränderungen verringern. Das wichtigste dieser Werkzeuge ist die zeichnerische Darstellung einer Thematik in Grundriss, Schnitt und Detail. Dabei werden von allen Beteiligten in einem Dokument die jeweils spezifischen Informationen eingetragen und mit anderen Informationen überlagert. Dadurch sind beispielsweise Anforderungen der Lüftungsanlage mit großen Rohrdurchmessern und Anforderungen des Tragwerks mit möglichst wenig Durchbrüchen in Einklang zu bringen.

Eine weitere Sichtweise zeigt den Gebäudeentwurf als Prozess zur Identifizierung und Lösung von Schnittstellenproblemen. Die Vielfalt der Schnittstellen ermöglicht ein großes Konfliktpotential. Dieses ist je nach Projekt verschieden und ändert sich im Laufe der Bearbeitung des Gebäudeentwurfs. Schnittstellen sind beispielsweise:

- zwischen Kunde und Architekt
- zwischen Architekt und Fachplaner
- zwischen Fachplanern untereinander
- zwischen Architekt und Behörden
- zwischen Projekt und Öffentlichkeit
- zwischen Nutzer und Kunde

¹⁴⁸ Neuffert, E.; Seiten 42ff

- zwischen Bauteilen (technisch, formal, funktionell)
- zwischen Systemen (technisch, formal, funktionell)
- zwischen Umwelt und Projekt
- zwischen Erstellungs- und Betriebskosten
- zwischen ausführenden Gewerken
- zwischen Nutzer und Gebäude
- etc.

Eine exemplarische Betrachtung einiger Schnittstellentypen zeigt die Vielfaltigkeit der zu verknüpfenden Anforderungen. Technische Schnittstellen basieren auf der funktionalen oder technischen Trennung von Bauelementen wie beispielsweise einer tragenden Außenwand und einer darauf befestigten thermischen Isolation. Sollte diese Schnittstelle schlecht spezifiziert sein, werden meist Bauschäden aufgrund von Kältebrücken auftreten. Kommunikative Schnittstellen sind zwischen den Beteiligten zu erwarten, da sie ihren inhaltlichen Fokus anders sehen und die Thematik des Partners nicht genügend kennen.

Der Gebäudeentwurf simuliert also die Auswirkungen der Schnittstellen und versucht ihren Einfluss zu steuern, ohne dass das Produkt erstmals gebaut wird. Stattdessen werden die Pflichtenhefte aufgrund der Abschätzung von eventuellen Auswirkungen iterativ präzisiert. Sind die Auswirkungen nicht abzuschätzen, können projektabhängig Muster von einzelnen Baugruppen im Realmaßstab erstellt werden. Meistens ist dies bei sicherheitsrelevanten Bauteilen wie Brandschotten oder Tragsystemen der Fall oder bei teuren Bauteilen wie Fassaden.

Technische Schnittstellen haben aufgrund einer üblicherweise gewerkebezogenen Erstellung eines Gebäudes ein vergleichsweise großes Potential an Fehlerstellen. So sind beispielsweise mehrere Firmen an der Erstellung einer isolierten Tragwand beteiligt. Diese gewerkebezogene Trennung ist vergleichbar mit den Erläuterungen Prefi's, welcher diese als veraltete Aufteilung betrachtet¹⁴⁹. Die Aufteilung nach bauhandwerklichen Gewerken hat in Mitteleuropa einen kulturellen Hintergrund. So sind die Handwerker hinsichtlich Berufsgruppen bzw. primären Materialien und nicht nach Bauelementen ausgebildet. Diese Art der Ausbildung basiert wiederum auf der Tradition der mittelalterlichen Zünfte. So erstellen Zimmerleute Holzkonstruktionen, teilweise aber auch Isolationen und Dachdeckungen. Maurer erstellen rohe Bauteile wie unverputzte Wände, tragende Deckenplatten und passive Elemente der Gebäudetechnik wie zentrale Entwässerungsröhre. Die gewerkebezogene Sicht wird fortgeführt in den rechtlichen Definitionen der Abrechnung und Gewährleistung¹⁵⁰. Einige Werkzeuge der Kostenkontrolle arbeiten aber bereits mit kompletten Bauteilen wie beispielsweise die Schweizer Elemenstkataloge oder die Deutschen Baukostenindizes¹⁵¹.

Schnittstellen verursachen bei unklarer Definition meist Probleme. Auch dies ist mit einem QM der Produktentwicklung vergleichbar. Bei unklarer Definition verursachen diese funktionalen Schnittstellen Qualitätsmängel.

¹⁴⁹ Prefi, T.; „Qualitätsmanagement in der Produktentwicklung“ in Masing Seite 415

¹⁵⁰ Vgl. die deutschen Normen und Festlegungen wie VOB Teil C, HOAI, etc.

¹⁵¹ Vgl. abstrahierte Beschreibungen wie die deutschen Baukostenindizes (<http://www.bki.de> : August 2008); schweizer Normpositionenkataloge NPK (<http://www.crt.ch> : Juli 2008)

Der Gebäudeentwurf geht auf diesen Sachverhalt der Gebäudeerstellung ein. In einigen Bereichen des Gebäudeentwurfs wie der Kostenkontrolle etablieren sich so genannte gewerkeübergreifende Betrachtungen von Bauteilen. So kann eine komplette Wand mit allen Schichten und Anschlüssen definiert werden.

Allgemein betrachtet gibt es zum QM im Gebäudeentwurf eine Reihe von lose kombinierbaren Werkzeugen. Allerdings gibt es keine zeitgenössische Standardmethode des QM im Gebäudeentwurf, welche nachweislich einen Großteil der Anforderungen des Gebäudeentwurfs qualitativ hochwertig löst. Während im QM der Fahrzeugindustrie der Erfolg eines adaptierten Toyota Produktionssystems gegenüber traditionellen Methoden des QM nicht bezweifelt wird, ist im Gebäudeentwurf keine allgemein anwendbare erfolgreiche Methode bekannt, die zudem von Anfang bis Ende den Entwurfsprozess begleitet.

Nachfolgende werden zwei Ansätze des QM im Gebäudeentwurf geschildert, welche in Varianten in Lehre und Praxis Verwendung finden.

- Nach Kohler ist die horizontale Integration zwischen Planern bei gleichzeitig vertikaler Integration der Ergebnisse aus Simulationen und anderen Projektphasen für eine erfolgreiche Erarbeitung von Prototypen wie Gebäuden wichtig¹⁵². Diese Systematik erlaubt die komplexen Kooperations- und Kommunikationsmechanismen zu steuern und in ein Pflichtenheft zu integrieren.
- Das so genannte ‚Münchener Vorgehensmodell‘ schlägt eine lineare Abarbeitung von Prozesskomponenten vor. Ausgehend von der Komponente ‚Ziel planen‘ werden nachfolgend die Komponenten ‚Ziel analysieren‘, ‚Ziel definieren‘, ‚Lösungsalternativen suchen‘, ‚Eigenschaften ermitteln‘ und ‚Entscheidungen herbeiführen‘ bearbeitet, um abschließend das ‚Ziel abzusichern‘. Projektspezifisch wird die Reihenfolge der zu bearbeitenden Komponenten zwischen dem Start- und Zielpunkt¹⁵³ angepasst.

In den Alltag des Gebäudeentwurfs haben sich zumindest diese sechs Werkzeuge des QM etabliert: zeichnerische Darstellungen, Flächenmanagement¹⁵⁴, Zeitplanung, Kostenmanagement¹⁵⁵, Energiebedarfsberechnung und Leistungsverzeichnis. Diese Werkzeuge ermöglichen Soll- und Istwerte miteinander zu vergleichen sowie eine möglichst verbindliche Benennung des Projektziels. IN naher Zukunft werden dreidimensionale Datenmodelle auf Basis des BIM dominant werden, in welchen mehrere Disziplinen gemeinsam arbeiten.

Aus Sicht der Methoden des japanischen QM erscheinen zahlreiche Aktivitäten des Gebäudeentwurfs vertraut. So sind die interdisziplinären Diskussionsrunden mit Fachplanern nach Entwurfsänderungen vergleichbar der DRBFM. In diesen sog. Fachplanergesprächen werden die Auswirkungen spezifischer Änderungen diskutiert. Dies erfolgt durch das

¹⁵² Kohler, N.; Seite 11

¹⁵³ Nagel, U.; Seite 71

¹⁵⁴ Anmerkung: meist basierend auf DIN 277.

¹⁵⁵ Anmerkung: meist basierend auf DIN 276.

Einbringen des Fachwissens und dem gedanklichen Vernetzen verschiedenster Aspekte der durch die Anwesenden. Je nach Diskussionsleitung werden die Veränderungen dokumentiert. Zur Vorbereitung dieser Gespräche werden bei größeren Projekten meist internetbasierte Projektserver eingesetzt, welche den Beteiligten die Information zukommen lässt. Im Gegenzug ist dadurch kontrollierbar, wer welche Information zu welchem Zeitpunkt angeklickt hat. Ob diese Person diese Information auch angesehen hat, kann mit dem System nicht nachgewiesen werden.

Das Prinzip Aufteilung in kleinere, klarer verständliche Einheiten kann auch auf ein Gebäude angewendet werden. Insbesondere die Unterteilung nach Prozess und Operation, wie dies Shingo vorschlägt, ist möglich, indem in Material und Aktivität aufgeteilt wird. Die Aufteilung der Komponenten folgt maßstäblichen und konstruktiven Aspekten. Zudem sind sie gemäß Abbildung 14 in Aktivität und Materialität unterscheidbar, die untereinander eine Einflussnahme besitzen. Die Darstellung ist vom Fehlerbaum (FBA) bzw. Zuverlässigkeitsbaum¹⁵⁶ abgeleitet.

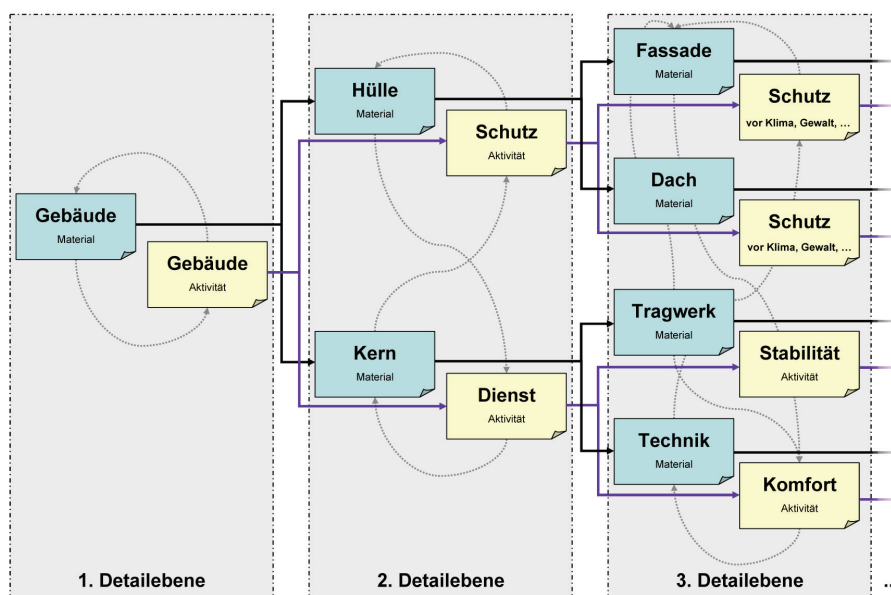


Abbildung 14: Darstellung eines Gebäudes in Form eines hierarchischen Zuverlässigkeitsbaumes betr. Material und Aktivität welcher um Wechselwirkungen erweitert wurde.

Für die Qualitätssicherung sind die Verwendung von standardisierten Methoden und Produkten von Wichtigkeit, um eine Vergleichbarkeit zwischen zwei Pflichtenheften verschiedener Projekte zu haben. Werkzeuge wie Normen und vorab genannte sechs Werkzeuge, die im Entwurfsalltag Verwendung finden, konzentrieren sich verglichen mit der Fülle an QM Definitionen und Zertifizierungen der produzierenden Industrie auf die notwendigsten Parameter. Diese Parameter sind primär Kosten und geschaffenes Ressourcenangebot.

¹⁵⁶ Vgl. Kapitel „3.1.2 Japanische QM-Konzepte“, Abschnitt „H) Fehlerbaumanalyse FBA“

Bei Anwendung der im Kapitel 3.2.1 ‚Gebäude als Dienstleistung‘ beschriebenen Methodik zur Erfüllung der Dienstleistungsanforderungen ist eine fortschreibende Qualitätskontrolle und Erfolgsrechnung während eines Entwurfs möglich. Diese Form der sequentiellen, verschachtelten und iterativen Bearbeitung von komplizierten Projekten zeigt einige Analogien zu den Arbeitsabläufen Automobilindustrie nach TPS. Eine wichtige Ähnlichkeit ist die Aufgliederung komplizierter Sachverhalte in kleinere, verständlichere Einheiten. Dies gilt sowohl für den Entwurf als auch für die Erstellung von Gebäuden.

In der Praxis des architektonischen Entwurfs ist die Methodik der Referenzierung von Mustern nach Alexander von Interesse¹⁵⁷. Alexander schlägt eine Sammlung von verknüpften Mustern als qualitätsdefinierendes Werkzeug vor. Anhand von 253 ‚Beispielen‘ beschreibt er räumliche Situationen und ihre Qualitäten in verschiedenen Maßstabsebenen. Die Maßstabsebenen sind ‚Region‘ bis ‚Ornament‘ und ‚Möblierung‘. In einem weiteren Teil werden je Muster die beeinflussenden Muster benannt, welche zu beachten sind. Dieser Ansatz der Qualitätssicherung fand vor allem in der Informatik eine starke Verbreitung¹⁵⁸ und weniger in der Architektur. Die Informatik nimmt vor allem Bezug auf die klare Systematik und die Verknüpfung. Sie übersetzt deshalb die zu Grunde liegenden Prinzipien in ihre Disziplin.

3.2.6 Gebäudeentwurf in Bezug auf Ressourcenmanagement

Erstellung, Betrieb und Entsorgung von Gebäuden benötigen eine Vielzahl von Ressourcen. Die Art der beanspruchten Ressourcen ist divers. Sie reicht von Wissen über monetäre Ressourcen, unterschiedliche Energieträger, Land, Materialien, Personen, Flächen, Raum, etc. Die werden umgewandelt, wie beispielsweise Energieträger in Wärme oder Kraft und Wärme. Andere Ressourcen werden besetzt wie beispielsweise Land.

Der Gebäudeentwurf nimmt Bezug auf die Ressourcenbedarfswerte, indem er sie als Anforderungen in den Entscheidungsprozess integriert. Vergleichbar der Lösung von Schnittstellenproblemen entstehen durch die Optimierung eines Bedarfswertes ggf. an anderer Stelle nicht optimierte Bedarfswerte. Diese Bedarfswerte stehen im Kontext der Anforderungen von Technik, Nutzer und Umgebung.

Diese Arbeit betrachtet nicht den Ressourcenbedarf, welcher benötigt wird zur Erstellung des Pflichtenheftes eines Gebäudes, sondern den Ressourcenbedarf des zu entwerfen Gebäudes bezüglich seiner Erstellung, Betriebsphase und Entsorgung.

Der Gebäudeentwurf nimmt direkt auf Ressourcenbedarfswerte Bezug, indem Bau- und Betriebskosten betrachtet werden oder beispielsweise Energiebedarfswerte und Dienstleistungsangebote. Bereits der allgemeine Gebäudebetrieb kann erhebliche Mengen des gesamten Primärenergiebedarfs eines Landes beanspruchen. In der Schweiz waren dies im Jahre 2004 je nach Betrachtungsweise ca. 49%¹⁵⁹ oder ca. 60%^{160 161} des nationalen

¹⁵⁷ Vgl. <http://www.patternlanguage.com/leveltwo/patternsframegreen.htm?/leveltwo/./apl/twopaneln1b.htm> : August 2008

¹⁵⁸ <http://zeta.math.utsa.edu/~yxk833/Chris.text.html#COMPUTER> : August 2008

¹⁵⁹ Quelle: Richner, Eidgenössische Materialprüfanstalt, Schweiz, http://www.bauenschweiz.ch/html/06_download/files/public/Parlamentarier-Anlass%202007/peter_richner.pdf

Primärenergiebedarfs. Hinzu kommt, dass mit ca. 40 Milliarden Franken im Jahre 2004 ein erheblicher Anteil der finanziellen Ressourcen¹⁶² für die Erstellung und baulichen Aktualisierung von Gebäuden umgesetzt wurde. Der Wiederherstellungswert des Bauwerks Schweiz bindet mit schätzungsweise 2'400 Milliarden Schweizer Franken¹⁶³ gegenüber einem Bruttoinlandsprodukt von ca. 444 Milliarden Franken¹⁶⁴ im Jahr 2004 eine bedeutende Menge der finanziellen Ressourcen. Bauwerke stellen also auch eine volkswirtschaftliche Sicherheit dar.

Der Energiebedarf von Gebäuden wird in Mitteleuropa auch über fossile Energieträger gedeckt¹⁶⁵. In Verbindung mit der Endlichkeit von Erdgas, Kohle und Erdöl ist bei einer Verknappung bzw. bei einem weiteren Anstieg des Primärenergiebedarfes eine Steigerung der Erstellungs- und Betriebskosten von Gebäuden zu erwarten¹⁶⁶. Vergleichbare Mechanismen der Preissteigerung betreffen die Endlichkeit der territorialen Ressourcen. An einigen Standorten steigen die Kosten für Bauland stark, da beispielsweise besucherintensive Geschäftslagen oder idyllische Seegrundstücke nur mit einer absoluten und begrenzten Verfügbarkeit existieren¹⁶⁷. Hochschulbauten befinden sich öfters in innerstädtischen Bereichen, wodurch sie in Konkurrenz zu gewerblich genutzten Bauten stehen.

Bezüglich energetischen Bedarfswerten zum Betrieb von Hochschulbauten werden in Deutschland, Österreich und der Schweiz gemeinhin mit 206 kWh/m²a für alle Energieformen und mit 172 kWh/m²a für Heizenergiebedarf angegeben¹⁶⁸. Im Vergleich zu Wohngebäuden sind die Energiebedarfswerte von Hochschulbauten um ca. 15% geringer. Eine genauere Betrachtung dieser Zahlen zeigt, dass insbesondere eine höhere Effizienz im Bereich der Betriebsenergiebedarfswerte einen starken Einfluss auf den gesamten Bedarfswert eines Gebäudes hat. Im Entwurfsprozess sollten Optimierungsmaßnahmen an dieser Stelle ansetzen.

Der Gebäudeentwurf dient also dazu, Antworten auf zukünftige Ressourcenbedarfswerte des projektierten Gebäudes zu geben. Diese vorausschauende Abschätzung erfolgt im lokalen Kontext, der sehr vielfältig

¹⁶⁰ Quelle: http://www.up.ethz.ch/research/energy_climate/constructed_switzerland/index_DE : Mai 2008

¹⁶¹ Anmerkung: Der Betriebsenergiebedarfswert von Gebäuden beinhaltet je nach Betrachtungsmodell auch die Energie welche beispielsweise die Maschinen anfordern.

¹⁶² Anmerkung: In der Schweiz wurden im Jahr 2006 ca. 40 Milliarden Franken für Neubauten und Aktualisierungen aufgewendet, Quelle: http://www.up.ethz.ch/research/energy_climate/constructed_switzerland/index_DE : Mai 2008

¹⁶³ Quelle: http://www.up.ethz.ch/research/energy_climate/constructed_switzerland/index_DE : Mai 2008

¹⁶⁴ Quelle: http://de.wikipedia.org/wiki/Schweiz#Bruttoinlandsprodukt.2C_Exporte_und_Importe : April 2008

¹⁶⁵ Vgl. Deutsches Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, BMWI, <http://bmwi.de/BMWi/Redaktion/Binaer/Energiedaten/energiegewinnung-und-energieverbrauch2-primaeenergieverbrauch,property=blob,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.xls> und <http://bmwi.de/BMWi/Redaktion/Binaer/Energiedaten/energiegewinnung-und-energieverbrauch3-struktur-energieverbrauch,property=blob,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.xls> : August 2008

¹⁶⁶ Daniels, K.; Seiten 17ff

¹⁶⁷ Anmerkung: es lassen sich bebaubare Landressourcen auch künstlich erzeugen lassen, wie beispielsweise im Meer vor Dubai oder die Entwicklungen in Hongkong und Singapur zeigen.

¹⁶⁸ Eberle, D., Schoch, O., in Nerdinger, W.; Seite 151ff

sein kann. So werden die lokalen klimatischen Verhältnisse, die städtebauliche Situation, Nutzungsvarianten und zunehmend auch regionale Energiequellen und der Energieaufwand für die Mobilität der Nutzer in die entwurfsbeeinflussende Wertungen mit einbezogen¹⁶⁹.

Grundsätzlich können bereits erste Definitionen eines Gebäudeentwurfes die Ressourcenbedarfswerte des zukünftigen Gebäudes stark beeinflussen. So hat beispielsweise die Gebäudegeometrie bis zu 30% Einfluss auf die Heizenergiebedarfswerte¹⁷⁰. Kompaktere Gebäude sind meist wesentlich ressourceneffizienter. Auch flexiblere Zielwerte für die thermische Behaglichkeit können signifikant den Energiebedarf in der Betriebsphase senken¹⁷¹. Die Antwort auf Verknappung von Baugrund kann im Einzelfall über höhere bauliche Dichte¹⁷² kompensiert werden^{173 174}. Diese Vorgaben können wiederum im Lastenheft und im Pflichtenheft des Gebäudeentwurfs erscheinen. Die Ermittlung der Werte erfolgt durch Simulationen oder geometrische Berechnungen und folgt meist iterativ und synchronisiert mit Fachplanern.

Die meisten Länder schreiben zudem Werkzeuge der Qualitätssicherung vor, die bereits in der Entwurfphase Energiebedarfswerte spezifizieren und Finanzierungen sicherstellen. Zumindest nicht erreichte energetische Zielwerte können die Erteilung einer Baugenehmigung verhindern.

Der Gebäudeentwurf ist das zentrale Instrument zur Erreichung einer baulichen Nachhaltigkeit. Die präzise Definition einer Nachhaltigkeit und insbesondere deren Wertung sind in Bezug auf Projekt und Zeit jeweils anzupassen. Unter ‚Nachhaltigkeit‘ eines Gebäudes wird ein vielschichtiges Thema verstanden. Es gibt beispielsweise die Nachhaltigkeit des Informationsmanagements, welche einem Gebäude zugrunde liegt. Darunter werden jene heterogenen Datensätze verstanden, welche die entwurfsrelevanten und kalkulatorischen Spezifikationen festhalten, um für Betrieb und Entsorgung des Gebäudes aufgrund besseren Wissens eine höhere Qualität anzustreben. Auf genereller Ebene wird von einem nachhaltigen Umgang mit der gebauten Substanz ausgegangen, da der Energiebedarf zur Erstellung des Gebäudes vergleichsweise hoch ist und erst nach 30 Jahren demjenigen des kumulierten Betriebsenergiebedarfs entspricht¹⁷⁵. In dieser Zeit sind allerdings Veränderungen in den Nutzungsanforderungen und der Wertung von Ressourcenoptimierungen zu erwarten. Deshalb wird heute davon ausgegangen, dass beispielsweise nutzungsneutrale Gebäude nachhaltig sind, die von Wohnnutzung bis hin zu Büro- oder Unterrichtsaktivitäten eine Vielzahl von Aktivitäten beherbergen können. Um dies zu erreichen ist unter anderem das Wissen über Anforderungen der jeweiligen Nutzungsarten notwendig. Die prinzipiellen Anforderungen der Nutzungsarten ändern sich dabei vergleichsweise

¹⁶⁹ Anmerkung: wie beispielsweise „SIA D0216 Effizienzpfad Energie“, der in Kapitel „4.4.1 Beispiel SIA D0216 Effizienzpfad Energie“ beschrieben ist.

¹⁷⁰ Preisig, H.; Seite 25

¹⁷¹ Anmerkung: Es wird im Wohnbau von ca. 6% weniger Heizenergiebedarf je nicht zu heizendem Kelvin ausgegangen. Vgl. <http://www.wechseln.de/gasvergleich-energiespartipps.html> : August 2008

¹⁷² Unter baulicher Dichte wird in anderen Sprachräumen die Bebauungsdichte verstanden. Beide beschreiben in diesem Kontext das Verhältnis von Nutzfläche zu Grundstücksfläche.

¹⁷³ Vgl. Text Seite 155, Seite 144, in Eberle, D., Schoch, O.; in Nerdinger, W.

¹⁷⁴ Lampugnani, V., et. al.; Seiten 43ff

¹⁷⁵ Preisig, H.; Seite 23

langsam, so dass bezüglich der Kundenforderungen zahlreiche Gemeinsamkeiten gefunden werden können, welche anschließend in das Pflichtenheft des Gebäudeentwurfs einfließen.

Zahlreiche Auslobungen von neu zu erstellenden Universitätsbauten fordern diese Aspekte der Nachhaltigkeit, um beispielsweise aus Studentenwohnungen mit vergleichsweise geringem Aufwand Büro- oder Laborbauten zu machen. Neben einer baulichen Flexibilität ist hierfür die Offenheit des jeweiligen Zonnennutzungsplanes eine Voraussetzung.

Die Nachhaltigkeit von monetären Investitionen bezieht sich direkt auf die zu erwartenden Renditen in einem vorher festgelegten Zeitraum. Richner geht von geringfügig höheren Erstellungskosten für stark energieeffiziente Gebäude aus¹⁷⁶. Diese Gebäude ermöglichen langfristig eine größere Rendite durch geringere Betriebskosten. Die Betriebskosten sollten auch die Kosten zur Pflege und Wartung des Gebäudes berücksichtigen. Bei längeren Renovationszyklen besteht die Möglichkeit einer höheren absoluten Rendite. Trotz höheren Investitionskosten aufgrund höherer Material- und Konstruktionskosten wird in solch einem Fall eine längere Lebensdauer einzelner Bauteile erwartet. So geht Nagel beispielsweise bei Dachentwässerungen von 15 bis 30 Jahren Lebensdauer bei Dachentwässerungen aus Plastik aus im Vergleich zu 40 bis 100 Jahren bei Kupfer¹⁷⁷.

Berücksichtigt man, dass die drei Bereiche Primärstruktur, Gebäudetechnik und Gebäudehülle bereits ca. 60% der Baukosten verursachen, so ist Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz vor allem als Optimierung dieser Bauteile zu sehen. Der Optimierungsprozess dieser Bauteile beginnt im Gebäudeentwurf. So liegt ein wesentlicher Fokus auf der Vereinbarung teilweise konkurrierender Anforderungen verschiedener Bauteile. So kann beispielsweise eine preiswertere Gebäudehülle wahrscheinlich zu schlechteren Betriebswerten führen. Diese müssen durch aufwändigere und dadurch teurere Gebäudetechnik sowie kürzeren Renovierungszyklen aufgefangen werden. Speziell diese konkurrierenden Bereiche haben zudem wesentlichen Einfluss auf die Betriebskosten. Der Bereich der Primärstruktur steht besonders mit Erstellungskosten und der Anpassungsfähigkeit des Gebäudes bei Nutzungsveränderungen in Verbindung.

Um sowohl projektspezifisch als auch projektübergreifend eine Bewertung von baulicher Nachhaltigkeit zu ermöglichen, haben Gremien wie der Schweizer Ingenieur- und Architektenverein¹⁷⁸ (SIA) Benchmarksysteme entwickelt, welche Kriterien der Nachhaltigkeit zusammenführen¹⁷⁸. Die „Systematik zur Beurteilung der Nachhaltigkeit von Architekturprojekten für den Bereich Umwelt (SNARC)“ beschreibt eine Methode zur Bewertung des Ressourcenaufwandes von Bauprojekten. „Die Methode enthält zehn Kriterien mit denen sich die Beeinträchtigung des Grundstückes, der Ressourcenaufwand für die Erstellung und den Betrieb

¹⁷⁶ Anmerkung: Richner, P., nennt 5% Mehrkosten für Erstellung des energieautarken Gebäudes „Forum Chriesbach“ der EMPA in Dübendorf bei Zürich.

¹⁷⁷ Nagel, Seite 310.

¹⁷⁸ Anmerkung: in der Schweiz sind diese Empfehlungen, Wegleitungen und Normungen relevant: SIA Effizientpfad Energie D0216, SIA 380, SIA 3802, SIA 384, sowie die Empfehlung SIA 112/1

sowie die Funktionstüchtigkeit von Projekten beurteilen lässt¹⁷⁹. Die ETH Zürich hat zusammen mit dem SIA ihre derzeitige Sichtweise auf die vielfältigen Aspekte von Nachhaltigkeit im universitären Bereich dokumentiert. Abbildung 15 zeigt einen Ausschnitt aus diesem Dokument, welches 30 Aspekte aus den Bereich Gesellschaft, Umwelt und Wirtschaft verbindet¹⁸⁰. Diese Aspekte sind inhaltlich vom SIA Effizienzpfad Energie D0216 abgeleitet.

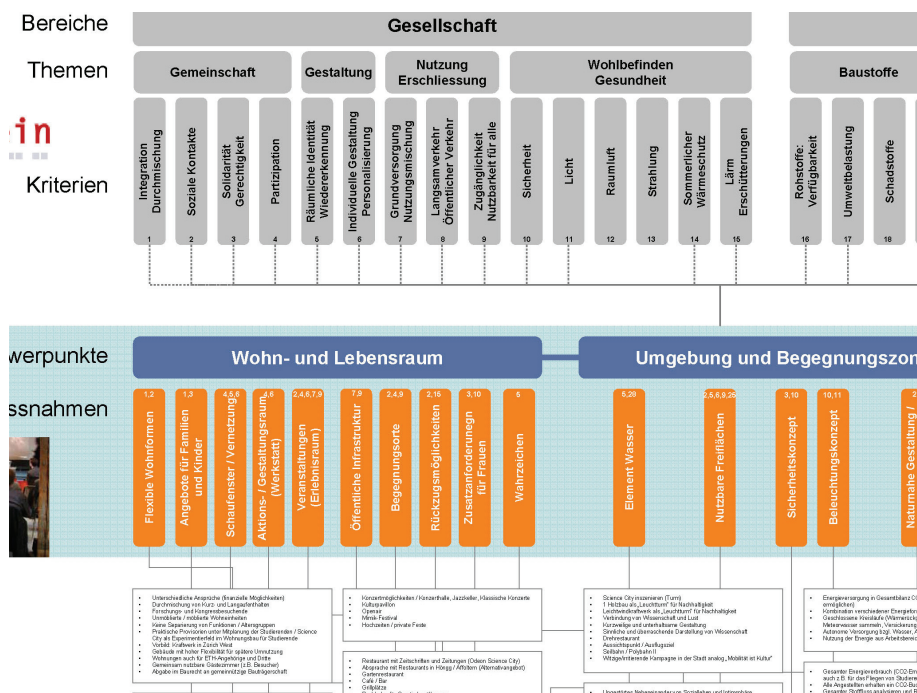


Abbildung 15: Ausschnitt aus der Tabelle ‚Nachhaltigkeit Science City Schwerpunkte und Massnahmen‘ mit der komprimierten Gliederung von Aspekten der Nachhaltigkeit in der Campusplanung¹⁸¹. Die gesamte Tabelle befindet sich im Anhang.

Von Interesse ist, dass die Bewertungssysteme zum Schluss kommen, dass größere und vor allem kompakte Gebäude eine höhere Ressourceneffizienz hinsichtlich grauer Energie und Betriebsenergiebedarfswerten haben¹⁸².

3.2.7 Gebäudeentwurf in Bezug auf Ubicomp

An Hochschulen ist eine zunehmende Unterstützung und Vernetzung der angebotenen Dienstleistungen durch digitale Medien zu beobachten. Diese Entwicklung ist vergleichbar oder sogar stärker als die Veränderungen im Büroalltag und Wohnumfeld. Der Gebäudeentwurf hat hierauf Bezug zu nehmen. Dieser Bezug ist eines der zentralen Themen dieser Arbeit.

¹⁷⁹ Anmerkung: Vergleiche Preisig, H., und SIA D200

¹⁸⁰ Vgl. Anhang B.2 „Nachhaltigkeit Science City Schwerpunkte und Massnahmen“

¹⁸¹ Quelle: <http://www.sciencecity.ethz.ch/project/rahmenbedingungen/sustainability>

¹⁸² Preisig, H.; Seiten 24 und 37.

Parallel dazu gibt es Entwicklungen hin zu neuen Studiengängen¹⁸³, Laborgebäuden oder Kursen¹⁸⁴, welche explizit die Möglichkeiten des Ubiomp voraussetzen. Das klassische E-Learning wird in diesem Kontext nur bedingt als Dienstleistung des Ubiomp gesehen, da E-Learning meist eine bewusste Ortsunabhängigkeit der Interaktion anstrebt und bestenfalls die Möglichkeit des Lernens auf Distanz oder zu Hause als ubiquitären Charakter ausbildet¹⁸⁵. Die technischen Anforderungen sind hierfür bekannt und haben geringen Einfluss auf den Gebäudeentwurf. Andererseits besteht ein direkter Einfluss des Gebäudes auf Ubiomp. So sind beispielsweise ortsbasierte Dienste nur schwer in Gebäuden zu realisieren, die aufgrund von Materialität und räumlicher Gliederung eine Positionserkennung erschweren oder verunmöglichen. Weitere Beispiele sind unbrauchbare Displays in sehr hellen Bereichen von Gebäuden oder WLAN-Versorgung in labyrinthischen Korridoren aus strahlungsundurchlässigem Stahlbeton.

Sind einige der Dienstleistungen des Ubiomp bereits zum Entwurfszeitpunkt bekannt, so kann der Gebäudeentwurf darauf Bezug nehmen.

Das Beispiel des Umbaus und der Erweiterung der ‚Villa Garbald‘¹⁸⁶ in ein akademisch genutztes Konferenzhotel zeigt beispielhaft, dass ein denkmalgeschütztes Gebäude aus dem Jahr 1864 neben anderen Konzepten auch mittels digital basierten Diensten eine neue Nutzung erlangen kann¹⁸⁷. Der Altbau ist ein Denkmal der Schweiz von nationaler Bedeutung, da es vom Architekten Gottfried Semper entworfen wurde. Die Gebäude liegen in einem Seitental der europäischen Alpen ca. 240km südlich von Zürich. Durch den Umbau konnte dank neuer Dienstleistungen wie digitaler Präsentations- und Kommunikationstechnik und allgegenwärtiger datentechnischer Verbindungsmöglichkeiten das Nutzungsangebot derart erweitert werden, dass vor Ort Bedingungen für Konferenz- und Arbeit sind wie sie sonst nur im Stammhaus in Zürich vorhanden sind. Ohne dieser technisch orientierten Medialisierung wäre das Gebäude ein einfaches Wohnhaus oder Museum geblieben. Die Nutzungserweiterung wurde klassisch mittels zeitgenössischen Diensten wie Datennetz, BUS-System zur Lichtsteuerung und IP-Telefonie erreicht. Austauschbare Geräte wie digitale Projektoren und Videokonferenzsysteme ermöglichen den Nutzern die Interaktion. Durch die Verwendung von digital vernetzten Systemen wurden im Resultat 30% weniger denkmalgeschützte Gebäudesubstanz aufgrund weniger Leitungen zerstört, als dies bei konventioneller Steuerungstechnik der Fall gewesen wäre. Zudem wurde die nutzungsspezifische Flexibilität des Bauwerks verstärkt, was den Nutzern und Betreibern zugute kommt. So können die installierten Touchscreens und Projektoren mit wenig Aufwand in andere Räume des Gebäudes gebracht werden. Auch die Lichtschaltung und Zugangsberechtigung der Räume ist ohne physikalische Umbauten

¹⁸³ Vgl. das „Department für Interaktive Medien und Bildungstechnologien“ der Donauuniversität Krems, sowie Walz, et. al., 2007

¹⁸⁴ Vgl. angewandte Seminare mit Übungen im Bereich des Ubiomp, z.B. <http://www.vs.inf.ethz.ch/edu/HS2008/VS/>; <http://hci.rwth-aachen.de/m3> : September 2008

¹⁸⁵ Anmerkung: Der Autor ist der Meinung, dass E-Learning optimiert werden kann, wenn die Möglichkeiten und Qualitäten des den Nutzer umgebenden Raumes in Betracht gezogen werden kann. Vgl. hierzu auch Walz, et. al. in Gibson, D., 2003

¹⁸⁶ Vgl. <http://www.building-ip.ethz.ch/researchprojects/VillaGarbaldBau> : Januar 2008, sowie <http://www.garbald.ch> : Mai 2008;

¹⁸⁷ Schoch, O. [3], 2006

möglich. Das Gebäude wurde dadurch vor einer unrentablen singulären Nutzung als Museum bewahrt.

Durch den Standort der Gebäude ist in einem infrastrukturell benachteiligten Gebiet sind zudem die positiven direkten und indirekten Einflüsse des Projektes über dessen Grundstücksgrenzen hinaus zu nennen. Der integrierte Entwurf der Villa Garbald ermöglichte die klassische Auffassung der Gebäudenutzer zu integrieren, indem die Öffentlichkeit mit berücksichtigt wurde. Durch den Umbau und die neue Nutzung wurde vor Ort eine Präsenz der staatlichen Institution ETH Zürich geschaffen, welche eine starke Identität stiftet. Diese ‚Nutzungsanforderungen‘ haben direkt nichts mit Ubicomp zu tun. Allerdings wäre der Hauptnutzer der Anlage, die ETH Zürich, nicht bereit gewesen in das Gebäude zu investieren, hätte es keine zeitgemäße Medialisierung des Gebäudes gegeben.

Für zeitgemäße neu zu erstellende Bürobauten zeigen Hovestadt et. al. eine mögliche systematische Entwurfsmethode, welche die Verbindung von virtueller und realer Bürowelt im Zeitalter der digital vernetzten Medien zum Hauptthema macht¹⁸⁸. Diese Methode nimmt allerdings keinen direkten Bezug auf Prinzipien des japanischen Qualitätsmanagements, sondern geht von einer maßstabsbezogenen Bearbeitung des Entwurfs aus. Gemeinsam mit den Ansätzen der japanischen Methoden ist die Aufteilung in kleinere Einheiten und in einer späteren Phase des Entwurfsprozesses die synchronisierte Bearbeitung.

Hinsichtlich der Raumauffassung werden durch Ubicomp zusätzliche neuartige räumliche Abgrenzungen definiert. So wird beispielsweise der Einflussbereich eines AccessPoints¹⁸⁹ nicht durch übliche materielle und dadurch raumbegrenzende Bauteile wie Wände oder Decken definiert. Die Zugehörigkeit zu einem spezifischen AccessPoint wird vielmehr durch dessen Erreichbarkeit bestimmt. Abbildung 16 illustriert dies anhand von Erkenntnissen des ‚pervasive gamings‘. Diese Erreichbarkeit von Diensten des Ubicomp ist eines der zentralen Aspekte zur Planung dieser softwarebasierten Dienstleistungen. Insbesondere stimmt für Ubicomp die Positionsbeschreibung eines Objektes nicht immer mit der architektonischen Raumbeschreibung überein, in welcher sich beispielsweise der Sensor befindet.

¹⁸⁸ Hovestadt, L., et. al.; Seite 34ff

¹⁸⁹ Anmerkung: ein AccessPoint ist ein physisches Gerät, welches die Funkwellen des WLAN sendet und empfängt sowie mit einem größeren Netzwerk verbunden ist.

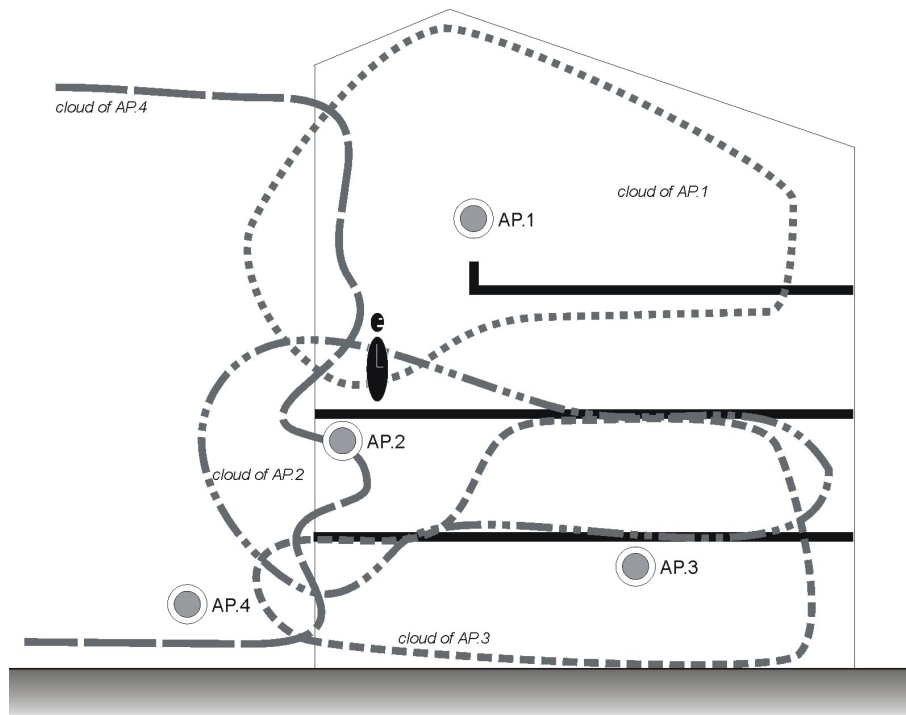


Abbildung 16: Schematische Darstellung der räumlichen Einflussbereiche von AccessPoints im Vergleich zu physischen Raumbegrenzungen.¹⁹⁰

Kapitel „3.2.4 Raumeinheiten und Unterteilung“ beschreibt Bauteile als Dienstleister, welche aufgrund ihrer fixen Positionen ein Ressourcenreservoir darstellen. Durch UbiComp wird dieses Modell um Ressourcen erweitert, insbesondere da es als weiteres Bauteil definiert wird. Wird im Kontext des UbiComp beispielsweise für ein Gerät in einer Wand die Ressource ‚Aussparung‘ benötigt, sind dadurch andere Ressourcen anzupassen. Diese sind im Beispiel die Ressourcen Brandlast, Tragvermögen und Abschirmung. Dadurch entstehen gegenseitige Anforderungen, welche im Rahmen des Gebäudeentwurfes betrachtet werden müssen. Würde der Bedarf nach einer Aussparung zu groß werden und damit mit anderen Anforderungen kollidieren, könnte der Ressourcenbedarf nach einer Aussparung ggf. nicht erfüllt werden. In diesem Fall könnte die Ressource Wand reagieren, indem sie in der Dimension stärker wird, oder die Ressource Aussparung, indem sie eine andere UbiComp-Lösung erfordert. Es gibt seitens des Gebäudeentwurfs keine etablierten Werkzeuge, welche diese planerischen Konfliktsituationen lösen. Weitere Beispiele für Ressourcenbedarfswerte des UbiComp sind Minimal- und Maximaldistanzen, wie sie beispielsweise bei Projektionen oder Sicherheitssystemen relevant sind.

Der Gebäudeentwurf sollte auf diese heterogenen Ressourcenbedarfe Bezug nehmen, ohne ein zu starres Resultat zu erreichen. Chmella-Emrich fordert daher für den Teilbereich der computerintegrierten Wohnung: „Flexibilität ist daher in der Gestaltung von Technik und Grundriss

¹⁹⁰ Quelle: Walz, S., Schoch, O.; in Gibson, D., et. al., Seiten 236ff

gleichermaßen ein wichtiges Kriterium¹⁹¹. Sie formuliert die Forderung nach nutzungsneutralen Grundrissen im technisierten Wohnumfeld.

3.2.8 Einschränkungen des Gebäudeentwurfs

Der Entwurf eines Gebäudes lässt sich nicht auf die geschickte Aneinanderreihung von Regeln reduzieren, obwohl das so genannte ‚kreative Moment‘ teilweise als eine geschickte Verknüpfung anfangs nicht verbundener logischer und numerischer Anforderungen gesehen werden kann. Aus Sicht des Autors liegt der Reiz des Entwurfsprozesses darin, in einem Lösungsraum mit vielen Varianten durch Abwägen von verschiedenartigsten Argumenten eine der ursprünglichen Aufgabe adäquate Variante zu finden.

Viele Architekten und deren Hochschulausbildungen gehen davon aus, dass dieser Findungsprozess mittels weniger Werkzeuge gemacht werden kann. Insbesondere fehlen einheitliche und strukturierte Werkzeuge, welche zu Projektbeginn den Lösungsraum unter Wahrung eines Qualitätsniveaus verkleinern.

Andererseits erfordern manche Entwurfsaufgaben eine Erarbeitung neuer Konzepte bzw. die Berücksichtigung neuartiger Nutzeranforderungen, Materialien, Technologien und Systeme. Die daraus folgende Weiterentwicklung bestehender Bautypologien, Funktionen, Inhalte, Ästhetiken, etc. ist Teil einer innovationsreichen Diskussionskultur, welche Architektur bereits seit Vitruv als verbindendes Element aller Künste darstellt¹⁹². Zudem werden bauliche Innovationen durch neue Dienstleistungen oder Gesetze bzw. durch kulturelle Veränderungen erzwungen. Beispiele hierfür sind Flughäfen, welche aufgrund von Sicherheitsbedrohungen u.a. baulich getrennte Wege für ankommende und abfliegende Fluggäste aufweisen¹⁹³, oder Solarkollektoren auf Dächern, welche die Ästhetik eines Gebäudes wesentlich verändern können¹⁹⁴.

Der Gebäudeentwurf erfolgt in der Praxis meist mit ungenügend präzise genutzten Werkzeugen. Diese sind beispielsweise fragmentarische Lastenhefte, fehlende Zeitpläne, mehrdeutige Pflichtenhefte, keine ‚Design-Freezes‘, etc. Es entsteht der Eindruck, dass unter Architekten keine Diskussion und Weiterentwicklung des Entwurfsbezogenen QM stattfindet. Vielmehr wird eine sog. gestalterische Qualität diskutiert, welche nur ein Teilaspekt eines QM ist und nur selten in direktem Bezug zu Termin- und Kostengenauigkeit steht. Dies ist umso erstaunlicher, da in Gebäuden wesentliche Teile der finanziellen Ressourcen einer Gesellschaft gebunden sind.

Das QM im Gebäudeentwurf scheint sich aus der Praxis entwickelt zu haben, ohne die Methoden wissenschaftlich zu diskutieren oder die Vielzahl

¹⁹¹ Chmella-Emrich, E.; Seite 17

¹⁹² Rode, A.; Band 1, Kapitel 1, Seite 12

¹⁹³ Anmerkung: Das ehemalige TWA-Terminal von Saarinen in New York (Flughafen John F. Kennedy), 1962 wurde funktionell auf die Personenflüsse und deren Verteilung in verschiedene Flugzeuge erstellt. Es wies ursprünglich noch keine Zonen für Sicherheitskontrollen auf, vgl. http://en.wikipedia.org/wiki/TWA_Flight_Center : August 2008

¹⁹⁴ Vgl. die Energieeinsparverordnung in Baden-Württemberg, welche vorschreibt, dass 40% des zum Gebäudebetrieb notwendigen Primärenergiebedarfs aus regenerativen Quellen zu liefern ist. Im Resultat haben die meisten Wohnbauten zumindest Solarkollektoren auf ihren Dachflächen.

der Abhängigkeiten zu strukturieren. Diese Thematik wird allerdings im Rahmen dieser Arbeit nicht näher untersucht. Andererseits wird in diesem Kapitel sichtbar, dass der praktizierte Gebäudeentwurf bezüglich Philosophie und Umsetzung zahlreicher Konzepte bereits seit Jahrzehnten aktiv praktiziert, die auch in dem japanischen QM vorkommen. Deren revolutionärer Innovationsgehalt, wie er seit den 1980er Jahren für die Industrie gilt, ist für Architekten bezüglich des Innovationsgrads nicht immer nachvollziehbar, da beispielsweise die Kundenorientierung und die interdisziplinäre Diskussion seit Jahrhunderten zu den alltäglichen Methoden gehören.

Der Gebäudeentwurf nimmt in gewissem Masse auch auf den Erstellungsprozess eines Gebäude Bezug. Dieses individualisierte Anrangieren von Standardprodukten und Standardsystemen erfolgt meist händisch und hat daher wenig mit industrialisierter Bauweise zu tun. Trotzdem sind vergleichbare Elemente in der Automobilfertigung zu erkennen, wo Kunden durch zahlreiche Optionen eine Vielzahl von unterschiedlichen Möglichkeiten auswählen können. So sind beispielsweise nur durch die Farb- und Materialwahl eines BMW 7er Modells 624 Kombinationen möglich¹⁹⁵. Nach Pfeifer besteht ein Automobil der gehobenen Mittelklasse aus 2'000 Komponenten mit ca. 20'000 Einzelteilen welche mittels 140'000 Schnittstellen verbunden sind¹⁹⁶. Die Anzahl von technischen Schnittstellen eines Hochschulgebäudes lässt sich nicht eindeutig ermitteln, dürfte aber in einer vergleichbaren Größenordnung sein¹⁹⁷. Diese Schnittstellen werden allerdings nicht von Hundertschaften hochqualifizierter Ingenieure abgeglichen, wie dies im Rahmen der Automobilentwicklung der Falls ist. Im Gebäudeentwurf sind es wenige dutzend Ingenieure und hunderte verschiedentlich qualifizierte Handwerker.

Der Entwurf und die Erstellung von Gebäuden verbinden verschiedene Firmen und Personen mit jeweiligen Kompetenzen und eigenem Management. Diese Struktur ist nicht mit dem Verhältnis der Zulieferer der Automobilindustrie vergleichbar, da der Besitzer eines Gebäudes meist mit mehreren Parteien eine vertragliche Verbindung hat, um seinen Prototypen zu erhalten¹⁹⁸. Der zukünftige Besitzer eines Gebäudes erhält zwar von seinem einzelnen Vertragspartner das Pflichtenheft seines projektierten Gebäudes. Dieses ist aber eine Beschreibung, die meist unvollständig ist, weshalb er die Autoren des Pflichtenheftes auch weiterhin in den Bauprozess integrieren möchte. Deshalb sind Architekten und Fachplaner meist bis zur Inbetriebnahme mit dem Gebäude und Bauherr verbunden. Die Unvollständigkeit des Pflichtenheftes ist in dem prototypischen Charakter

¹⁹⁵ Vgl. <http://www.7-forum.com/news/news2004/e90/design.php> : Mai 2008

¹⁹⁶ Pfeifer, T.; Seite 312

¹⁹⁷ Anmerkung: Eine Möglichkeit zur Ermittlung der Anzahl von Abhängigkeiten und Komponenten bietet das digitale Gebäudemodell auf Basis der IFC. Bei Vernachlässigung, das Kultur, Anforderungen und Gebäude jeweils variieren ist eine grobe Abschätzung möglich. Für ein Hochschulgebäude in Bodø, Norwegen, existiert ein IFC-Datensatz, welcher bei 2'720 gezeichneten Entitäten 3'519 Beziehungen aufweist. Die Darstellung entspricht dabei dem Detaillierungsgrad einer Zeichnung im Maßstab 1:100. Durch die Vereinfachung einer zeichnerischen Darstellung (die Schichtung eines Wandaufbaus wird beispielsweise vernachlässigt) dürften die Anzahl der Schnittstellen um ein Vielfaches steigen. Das Bodø -Datenmodell: ftp://ftp.dds.no/pub/ifc/College_Bodo : Juli 2008

¹⁹⁸ Anmerkung: Das Modell des General- oder Totalunternehmers greift hier ein und liefert eine Dienstleistung, welche alle Aktivitäten zur Erstellung eines Gebäudes inkl. Service-Modell im Gebäudebetrieb beinhaltet.

eines Gebäudes, seiner Größe und der zahlreichen Schnittstellen begründet. Zudem wechseln mit jedem Projekt meist die ‚Zulieferer‘ des Pflichtenheftes, wodurch jeweils neue Gesprächskulturen und Fokussierungen abgeglichen werden müssen.

Sämtliche Phasen des Gebäudeentwurfs und der Gebäudeerstellung scheinen zudem empfänglich zu sein für stetige Optimierungen durch alle Beteiligten. Während Optimierungen in den Phasen des Gebäudeentwurfs gewünscht sind, können Veränderungen des Pflichtenheftes in der Gebäudeerstellung kontraproduktiv sein und in anderen Bereichen Ineffizienzen verursachen. Wahrscheinlich liegt es am prototypischen Charakter und der finanziell bedeutenden Investitionssumme von Gebäuden, weshalb stetig Optimierungen gemacht werden. Ein ‚Design-Freeze‘ sowie die Dokumentation der Herleitung von Entwurfsentscheidungen wären positive Werkzeuge für eine erfolgreiche Qualitätssicherung.

Die technische Qualität eines Gebäudeentwurfs ist ebenso schwer zu werten wie die räumlich-funktionalen Aspekte. Während diese Aspekte beispielsweise durch Visualisierungen und interaktive Darstellungen zumindest im Ansatz evaluiert werden können, ist aufgrund der Individualität von Entwurfsanforderungen eine optimale technische Lösung selten zu definieren. Die Schwierigkeiten sind in dem Vergleich der Erstellungskosten und letztlich unklaren langfristigen Betriebskosten begründet. Die Qualität der Produkte ‚Pflichtenheft‘ und ‚Gebäudes‘ muss letztlich der Kunde beurteilen. Seine Beurteilung wird ggf. im Laufe der langen Lebensdauer eines Gebäudes stark variieren, da Parameter wie Standortbewertung, Nutzeranforderungen oder Betriebsenergiekosten eine nicht vorhersehbare Entwicklung nehmen und selten vom Kunden beeinflusst werden können.

Der zeichnerische Teil eines Pflichtenheftes ist ein etabliertes Werkzeug, um verschiedenartige Kundenanforderungen abzugleichen und zu dokumentieren. Allerdings dokumentieren diese Zeichnungen nicht die Herleitung einer Entscheidung. Dieser Teil eines Wissensmanagements wird meist durch einen Projektleiter des Architekten oder des Bauherren übernommen.

Im Unterschied zur industriellen Produktentwicklung gehören die Beteiligten im Gebäudeentwurf meist eigenständigen Firmen an. Dadurch ist vor allem die rechtliche Haftung und finanzielle Abhängigkeit stärker als beispielsweise bei selbstverwalteten Abteilungen innerhalb ein und desselben Unternehmens. Dieser organisatorische Hintergrund hat direkte Auswirkungen auf die Geschwindigkeit und die Art mit welcher der Lösungsraum verkleinert werden kann. Insbesondere die rechtliche Haftung und die daraus resultierende Absicherung eines jeden Beteiligten beeinflusst im Gebäudeentwurf den Grad der Innovation und der gesamtheitlich hohen Qualität. Sobald ein Beteiligter des Gebäudeentwurfes formell Bedenken zu einer Entscheidung anmeldet und sich dadurch der Gewährleistung der Zielerfüllung entzieht, ist ggf. eine Entwurfslösung mit gesamtheitlich hoher Akzeptanz verhindert worden. Ist der Bauherr nicht gewillt, eine solche reduzierte Gewährleistung zu seinen Lasten zu tragen, dann wird ggf. eine qualitativ schlechtere Lösung zulasten einer energetischen, konstruktiven oder betriebswirtschaftlichen Ideallösung gewählt.

Der Architekt sieht sich als Moderator in Form eines fachlich versierten Generalisten, vergleichbar der moderierten Besprechung, wie sie die FMEA

und DBRFM vorschlagen. Die Moderation wird dabei als Teil der Synchronisierung heterogener Anforderungen an eine Aufgabe gesehen. Für eine erfolgreiche Synchronisierung mit dem Ziel eines qualitativ hochwertigen Pflichtenheftes ist allerdings neben fachlicher Kompetenz vor allem eine gute Sozialkompetenz des Moderators notwendig.

Bezüglich der Bewertung von Nachhaltigkeit und Ressourceneffizienz eines Gebäudes zeigen Immobilien im Vergleich zu Automobilen eine Eigenheit, welche weit reichende Konsequenzen aufwirft: Zwei Gebäude mit vergleichbarer Nutzung und vergleichbarem Umfeld können nie den exakt selben Standort einnehmen und haben dadurch zumindest leicht variierende Effizienzwerte. Auch wenn der Standort das Nachbargrundstück ist, so sind doch kleinste Veränderungen beispielsweise der Zugänglichkeit, des lokalen Klimas oder der Sichtbarkeit zu beobachten. Ein optimierter Entwurf berücksichtigt solche Unterschiede^{199 200}.

3.3 Ressourcenmanagement

Als Ressourcen werden im Kontext dieser Arbeit physikalische oder virtuelle Einheiten von begrenzter Verfügbarkeit gesehen²⁰¹. Diese Einheiten und deren Eigenschaften sind zählbar und zu beurteilen hinsichtlich Verfügbarkeit, Kosten, Qualität, etc.

Diese Arbeit fokussiert auf die Ressourcenbedarfe des zukünftigen Gebäudes und Ihrer Nutzer. Durch Simulation und Abschätzung der zukünftigen Bedarfswerte nehmen sie Einfluss auf den Gebäudeentwurf. Es werden nicht jene Ressourcen betrachtet, welche zur Umsetzung des Entwurfsprozesses benötigt werden, d.h. Ressourcen wie Arbeitsorganisation, Personal, Büroinfrastruktur, etc. werden nicht behandelt, obwohl diese zur Sicherung eines Qualitätsmanagements wichtig sind. Ein Ressourcenmanagement beispielsweise zur Ermittlung des Personalbedarfs in einem Architekturbüro ist sehr von der Bürokultur, des spezifischen Projektes und der Aufgabenstellung abhängig.

Ressourcenbedarfe werden über absolute Größen bzw. Mengen angegeben. Diese Angaben erfolgen mittels Einheiten wie beispielsweise kWh, h, a, Hz, Liter, kg, lx, m², MBit/sec, Luftwechselzahl, Personen/m², etc. Etablierte Berechnungsmethoden erlauben beispielsweise die Umrechnung des Wärmeenergiebedarfs von kWh in Liter Heizöl, indem Volumenströme, Effizienzgrade und Kapazitäten berücksichtigt werden. Somit sind einerseits anschauliche Vergleichswerte möglich, andererseits können beispielsweise notwendige Lagerflächen und mögliche Reserven ermittelt werden.

Ressourcenbedarfe lassen sich meist auch in einem Geldwert angeben. Beispiele hierfür sind die Erstellungskosten für ein gesamtes Bauwerk, Mietkosten für Räume, umgesetzte Heizenergie oder Aufwendungen für

¹⁹⁹ Nerdinger, W.; Seiten 5ff, Seiten 146f

²⁰⁰ Anmerkung: Vgl. auch die Verwendung von dreidimensionalen GIS-Daten zum Einfluss von umliegenden Gebäuden auf die Einstrahlungsenergie eines Gebäudes. Agnolotti, V., Giger, Ch.: „GIS for Thermal Simulations in the Built Environment“, 2005, SIMGIS; in: Proceedings of 25th ESRI International User Conference, San Diego, CA, 26-29 July 2005

²⁰¹ Vgl. <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Resource&oldid=249453516> : September 2007

Luftaufbereitung. Diese Kosten sind im Kontext dieser Arbeit ebenso Ressourcen, die Anforderungen stellen können.

Diese Arbeit basiert auf dem konzeptioneller Grundsatz, dass ein Ressourcenbedarf, der nicht erzeugt wird, auch nicht gedeckt werden muss. In vielen Fällen ist dies ein erstrebenswertes Ziel. Das Streben nach geringen Bedarfswerten führt beispielsweise zu einer höheren Auslastung von Räumen. Dadurch kann je nach Entwurfsaufgabe ggf. ein kleineres Gebäude realisiert werden, wodurch sowohl in der Erstinvestition als auch in der Betriebsphase Kosten gespart werden. Bei zu starker Optimierung einerseits und zu großen Bedarfswerten andererseits besteht allerdings die Gefahr, dass Bedarfe nicht mehr befriedigt werden können.

Ressourcenoptimierung ist ein Bestandteil von nachhaltiger Entwicklung^{202 203}. Vielfach lässt sich durch Vermeidung von Ressourcenbedarfen eine bessere Nachhaltigkeit erzielen. Die Wertung der Nachhaltigkeit eines Gebäudes ist aufgrund vernetzter und teils weit reichender gegenseitiger Einflussnahmen schwierig²⁰⁴. Insbesondere die Einzigartigkeit eines realisierten Gebäudes und damit verbunden seines Gebäudeentwurfs machen eine Vergleichbarkeit schwierig. Im Rahmen dieser Arbeit wird nicht auf eine Wertung von Nachhaltigkeit Bezug genommen, obwohl der Vergleich von Energiebedarfswerten verschiedener Gebäude Aussagen über die Leistungsfähigkeit des jeweiligen Gesamtkonzeptes zulässt.

Eberle formuliert die Dimension der Nachhaltigkeit umfassend und einfach: „Nur Gebäude, die geliebt werden, erzielen eine lange Lebensdauer. Diese Langlebigkeit ist die Basis für einen optimierten Ressourcenverbrauch.“²⁰⁵. Es liegt auch an den Projektbeteiligten, welche Eigenschaften als lebenswert betrachtet werden. Diese Wertung hat Einfluss auf den Gebäudeentwurf und -betrieb. Zu den Projektbeteiligten zählen neben den direkten Nutzern in der Regel auch die Öffentlichkeit. Es ist verständlich, dass in der Öffentlichkeit ein Gebäude positiv belegt sein sollte, da beispielsweise über Wertungen der Öffentlichkeit ein energetisch sehr effizientes, aber optisch negativ wahrgenommenes Gebäude wenig Mieter findet und sich wünschenswert niedrige Betriebswerte nicht auszahlen.

Gebäude tragen wesentlich zum Primärenergiebedarf einer entwickelten Gesellschaft bei. Deshalb haben sie Einsparungen an grauer Energie und Betriebsenergie einen signifikanten Einfluss auf die finanziellen Freiräume. Insbesondere die mitteleuropäischen Länder setzen einerseits stark auf fossile Energieträger, andererseits werden diese Energieträger importiert, wodurch die letztlichen Betriebskosten eines Gebäudes durch wenig kontrollierbare außenpolitische Faktoren beeinflusst werden.

Eine globale Betrachtung zeigt sowohl die weltweiten Bedarfswerte als auch den ‚gesamthaften‘ Energiebedarfswert, den ein Mensch zur

²⁰² Anmerkung: Der Begriff ‚nachhaltige Entwicklung‘ wird im Verständnis der Definition des sog. „Brundtland-Berichts“ „Our Common Future“ der IUCN, 1987, verwendet. Vgl. <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Brundtland-Bericht&oldid=48135936> : Aug. 2008

²⁰³ Vgl. Kapitel „B.2 Nachhaltigkeit Science City Schwerpunkte und Massnahmen“ der ETH Zürich

²⁰⁴ Vgl. Kapitel „4.4.1 Beispiel SIA D0216 Effizienzpfad Energie“, welcher ein offenes Wertungssystem für Nachhaltigkeit zu formuliert.

²⁰⁵ Nerdinger, W.; Seite 143

Aufrechterhaltung seines derzeitigen Lebensstandards benötigt. Diese Werte können zumindest für ausgewählte Länder ermittelt werden. Daraus wird ersichtlich, welche Lebensbereiche den größten Bedarf haben, so dass ggf. eine genauere Untersuchung drastische Einsparpotentiale ermöglicht. Ein Vergleich der Bedarfswerte verschiedener Länder zeigt Abbildung 17. Zudem ermittelte die Eidgenössische Materialprüfanstalt (EMPA) den weltweiten Energiebedarf pro Person.²⁰⁶ Gemäß Abbildung 17 war 2003 der globale Energiebedarfswert bei ca. 2'000 Watt je Person. Dies beinhaltet den gesamten Energiebedarf zur Sicherung des jeweiligen durchschnittlichen Lebensstandards. In der Schweiz ist dieser Bedarfswert bei ca. 5'500 Watt/Person. Die 2'000 Watt-Marke wurde in der Schweiz in den 1950er Jahren überschritten. Die durchschnittliche Bedarfswerte für die Lebensbereiche ‚Arbeiten‘ und ‚Wohnen‘ sind mit ca. 1'500 Watt der dominante Umsetzer von Energie, d.h. gebäudegebundene Aktivitäten haben bei genauer Betrachtung ein großes absolutes Einsparpotential. Auf Basis dieser Studie folgte in der Schweiz die politische Entscheidung, dass die durchschnittlichen Bedarfswerte um 3'500 Watt zu senken sind, um den globalen Durchschnittswert zu erreichen. Die Herausforderung ist, dieses Ziel zu erreichen, ohne etablierte Sicherheits- und Komfortstandards zu verlieren. Dies gilt insbesondere für Gebäude, da durch sie bis zu 40 % des Energiebedarfes einer westlichen Gesellschaft entstehen.

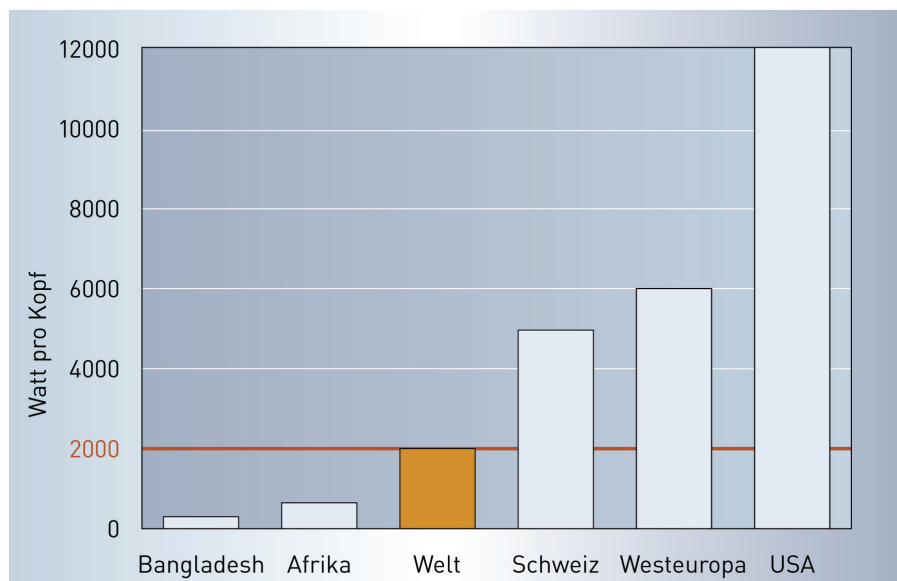


Abbildung 17: Der durchschnittliche Energiebedarf im globalen und nationalen Maßstab²⁰⁷.

Auch in anderen Ländern ist der politische Wille zur Durchsetzung von niedrigen Energiebedarfswerten erkennbar. In Deutschland wurden beispielsweise verschärfte Energieeinsparverordnungen²⁰⁸ eingeführt. In der Schweiz wurden Instrumente, Empfehlungen und Gesetze verabschiedet wie

²⁰⁶ Novatlantis; Seiten 3ff

²⁰⁷ Quelle: Novatlantis; Seite 3

²⁰⁸ Vgl. <http://www.bgbportal.de/BGBL/bgb11f/bgb1107s1519.pdf> : Juni 2008 und <http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Energieeinsparverordnung&oldid=51193835> : Juni 2008

beispielsweise die Norm ‚SIA 380 Energie im Hochbau‘ oder ‚SIA Effizienzpfad Energie D0216‘²⁰⁹.

Ein weiteres Werkzeug zur gesamtheitlichen Positionsbestimmung des Ressourcenbedarfes einer Gesellschaft ist der ‚ökologische Fußabdruck‘²¹⁰, der auf den Flächenbedarf Bezug nimmt, welcher benötigt wird, um den im jeweiligen Land etablierten Lebensstandard zu halten. So werden in Europa derzeit 4,7 ha Fläche pro Person benötigt, obwohl nur 2,3 ha pro Person zur Verfügung stehen²¹¹. Die Konsequenz ist, dass außerhalb Europas Flächen zur Generierung des derzeitigen europäischen Lebensstandards belegt werden. Bei gleichbleibendem Lebensstandard und zumindest stagnierender Bevölkerungszahl wird dieser exterritoriale Ressourcenbedarf durch Neubauten in Europa vergrößert.

3.3.1 Relevante Ressourcen

In Bezug auf akademisch genutzte Gebäude können die hauptsächlichen Ressourcen genannt werden. Insbesondere die Betriebsphase eines Gebäudes hat durch ihre Aktivitäten teils zeitlich und räumlich stark variierende Bedarfe. Ein Beispiel hierfür ist die wechselhafte Auslastung von Hörsälen aufgrund vorlesungsfreier Zeiten. Folgende Ressourcen werden im Allgemeinen zur Wertung der Effizienz eines Gebäudes berücksichtigt²¹²:

1. Graue Energie
2. Frischwasserbedarf
3. Heizenergiebedarf
4. Kühlenergiebedarf
5. Warmwasserbedarf
6. Betriebsenergiebedarf
7. Flächenbedarf
8. Landbedarf
9. Investitionsbedarf
10. Betriebskostenbedarf

Am Beispiel des im Jahr 2008 fertiggestellten eScience-Labors der ETH Zürich werden die aktuell möglichen Bedarfswerte veranschaulicht. Die nachfolgend genannten Werte sind Primärenergieäquivalente. Für dieses Gebäude wurden folgende Bedarfswerte ermittelt. In Klammern sind die durchschnittlichen Werte für Mehrgeschosswohnbauten in Deutschland, Österreich und der Schweiz angegeben²¹³:

1. Heizenergiebedarf 24 kWh/m²a (197 kWh/m²a)
2. Betriebsenergiebedarf 93 kWh/m²a (240 kWh/m²a)
3. Warmwasserbedarf 5 kWh/m²a,
4. elektrischer Energiebedarf 57 kWh/m²a
5. Bruttogeschossfläche 17'793 m², Nutzfläche 11'655 m²,
Landbedarf 7'117 m², Bauliche Dichte 2.5

²⁰⁹ Vgl. Kapitel „4.4.1 Beispiel SIA D0216 Effizienzpfad Energie“

²¹⁰ <http://www.footprintnetwork.org/> : August 2008

²¹¹ http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=%C3%96kologischer_Fu%C3%9Fabdruck&oldid=52375393 : August 2008

²¹² Anmerkung: siehe auch Nerdinger, W.; Seiten 142ff

²¹³ Quelle: Eberle, D., Schoch, O., in Nerdinger, W.; Seiten 150ff

Dieses Gebäude bietet raumbezogene Dienstleistungen wie beispielsweise für ‚Vorlesungen‘, ‚Server‘, ‚Archiv‘, ‚Restaurant‘ und ‚Büro‘ an. Die Nutzer dieser Dienstleistungen sind zunächst interdisziplinäre Arbeitsgruppen, die im Bereich der elektronischen Medien forschen und unterrichten. Dadurch wurde im Gebäudeentwurf von einem Bedarf an überdurchschnittlich viel technischer Infrastruktur ausgegangen. Eine initiale Kundenanforderung an die Architekten war die aufwandsarme Anpassung des Flächenmanagements an wechselnde Gruppengrößen. Der Gebäudeentwurf fokussierte deshalb auf eine flexible Raumaufteilung, dezentrale Klimatechnik für eine feinteilige, bedarfsorientierte Energieverteilung²¹⁴ und großzügiger Installationsbereiche.

3.3.4 Ressourcenmanagement in Bezug auf Qualitätsmanagement

Ressourcenmanagement ist ein wichtiger Teil des japanischen QM. Nach Shingo²¹⁵, ist die Vermeidung von Verschwendungen (Muda) ein Grundprinzip des TPS²¹⁶, welche stetig beachtet werden muss. Diese Forderung basiert auf wirtschaftlicher und unternehmerischer Betrachtung²¹⁷ und nicht auf einer ökologischen Orientierung. Diese Sichtweise beinhaltet auch die zielgerichtete Optimierung von Informationen, Güter, Prozesse, Arbeiten, Arbeitswege, Geschwindigkeiten, etc. Im Idealfall sollten all jene Operationen vermieden werden, welche nicht den Wert des Produktes steigern. Die japanischen QM-Methoden setzen deshalb ein genaues Verständnis der Prozesse und Operation voraus, welches man vor allem durch Aufteilung komplexer Zusammenhänge in kleine Einheiten erhält.

Durch das vorab genannte Prinzip der Vermeidung von Verschwendungen sind die japanischen QM-Methoden stetig mit beschränkten Ressourcenvorkommen konfrontiert. Ziel ist, trotz dieser Einschränkungen gesamtheitliche Lösungen zu erhalten.

Ressourcenmanagement scheint im Allgemeinen ein stetes und synchronisiertes Abwägen zwischen Anforderungen und Angebot zu sein. In der Produktentwicklung kann ein Ressourcenangebot durch eine technische Machbarkeit repräsentiert werden. Ein QFD setzt demnach die technischen Umsetzungen mit den Bedarfswerten der Kundenanforderungen in Bezug. Die iterative Bearbeitung der Matrixen eines QFD erlaubt somit die synchronisierte Betrachtung verschiedenartigster Ressourcen. Je nach Verschachtelung und Art der Anforderung kann aus einem Ressourcenangebot auch eine Ressourcenbedarf werden.

Hinsichtlich einer Qualitätssicherung des Ressourcenmanagements im Gebäudebetrieb wird auf das Gebiet des ‚Facility Managements‘ verwiesen. FM beabsichtigt eine zielorientierte Bewirtschaftung von Gebäuden. Diese Ziele sind vielfältig und teils entgegengerichtet. Konkurrenzierende Beispiele sind die ‚Sicherung des Gebäudewerts‘ und die ‚Gewinnmaximierung durch Optimierung der Auslastung‘. Die Art des FM hat Einfluss auf Betriebsbedarfswerte und Lebenszyklen der Bauteile. Beide werden als Ressourcen gesehen. Auch im Gebäudebetrieb sind

²¹⁴ Vgl. <http://www.sia.ch/cf/referenzdetail.cfm?RefNr=21486501> : August 2008

²¹⁵ Shingo, S.; Seite 76

²¹⁶ Vgl. Kapitel „3.1.2 Japanische QM-Konzepte“, Absatz „C) Kaizen“

²¹⁷ Vgl. Kapitel „3.1.4 Qualitätsmanagement in Bezug auf Ressourcen“

konkurrenzierende Anforderungen zu berücksichtigen. Diese Arbeit geht aber nicht auf die Tauglichkeit des japanischen QM im FM ein.

Zunächst stellen Gebäude einen erheblichen Wert für den Besitzer dar. Es werden vergleichsweise große monetäre Ressourcen für die Erstellung und den Betrieb von Gebäuden benötigt. Diese Ressourcen werden zudem oft als finanzielle Sicherheit in den Geschäftsprozessen angegeben. Die werterhaltende Bewirtschaftung der Ressource ‚Gebäude‘ ist demnach eine wichtige Aufgabe des FM. Idealerweise werden die Belange des FM bereits als Kundenanforderungen in das Lastenheft des Gebäudeentwurfs integriert²¹⁸.

Die Verwendung von ressourcenbezogenen Informationen als Entscheidungshilfe im Gebäudeentwurf zeigt die Wichtigkeit eines QM im Ressourcenmanagement. Obwohl der Gebäudeentwurf bereits als ein QM verstanden wird, ist insbesondere die Qualität des Ressourcenmanagements ausschlaggebend für die Einhaltung der Zielvorgaben des Gebäudeentwurfs. Mittels Ergebnissen aus Simulationen und den Erfahrungen der Projektbeteiligten werden die ressourcenbezogenen Informationen ermittelt. Das QM im Ressourcenmanagement folgt den Vorgaben einer Simulation, welche unter Berücksichtigung der Ungenauigkeit der Ausgangswerte ein vergleichsweise genaues Resultat benennt. Dieses Resultat kann bereits wertend sein, obwohl meistens eine Ressourcenangabe in den vorab genannten Einheiten ist. Die Simulation eines Tragwerks berücksichtigt beispielsweise die erwartete Belastung, Sicherheitsmargen aufgrund von Normen und die Leistungsfähigkeit des gewählten Materials. Wird beispielsweise ein druckfesterer Beton verwendet, kann unter bestimmten Voraussetzungen mit geringeren Stützendurchmessern und damit mit weniger Materialbedarf gerechnet werden.

Auch während des Gebäudebetriebs lassen sich teils gravierende Optimierungen der Ressourcenbedarfswerte erreichen. Die von Boeing beschriebenen Beispiele der Ressourcenoptimierung in Rechenzentren²¹⁹ sind mit dem japanischen QM verwandt, insbesondere jener der gesamtheitlichen und vernetzten Betrachtungen, Zergliederung in abhängige Einzelelemente und die grundsätzliche Vermeidung von Abfällen.

Viele Bereiche der Gebäudebewirtschaftung haben im Alltag Nachfragen mit dem vorhandenen Angebot abzugleichen. Insbesondere die fixen Dimensionen eines Gebäudes konfrontieren das Flächenmanagement mit einem unflexiblen Ressourcenangebot. Werden beispielsweise mehr Hörsäle angefragt als angeboten werden können, ist einem Teil der Nachfrage nicht gerecht zu werden. Flexibler sind hierbei digitale Dienstleistungen wie WLAN-Zugänge, die ggf. kurzfristig temporär verstärkt werden können.

3.3.5 Ressourcenmanagement in Bezug auf Gebäudeentwurf

Ressourcenmanagement im Kontext des Gebäudeentwurfs ist vielschichtig und ein zentraler Bestandteil des Gebäudeentwurfs. Vorab wurde bereits auf die Verwendung von Ressourcenbedarfswerten als entscheidungsbeeinflussende Informationsquelle im Gebäudeentwurf beschrieben. In Kombination mit Zielvorgaben ist das Ressourcenmanagement Teil des Qualitätsmanagements eines

²¹⁸ Nagel, U.; Seite 69ff

²¹⁹ Vgl. Kapitel „3.3.6 Ressourcenmanagement in Bezug auf UbiComp“

Gebäudeentwurfs, da beispielsweise die Einhaltung der Kostenvorgaben sowohl eine qualitätssichernde als auch eine ressourcenbezogene Aufgabe für den Architekten ist. Insbesondere aufgrund des vergleichsweise hohen Ressourcenbedarfs eines Gebäudes wird meist eine kritische Betrachtung der Bedarfswerte während des Gebäudeentwurfs angestrebt.

Zahlreiche Erkenntnisse und Definitionen des Ressourcenmanagement fließen direkt oder indirekt in das Pflichtenheft ein. So werden beispielsweise Baukosten oder die Wärmedurchgangskoeffizienten der Gebäudehülle angegeben. Die Auswirkungen dieser Definitionen werden von Architekten und Fachplanern ermittelt und mit anderen Bedarfswerten in Verbindung gebracht. So kann eine thermisch hocheffiziente Gebäudehülle zu hohen Erstellungskosten führen oder bei vernachlässigter Sonnenbeschattung zu einer Überhitzung des Gebäudes, was zu hohen Betriebskosten aufgrund der Kühlung führt.

Dieses Beispiel zeigt, dass die Ressourcenbedarfe teilweise in sich konkurrenzierenden Verhältnissen stehen. Um ressourceneffiziente Gebäude zu entwerfen, ist deshalb die projektspezifische Definition der effizient zu gestaltenden Ressource notwendig. Im Anschluss folgt ein Abwägen möglichst vieler Bedarfswerte. Insbesondere haben die späteren Nutzer des Gebäudes die ressourcenbezogenen Entscheidungen zu akzeptieren. Diese Kundenorientierung ist Teil des Gebäudeentwurfs. Aufgrund geplanter und ungeplanter Ressourcenengpässen ist zudem ein Verständnis der Nutzer gefordert, welche beispielsweise ein geringeres Dienstleistungsangebot oder eine geringe Qualität einer Dienstleistung akzeptieren sollten, da beispielsweise die Lüftungsanlage bewusst kosteneffizient betrieben wird, um die Betriebskosten des Gebäudes gering zu halten. Der in dieser Arbeit verwendete Ansatz der Diversität gebäudebezogener Ressourcen ist in Abbildung 18 dargestellt. Diese Ressourcen stellen Anforderungen, die im Gebäudeentwurf berücksichtigt werden.

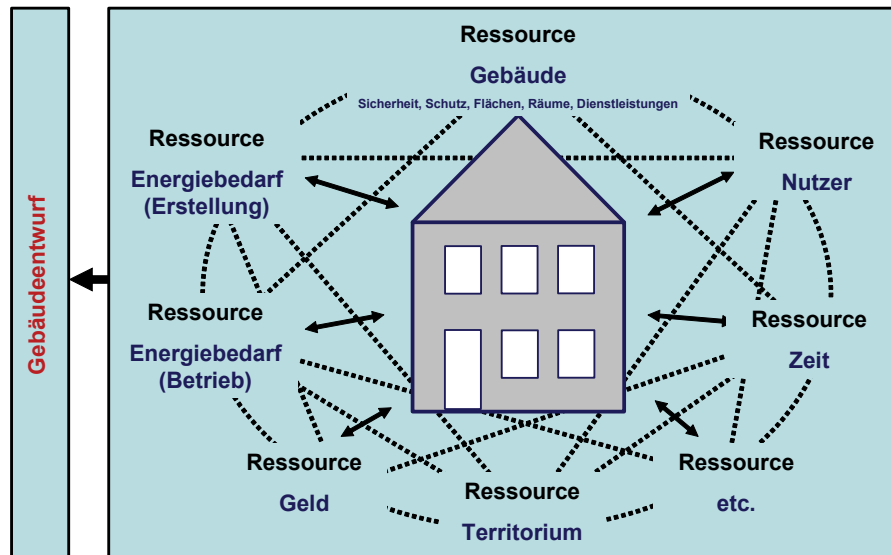


Abbildung 18: Bedarfsformulierende Ressourcen in Bezug auf den Gebäudeentwurf.

Der Gesamtressourcenbedarf eines Gebäudes wird als Kombination aus den Ressourcenbedarfswerten aus jeder Projektphase verstanden. Unklar ist der Bedarf der Ressource Information. Projektspezifische Informationen entstehen bereits beim ersten Gedanken an ein Projekt. Sie existieren ggf. noch lange Zeit nach der physischen Existenz des Gebäudes. Durch die direkte Verbindung des Ubicomp mit dem Gebäude und seiner Dienstleistungen wird der Bedarf an Informationen stark steigen. Die Folgen sind derzeit nicht erfasst und werden im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter untersucht.

Vorab genannte zehn Arten von Ressourcenbedarfen sind direkt oder indirekt von Art und Dimension des Gebäudes, der verwendeten Bauteile und technischen Installationen abhängig. Einzelne sowie die gesamtheitlich ermittelten Ressourcenbedarfswerte werden meistens über kostenrelevante Größen gewertet. Nur selten ist die Kostenrelevanz bei akademisch genutzten Gebäuden kein Argument. Ebenso erfolgt eine Wertung über Aspekte der Zeit wie beispielsweise der Bauzeit oder den Lebenszyklen von Bauteilen. Andere Wertungsmaßstäbe sind beispielsweise Prestige, Umweltfreundlichkeit oder ein bestimmter Baustil.

Die Betrachtung des Ressourcenbedarfs für die Gebäudeerstellung befindet sich erst in den Anfängen. Insbesondere der Energiebedarf zu Erstellung eines Gebäudes, die sog. ‚Graue Energie‘, ist nur aufwändig zu ermitteln. Sie beschreibt die Energieaufwendungen für Materialien und Bauteile vom Ursprungsort bis zum Einbau im Gebäude. Dadurch sind beispielsweise auch Transportstrecken und Standorte zu berücksichtigen. In der Phase des Gebäudebetriebes ist der Ressourcenbedarf klar zu benennen. Ein möglichst niedriger Bedarf an grauer Energie als Kundenanforderung beeinflusst den Gebäudeentwurf, da zahlreiche Materialien mit langen Transportstrecken und hohem Energiebedarf zur Herstellung wegfallen. Dies sind meistens spezielle Gläser, Stahl und Produkte aus Zement. Ein Vergleich der Aufwendungen zwischen Energiebedarfswerten für die Erstellung und dem Betrieb geht üblicherweise von einem Gleichstand nach

30 Jahren zwischen Energiebedarf für Erstellung und Betrieb aus²²⁰. Dies veranschaulicht die immense Energie, die in einem Bauwerk ab der Fertigstellung gebunden ist und nur selten wieder weitergegeben werden kann.

Im Entwurfsprozess hat die Wahl der Gebäudegeometrie bis zu 30% Einfluss auf die Betriebsenergiebedarfswerte. Bauer et. al. erläutern den direkten Einfluss einer Gebäudegeometrie auf die Effizienz hinsichtlich thermischer Bedarfswerte²²¹. Die Kompaktheit eines Gebäudes steht dabei in Abhängigkeit von Parametern wie Standort, Gebäudenutzung, thermischer Isolation, solarem Gewinn, Leistungsfähigkeit der Gebäudetechnik, etc. Die Verbindung dieser Parameter erfolgt primär über Investitions- und Betriebskosten im Kontext einer spezifischen Zeit. Diese ressourcenbezogene Betrachtung und Wertung wird im Gebäudeentwurf in Verbindung gebracht um eine Optimierung der benötigten Ressourcen zu ermöglichen. Die Ressourcenoptimierung kann also phasenorientiert erfolgen, da nach der Ermittlung von Gebäudevolumetrie und -orientierung in einer nächsten Phase beispielsweise die Anforderung des Komfortgrades präzise berücksichtigt wird. Meistens wird hierzu bereits die Qualität der Gebäudetechnik und der Fassade definiert.

Einen dominanten Einfluss auf die Energiebilanz eines Gebäudes haben aber auch dessen Nutzer. Durch Präsenz und Aktivitäten können sie Einfluss auf den Ressourcenbedarf eines Gebäudes nehmen²²². Durch energetisch relevantes Verhalten wie beispielsweise dem Öffnen von Fenstern werden die Betriebsenergiebedarfswerte beeinflusst. Einerseits sollten die Nutzer um ihr Einflusspotential und idealer Weise auch um die Fähigkeiten des Gebäudes wissen, den Ressourcenbedarf zu optimieren. Andererseits kann die Technik vor Ort assistierend sein, um automatisiert die Zielvorgaben an Komfort zu erfüllen oder die Benutzer über Optimierungsmöglichkeiten zu informieren²²³. Die Kunden in Form der Nutzer haben im Kontext des Ressourcenmanagements zwei wesentliche Funktionen:

- sie äußern Wünsche, die befriedigt werden sollten.
- sie generieren durch ihr Verhalten eine positive und negative Last, auf die mit Ressourcenverteilungen geantwortet wird²²⁴.

Das Ressourcenmanagement in einem Gebäude folgt meist einem Hol-Prinzip, da Bedarfe entstehen, die gedeckt werden sollten. Es gibt aber auch Einflüsse, die dem Bring-System folgen wie beispielsweise Solarlast, also der in das Gebäude strahlenden Sonnenenergie, die zu einem Zeitpunkt kommen kann, wo diese Wärmeenergie nicht gebraucht wird. Diese Last initiiert anschließend einen Ressourcenbedarf, welcher dem Hol-Prinzip folgt. Im Beispiel wird dies eine Aktivität sein, welche die Wärmeenergie abführt.

²²⁰ Preisig, R.; Seite 31

²²¹ Bauer, Möslle, Schwarz; Seite 68

²²² Daniels, K.; 1996; Seiten 293ff

²²³ Anmerkung: wie beispielsweise das Energie-Monitoringsystem am Oberlin College in den USA, <http://www.oberlin.edu/dormenergy/> : August 2008

²²⁴ Anmerkung: Der Begriff 'Störgrösse' wurde im Gespräch mit Prof. em. Niklaus Kohler, 14. März 2008, verwendet, um die unterschiedlichen Sichtweisen an ein Gebäude darzustellen.

Weitere Einflüsse haben kulturelle Festlegungen, die ggf. bestimmte Bauformen oder Materialien gering schätzen und somit keine Anwendung finden, obwohl sie bezüglich einer positiven Ressourceneffizienz vorzuziehen wären. Beispiele hierfür sind das Verbot von außenliegendem Sonnenschutz, was die Gefahr einer Überhitzung eines Gebäudes zur Folge haben kann, oder die Favorisierung von Backsteinfassaden, welche eine Innenisolation oder zumindest einen mehrschaligen Wandaufbau zur Folge hat. Diese Aspekte sind sehr divers, eine Festlegung scheint schwierig zu sein und ist nicht Thema dieser Arbeit.

Gebäude im akademischen Umfeld haben im Vergleich zu durchschnittlichen Wohn- oder Geschäftsgebäuden zwei Besonderheiten in Form einer teils hohen Technisierung und der zeitlich stark variierenden Auslastung durch Nutzer, was in vorlesungsfreien Zeiten zu Leerständen führen kann. Dieser Leerstand nutzt die Ressource Gebäude und seine Dienste nicht. Zahlreiche Universitäten bieten deshalb in dieser Zeit ihre Räumlichkeiten beispielsweise für akademische oder kommerzielle Konferenzen an, worauf die Infrastruktur flexibel reagieren können sollte. Auch hier steht in Verbindung mit Ubicomp ein Bauteil zur Verfügung, welches größere Flexibilität ermöglichen kann²²⁵. Dadurch kann eine bessere Ressourcennutzung resultieren.

3.3.6 Ressourcenmanagement in Bezug auf Ubicomp

Das Angebot von Dienstleistungen in Hochschulgebäuden ist meistens sehr technikabhängig. Diese Dienstleistungen werden als Ressourcenangebot verstanden, die den Nutzern zur Verfügung stehen. Sie selbst basieren wieder auf Bedarfen an finanziellen Investitionen, technischer Betreuung sowie Wissen über die Nutzung. Von Projektionstechnologien über zeitgemäße Kommunikationsnetzwerke bis hin zur Klimatisierung von Räumen sind viele Dienste bereits als Anforderungen für den Gebäudeentwurf bekannt und können entsprechend berücksichtigt werden. Diese spezifisch akademischen Ressourcen werden zunehmend digital vernetzt und mit den klassischen Ressourcen des Gebäudes inhaltlich verbunden. Das Ressourcenmanagement erhält demnach zusätzlich die Attribute des Ubicomp wie stetige Aktualisierbarkeit, heterogener Informationsaustausch, ortsbasierte Informationen und Simulation zukünftiger Ereignisse.

In Kombination mit dem Streben nach Ressourceneffizienz werden einzelne Dienstleistungen vernetzt, um zusätzliche Dienstleistungen zu erhalten. Aufgrund der softwarebasierten Verknüpfung ist das Angebot an verknüpften Dienstleistungen größer als die reine Addition der einzelnen Dienste. Hinzu kommen größere Flexibilität²²⁶ und Fehleranfälligkeit. Viele Dienste basieren dabei auf der Gebäudetechnik, welche mittels Software zeitnah eine Vielfalt von Informationen verarbeitet und je nach Anforderung eine spezifische Dienstleistung oder verkettete Dienste auslöst. Diese Dienste können bereits als Ubicomp bezeichnet werden, da sie über Rechenleistung verteilte und vernetzte Sensoren und Aktoren verfügt. Beispiele sind Raumreservierungen mittels digital vernetzten

²²⁵ Vgl. Kapitel „3.2.7 Gebäudeentwurf in Bezug auf Ubicomp“

²²⁶ Staub, R.; Seite 30, Seite 45

Flächenmanagements²²⁷, digitale Fluchtwegebeschilderung²²⁸ oder die Klimasteuerung.

Initiativen wie digitalstrom.org²²⁹ entwickeln und vermarkten elektronische Bauteile und Software, welche ein verteiltes Management von elektrischen Geräten ermöglicht. Die Bauteile besitzen kleine Rechereinheiten und können miteinander kommunizieren. Die Verteilung geht dabei bis in die Geräteebe, d.h. jede Steckdose, jeder Kühlschrank und jede Leuchte kann dadurch digital analysiert und gesteuert werden. Im Resultat kann eine feinmaschige Optimierung vorgenommen werden, welche fast keine direkte bauliche Anforderung hat.

Die Regelung des UbiComp erfolgt meist über Software. Auch sie beeinflusst die Anforderungen an Entwurf und Ressourcenbedarfe während des Gebäudebetriebs. Diese Steuerungen werden mit zahlreichen fixen und dynamischen Kennwerten gespeist. Dabei berücksichtigen sie immer mehr benachbarte Felder und folgen somit der Integrationspyramide nach McHale²³⁰. Vernetzte Steuerungen können das Energiemanagement verbessern, indem sowohl zukünftige als auch historische Daten zu den Bedarfen und Lasten als Parameter in die Steuerung integriert werden. Diese Möglichkeiten des vernetzt gesteuerten Gebäudebetriebes haben Einfluss auf das Ressourcenangebot, den Ressourcenbedarf und den Gebäudeentwurf, da beispielsweise bewusst mehr Sensorik im Gebäude berücksichtigt werden muss, als auch technische Installationen wie Heizungsanlagen kleiner ausfallen können. Ein Beispiel hierfür ist das Projekt Shangdi-MOMA in Peking, welches zwar kein Hochschulbau ist, aber aufgrund der vernetzten Steuerung eine Energieeffizienz von mindestens 10% erreicht, indem Spitzenlasten ca. 30 Minuten vor dem physischen Auftreten in der Heizzentrale bekannt sind²³¹. Dieser Zeitvorsprung ergibt sich durch die sensorische Erkennung eines aktuellen Warmwasserbedarfs am Gebäude und der sofortigen Übermittlung dieser Information an die Heizzentrale in ca. 500m Entfernung. Die Möglichkeiten des UbiComp werden im Gebäudeentwurf mittels Simulationen und Lastenheften berücksichtigt. Durch diesen Zeitgewinn kann die erwartete Wassermenge effizienter aufgeheizt werden. Konventionelle Systeme steuern die Warmwasserbereitung aufgrund des Temperaturabfalls in der Heizzentrale.

Beispiele aus der Industrie zeigen das Potential einer feinmaschigen Optimierung, welche unterschiedliche Ebenen einbezieht. So sind Rechenzentren mit niedrigem Bedarf an elektrischer Energie bei gleicher Leistung möglich indem sowohl Software als auch Hardware bezüglich dem Bedarf an elektrischer Energie optimiert wird. Im Resultat sind geringere Stromkosten und weniger räumliche und energetische Ressourcen für die Kühlanlagen der Serverräume notwendig. Dieser Trend ist branchenübergreifend und beinhaltet in den USA auch Hochschulen²³².

²²⁷ Vgl. www.performancebuildings.ch : Sept 2007

²²⁸ http://images.zeit.de/text/2002/24/Licht_ohne_Schalter : August 2008

²²⁹ Vgl. www.digitalstrom.org : März 2008

²³⁰ Vgl. Kapitel „3.3.6 Ressourcenmanagement in Bezug auf UbiComp“ und McHale, 1989, <http://www.ibexcellence.org/images/pdfs/akbeijing05paper.pdf> : August 2008

²³¹ Vergleiche beispielsweise „A.4 Shangdi-MOMA, Peking“, Schoch, O. [2], 2006

²³² Vgl. auch <http://www.epa.gov/greenpower/toplists/top25.htm> : April 2008

Boeing²³³ beschreibt, dass über die Wahl des Betriebssystems 33% des elektrischen Energiebedarfs eingespart werden kann. Software, Hardware, und die räumliche Anordnung der Hardware ermöglichen weitere Optimierungen.

UbiComp ermöglicht durch Nutzerinteraktion neue Möglichkeiten, beispielsweise aktuell über die energetischen Auswirkungen des persönlichen Verhaltens zu informieren. So informiert das Oberlin College im US-Bundesstaat Ohio durch die allgemein zugängliche Internetseiten des ‚Campus Resource Monitoring System‘ über die aktuellen und historischen Ressourcenbedarfswerte hinsichtlich elektrischer Energie²³⁴. Dabei werden gebäude- und raumbezogene Informationen geliefert. Dadurch kann eine Konkurrenzsituation zwischen den Wohngruppen und Häusern aufgebaut werden, die im Idealfall dazu animiert, den eigenen Energiebedarf am niedrigsten Messwert zu orientieren.

3.3.7 Einschränkungen des Ressourcenmanagements

Ein optimiertes Ressourcenmanagement funktioniert, solange die benötigten Ressourcen überhaupt vorhanden sind, bzw. solange Bedarfe gedeckt werden können. Falls diese Deckung nicht mehr möglich ist, sind vor allem verknüpfte Systeme gefährdet, ihre eigentliche Aufgabe nicht mehr erfüllen zu können. Bei zu engem Spielraum können in unerwarteten Situationen Einschränkungen, Kettenreaktionen oder Kollapse auftreten²³⁵. Folglich wird die angeforderte Ressource nicht zur Verfügung gestellt. Nicht immer kann auf Alternativen zurückgegriffen werden. Diese Situation tritt beispielsweise bei überlasteten Stromnetzen²³⁶ oder bei Überbelegungen von Räumen in Hochschulgebäuden auf. Andererseits ist die Schaffung von Redundanzen und Vorräten meist sehr kostenintensiv, da in Gebäuden Nutzflächen vorgehalten werden, die sowohl Ressourcen für Erstellung und Betrieb benötigen. Bei größerem Flächenangebot sind vom Kunden Leerstände sowie höhere Erstellungs- und Betriebskosten hinzunehmen. Im Sinne der japanischen QM-Konzepte sind Verschwendungen aber zu vermeiden. Es ist allerdings unklar, inwiefern die japanischen QM-Konzepte auf die relative Starrheit von Gebäuden und deren lange Lebenszyklen reagieren. Sind beispielsweise aufgrund einer demoskopischen Entwicklung oder Ergebnisse eines guten Marketings vorübergehend wesentlich mehr Studierende als zuvor in einen Studiengang eingeschrieben, reicht die absolute Größe der Gebäude nicht mehr aus. Ein solcher Ressourcenbedarf besteht aber ggf. nur für wenige Jahre, was ein generelles Ressourcenmanagement mit Kosten-Nutzen-Abwägungen hervorruft. Ähnliches gilt es zu beachten, wenn beispielsweise ein Energieträger komplett wegfällt. Folglich kann das Gebäude nicht die ursprünglich angebotene Dienstleistung ‚thermische Behaglichkeit‘ zur Verfügung stellen. Entweder werden nun die Anforderungen modifiziert, indem beispielsweise die Nutzung verändert wird, oder es wird nach einer Alternative der weggefallenen Ressourcen

²³³ <http://www.heise.de/tr/Wie-baendigt-man-ein-Energiemonster--/artikel/98006> : Mai 2008

²³⁴ <http://www.oberlin.edu/dormenergy/> : August 2008

²³⁵ Anmerkung: Kapitel „3.4.5 Einschränkungen von UbiComp“ beschreibt das Beispiel einer Kettenreaktion durch das Versagen zu wenig Redundanzen in der entsprechenden Zone zurückzuführen ist.

²³⁶ Vgl. <http://www.heise.de/tr/Hilfe-fuer-ueberlastete-Stromnetze--/artikel/98228> : Juni 2008

gesucht. Meist ist dies mit baulichen Maßnahmen verbunden²³⁷. Solche Veränderungen erfolgen auch im Sinne des Qualitätsmanagements und nutzen konkurrenzierende Wertungen.

Ein nachhaltiges Management der Ressource ‚Gebäude‘ ist nötig, da sie direkt und indirekt wesentlichen Ressourcenflüsse einer Volkswirtschaft verursachen und einen Großteil der finanziellen Ressourcen binden. Durch Vorgaben wie beispielsweise die Deutsche Energieeinsparverordnung greift der Staat in dieses Ressourcenmanagement ein. Andererseits unterliegen die Kosten für Bauland, Immobilien, Baumaterial und Energie der freien Marktwirtschaft, womit Marktschwankungen direkt den Wert der baulich gebundenen Ressourcen beeinflussen. Da Hochschulgebäude meist von staatlichen Stellen beauftragt und betrieben werden, können hier ggf. ideelle Entscheidungen favorisiert werden, welche in einer kurzfristigen Argumentation dem Kostenargument zum Opfer fallen würde.

3.4 Ubicomp

Die allgegenwärtige Informationsverarbeitung wird im Englischen ‚ubiquitous computing‘ bzw. ‚Ubicomp‘ genannt. Es beschreibt Dienstleistungen des Alltags auf der Basis von vernetzter Informationstechnologie in Gegenständen des täglichen Lebens. Technische Elemente des ‚Ubicomp‘ sind:

- physikalische Einheiten wie Sensoren, Aktoren, Antennen, Leitungen, etc.
- Recheneinheiten zur Informationsverarbeitung
- Kommunikation zwischen den Geräten
- Software und Daten

In der Praxis wird ein Datenpunkt als kleinste technische Einheit gewählt²³⁸. Neben den technischen Elementen sind vor allem die Nutzer des Ubicomp wichtig, die sowohl beeinflussend sind als auch beeinflusst werden, da Ubicomp eine Technologie zur Unterstützung von Interaktionen ist. In diesem Sinne sind Beteiligte beispielsweise Menschen, Objekte, Tiere, Software, etc. Der thematisch verwandte Bereich des ‚pervasive computings‘ beschäftigt sich mit der ‚alldurchdringenden‘ Vernetzung des Alltags²³⁹.

Vereinfacht kann ein Gebäude als ein groß dimensionierter Computer verstanden werden, welcher gleichzeitig Nutzerschnittstelle für Eingabe und Ausgabe ist²⁴⁰. Meistens sind im Gebäude auch die Rechneinheiten, welche über Software mit den Sensoren und Aktoren kommunizieren. Die Reichweite der Interaktion kann dabei wesentlich über den Standort des Gebäudes hinausgehen. Im Gebäudeinnern sind die Kommunikationspartner sehr vielschichtig. Sie reichen von Bauteilen, Räumen, Personen, Objekten bis hin zu mobilen Geräten. Abbildung 19 zeigt am Beispiel eines Raummoduls die vergleichsweise hohe Dichte einer klassischen Installation der Gebäudetechnik mit 23 möglichen interagierenden Datenpunkten. Neuartige Dienste des Ubicomp sind hierbei ebenso wenig berücksichtigt als

²³⁷ Vgl. auch Kapitel „3.5.2 Lebenszyklen haptischer und virtueller Bauteile“.

²³⁸ Staub, R.; Seite 260

²³⁹ Vgl. http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Pervasive_Computing&oldid=51058455 : Jan. 2008

²⁴⁰ Schoch, O. [2], 2006; Schoch, O. [1], 2007

auch deren Einfluss auf die Gestaltung der Bauteile. Durch Ubiomp ist eine höhere Dichte von vernetzten Dienstleistungen zu erwarten. Ob dafür mehr oder weniger Datenpunkte notwendig sind, ist abhängig von der gewählten Technik.

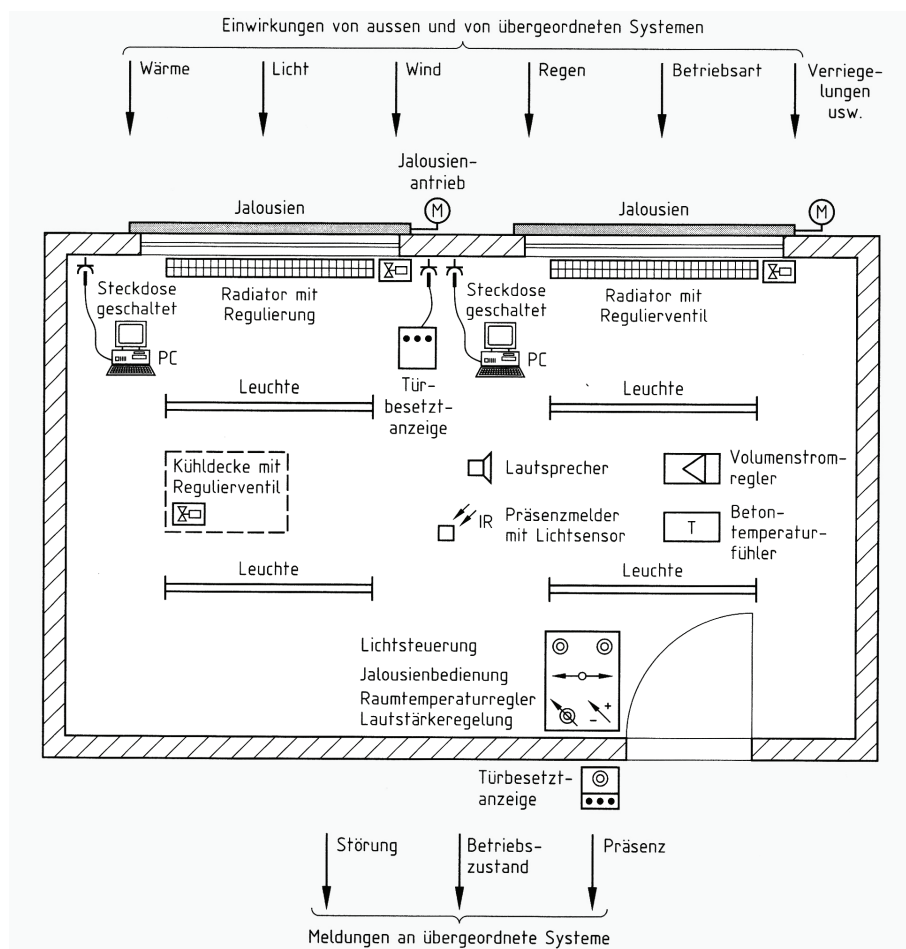


Abbildung 19: Technisierung eines Raummoduls im Bankenbereich²⁴¹.

Diese Arbeit fokussiert auf die direkten und indirekten physischen Einflüsse der allgegenwärtigen Rechnerleistung und verwendet deshalb den Begriff Ubiomp. Es werden Geräte und damit verknüpfte Dienstleistungen betrachtet und im Begriff 'Ubiomp' zusammengefasst. Durch Ubiomp als Technologie sind teilweise neuartige Dienstleistungen möglich, welche auch eine Verbindung zwischen der physischen Welt und der virtuellen Datenwelt ermöglicht²⁴².

Für Chmella-Emrich ist Ubiomp „nicht durch Gegenständlichkeit wahrnehmbar, sondern durch Funktion“. Durch Ubiomp „verändert [eine

²⁴¹ Quelle: Staub, R.; Seite 47

²⁴² Anmerkung: Arbeiten im Bereich der 'Augmented Reality' nehmen die Möglichkeiten der 'Virtual Reality' als QM-Werkzeug (siehe Pfeifer, T., Seiten 305ff; Vande Moere on Visualization Experience in „Aesthetic Data Visualization as a Resource for Educating Creative Design“; Proceedings of the 12th International Conference on Computer Aided Architectural Design Futures / 978-1-4020-6527-9; Sydney (Australia), http://cumincad.scix.net/cgi-bin/works/Show?cf2007_071, Seite 81.)

Wohnung] ihre Neutralität in Richtung Optimierung bezüglich der jeweils aktuellen Nutzung“²⁴³.

Eine zentrale Eigenschaft von Ubicomp ist die Verflechtung mit der physischen Umgebung. Dies kann ein wichtiges Thema der zukünftigen architektonischen Gestaltung der gebauten Umwelt sein, da sie Verhaltensweisen der Nutzer und Gebäude ändern kann²⁴⁴. Es ist davon auszugehen, dass Ubicomp direkt und indirekt unterschiedliche architektonische Maßstäbe beeinflusst.

Eine offene Definition von ubicomp-basierten Dienstleistungen wird gegenüber einer fixierten Liste von Geräten und Dienstleistungen bevorzugt. Eine solche Liste wäre aufgrund der dynamischen Entwicklung innerhalb kurzer Zeit veraltet²⁴⁵.

Wie vorab bemerkt, ist eine bemerkenswerte Eigenschaft des Ubicomp der Mehrwert durch die Verknüpfung einiger weniger Basisdienste, welche zu mehr dedizierten Diensten führt, als die reine Addition der ursprünglichen Dienste bringen würde²⁴⁶.

Ubicomp ist auf den Maßstabsebenen ‚Gebäude‘ bis ‚Datenpunkt‘ vielfach mit der Gebäudetechnik verbunden. Kapitel „1.2.13 Intelligente Gebäude und Raumautomation“ erläutert die Verwandtschaft von Ubicomp, Raumautomation und Gebäudetechnik. Hintergrund der softwarebasierten Vernetzung von technischen Gebäudedienstleistungen ist die Entwicklung vom rein manuellen Betrieb der Gebäudetechnik hin zu integrierten, halbautomatischen oder automatischen Steuerungen. Abbildung 20 zeigt die von McHale formulierte Erweiterung und zunehmende Verschmelzung bisher autarker Systeme hin zu einem vernetzten System mit zahlreichen Subsystemen²⁴⁷. Die Verknüpfung einzelner Dienstleistungen erfolgt dabei über sog. Subsysteme, welche im Kontext der Rauminteraktion auch als Middleware bezeichnet wird. Diese Ebene ist primär eine vereinheitlichende Softwareebene, welche den Austausch heterogener Informationen ermöglicht²⁴⁸. Darauf aufbauend ermitteln Computerprogramme relevante Aktionen. Ein Beispiel ist eine Überwachungskamera, die einerseits zur Sicherung eines Bereiches dient (Bereich ‚Security Detection‘); andererseits können die Bilder analysiert werden und als Bewegungsmelder die Lichtsteuerung beeinflussen (Bereich ‚Lighting‘).

²⁴³ Chmella-Emrich, E.; Seite 14

²⁴⁴ Schoch, O. [3], 2006; Kapitel „3.4.3 Ubicomp in Bezug auf Gebäudeentwurf“

²⁴⁵ Anmerkung: Ein Beispiel für die schwierige Erfassung eines Ist-Zustandes ist die Studie „TAUCIS Technikfolgenabschätzung Ubiquitäres Computing und Informationelle Selbstbestimmung“, welche beispielsweise nur wenige der ortsbasierten und mobilen Interaktionsszenarien erfasste; 2006; http://www.bmbf.de/pub/ita_taucis.pdf : August 2008

²⁴⁶ Vgl. Anhang „A.3 Villa Garbald, Schweiz“

²⁴⁷ Vgl. McHale, 1989, <http://www.ibexcellence.org/images/pdfs/akbeijing05paper.pdf>

²⁴⁸ Anmerkung: Das Diagramm www.enervision.de/de/static/GateOnTechDe.jpg : Juni 2008; Illustriert die Heterogenität von Geräten und den wenigen Standards wie TCP/IP, die eine Verknüpfung der Dienste zwischen den Geräten ermöglichen.

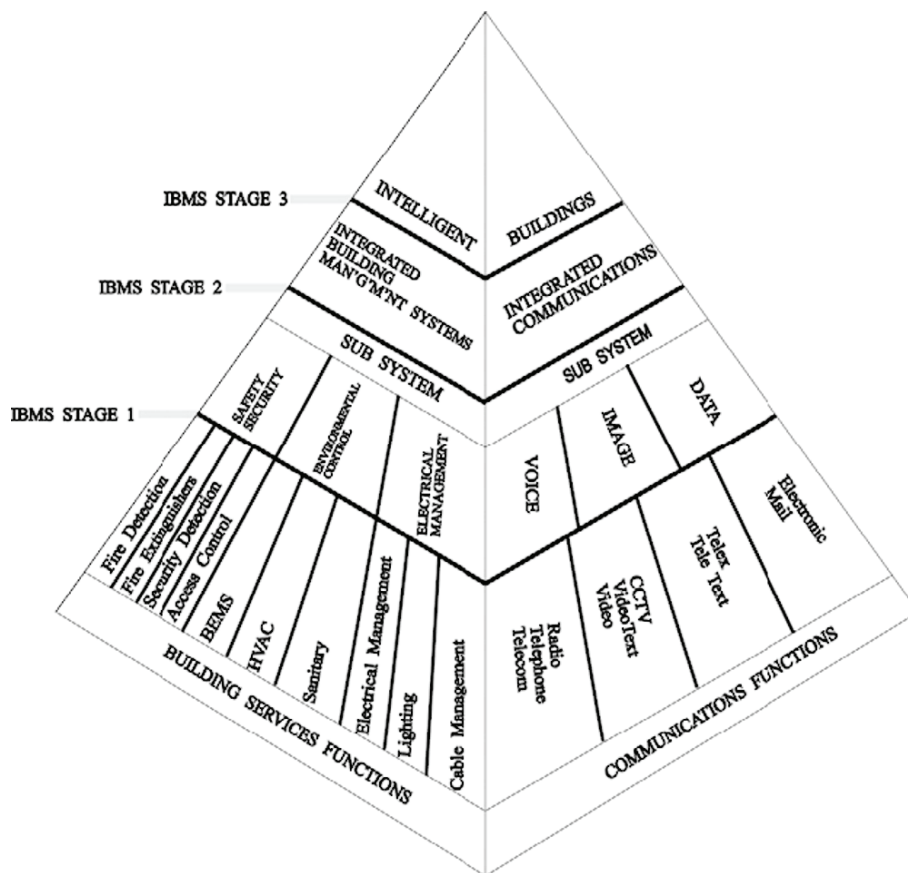


Abbildung 20: Die Integrationspyramide für intelligente Gebäude nach McHale, 1989²⁴⁹.

Ubicomp ist aber mehr als die technische und logische Vernetzung klassischer Gebäudetechnik. Eine Eigenschaft des Ubicomp ist die weiter unten beschriebene Fähigkeit hin zu personalisierten und ortsabhängigen Dienstleistungen. Ubicomp wird als eine aufkommende und sich am Anfang befindliche Disziplin gesehen.

Im Kontext akademisch genutzter Bauten ist es wichtig zu erwähnen, dass durch Ubicomp neue Studiengänge, pädagogische Konzepte und akademische Infrastrukturen entstanden sind²⁵⁰. Diese neuen Dienstleistungen stehen meist in direktem Dialog mit dem neuartigen Dienstleistungsangebot des computerintegrierten Gebäudes.

3.4.1 Kontextuelle Informationen

Die gebaute Umwelt selbst zeichnet sich durch die Möglichkeit klarer Ortsangaben aus. Diese können absolut sein in Form von nationalen Koordinatenpunkten oder relativ zu einem möglichst eindeutig bestimmbar Standort. In der gebauten Umwelt können zahlreiche zusätzliche Informationen ermittelt werden. Diese Zusätze sind beispielsweise Nutzerbeschreibungen, deren Aktivitäten, Zustandbeschreibungen und Angaben zum Zeitpunkt der Beobachtung.

²⁴⁹ Quelle: <http://www.ibexcellence.org/images/pdfs/akbeijing05paper.pdf> : Juli 2008

²⁵⁰ Vgl. Kapitel „3.2.7 Gebäudeentwurf in Bezug auf Ubicomp“

Wang et. al. stellen fest, dass Informationen, die aufgrund heterogener Datenquellen entstanden sind, eine höhere Qualität haben als jene auf der Basis homogener Quellen²⁵¹. Heterogene Datenquellen sind in einem Gebäude beispielsweise Daten zu Ort, Zeit, Person und Aktivität. Zusätzlich können auch historische und zukunftsgerichtete Informationen den Datenpool füllen. Primär erlaubt die Verarbeitung von heterogenen Datenquellen eine Präzisierung und Schaffung von eindeutigen Aussagen. Anstatt mit der Information „Eine Person verlässt das Zimmer“ die Möglichkeit einer Verwechslung zu generieren, lassen sich mit der Information „Frau Meier verlässt ihr Büro, da sie Feierabend hat“ zahlreiche Folgeannahmen treffen. Diese sind beispielsweise, dass man das Licht an ihrem Arbeitsplatz ausschalten kann, dass Frau Meier über ihre baldigen Busverbindungen informiert wird und dass ihrem Kollegium ihre Abwesenheit mitgeteilt wird. Wenn Informationen als ‚kontextuelle Daten‘ verstanden werden²⁵², so wird Wissen als ‚bewertete Information‘ interpretiert. Das vorab genannte Beispiel zeigt diese Wertung von Informationen und reicht die Ergebnisse der Wertung zur Auslösung spezifischer Aktionen weiter. Auf allgemeiner Ebene beschäftigt sich die Diskussion um das ‚Semantische Web‘ mit weiteren kontextuellen Ansätzen der Datenverwaltung in der gebauten Umwelt²⁵³.

Einerseits ermöglichen Gebäude aufgrund ihrer großen Zahl von fix positionierten Bauteilen eine vergleichsweise klare Standortangabe. Andererseits ist die automatisierte Positionsbestimmung technisch sehr schwierig. Falls keine zentimetergenauen Positionsangaben der Aufenthaltsorte der Personen notwendig sind, können die von Wang et. al. beschriebenen Mechanismen zur ungefähren Ortsbestimmung angewendet werden. Dexheimer beschreibt solche Maßnahmen in Kontext von Büroräumen, welche auf Interpretation und Verhaltensmuster beruhen, wie beispielsweise Zeiterfassung, Raumreservation²⁵⁴. Seine Definition von Kontext in Gebäuden folgt Moschgath²⁵⁵ und listet sechs große Kontextklassen:

1. Ortinformationen
2. Zeitinformationen
3. Sensorinformationen
4. Objekt- und Subjektinformationen
5. Temporales und kausales Wissen
6. Situationswissen

Zur Klassifizierung des Wissens sind u.a. Werkzeuge wie jene der ‚Wissens-Kartierung‘ (engl. ‚Knowledge Maps‘) nach Caldwell geeignet²⁵⁶. Diese Klassifizierung ermöglicht ein QM der Informationen des UbiComp in Simulation und im Betrieb. Somit lassen sich Entscheidungen über den zukünftigen Gebäudebetrieb herleiten.

²⁵¹ Wang, K., et. al.; Seite 281

²⁵² Schoch, O. [4], 2007

²⁵³ Vgl. Berners-Lee, T., et. al.

²⁵⁴ Dexheimer, T.; Seite 56

²⁵⁵ Moschgath, M.-L.; Seiten 17ff

²⁵⁶ Vgl. die „Knowledge Maps“ von Caldwell,

<http://www.destinationkm.com/articles/default.asp?ArticleID=1041>: Dezember 2005

3.4.2 Ubicomp in Bezug auf Qualitätsmanagement

Sowohl die Dienste des Ubicomp als auch die japanischen Methoden des QM sind geeignet Daten aus heterogenen Umgebungen zusammenzuführen, um daraus weitergehende Konsequenzen abzuleiten. Ubicomp folgt meist dem Hol-Prinzip der Informationen und kann sie in synchronisierten Prozessen verarbeiten. Parallel sind Informationsflüsse nach einem Bring-Prinzip möglich. Ein Beispiel hierfür ist der Impuls eines Bewegungsmelders, welcher der Steuerungssoftware die Information über eine Bewegung liefert. Im Anschluss veranlasst die Software beispielsweise die Dienstleistungen ‚Beleuchtung‘ und ‚Personenaufzug‘. Ob diese nachgeschalteten Dienstleistungen nach dem Hol- oder Bringprinzip ausgelöst werden, ist abhängig von der Softwarearchitektur und dem damit verbundenen QM.

Sowohl Ubicomp als auch das QM der Produktentwicklung gliedern Prozesse in möglichst kleine, handhabbare Einheiten auf. Dies trifft sowohl für Software als auch für Hardware zu. Die Hardware des Ubicomp ist vergleichbar mit dem TPS-Prozess des ‚Aufteilens in eigenständige Arbeitsgruppen‘ dezentral im Gebäude verteilt. Beide haben punktuelle Verbindungen zu benachbarten Bereichen.

Die Kommunikation zwischen den dezentralen Datenpunkten untereinander ist nicht permanent garantiert, weshalb Kontrollmechanismen zur Überprüfung der Übertragungsqualität verwendet werden. Viele Systeme funktionieren nach dem Kommunikationsprinzip der TCP/IP-Protokolls, welches die Grundlage vieler Dienste des Internets bildet. Dabei werden Informationen in kleine Einheiten aufgeteilt, die jeweils mit den Angaben zu Sender und Empfänger auf die Reise geschickt werden. Der Empfänger bestätigt den Erhalt der Information. Sollte der Sender keine Empfangsbestätigung erhalten, so wird die Einheit nochmals verschickt²⁵⁷. Zusätzlich kann die Korrektheit der übermittelten Informationen überprüft werden, indem sog. Prüfsummen zwischen Sender und Empfänger ausgetauscht werden. Weitere Werkzeuge des QM der Datenkommunikation sind beispielsweise Verschlüsselungen, Identifikationen und proprietäre Kommunikationsstandards. Vieler dieser Werkzeuge zur Sicherstellung einer korrekten Informationsübertragung sind in der Anwendung vergleichbar mit dem Poka-Yoke des TPS²⁵⁸. Staub et. al. empfehlen für die Kommunikation zwischen den Datenpunkten einer Installation²⁵⁹ die Verwendung offener Protokolle und allgemein bekannter Schnittstellen²⁶⁰. Dies erlaubt eine Weiterentwicklung der Software während der vergleichsweise langen Betriebsdauer des Gebäudes. Insbesondere die Integration neuer Geräte und Dienste ist bei systemneutraler Datenübertragung wesentlich einfacher als bei einer Durchmischung mit unterschiedlichen, proprietären Schnittstellen. Staub et. al. listen Werkzeuge des Verbands Deutscher Ingenieure (VDI), der Europäischen Union, EuroNorm, IEEE, Industriestandards, etc. auf²⁶¹.

²⁵⁷ Anmerkung: Das TCP -Protokoll verwendet eine Art Paketnummerierungen und einen Rückmeldemechanismus, welcher die Überprüfung der Korrektheit der Übermittlung ermöglicht. Im Unterschied dazu steht das UDP-Protokoll, welches weniger starke Kontrollmechanismen betr. des Übermittlungserfolges hat.

²⁵⁸ Shingo, S.; Seite 21

²⁵⁹ Vgl. Abbildung 20 von McHale

²⁶⁰ Staub, R.; Seite 109

²⁶¹ Staub, R.; Seiten 260ff

Eine generelle Eigenschaft der digitalen Datenverarbeitung ist die Möglichkeit, eine Vielzahl von Parametern synchronisiert zu betrachten. Die je Zeiteinheit zu verarbeitende Informationsmenge kann dabei diejenige eines Menschen übertreffen. Allerdings ist es schwierig, Erfahrungswerte in Software zu integrieren, welche generelle situative Entscheidungen ermöglicht. Menschen können wesentlich einfacher distanziert erscheinende Abhängigkeiten in die Steuerung einbringen. Ein Beispiel hierfür ist die notwendige Raumklimatisierung der Gebäude Architekturfakultät der ETH Zürich während der Weihnachtsfeiertage, da seit Jahren zahlreiche Diplomanden zu dieser Zeit das Gebäude intensiv nutzen²⁶². Eine Feiertagsabschaltung der Raumklimatisierung würde den Kundenanforderungen nicht entsprechen. Die Klimatisierung bestimmter Zonen wird deshalb vom Facilitymanager im Vorfeld übersteuert.

Trotz ihrer sehr technikorientierten Beschreibung von Gebäuden empfehlen Staub et. al. zur Qualitätssicherung eine gesamtheitliche und phasenbezogene Planung der Raumautomation²⁶³. Allerdings berücksichtigen auch sie nur die technische Funktionserfüllung der Gebäudetechnik. Sie gehen nicht auf die gesamtheitliche Planung des Gebäudes ein, welche die Raumautomation als einen Aspekt unter vielen integriert. Interessanterweise empfehlen sie das HoQ zur Prioritätsfindung von konkurrenzierenden Anforderungen innerhalb der Raumautomation²⁶⁴. Dadurch ist eine höhere Qualität der Planung der Technik möglich. Weitere japanische Konzepte zum QM werden in der bauseitigen Entwicklung der Raumautomation und des UbiComp nicht genannt. Die in Kapitel „3.1.3 Qualitätsmanagement in Bezug auf Gebäudeentwurf“ beschriebene Planungs- und Realisierungsmethode SMART wird von Staub et. al. nur zur Qualitätssicherung der Raumautomation empfohlen. Sie favorisieren den Einsatz eines gut ausgebildeten „Systemintegrators“²⁶⁵, der mit einem sehr breiten Anforderungsprofil zwischen den Projektbeteiligten vermittelt²⁶⁶. Dieser Systemintegrator sei mit einem thematisch versierten Moderator einer Diskussion vergleichbar²⁶⁷, der den Informationsabgleich während der Entwicklungs- und Integrationsprozesse ermöglicht. Wie er dieses mit hoher Qualität erreicht ist unklar. Dennoch weist dieser Ansatz zahlreiche Parallelen zum QM der Produktentwicklung auf.

Es ist möglich, das QM des UbiComp autark vom detaillierten Gebäudeentwurf beginnen zu lassen. Wichtig sind zunächst klare Beschreibungen in Lasten- und Pflichtenheften der Hard- und Software. Dies beinhaltet die Beschreibung und Herleitung der Funktionen und die Angaben von Schnittstellen. Werkzeuge der Informatik wie FBA, Use-Case-Diagramm, Prozessanalyse, Strukturierte Analyse, Strukturiertes Design (Modularisierung), V-Modell, erweitertes Wasserfallmodell, Versionsverwaltung, Programmablaufpläne nach DIN 66001²⁶⁸, etc. sind zur Qualitätssicherung der Softwareentwicklung geeignet. Wenige Unternehmen

²⁶² Vgl. Interview mit Waldvogel, H.-U., ETH Zürich, 15. August 2006.

²⁶³ Staub, R.; Seiten 274ff

²⁶⁴ Staub, R.; Seite 45

²⁶⁵ Staub, R.; Seite 192

²⁶⁶ Staub, R.; Seiten 194ff

²⁶⁷ Schoch, O. [3], 2006

²⁶⁸ Anmerkung: Die DIN 66001:1983-12 beschreib Inhalte für Ablaufpläne, vgl. <http://www.cabeweb.de/html/din66001.htm> : Juni 2008

nutzen Methoden des TPS zum Management von Arbeitsgruppen, Programmieraufgaben und Budget. Furugaki et. al. ermittelten den Qualitätsgewinn der Softwareentwicklung bei Verwendung der Kanban-Prinzipien.

Eine Studie des deutschen Bundesministeriums für Bildung und Forschung hält einen wichtigen Aspekt des QM im Kontext des Ubicomp fest: „Grundvoraussetzung für den Erfolg eines neuartigen Informations- und Kommunikationssystems ist die Akzeptanz durch die Nachfrager, die Benutzer. (...) Ein weiterer wichtiger Aspekt für den Erfolg neuer Technologien und Dienste ist das Vertrauen, dass die Nutzer den neuen Produkten entgegenbringen“²⁶⁹. Inwieweit die Nutzer überhaupt Ubicomp bemerken, wird in dieser Arbeit nicht untersucht. Es wird angenommen, dass die Gebäudenutzer einige Dienste als selbstverständlich hinnehmen und andere Dienste nicht bemerken. Dies ist vergleichbar den Erfahrungen in der fertigenden Industrie. Dienste wie beispielsweise die schnelle Ankunft eines Personenaufzuges werden beispielsweise als Grundbedingung erwartet, wogegen die Aufzeichnung von Hotelzimmerbelegungen mittels Kundenchipkarte meist nicht wahrgenommen wird. Trotzdem ist die Akzeptanz der Dienste entscheidend für den Erfolg des Ubicomp.

3.4.3 Ubicomp in Bezug auf Gebäudeentwurf

Der Einfluss des Ubicomp auf den Gebäudeentwurf ist der Fokus dieser Arbeit. Wie vorab mehrfach erläutert wird derzeit ein starker indirekter Einfluss des Ubicomp auf die Umgebung erwartet²⁷⁰. Wie in Kapitel „1. Einführung“ hergeleitet, werden Ubicomp und seine Dienste als neuartiges Bauteil gesehen. In den meisten Fällen gibt es keine oder nur geringe direkte Auswirkungen von Geräten oder Dienstleistungen des ‚Ubicomp‘ auf die physische Struktur Gebäude. Dies ist vergleichbar den japanischen QM-Methoden, von welchen ebenso keine dominanten, direkten Einflüsse auf den Gebäudeentwurf bekannt sind. Beide erheben aber den Anspruch, weite Teile des jeweiligen Gesamtsystems beeinflussen zu können. Allerdings werden bei einigen Dienstleistungen des Ubicomp dominante indirekte Einflüsse auf den Gebäudeentwurf erwartet²⁷¹.

Begriffe wie „Informatisierung des Alltags“²⁷² oder „Internet of the Things“²⁷³ beschreiben Aspekte der allgemeinen Entwicklungen des Ubicomp. Der Hochschulbereich scheint bezüglich einer digitalen Vernetzung heterogener Quellen empfänglich zu sein. Dies ist u.a. in der stets innovativen Ausrichtung vieler Hochschulaktivitäten begründet. Die digitale Vernetzung von Dienstleistungen und Aktivitäten findet in Forschung, Lehre und Verwaltung der Hochschulen statt. Projekte wie myReiff²⁷⁴ und ETHWorld²⁷⁵ haben an Hochschulen Dienstleistungen etabliert, welche physische und virtuelle Präsenzen einer Hochschule

²⁶⁹ Vgl. TAUCIS; Seiten 88ff

²⁷⁰ Schoch, O. [1], 2005; Seite 61

²⁷¹ Vgl. Schoch, O. [1], 2005

²⁷² <http://www.vs.inf.ethz.ch/publ/papers/mattern-taswiss-szenarien.pdf> : März 2008

²⁷³ Anmerkung: Mattern, F. erläutert anschaulich die Sichtweise und Einflüsse des Digitalisierung und Vernetzung unseres Alltages.

²⁷⁴ Vgl. <http://arch.rwth-aachen.de/myreiff/> : August 2008

²⁷⁵ Wallbaum et. al.; 2004; Seiten 291-295

²⁷⁶ XXX

miteinander verbinden. Durch diese Verbindungen entstanden neue Strukturen wie ortsbasierte Dienste oder Onlinebibliotheken, die unabhängig von Raum und Öffnungszeiten Zugriff auf Veröffentlichungen bieten. Zusätzlich wurden bestehende Strukturen verändert oder gar abgeschafft. Beispiele hierfür sind der Zugriff auf gedruckte Vorlesungsinformationen, persönlichem Notenspiegel, Raumverwaltung oder Terminvereinbarung, welche ohne digitale Vernetzung entweder nur an einem zentralen Ort verfügbar waren oder zeitlich unflexibel erbracht wurden. Zusätzlich können in den digital vernetzten Systemen meist Standortinformationen der Nutzer integriert werden, so dass ortbezogene Dienste entwickelt werden können. Viele dieser Dienstleistungen sind individualisiert auf den jeweiligen Kontext. Sie werden zudem von alltäglichen Aufgaben wie beispielsweise der mobilen Kommunikation, Datenverarbeitungsdienste und elektronischer Zugangskontrolle überlagert. Spezialisierte Einrichtungen in Hochschulen sind beispielsweise Computerpools, E-Learning-Dienste, spezialisierte Maschinen für den verteilten Laborbetrieb²⁷⁷, etc. Um die Datengrundlage für solche Dienstleistungen zu erhalten, werden meist mehrere Informationsquellen miteinander verbunden²⁷⁸ und dem Nutzer über vereinheitlichende Schnittstellen, beispielsweise einem Webbrowser, zur Verfügung gestellt. Im Resultat wird durch die Anwendung von digital vernetzten Dienstleistungen das Gebäude mit Computertechnologie durchsetzt. Dessen vielschichtige Anforderungen sollten im Gebäudeentwurf berücksichtigt werden.

Von Interesse sind die Anforderungen neuartiger Unterrichtskonzepte und Technologien, welche beispielsweise den klassischen Vorlesungsraum mit gereihter, tribünenartiger Anordnung von Stühlen vor eine Präsentationsfläche neu definieren werden. Zur Beantwortung solcher Fragen wird UbiComp-Kaizen entwickelt. Andererseits ist bei einer Gleichzeitigkeit von konventionellen und neuartigen Medien, Dienstleistungen, technischen Installationen sowie didaktischen Konzepten davon auszugehen, dass bestehende Raumkonzepte eher erweitert werden und sich nur wenige neue Raumtypologien entwickeln. Szenarien für diese Situation wurden beispielsweise für einen video-immersiven Hörsaal²⁷⁹ diskutiert, welcher den klassischen Raumtypus nutzt²⁸⁰. Für gänzlich neuartige Kommunikationsverfahren wie beispielsweise dem Value-Lab²⁸¹ im vorab erwähnten eScience-Labor der ETH Zürich wurde ein konventioneller rechteckiger Raum gewählt, den eine Installationsschicht für Sensoren und Aktoren umgibt.

Im Rahmen des Forschungsprojekts „Building IP – Hörsaal der Zukunft“²⁸² hat der Autor eine Anzahl von Möglichkeiten des Einsatzes

²⁷⁷ Albon et. al.;

²⁷⁸ Anmerkung: das heterogene Datenbanksystem der ETH Zürich vernetzt unterschiedliche Datenbanken zu einer Informationsquelle inkl. Rechtemanagement, <http://www.ethistory.ethz.ch/bilder/ois.jpg> : August 2008

²⁷⁹ Vgl. Lang, S.; Seiten 26ff

²⁸⁰ Anmerkung: Im Rahmen des Blue-C-II Forschungsprojekt, hat der Autor mit Partner das Szenario ‚Lecture Hall‘ erarbeitet, das Raum und Zeit Möglichkeiten in der computerintegrierten physischen Welt diskutiert, <http://www.building-ip.ethz.ch/researchprojects/blue-c-ii-a/film-lecture-hall> : Januar 2008

²⁸¹ Anmerkung: Das Siemens Auditorium an der ETH Zürich im eScience-Labor wird auch ‚Value-Lab‘ genannt <http://www.ia.arch.ethz.ch/projects/value-lab/#> : Juni 2008

²⁸² Vgl. Anhang „A.6 Blue-C-II“

vernetzter Gebäude und Medientechnik im akademischen Umfeld evaluiert. Im Projekt wurden zahlreiche gewohnte und neuartige Dienstleistungen anhand prototypischer Installationen untersucht²⁸³. Diese Dienstleistungen sind u.a. Flächenmanagement, Rauminteraktion mittels digitaler Steuerung von Licht, Präsentation und Streaming sowie die Verteilung und Aufzeichnung von Ton, Video und Bild. Das Ergebnis zeigt für digital vernetzte Gebäude- und Medientechnik:

1. sie erlaubt Ressourcenoptimierung in Form von Wissensverteilung, verdichtete Ausnutzung von Räumen, Energiebedarf für Gebäudebetrieb;
2. sie erfordert qualitativ hochwertigen Support;
3. sie sollte skalierbar und modular strukturiert sein;
4. sie kann ortsunabhängig konfiguriert werden, wird aber ortsspezifisch ausgeführt;
5. Lizenzmodelle können bei größeren Installationen teuer werden;
6. proprietäre Schnittstellen und Technologien sind zu vermeiden hinsichtlich Vernetzung und Langlebigkeit der heterogener Dienste;
7. proprietäre Schnittstellen und Technologien sind zu favorisieren hinsichtlich Datensicherheit und solitärer Dienste;
8. die Gestalt des physische Raum ändert sich durch Digitalisierung und Vernetzung der Dienste gar nicht oder nur unwesentlich²⁸⁴;
9. die Lebenszyklen von digitalen Medien sind wesentlich kürzer als jene von Gebäuden;

Sieht man das weltweite Internet als eine Form des Ubicomp, so hat es eine globale, gestalterische Dimension. Insbesondere Städte wie das indische Bangalore verdanken ihr Wachstum der Verbreitung internetbasierter Dienstleistungen. Neben tiefen Lohnniveaus und guter Ausbildung ermöglichen Datennetze die Auslagerung von Programmierleistungen der Firmen in Europa und Nordamerika innerhalb weniger Sekunden.

Einige zeitgenössische Bauvorhaben und Masterpläne zeigen bereits die Integration von Dienstleistungen auf Basis des Ubicomp in kleineren Maßstab. Beispiele sind die koreanische Stadt Songdo oder Verwaltungsgebäude wie jenes der ABB AG in Zürich²⁸⁵. Ebenso zeigen Projekte aus Forschung exemplarisch die Signifikanz des Ubicomp im akademischen Kontext²⁸⁶. Seien es nun neue Studiengänge, Übertragungen

²⁸³ Vgl. Anhang „A.2 ETHWorld Projekt Building IP – Hörsaal der Zukunft“

²⁸⁴ Vgl. Schoch, O. [1], 2005

²⁸⁵ Anmerkung: Die Planung der Architekten KohnPedersenFox für die ‚New Songdo-City‘, Süd Korea, kann als Beispiel einer frühen Computerintegrierter Planung gesehen werden, wenngleich es keine dedizierte Diskussion über den gestalterischen Einfluss des Ubicomp gibt, <http://www.songdo.com> : August 2008; Das Büro KCAP sieht im Masterplan der Science City der ETH Zürich vor, dass aktuelle technische Möglichkeiten die Durchmischung von Nutzern und Funktionen ermöglichen. http://www.sciencecity.ethz.ch/internationalcompetition/documentation/finalreport_masterplan : Nov 2007

²⁸⁶ Anmerkung: In einigen Projekten werden die Einflüsse, Möglichkeiten und Einschränkungen digital vernetzter Dienstleistungen im Hochschulbereich untersucht. Eine Auswahl wird hier genannt: <http://www.m-lab.ch> : April 2008, <http://www.ethworld.ethz.ch> : April 2008, ETHWorld Projekt Hörsaal der Zukunft, Projekte der Lancaster University, GB, z.B. <http://ecampus.lancs.ac.uk/>: August 2008; <http://www.building-ip.ethz.ch> : Juli 2008.

einer Vorlesungen über mehrere Standorte²⁸⁷ oder neuartige Informationsdarstellungen in räumlicher Umgebung. Diese Beispiele verdeutlichen die bewusste Nutzung der heterogenen Eigenschaften der realen Umgebung. So sind immaterielle ‚Wissensräume‘ durch UbiComp mittels interaktiver Technologien meist multimedial zugänglich geworden. Wissensräume stellen Informationen in einen örtlichen Kontext. Da Informationen zwischen Wissensraum und Person digital verarbeitet werden, können auch große Informationsmengen aus heterogenen Umgebungen gefiltert werden. Allgemeine Beispiele sind die Suchmaschinen des Internets. Beispiele des UbiComp an Hochschulen sind das ETHGame²⁸⁸, das Blue-C-Projekt und das MARS Exploratory Media Lab²⁸⁹. Diese Beispiele zeigen Rauminteraktion und Kontextualisierung in realer und virtueller Welt. Dabei werden graphische und akustische Darstellungen auf der Maßstabsebene Raum als Schnittstelle zum Nutzer verwendet. Die Kommunikationsart verbindet meist Ort, Zeit und Technik in Form von ‚Die Vorlesung von Frau Meier aus Hörsaal 6 wird in Hörsaal 7 simultan übertragen‘. Die Einflüsse des UbiComp auf diese kleinmaßstäblichen, baulichen Bereiche sind beispielsweise die Positionsfindung von Personen durch Videokameras bzw. im Umkehrschluss Gebäudekonzepte, die möglichst wenig toten Winkel bezüglich aus Sicht der Kameras aufweisen²⁹⁰. Die direkte technische Installation von UbiComp erfordert die planerische Berücksichtigung von Leitungen und maximalen Übermittlungsdistanzen²⁹¹. So können technische Abhängigkeiten eigentlich unsichtbarer Installationen direkt den gestaltgebenden Prozess beeinflussen. Weisser hat 1991 formuliert, dass die Geräte des UbiComp im physischen Raum visuell verschwinden werden und somit sich mit der Umgebung verweben²⁹². Zu berücksichtigen sind bei sehr starker Miniaturisierung aber auch essentielle Themen wie Kabelführungen und Energieversorgung, die trotz stetiger Verkleinerung der Bauteile teilweise in das Gebäude integriert werden müssen. Es sind derzeit unterschiedliche akademische und industrielle Forschungsprojekte auf der Suche nach alternativen Mechanismen zur Energiegewinnung²⁹³ oder zur garantierten Übermittlung von Funksignalen. Ergebnisse sind aber noch nicht in der breiten Anwendung etabliert.

²⁸⁷ Anmerkung: Prof. Gerd Folkerts, nutzt intensiv die Möglichkeiten der qualitativ hochwertigen bidirektionalen Bildübertragung in Echtzeit für gemeinsame Vorlesungen an verschiedenen Orten (Zürich, Basel). Vgl. <http://www.vireal.ethz.ch> : Sept. 2006 des Projekts ‚pharma2‘.

²⁸⁸ Walz, S., Schoch, O., 2005

²⁸⁹ Strauss et. al; Seiten 291-307

²⁹⁰ Anmerkung: die Geschichte zeigt einige Beispiele von Bauten und Städte, die ihre Geometrie auf einen Parameter hochoptimiert haben. Die Gestaltung von Gefängnissen durch Bentham nach Sichtachsen, 1785, und die Stadtplanung von Sabbioneta, 1571, in Norditalien, welche gestalterisch auf die militärischen Werkzeuge wie ballistische Geschosse der damaligen Zeit reagiert.

²⁹¹ Anmerkung: das Rechenzentrum des Amadeus IT Group S.A. in Erding, Deutschland hat eine sternförmige Ausrichtung, welche u.a. in der Kabelführung begründet ist, vgl. Luftbild <http://www.searchdatacenter.de/imgserver/bdb/67700/67741/original.jpg> : Juli 2008

²⁹² Anmerkung: Weiser, M., definierte im Jahr 1991 sehr eindrücklich die Prinzipien des UbiComp. Er nutzt eine allgemeine nutzerorientierte Sicht.

²⁹³ Anmerkung: Beispiele sind die im Forschungsprojekt ‚Mobile Information & Communication Systems‘ zu finden; <http://www.mics.org> : Juni 2008

Ein Hauptmerkmal computerintegrierter Gebäude ist meist deren vergrößertes Funktionsangebot, was zu einer höheren Auslastung des Gebäudes führen kann. Veränderte Auslastungen haben Einfluss auf das Ressourcenmanagement sowie Lebenszyklen und damit auf den Gebäudeentwurf. Das vorab genannte Beispiel der Villa Garbald²⁹⁴ zeigt, dass durch Ubicomp überhaupt eine ökonomische Nutzung eines historischen Gebäudes möglich ist.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass Ubicomp im Kontext des Gebäudeentwurfs sehr vielschichtig Anforderungen stellt, aber auch einen Ressourcenpool darstellt. Ubicomp hat insbesondere durch die kurzen Lebenszyklen und die fehlenden Erfahrungswerte andere Startbedingungen im Gebäudeentwurf als dies beispielsweise abgehängte Decken haben. Ubicomp ist ebenso heterogen wie der Gebäudeentwurf selbst. Dadurch ist eine synchronisierte Integration in den Entwurf gefordert.

3.4.4 Ubicomp in Bezug auf Ressourcen

Gebäudetechnik ist ein wichtiges Element im ressourceneffizienten Gebäudebetrieb. Die ressourcenoptimierte Steuerung der Gebäudetechnik stellt einen Schlüssel zur Lösung der Konfliktsituation zwischen steigendem Komfortanspruch und der Notwendigkeit geringerer Ressourcenbedarfe dar. Ubicomp erlaubt die Vernetzung verschiedener Aspekte des Ressourcenmanagements. So können aktuelle und historische Messwerte in eine Abschätzung zukünftiger Bedarfswerte integriert werden. Außerdem besteht die Möglichkeit einer gezielten Nutzerinteraktion, welche das Ressourcenmanagement stark beeinflussen kann. Dies ist eine neuartige Dienstleistung, welche ohne Ubicomp meist nur mittels personengebundener Kommunikation möglich war. Nun aber kann eine Mehrheit von Gebäudenutzern in ihrem lokalen Kontext über ressourcenoptimiertes Verhalten informiert oder unbewusst zu einem solchen Verhalten animiert werden.

In Extremsituationen wie Feuer im Gebäude ist Ubicomp in der Lage, situative Entscheidungen zu treffen und Flüchtende den sichersten Fluchtweg vorzuschlagen, anstatt ihnen den kürzesten zu weisen²⁹⁵.

Eine weitere bekannte Qualität von ‚ubicomp‘ ist die eigene Aktualisierbarkeit mit wenigen oder gar keinen Änderungen an der physischen Struktur. Somit sind ressourcenschonende Eingriffe möglich. Dies betrifft sowohl den Gebäudeentwurf bezüglich möglicher Umbauten als auch das Ressourcenmanagement im Kontext variierender Bedarfe. Die Aktualisierungen digitaler Dienste können theoretisch mehrmals je Sekunde erfolgen. Dagegen sind beispielsweise Fenster sehr aufwändig zu aktualisieren, da sie nur mit Unterbrechung des Gebäudebetriebs und mit Auswirkungen auf andere Bauteile ausgetauscht werden können. Ubicomp ist zudem für ein Abwägen sehr vielschichtiger Aspekte des Ressourcenmanagements geeignet. Seine Anwendung ist prädestiniert in heterogenen Situationen.

²⁹⁴ Vgl. Anhang „A.3 Villa Garbald, Schweiz“

²⁹⁵ Anmerkung: die Installation der Fa. ag4, Köln, im Verwaltungsgebäude der Festo AG, Esslingen, zeigen u.a. anhand von Bildschirmen die hybride Verwendung als individuelles Personenleitsystem und adaptive Fluchtweghilfe;
http://www.zeit.de/2002/24/Licht_ohne_Schalter : Juli 2007

Ein zu knapp kalkuliertes Ressourcenangebot ist insbesondere durch die schnelle Antwortzyklen des Ubicomp kritisch zu betrachten. Wie in vernetzten Systemen üblich kann es bei einem Engpass an einer Stelle zu einer Überlastung an einer anderen Stelle kommen. Sind aber nicht ausreichend Kapazitäten vorhanden, treten auch dort Engpässe im Ressourcenangebot auf. Einer größeren Öffentlichkeit sind Berichte zu großflächigen Stromausfälle bekannt, die teilweise auf verketteten Computerfehlern basieren und gesamte Städte vom Stromnetz abschalteten²⁹⁶. Was eigentlich als Sicherheitsfunktion zur Aufrechterhaltung möglichst flächendeckender Stromversorgungen gedacht war, wendete sich ins Gegenteil.

3.4.5 Einschränkungen von Ubicomp

Ubicomp wird durch die Nutzer eines Gebäudes, bestenfalls durch die Effekte seiner Dienste bemerkt, selten durch die Computer, auf denen die Dienste laufen. Dies unterscheidet sich von vielen Produkten, mit welchen ein Nutzer meist bewusst interagiert. Dies betrifft vor allem Dienstleistungen, die durch den Nutzer einfach zu begreifen sind und über ein materialisiertes Bauteil zur Verfügung gestellt werden. Als Beispiel können Fenster genannt werden. Diese erbringen einen Teil der Dienstleistung ‚thermischer Komfort‘ und sind physisch wahrnehmbar. Die komplexe Steuerung einer Raumklimatisierung aus Luftreinigung, Trocknung, Befeuchtung, Kühlung, Heizung und Verteilung ist bereits weniger nachvollziehbar und meistens unsichtbar. Vergleichbare Beobachtungen gelten für Geräte wie beispielsweise Automobile und Staubsauger. Sie repräsentieren das klassische Empfinden von Dienstleistungen eines Gebäudes. Die Nutzer verdrängen in diesem Kontext meist, dass beispielsweise in einem Gebäude der ‚Verursacher‘ des Dienstes Elektrizität nicht sichtbar ist, da dieser sich meist in Form eines Kraftwerks in großer geographischer Entfernung befindet, oder dass die Temperierung der Luft durch viele Geräte ermöglicht wird. Ubicomp erweitert diese Beziehung um Dienste, die sich letztlich auf der Interaktion unsichtbarer Elektronen in elektronischen Schaltungen aufbauen. Hier erscheinen Parallelen zu Automobilen in Wahrnehmung durch Kunden. Die meisten Kunden gehen heute von funktionierenden Komponenten wie Servolenkung, Licht oder Antiblockiersystemen aus, ohne dass sie im Detail um die Funktionsweise Bescheid wissen.

In Bereich digital vernetzter Umwelt ist die Rechenleistung meist unsichtbar. Durch Profilzuweisung ist eine Dienstleistung ggf. nur für eine bestimmte Personengruppe verfügbar. Dadurch sind Personen in einem Raum nicht zwangsläufig Teil derselben Nutzergruppe. Wahrscheinlich ist die Personen über ihre Gruppenzugehörigkeit gar nicht informiert, so dass sie bewusst mit den zugewiesenen Diensten umgehen können. Dies gilt beispielsweise für Überwachungssysteme. In diesem Kontext spielen die Thema Privatsphäre und Datenschutz eine wesentliche Rolle. Durch die vorab erwähnte gute Kontextualisierung in Gebäuden ist einerseits ein genaues Profil eines Nutzers möglich, andererseits besteht die Gefahr für

²⁹⁶ Anmerkung: Der Stromausfall in New York City am 15. August 2003 Stromausfall hatte auch eine Begründung in einer fehlerhaften Computersoftware.
<http://www.spiegel.de/panorama/0,1518,261289,00.html>

teils fatale Verkettungen von ungünstigen Auswirkungen einer einzigen Entscheidung. Personen die beispielsweise zufällig Ort und Zeit mit Kriminellen teilen könnten durch ein unsensibles System zum Komplizen gemacht werden. Hinsichtlich der Privatsphäre ist zu bedenken, dass ein digital gesteuertes Gebäude zwar von vielen und teils wechselnden Nutzern besucht wird, das Gebäude aber selbst meist über ein zentrales Gebäudebetriebssystem verfügt. Ein zentraler Gebäudecomputer hat also ein Informationsmonopol. Der Benutzer wird selten über die aus seinen Aktivitäten ermittelten Informationen in Kenntnis gesetzt. Da lernende Gebäude das Verhalten Ihrer Nutzer analysieren und sie in Muster zu gliedern versuchen, sind Parallelen zur Vorratsspeicherung von Verbindungsdaten der Internetnutzer naheliegend²⁹⁷. Mögliche Einschränkungen der Privatsphäre zeigt Maurer²⁹⁸ am Beispiel der Dienste des Unternehmens Google®. Maurer nennt das Beispiel, dass ein Nutzer durch Suchanfragen persönlichste Interessen preisgibt, die zudem noch mit Raum- und Zeit in Verbindung stehen. Auf Gebäude übertragen sind Verhaltensmuster erkennbar, die ggf. falsche Vermutungen über Aktivitäten von Benutzern nahe legen. Mittlerweile wurden für Internet-Nutzer technische Systeme entwickelt, welche zumindest die Örtlichkeit und partiell die Identität des Internet-Nutzers verbergen²⁹⁹. Im Gebäude ist eine vergleichbare Verschleierung, bedingt durch die Physikalität von Nutzer und Raum, nur schwierig möglich. In Deutschland wirft diese Thematik Fragen bezüglich der gesetzlich verfügbaren ‚informationellen Selbstbestimmung‘³⁰⁰ auf. Die Arbeit geht auf diese Thematik nicht weiter ein, da sie zwar in der Anwendung ggf. Auswirkungen auf Gestalt und Form der Gebäude hätte, die Arbeit aber im Bereich der Architektur geschrieben wird und nicht mit Fokus auf Datenschutz³⁰¹.

Eine Ubicomp-Installation in Gebäuden scheint aufgrund vorab geschildertem QM möglich. Insbesondere die konventionelle Gebäudetechnik scheint aufgrund der möglichen autarken Subsysteme stabile Basisfunktionen zu garantieren. Allerdings ist bei großem Vernetzungsgrad digital gesteuerter Anlagen mit Komplikationen und stetigem Wartungsaufwand zu rechnen. Staub et. al. gehen von einem Unterhalt in Kompetenz des Facilitymanagements aus und begründen dies mit permanenter Optimierung des Gebäudebetriebs auch hinsichtlich des Ressourcenbedarfs³⁰². Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass die Qualität der Installation nicht abschließend gut ist, vergleichbar mit einer Funktionsgarantie eines industriellen Produkts.

Das vorab genannte Beispiel des Stromausfalls aufgrund einer Kettenreaktion im Ressourcenmanagement illustriert die Gefahr eines rein computerbasierten Dienstleistungsangebotes. Dies beinhaltet ebenso die Anfälligkeit auf unerlaubte Zugriffe und die ungewisse Zukunft einiger

²⁹⁷ Anmerkung: Die Thematik der Vorratsdatenspeicherung ist ein Aspekt, der im Bereich der Verbindungsdaten für Telefon und Internet intensiv diskutiert wird, aber im Kontext des Intelligenten Gebäudes vernachlässigt wird, obwohl die einfache und präzise Verortung bei Missbrauch Gefahrensituationen vereinfacht.

²⁹⁸ http://www.iicm.tugraz.at/iicm_papers/dangers_google.pdf : Jan. 2008

²⁹⁹ Anmerkung: Anonymisierungsdienste wie ‚JonDonym‘ ermöglichen zumindest die Nachverfolgung einer einzelnen IP-Adresse; <https://www.jondos.de/> : Jan. 2008

³⁰⁰ Vgl. <http://www.datenschutz.de/recht/grundlagen/> : Jan 2008

³⁰¹ Vgl. Anhang „A.6 Blue-C-II“

³⁰² Staub, R.; Seiten 245f

digitaler Schaltungen und Softwareprogramme. Während bei Handwerksleistungen beispielsweise die Gewährleistungszeiten üblicherweise auf fünf Jahre festgelegt werden, ist in der Informationstechnologie unklar, ob es in fünf Jahren überhaupt noch die verwendete Hardware und Software gibt. Mit großer Wahrscheinlichkeit ist dies nicht der Fall, was zu sehr aufwändigen Aktualisierungen der Installation führen kann.

3.5 Aspekte der Zeit

Die Unumkehrbarkeit der Zeit beeinflusst zahlreiche Aspekte dieser Arbeit. Insbesondere die stark variierenden Lebenszyklen diverser Bauteile in computerintegrierten Gebäuden haben positives wie negatives Potential. Während zahlreiche Bauteile konventioneller Gebäude eine angenommene Lebenszeit von 100 Jahren haben können³⁰³, erscheinen beispielsweise Einzelbilder auf Bildschirmen mit Wiederholraten von ca. 25 Bildern je Sekunde als kurzlebig und vergänglich. Das ergibt ein Verhältnis der Aktualisierungen von $1/6.31 \times 10^{E+10}$. Diese Aktualisierungsfrequenzen haben in ihrer Gesamtheit Einfluss auf die Wertveränderung je Aktualisierung eines Elementes. So haben in Normalsituationen einzelne Aktualisierungen wie die Justierung der Raumklimatisierung wenig Einfluss auf den Betriebsenergiebedarf, da sie in vergleichsweise hoher Frequenz erneuert werden. Die Steuerbefehle können wenige Augenblicke später nochmals aktualisiert werden, so dass eine stetige Anpassung stattfindet. Die einzelne Aktualisierung ist dadurch meist wenig Kostenrelevanz. Die Aktualisierung von Bauteilen kann dagegen vergleichsweise langfristige Konsequenzen haben. Eine Ausnahmesituation ist beispielsweise das Einschalten einer Feuerlöschanlage, welche im Falle eines Fehlalarmes sofort großen Schaden anrichtet. Hier wäre eine kurzzeitig nachfolgende Aktualisierung der Steuerung bereits zu spät, da die Berieselung bereits stattgefunden hat. Die Taktung von Mess- und Steuerzyklen kann im UbiComp teilweise ignoriert werden, wenn von einem Hol-Prinzip der Dienstleistungen und Ressourcen ausgegangen wird. Je nach Situation ist aber eine Definition der Frequenzen von Messung und Steuerung notwendig. So ist die Messung der Intensität der Sonneneinstrahlung nicht jede Sekunde nötig. Sie sollte aber nicht nur einmal täglich gemessen werden, da sonst die Gefahr besteht, dass eventuell immer nachts gemessen wird, was starken Einfluss auf nachgeschaltete Prozesse hat.

Durch das Hol-Prinzip der TPS wird aus Notwendigkeit ein Prozess ausgelöst, dadurch könnte die Festlegung von Zeitintervallen weniger stark gewichtet werden. Da aber im UbiComp und Gebäudebetrieb auch ein Bring-Prinzip herrscht, muss der Zeitkomponente zumindest in der Simulation und Wertung Rechnung getragen werden.

3.5.1 Entwicklung des Projektwissens

Ein Gebäude stellt bereits ab der Phase der Definition des Lastenheft für den Gebäudeentwurf einen immensen Fundus von Informationen dar, welche meist durch bewusste Entscheidungen geschaffen wurden. Es gibt zahlreiche Ansätze, das projektbezogene Wissen zu dokumentieren und anderen

³⁰³ Kohler, N., et. al; Seite 5

Beteiligten zur Verfügung zu stellen. Wissen wird als interpretierte Informationen verstanden. Informationen wiederum sind Daten im Kontext. Je weiter das Projekt fortgeschritten ist, umso mehr Informationen sind erarbeitet und verworfen worden. Das Wissen um eine Definition ist dabei die Schlüsselaktivität aller am Projekt Beteiligten. Die Zugänglichkeit zu diesen Definitionen geschieht meistens über Texte, Kalkulationen und Zeichnungen. Diese Werkzeuge vermögen allerdings selten die projektbezogenen Informationen in Ihrer Gesamtheit zu vermitteln. Einerseits ist ein Filterprozess wichtig, um den Fokus auf wesentliche Aspekte des Gebäudes zu lenken. Andererseits vernichtet ein Filtern ggf. Informationen, welche später nicht mehr als Wissen genutzt werden können. Dies leitet über zu einem nicht gelösten Problem, dass dem Wissensmanagement die konkreten, messbaren Ziele fehlen. „Es gibt kaum Messgrößen, anhand derer sich nachweisen ließe, dass das Wissensmanagement (...) im Laufe der Zeit besser geworden ist“³⁰⁴.

Abbildung 21 illustriert anhand der offenen, projektbezogenen Fragen die Entwicklung der projektspezifischen Informationsmenge. Sie zeigt, dass am Anfang eines Projektes mit vergleichsweise wenig Informationen zahlreiche Entscheidungen getroffen werden, welche dominanten Einfluss auf den späteren Ressourcenbedarf haben. Eine Standardsituation des Gebäudeentwurfes ist, dass das Bewusstsein über fehlende Informationen über die Dauer des Gebäudeentwurfs stark schwankt. Dem entgegengesetzt ist eine weitere Kurve, welche den erwarteten Verlauf des offenen Fragens bei Verwendung japanischer QM-Methoden im Gebäudeentwurf illustriert. Diese Kurve ist eine Vermutung und basiert nicht auf empirischen Untersuchungen. Die Aussage ist gestützt auf den Erwartungen an die Kaizen-Prinzipien wie Aufteilen in kleinere Einheiten, Hol-System und Vermeidung von Verschwendungen. Durch diese Prinzipien ist eine konkrete, projektspezifische Herleitung aktueller Schlüsselfragen möglich. In Verbindung mit üblichen Entwicklungen von Projekt- und Honorarkosten ist eine Wertung zugunsten des Einsatzes japanischer QM-Methoden im Entwurf möglich. Schlüssel für diese Wertung sind die zeitabhängigen Entwicklungen von Informationen, deren Interpretation, Projekt- und Honorarkosten. Von einer Kaizen-basierten Entwurfsmethode wird erwartet, dass sie vergleichbar mit der SMART-Methode zu Projektbeginn einen höheren Aufwand hat, welcher aber bereits ein großes Wissen ermöglicht. Kurz nach Beginn der Betriebsphase ist ein großes Wissen über das Gebäude vorhanden. Ein möglichst umfangreiches Wissen über Anforderungen und deren differenzierter Wertung zu Projektbeginn hilft die Projektkosten zu senken oder zumindest kontrollierbar zu machen³⁰⁵. Der Autor geht davon aus, dass das gesamte Wissen über ein Gebäude nicht erfasst werden kann, und deshalb ‚Total Building Information Models‘ nicht erreicht werden können. Abbildung 19 formuliert deshalb die Beziehungen aus der Sicht des Architekten und maßt sich eine komplette vertikale Integration aller Projektbeteiligten nicht an.

³⁰⁴ Pfeifer, T., et. al. „Wissensmanagement und Information“ in Masing; Seite 290

³⁰⁵ Nagel, U.; Seite 69, Seiten 76f

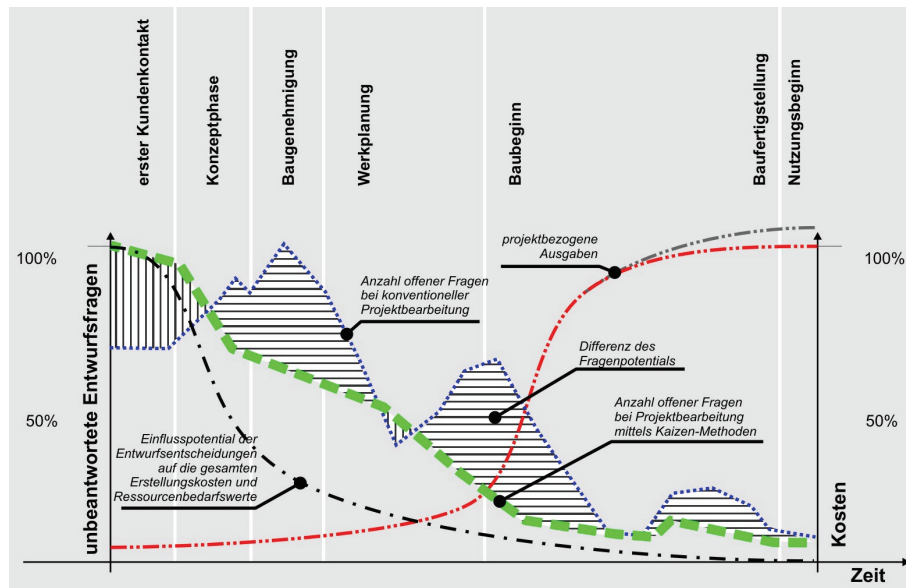


Abbildung 21: Entwicklung der projektbezogenen Informationen im Laufe der Zeit. Vergleich der üblichen und durch UbiComp-Kaizen beeinflussten Entwurfsstrategien auf die Menge der zu einem spezifischen Zeitpunkt offenen Fragen. Die Angaben sind Schätzungen.

Abbildung 21 zeigt zudem, dass im Sinne eines permanent hochwertigsten QM bereits zu Projektbeginn planerische Entscheidungen getroffen werden müssen, welche essentiellen Einfluss auf Erstellungskosten haben. Diese sind beispielsweise die Definition von Gebäudevolumetrie, Primärstruktur, Ausrichtung, Funktion, Zielvorgaben, etc. Definitionen wie beispielsweise die Materialität der Fußböden oder die Art der Elektroinstallation können meist zu einem späteren Projektzeitpunkt erfolgen und haben vergleichsweise geringen Einfluss auf das Ressourcenmanagement. Dargestellt ist die generelle Einschätzung des Projektverlaufes. Abschliessend ist zu bemerken, dass üblicherweise Gebäudeentwürfe mit formalen Entscheidungen – der berühmten ersten Meisterskizze - beginnen und somit einen wissensbasierten Entwurfsprozess erschweren.

3.5.2 Lebenszyklen haptischer und virtueller Bauteile

Bauteile haben einen monetären Gegenwert, welcher u.a. von Qualität, Verwendung, Alter, Kontext, Marke und Zustand abhängig ist. Insbesondere Alter und Kontext ergeben einen mehr oder weniger starken Wert von Bauteilen und dadurch des gesamten Gebäudes an. Daraus lassen sich und Lebenszyklen ermitteln, welche die Entwicklung der Parameter von Schaffung über Nutzung bis hin zur Entsorgung des Bauteils angeben können. Eine Lebenszyklus-Kosten-Analyse kommt nach Kohler im Kontext des Gebäudeentwurfs in diesen Bereichen zur Anwendung³⁰⁶:

- Vergleich mit Mitbewerbern
- Langfristige Planung und Budgetierung
- Auswahl zwischen konkurrierenden Angeboten
- Steuerung eines laufenden Projektes

³⁰⁶ Kohler, N., et. al.; Seite 1

- Vergleich verschiedener logistischer Konzepte
- Entscheidungsgrund für Ersatz eines Bauteils

Kohler beschreibt zudem die zentrale Funktion von monetären Ressourcen, welche den Gegenwert zu Material-, Energie- und Informationsflüssen darstellt. Eine Lebenszyklus-Kosten-Analyse von Bauteilen liefert somit einen entscheidenden Beitrag zur Wertung von Anforderungen und deren Umsetzung im Gebäudeentwurf. Mittels einer Nutzwelchwellenanalyse (engl. „Break-Even-Point“) können zudem Entscheidungen präziser begründet werden³⁰⁷. Diese erlaubt insbesondere die Bewertung von Material- und Ausführungsvarianten bezüglich ihrer zukünftigen kumulierten Kostenentwicklung während einer zu definierenden Nutzungsperiode.

Der Lebenszyklus eines Bauteils kann durch Verschleiß, veränderten Nutzungsanforderungen und modifizierten Gesetzesanforderungen beeinflusst werden. Die vorab beschriebene Betrachtung der Lebenszyklen von Bauteilen wird im Zeitalter des digitalen Gebäudebetriebes um die Komponente des Lebenszyklus von Schaltungen und softwarebasierten Diensten erweitert. Abbildung 22 zeigt schematisch die unterschiedlichen Periodendauer und Kostenmodelle der Lebenszyklen. Die Annahmen basieren auf Meyer-Meierling³⁰⁸, Nagel³⁰⁹, Staub et. al.³¹⁰ und Einschätzungen des Autors. Während der Wertverlust eines Bauteils wie beispielsweise einer Heizungsanlage eine stetig sinkende Kurve aufweist³¹¹, wird für Ubicomp eine unklare Entwicklung erwartet. Einerseits ist eine Wertsteigerung durch angesammelte Betriebsinformationen möglich. Andererseits ist ein abrupter Wertverlust bei plötzlicher Inkompatibilität zwischen Diensten und Geräten möglich. Boutellier et. al. nennen die Produkte der Informations- und Kommunikationstechnologie (ICT) deshalb Ausnahmen der üblichen Abschreibungsmechanismen, da „Produkte mit viel Elektronik und Software (...) schneller obsolet werden als traditionelle Mechanik“³¹². Auch die Eigenschaft, dass ein statisches Bauteil durch handwerkliche Eingriffe aktualisiert wird mit der Folge von Betriebsunterbrüchen, etc., wird bei Ubicomp kontrastiert von teilweise zerstörungs- und unterbrechungsfreien Aktualisierungen. Diese Fähigkeit ist ein wichtiges Argument für die Integration von Ubicomp in ein Gebäude. Beispiele für diese zerstörungs- und unterbrechungsfreie Aktualisierungen sind die personengebundene Raumsteuerung und das zeitnahe Flächenmanagement von Versammlungsräumen.

³⁰⁷ Nagel, U.; Seiten 63f.

³⁰⁸ Meyer-Meierling, P.; Seiten 380ff.

³⁰⁹ Nagel, U.; Seiten 165ff.

³¹⁰ Staub., R.; Seiten 246ff.

³¹¹ Anmerkung: der Wertverlust über Zeit folg bei zahlreichen Bauteilen und Geräte meist als lineare oder flach parabolisch sinkende Kurve. D.h. die Wertminderung ist am Anfang sehr gross.

³¹² Boutellier et. al. „Qualitätsgerechte Produktplanung“ in Masing; Seite 510

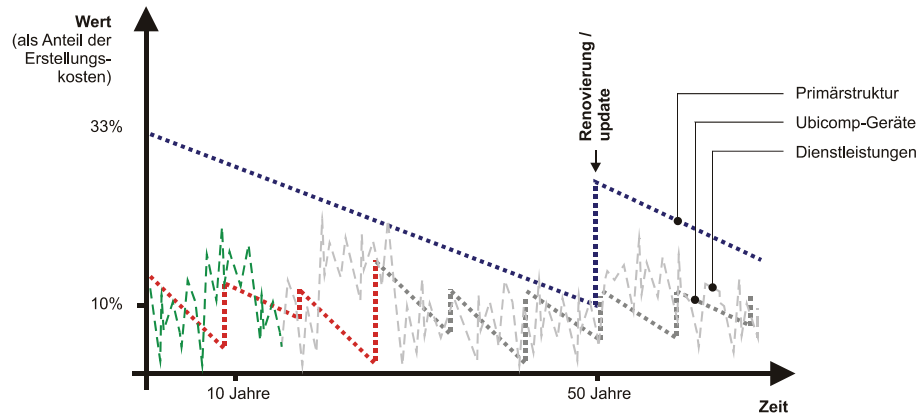


Abbildung 22: Vergleich der Lebenszyklen analoges und digitaler Bauelemente.

3.5.3 Heuristik

Die Vorhersagbarkeit eines Ergebnisses, welche mittels heuristischen Methoden erreicht wird, steht neben den algorithmischen Methoden, welche als definierte Handlungsvorschrift zur Lösung einer Fragestellung beiträgt. Dennett³¹³ formuliert, „dass Heuristiken ebenfalls Algorithmen seien, die eine ganz präzise Aufgabe erledigen, nämlich einen großen, komplexen oder sonst wie unübersichtlichen Suchraum so zu beschneiden, dass man handlungsfähig wird“. Eine Verkleinerung des Lösungsraumes wird in dieser Thesis angestrebt, um eine Handlungsfähigkeit zu erlangen. Dieses Streben nach Handlungsfähigkeit wird im Gebäudeentwurf und insbesondere bei der Planung des Ubicomp verstärkt aufgrund der Unkenntnis von der Technik und ihrer Auswirkungen.

Gemäß den Erkenntnissen von Maier et. al.³¹⁴ wird der erfolgreiche Einsatz der Heuristik im Entwurf wie folgt begründet:

- Sollte es mehrere Varianten zur Lösungsfindung geben, obwohl die zukünftige Entwicklung vage ist, wird jene Lösung bevorzugt, welche am wahrscheinlichsten eintritt. Dies folgt dem Triage-Modell der Katastrophenbewältigung.
- Generalisierungen helfen, den Überblick zu bewahren.
- In komplexen Systemen gibt es kein Optimum für alle beteiligten Parteien und Funktionen.
- Offenheit für unerwartete Szenarien bewahren.

Maier et al. beschreiben Methoden zur Findung von Lösungen. Dadurch wird der Lösungsraum verkleinert und die Übersichtlichkeit gewahrt. Ab einer handhabbaren Größe von Fragestellungen wird eine logische Begründung von Entwurfsentscheidungen favorisiert. Diese Arbeit übernimmt die Erkenntnisse von Maier und Rehtin hinsichtlich Lösungsfindung und Entwirrung von Zusammenhängen in großen Lösungsräumen.

³¹³ Vgl. Dennett, D. C.,

³¹⁴ Maier, Rehtin; Seiten 314ff

3.6 Diskussion zum Stand des Wissens

Die vorangehenden Erläuterungen des Wissensstandes sind exemplarische Ausschnitte aus jeweils breit gefächerten Themen. Es wurde Wert gelegt auf allgemeine und zusammenfassende Betrachtungen im Kontext dieser Arbeit. Die nächsten Schritte können deshalb nur die allgemeinen Eigenschaften der jeweiligen Themen benennen, um objektiv zu bleiben.

Alle beschriebenen Themen weisen Aspekte der Lösung von aktuellen oder zukünftigen Konfliktsituationen auf. Allerdings hat jedes Thema für sich Methoden und Werkzeuge entwickelt, um Konfliktsituationen zu lösen. Diese Methoden und Werkzeuge werden als Qualitätssicherung verstanden.

Der Gebäudeentwurf scheint eine Vielzahl von Werkzeugen und Methoden für eine Qualitätssicherung zu verwenden. Allerdings gibt es nur wenige etablierte und diskutierte QM-Methoden. Viele Methoden sind zudem den heutigen Anforderungen des Gebäudeentwurfs nicht mehr gewachsen. Einerseits verwundert dies, da in jedem Gebäudeentwurf jeweils vergleichbare Prozesse durchlaufen werden. Andererseits sind Architekten bezüglich der Vielzahl von Beteiligten, Fragestellungen und Aufgaben erstaunlich erfolgreich hinsichtlich der Qualität. Insbesondere der prototypische Charakter eines jeden Gebäudeentwurfs lässt eigentlich hocheffiziente QM-Methoden erwarten. Man kann diesen Erfolg aber auch als Verwendung der Methode ‚aus Fehlern lernen‘ begreifen. Verglichen mit dem QM der Produktentwicklung weist die Literatur zum Thema ‚QM im Gebäudeentwurf‘ eine sehr geringe Dichte auf. Generell fehlen dem Gebäudeentwurf klare Werkzeuge, welche eine ‚vorausschauende und frühzeitige Fehlererkennung‘ ermöglicht. Es ist nicht bekannt, ob diese Eigenschaft in der Produktentwicklung permanent und erfolgreich anwendbar ist. Es stehen aber Werkzeuge wie FMEA, FBA, etc. zur Verfügung. Im Gebäudeentwurf wird die Fehlererkennung primär über Kalkulationen, Simulationen, Texte und Zeichnungen umgesetzt. Eine abstrahierte Betrachtung wie die vorab genannten Werkzeuge der Produktentwicklung ist unüblich oder nicht vorhanden. Die Wertung des QM der Produktentwicklung im Vergleich zum QM des Gebäudeentwurfs kann in eine breite und vielschichtige Diskussion führen. Diese Diskussion ist nicht zentrales Thema dieser Arbeit. Es wird aber bemerkt, dass die zahlreichen Zertifikate zur Qualitätssicherung in Industrieunternehmen darauf hinweisen, dass es dort klare Messgrößen für Qualität gibt. Die Definition von Qualität wird durch Forschungsbeiträge intensiviert und angehenden Produktentwicklern bereits im Studium vermittelt. Architekturbüros haben vergleichsweise geringe Erfahrungen mit Zertifizierungen ihrer Qualität. Das Architekturstudium vermittelt meist unterschiedlichste Wertmaßstäbe über die Qualität von Entwürfen. Allen gemeinsam ist die Grundphilosophie, dass eine gute Entwurfsqualität erreicht ist, wenn ausreichend tiefes Verständnis der projektrelevanten Aspekte berücksichtigt wurde. Letztlich ist die Definition von ‚guter Qualität‘ bei Architekten sehr unterschiedlich. Die Produktentwicklung nimmt hierfür die Kundenzufriedenheit als Maß.

Einige der vorab vermerkten Eigenschaften sind eventuell nur in bestimmten kulturellen Kontexten oder zu bestimmten Epochen möglich gewesen. Der kulturelle Kontext verhinderte im Amerika der 1970er Jahre beispielsweise den Einsatz eines vollumfänglichen TPS in den neuen

Fabriken von Toyota, da die Gewerkschaften eine Kompetenzüberschreitung eines Arbeiters verhinderten³¹⁵.

Die vorab als positiv genannte multidisziplinäre Kompetenz von Arbeitern und Angestellten³¹⁶ steht exemplarisch für die Unterschlagung negativer Auswirkungen dieses eigentlich als arbeitnehmerfreundlich gesehenen Managementstils. Die multidisziplinäre Kompetenz führt zu einer Selektion zwischen mehr und weniger bildungsempfänglichen Personen. Solche Arbeitnehmer können die Vorgaben nicht erfüllen und sind dadurch nicht mehr interessant für das Unternehmen. Es ist zu erwarten, dass diese Argumentation auch Architekten betrifft, da beispielsweise Architekten in vielen Bereichen solide Kompetenzen außerhalb der ursprünglichen Planungsarbeit aufweisen sollten, um handlungsfähig zu sein. Des Weiteren sollten Handwerker die Problemstellungen anderer Disziplinen kennen, um nicht fehlerhafte Schnittstellen auszuführen. In der Realität von Gebäudeentwurf, -erstellung und -betrieb ist deshalb illusorisch davon auszugehen, dass alle Beteiligten eine hohe Kompetenz haben und dadurch hohe Qualität liefern können.

Interessanterweise formulieren Autoren in den drei Themen QM, Gebäudeentwurf und UbiComp die Notwendigkeit eines Moderators, welcher in fast allen Phasen als Mediator durch Aufrechterhaltung des Informationsflusses eine Qualitätssicherung erbringt. Klassischerweise wird dem Architekten eine interdisziplinäre Rolle zugeschrieben, welche in möglichst allen Projektphasen die Anforderungen gegeneinander abwägt und verteilt.

Konfliktsituationen bei divergierenden Kundenforderungen können auch durch andere Systeme als jenen des japanischen QM gelöst werden. Beispielsweise sind Systeme, basierend auf generativen Algorithmen, ebenso in der Lage, heterogene und vielschichtige Problemstellungen zu lösen. Beispiele liefern die Arbeiten der Autorengruppe Kaisersrot³¹⁷, sowie Sevtsuk³¹⁸ und Li³¹⁹ für Lösungen im Bereich der Stadtplanung, Parkplatzsuche oder Grundrissgestaltung. Andererseits können Eigenschaften des japanischen QM auch in generativen Algorithmen integriert werden. Allgemein kann festgehalten werden, dass die Eigenschaften wie die Aufteilung komplexer Systeme in kleinere Einheiten, das Hol-Prinzip, FBA, etc. sich in weiteren Managementmethoden, teils unter anderem Namen, wieder finden. Meyer-Meierling nennt beispielsweise ‚Abstimmung und Optimieren‘ und ‚Konkretisierung der Projektideen‘ als Aufgaben³²⁰. Die dahinterliegenden Prinzipien und Werkzeuge sind den japanischen QM-Methoden ähnlich.

Hinsichtlich des Lösungsraumes teilen sich alle vier Themen die Eigenschaft, dass die Lösung ein Bereich ist und nicht als eindeutiges Ergebnis verstanden wird, welches nur einmal vorkommt. Bei Wiederholung derselben Entscheidungskette wird das Ergebnis wahrscheinlich leicht verändert sein oder bei umfangreichen Entscheidungsketten im Sinne des

³¹⁵ Ohno, T.: Seite 37

³¹⁶ Ohno, T.: Seite 37

³¹⁷ Anmerkung: Kaisersrot besteht im Kern aus Prof. Dr. Ludger Hovestadt, Markus Braach und Oliver Fritz; www.kaisersrot.com : Juli 2008

³¹⁸ Sevtsuk, A.; „Real-Time Space Mangement“ in Pae, K., et. al.; Seiten 31ff.

³¹⁹ Schoch, O., Li, B.; Seiten 2ff

³²⁰ Meyer-Meierling, P.; Seite 196.

Schmetterlingseffekts nach Lorenz ganz andersartig. Dies zeigen insbesondere die Überlegungen zum Wertungssystem des FMEA³²¹.

Es ist anzumerken, dass insbesondere die Methoden des QM teilweise einfache Prinzipien mit vergleichsweise komplizierten Verknüpfungen hinterlegen, so dass der Eindruck entsteht, Entscheidungen, die auf einem gesunden, zielorientierten Menschenverstand basieren, würden dieselben Resultate hervorbringen. Da insbesondere im Gebäudeentwurf und der Produktentwicklung Gewährleistungsverpflichtungen bestehen, sind zahlreiche vorsorgliche Beweisführungen in Form von systematischer Dokumentation notwendig, um im Falle einer falschen Entscheidung eines Beteiligten den unternehmerischen Schaden geringer zu halten.

³²¹ Anmerkung: die Überlegung basiert auf der von Lorenz, E. N., im Jahr 1972 formulierten Schmetterlingseffekt; gemäß 'Science', Ausgabe 320, 2008, Seiten 431ff



Abbildung 23: Überlagerung traditioneller kleinmaßstäblicher Tempelarchitektur mit elektronischer überdimensionaler Leuchtreklame. Szene in Tokio, Japan.

4. AUSARBEITUNG DES UBICOMP-KAIZEN

Die Ausarbeitung des Planungswerkzeugs UbiComp-Kaizen erfolgt auf der Basis der Kerneigenschaften der japanischen QM-Methoden und der drei benachbarten Themen ‚Gebäudeentwurf‘, ‚Ressourcenmanagement‘ und ‚UbiComp‘. Da sich die Prinzipien des Kaizen sowohl in zahlreichen Werkzeugen des zeitgenössischen QM als auch im Verständnis von Gebäudeentwurf und Ressourcenmanagement wiederfinden, wird das zu erarbeitende Werkzeug ‚UbiComp-Kaizen‘ genannt. Das Ergebnis dieses Kapitels ist ein Werkzeug, welches die Integration der Anforderungen des UbiComp in den Gebäudeentwurf mit hoher Qualität erreicht.

Auf der Basis der Kerneigenschaften jedes einzelnen Themas wird zunächst deren Kompatibilität und Inkompatibilität untereinander ermittelt. Im Anschluss werden ausgewählte Werkzeuge des japanischen QM adaptiert, um die Integration von Anforderungen des UbiComp im den Gebäudeentwurf zu ermöglichen. Es werden auch Werkzeuge verwendet, die ihren Ursprung außerhalb Japans haben wie beispielsweise die FMEA. Diese Werkzeuge sind in der Zwischenzeit komplett in die Praxis der japanisch inspirierten QM-Systeme integriert.

4.1 Kerneigenschaften

Durch die Erarbeitung von Kerneigenschaften der vier betrachteten Themen lassen sich Übereinstimmungen und Unterschiede der Charakteristiken ermitteln. Eine Eigenschaft wird nicht gelistet oder als nicht zutreffend definiert, sollten Zweifel an der Richtigkeit der Zuweisung aufkommen. Um eine Synchronisierung der Evaluation zu ermöglichen, wird das Vokabular angeglichen.

4.1.1 Kerneigenschaften des Qualitätsmanagements

Die vorab genannten Prinzipien, Methoden und Werkzeuge des japanischen QM haben jeweils eigenständige Charakteristiken. Viele dieser Charakteristiken gründen sich auf der Kaizen-Philosophie. Infolge der intensiven Weiterentwicklung dieser Philosophie durch Industrie und Forschung sind zahlreiche Facetten evaluiert und Eigenschaften herausgeschält worden.

Japanische QM Methoden in der Produktentwicklung haben im Kontext dieser Arbeit die folgenden relevanten Eigenschaften (Auswahl)³²²:

1. integriertes Qualitätsmanagement
2. ausgereiftes Qualitätsmanagement
3. Kundenorientierung
4. Unterscheidung von Operationen und Prozessen
5. Aufteilung der Prozesse in kleinere Einheiten
6. Aufteilung der Operationen in kleinere Einheiten
7. Synchronisierung
8. Verbesserung in kleinen Schritten
9. vorausschauende, frühzeitige Fehlererkennung
10. hohes Bildungsniveau der Beteiligten
11. Hol-Prinzip
12. heterogenes Umfeld
13. gesamtheitlich
14. vernetzte Abhängigkeiten
15. flache Hierarchie
16. ressourcenoptimierend
17. Regelkreise
18. Einfluss auf Struktur und Form
19. Einfluss auf Kostenentwicklung
20. kultur-geographische Abhängigkeiten
21. Phasenorientierung
22. Abstraktion

4.1.2 Kerneigenschaften des Gebäudeentwurfs

Im Vorfeld wurde bereits erläutert, dass der Gebäudentwurf einige Parallelen zum japanischen QM erkennen lässt. Diese sind im Detail zwar nicht so koordiniert wie dies die Lehrbücher der Produktentwicklung beschreiben. Sie überlappen sich aber in wesentlichen Aspekten wie iterative Bearbeitung und Aufteilung in kleinere Einheiten.

Der Entwurf akademischer Gebäude hat im Kontext dieser Arbeit die folgenden relevanten Eigenschaften (Auswahl)³²³:

1. integriertes Qualitätsmanagement
2. Kundenorientierung
3. Aufteilung der Bearbeitung in kleinere Einheiten
4. Aufteilung der Fragestellung in kleinere Einheiten
5. Synchronisierung
6. hohes Bildungsniveau der Beteiligten
7. Hol-Prinzip
8. heterogenes Umfeld
9. gesamtheitlich
10. vernetzte Abhängigkeiten
11. große Hierarchie
12. ressourcenoptimierend
13. limitierte Ressourcen
14. Regelkreise

³²² Vgl. Kapitel „3.1 Qualitätsmanagement“

³²³ Vgl. Kapitel „3.2 Gebäudeentwurf“

15. Einfluss auf Struktur und Form
16. Einfluss auf Kostenentwicklung
17. lange Lebenszyklen
18. zerstörungsintensive Aktualisierungen
19. Bring-Prinzip
20. kultur-geographische Abhängigkeiten
21. Phasenorientierung
22. Abstraktion

4.1.3 Kerneigenschaften des Ressourcenmanagements

Das Thema des Ressourcenmanagements in akademischen Gebäuden weist im Verlaufe der Zeit starke Schwankungen auf. Das Ressourcenmanagement ist das Bindeglied zwischen den Projektphasen eines Gebäudes. Durch Simulation und Messung ermöglicht das Ressourcenmanagement von der Ideenfindung eines Gebäudes bis zu dessen Entsorgung entwurfsbeeinflussende Werte zu ermitteln.

Ressourcenmanagement innerhalb der akademisch genutzten Gebäude hat im Kontext dieser Arbeit die folgenden relevanten Eigenschaften (Auswahl)³²⁴:

1. Kundenorientierung
2. Synchronisierung
3. Verbesserung in kleinen Schritten
4. vernetzte Abhängigkeiten
5. Hol-Prinzip
6. heterogenes Umfeld
7. gesamtheitlich
8. vernetzte Abhängigkeiten
9. ressourcenoptimierend
10. limitierte Ressourcen
11. Regelkreise
12. Einfluss auf Struktur und Form
13. Einfluss auf Kostenentwicklung
14. lange Lebenszyklen
15. Bring-Prinzip
16. Selbstregulierung
17. kultur-geographische Abhängigkeiten
18. Phasenorientierung
19. Abstraktion

4.1.4 Kerneigenschaften des Ubiomp

Ubiomp zeichnet sich hinsichtlich seiner Technologie und Dienstleistungen im Kontext dieser Arbeit mit folgenden relevanten Eigenschaften aus (Auswahl)³²⁵:

1. integriertes Qualitätsmanagement
2. Kundenorientierung
3. Unterscheidung von Operationen und Prozessen
4. Aufteilung der Operationen in kleine Einheiten

³²⁴ Vgl. Kapitel „3.3 Ressourcenmanagement“

³²⁵ Vgl. Kapitel „3.4 Ubiomp“

5. Aufteilung der Prozesse in kleine Einheiten
6. Synchronisierung
7. Hol-Prinzip
8. heterogenes Umfeld
9. gesamtheitlich
10. vernetzte Abhängigkeiten
11. Regelkreise
12. Einfluss auf Struktur und Form
13. Einfluss auf Kostenentwicklung
14. Bring-Prinzip
15. Selbstregulierung
16. zerstörungsarme Aktualisierungen
17. kurze Lebenszyklen
18. Phasenorientierung

4.2 Verknüpfen der Kerneigenschaften

Um zu ermitteln, inwieweit die einzelnen Themen mit den Prinzipien des Kaizens kompatibel sind, werden die Attribute gemäß Abbildung 24 verglichen und nach Häufigkeit ihres Vorkommens sortiert. Es sind insgesamt 29 Eigenschaften erkannt worden.

		Auswertung	Themen			
			QM	Entwurf	RM	UbiComp
A	1 Kundenorientierung	4	1	1	1	1
	2 Synchronisierung	4	1	1	1	1
	3 Hol-Prinzip	4	1	1	1	1
	4 heterogenes Umfeld	4	1	1	1	1
	5 gesamtheitlich	4	1	1	1	1
	6 vernetzte Abhängigkeiten	4	1	1	1	1
	7 Regelkreise	4	1	1	1	1
	8 Einfluss auf Struktur und Form	4	1	1	1	1
	9 Einfluss auf Kostenentwicklung	4	1	1	1	1
	10 Phasenorientierung	4	1	1	1	1
B	11 integriertes Qualitätsmanagement	3	1	1		1
	12 Aufteilung der Prozesse in kleinere Einheiten	3	1	1		1
	13 Aufteilung der Operationen in kleinere Einheiten	3	1	1		1
	14 ressourcenoptimierend	3	1	1	1	
	15 kultur-geographische Abhängigkeiten	3	1	1	1	
	16 Abstraktion	3	1	1	1	
	17 Bring-Prinzip	3		1	1	1
C	18 Unterscheidung von Operationen und Prozessen	2	1			1
	19 Verbesserung in kleinen Schritten	2	1		1	
	20 vorausschauende, frühzeitige Fehlererkennung	2	1		1	
	21 hohes Bildungsniveau der Beteiligten	2	1	1		
	22 flache Hierarchie	2	1	1		
	23 limitierte Ressourcen	2		1	1	
	24 lange Lebenszyklen	2		1	1	
	25 Selbstregulierung	2			1	1
D	26 ausgereiftes Qualitätsmanagement	1	1			
	27 zerstörungsintensive Aktualisierungen	1		1		
	28 zerstörungssarme Aktualisierungen	1				1
	29 kurze Lebenszyklen	1				1

RM = Ressourcenmanagement

Abbildung 24: Vergleich der Kerneigenschaften der vier Themen ‚japanisches Qualitätsmanagement‘, ‚Gebäudeentwurf‘, ‚Ressourcenmanagement‘ und ‚UbiComp‘.

4.2.1 Analyse der Verknüpfung

Abbildung 24 zeigt im Bereich A jene zehn Kerneigenschaften, die mit allen vier Themen in Verbindung gebracht werden:

1. Kundenorientierung
2. Synchronisierung
3. Hol-Prinzip
4. heterogenes Umfeld
5. gesamtheitlich
6. vernetzte Abhängigkeiten
7. Regelkreise
8. Einfluss auf Struktur und Form
9. Einfluss auf Kostenentwicklung
10. Phasenorientierung

Im Ergebnis finden sich 34,5% aller 20 genannten Kerneigenschaften in allen Themen wieder. Insbesondere Kundenorientierung, Synchronisierung, vernetzte Abhängigkeiten, Hol-Prinzip, Einfluss auf die Kostenentwicklung und Phasenorientierung sind häufig zitierte Schlüsselattribute des Kaizen. In der Gruppe A fehlen allerdings wichtige Eigenschaften wie Ressourcenoptimierung und Aufteilung der Prozesse in kleinere Einheiten.

Die Gruppe D umfasst vier solitäre Eigenschaften, was 13,7% aller Charakteristiken sind.:

1. ausgereiftes Qualitätsmanagement
2. zerstörungsintensive Aktualisierungen
3. zerstörungsarme Aktualisierungen
4. kurze Lebenszyklen

Diese Eigenschaften sind nur bei einem Thema charakteristisch. Sie sind wesentliche Erkennungsmerkmale, welche zusammen mit den Eigenschaften der Gruppe A den roten Faden für die Ausarbeitung des Ubicomp-Kaizen festlegen.

Die in Gruppe B genannten Eigenschaften stehen alle in Verbindung mit dem Gebäudeentwurf. Dies ist von besonderer Bedeutung, da Ubicomp-Kaizen den Gebäudeentwurf unterstützen soll.

Insgesamt verbinden 18 Eigenschaften das japanische QM mit dem Gebäudeentwurf, was ca. 62,1% der gesamten Kerneigenschaften der vier Themen entspricht. Betrachtet man nur QM und Gebäudeentwurf, so sind 26 Eigenschaften gelistet, was ein Deckungsgrad zwischen den beiden Themen von ca. 69,2% ergibt. Die Eigenschaften des QM finden sich zu 55,2% in zwei weiteren Themen wieder. Dies repräsentiert 16 der 29 genannten Eigenschaften.

4.2.2 Diskussion der Verknüpfung

In den betrachteten Themen scheinen die japanischen Methoden des QM vergleichsweise fundiert diskutiert und etabliert verankert zu sein. Daraus wird die Tauglichkeit als stabilen Gerüsts abgeleitet. Die Kerneigenschaften sind durchgehend in zahlreichen Werkzeugen und Anwendungen integriert. Eine Vergleichbare Grundlagenarbeit kann keine der drei anderen Themen aufweisen, obwohl es prinzipielle Ähnlichkeiten in deren jeweiliger Praxis gibt. Ziel dieser Arbeit ist allerdings, auf einem hohen Niveau einzusteigen, weshalb in nachfolgenden Schritten auf der Basis der etablierten Werkzeuge des QM einige Derivate für die Verwendung im Gebäudeentwurf entwickelt werden.

Eigenschaften, die in keiner Verbindung zu japanischen QM-Methoden stehen, wurden hinsichtlich ihrer Wichtigkeit beurteilt. Sie stellen das Ziel der Dissertation nicht in Frage. Gemäß Abbildung 24 sind es diese Eigenschaften:

1. Bring-Prinzip
2. Limitierte Ressourcen
3. Lange Lebenszyklen
4. Selbstregulierung
5. Zerstörungsintensive Aktualisierung
6. Zerstörungsarme Aktualisierung
7. Kurze Lebenszyklen

Eigenschaften wie ‚Selbstregulierung‘ und ‚zerstörungsintensive Aktualisierung‘ werden in der Literatur der japanischen QM-Methoden nicht erwähnt. Es ist deshalb schwierig zu beurteilen, ob diese Eigenschaften trotzdem vorhanden sind. Die Zusammenführung der Eigenschaften folgt der Argumentation, dass keine dieser sieben Charakteristiken eine herausragende einzelne Kerneigenschaft eines der benachbarten drei Themen ist, ohne die das Thema nicht als solches zu erkennen wäre. Dadurch wird das Fernbleiben einer einzelnen Eigenschaft zu akzeptieren. Auf die Wertung des ‚Bring-Prinzips‘ wird nachfolgend eingegangen. ‚Limitierte Ressourcen‘ werden im Kontext des Kaizen nicht explizit genannt, werden aber als Ziel im Sinne einer Vermeidung von Verschwendungen angegeben. ‚Lange Lebenszyklen‘ sind Kerneigenschaften des Gebäudeentwurfs und des Ressourcenmanagements. Diese Zuweisung ist primär im Sinne des folgendenschweren Einflusses von Entscheidungen zu sehen, welche im Ressourcenmanagement wie im Gebäudeentwurf über einen vergleichsweise großen Zeitraum wirken können. Andererseits weisen diese beiden Themen auch sehr kurze Lebenszyklen auf. Deren Wichtigkeit wird allerdings im Allgemeinen als weniger dominant als die Wichtigkeit lange Lebenszyklen angenommen. Bezüglich der japanischen QM-Methode Kaizen sind keine Aussagen betr. langen Lebenszyklen zu finden.

Es gibt 13 Verbindungen zwischen QM und Ressourcenmanagement. Insbesondere Eigenschaften wie die ‚kultur-geographische Abhängigkeiten‘ und ‚vorausschauende, frühzeitige Fehlererkennung‘ sind aufgrund ihrer weiten Einflussnahme auf andere Eigenschaften von Bedeutung. Es wird von einer großen Kompatibilität der beiden Themen ausgegangen.

Die Verknüpfungsmöglichkeiten zwischen Gebäudeentwurf und UbiComp weisen 14 von 22 Attributen seitens des Gebäudeentwurfs auf. UbiComp selbst zählt 18 Attribute. Deren Ähnlichkeit ist allerdings nicht zu diskutieren, da Gebäude so oder so mit UbiComp ausgestattet werden. Dieser Vergleich zeigt allerdings die Möglichkeiten und Probleme, welche sowohl Gebäudeentwurf als auch UbiComp in ihrer gemeinsamen Anwendung haben. So werden wiederum die vorab bereits genannten ‚kurzen Lebenszyklen‘ im Kontrast zu den ‚langen Lebenszyklen‘ des Gebäudeentwurfs erwähnt. Dem Gebäudeentwurf fehlt dagegen die Fähigkeit der Selbstregulierung wie sie UbiComp aufweist. Eigenschaften wie ‚hohes Bildungsniveau‘ sind auf die Planung des UbiComp zu übertragen. Allerdings kann während des Gebäudebetriebs keine vergleichsweise hohe Ausbildung des Bedienpersonals gefordert werden, wie es zur umfassenden Planung des UbiComp notwendig ist.

Die Verknüpfungsmöglichkeiten zwischen Ressourcenmanagement und UbiComp weisen 5 von 9 Attributen seitens Ressourcenmanagements bei 11 Attributen seitens UbiComp auf. Die nicht übereinstimmenden Charakteristiken sind Aufteilung von Operationen und Prozessen in kleine Einheiten, dominanter Einfluss auf Kosten, Einfluss auf Struktur und Form und zerstörungsarme Aktualisierungen. Diese Charakteristiken sind jeweils den einzelnen Themen eigen und kollidieren in direkter Verbindung nicht mit einer Kernaufgabe des Partners.

Die acht nicht verknüpften Eigenschaften der Paarung ‚QM/Gebäudeentwurf‘ sind auf eine mögliche Unverträglichkeit der beiden Themen hin zu untersuchen. Diese Untersuchung ist wichtig, da die japanischen QM-Methoden im weiteren Schritt als Gerüst für ein UbiComp-

Kaizen dienen. Die Liste der solitären Eigenschaften gemäß Abbildung 24 ist bezüglich QM wie folgt:

1. Unterscheidung von Operationen und Prozessen
2. Verbesserung in kleinen Schritten
3. vorausschauende, frühzeitige Fehlererkennung
4. ausgereiftes Qualitätsmanagement

Bezüglich des Gebäudeentwurfs sind es diese solitären Eigenschaften:

1. Bring-Prinzip
2. limitierte Ressourcen
3. lange Lebenszyklen
4. zerstörungsintensive Aktualisierungen

Die ‚Unterscheidung von Operationen und Prozessen‘ bezieht sich bei Shingo primär auf die Planung der Fertigung³²⁶. Sie erlaubt eine differenzierte Sicht und Analyse einer Produktion. Daraus ergeben sich neue Verknüpfungsmöglichkeiten und Effizienzsteigerungen. Inwieweit die Aufteilung der Produktion in Operation und Prozess in die Produktentwicklung übertragen wurde und damit in die Erstellung eines immateriellen Gutes, ist nicht bekannt. Diese Unterteilung lässt sich aber auf den Gebäudeentwurf übertragen, wo Prozesse die Bauteile und Operationen die damit verbundenen Dienstleistungen darstellen³²⁷.

Die dem Gebäudeentwurf zugeschriebene Eigenschaft des ‚Bring-Prinzips‘ wird als Einfluss von gesetzlichen Vorgaben etc. definiert. Dies erfolgt im Sinne einer Vorgabe über Entwurfsart, Konstruktionsvorschriften, Gebäudetyp oder gar von Amts wegen vorgeschriebene Bauaktivitäten wie beispielsweise im Ensembleschutz üblich. Allerdings wird das Bring-Prinzip während des Entwurfsvorgangs direkt zu einer Kundenforderung, welche im Sinne des ‚Hol-Prinzips‘ seine Anforderungen einfordert. In diesem Sinne integriert auch die Produktentwicklung in gewissem Maße ein ‚Bring-Prinzip‘. Es ist aber explizit kein Teil der japanischen QM-Methoden.

Die Eigenschaft ‚lange Lebenszyklen‘ ist eine dem Gebäude zugehörige Kerneigenschaft. Sie findet keine Parallelen in der Industrie, wenn man von der Entwicklung eines Markenwertes absieht. Der Gebäudeentwurf selbst hat bereits lange Lebenszyklen, da darin getroffene Definitionen ggf. mehrere Jahrzehnte wirksam bleiben. Wird der Gebäudeentwurf nur das Pflichtenheft bezogen, so hat bestenfalls eine analoge oder digitale Dokumentation einen langen Lebenszyklus. Diese Dokumentation wird aber im Idealfall stetig aktualisiert.

Vergleichbares gilt für die ‚limitierten Ressourcen‘, welche im japanischen QM nicht explizit genannt werden. Es wird zwar im Kaizen auf Vermeidung von Verschwendung hingewiesen. Allerdings bleibt die konkrete Formulierung der Endlichkeit einiger Ressourcen aus.

³²⁶ Shingo, S.; Seiten 3ff.

³²⁷ Vgl. Kapitel „4.3.3 Konkretisierung“

4.3 Systematisierung

Das vorangehende Kapitel hat gezeigt, dass sich ca. 62% der primären Eigenschaften des japanischen QM im Gebäudeentwurf wieder finden. Ebenso gibt es starke Parallelen in den Themen Ubicomp und Ressourcenmanagement.

Ziel dieses Kapitels ist, die verschiedenartigen Eigenschaften und Aspekte kontrolliert zusammenzuführen, um infolge eine Aussage betreffend einer Anwendung machen zu können.

Abbildung 25 zeigt diagrammatisch die Erweiterung der Fragestellung aus Abbildung 2. Es werden die Elemente mit Werkzeugen und Eigenschaften der beteiligten Themen unterlegt. Das Resultat ist eine Verknüpfung von ausgewählten Komponenten der vier Themen.

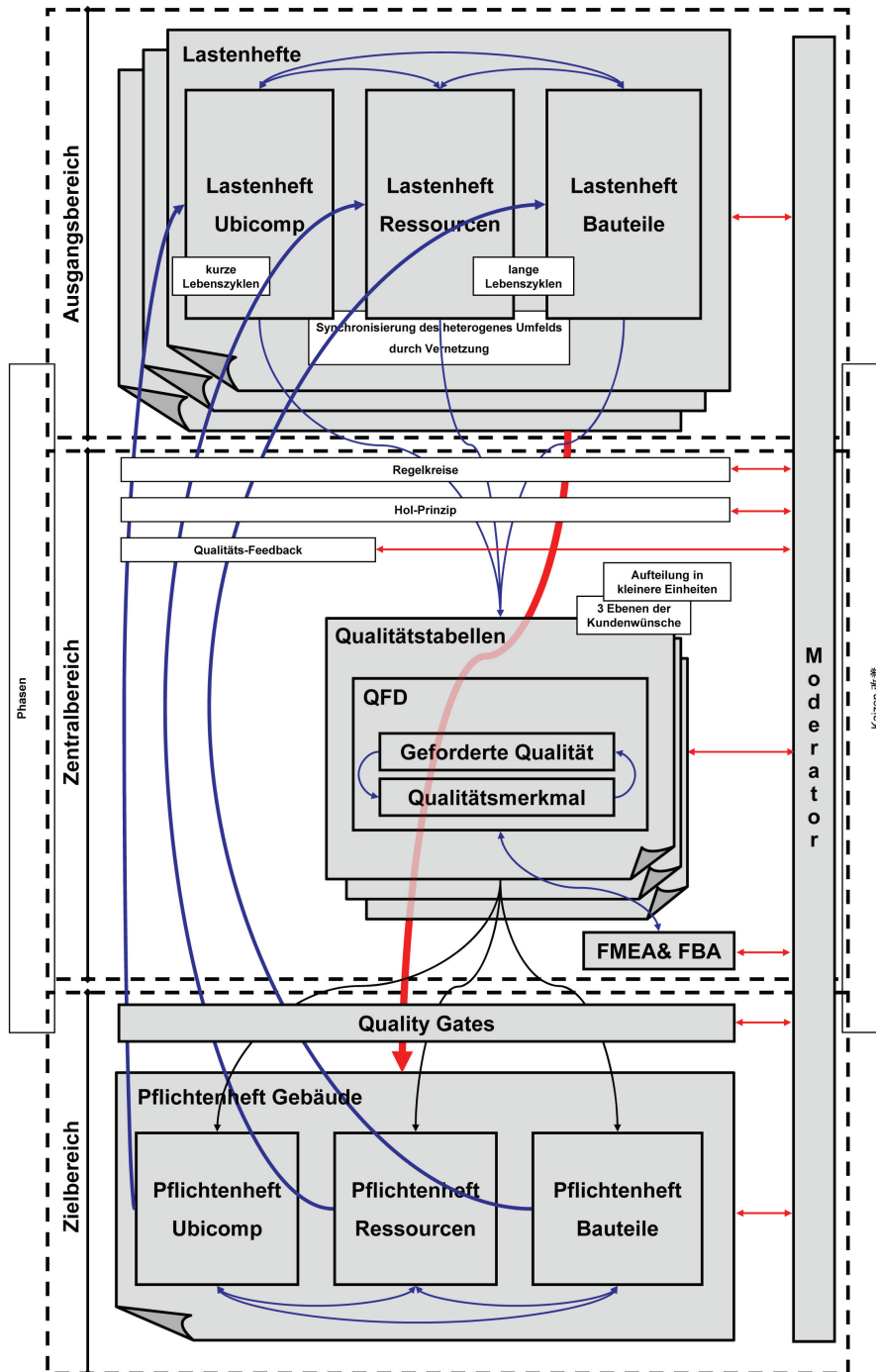


Abbildung 25: Darstellung der Systemkomponenten

Abbildung 25 zeigt insbesondere die Integration konkreter Werkzeuge des japanischen QM wie beispielsweise QFD und ‚Quality Gates‘, welche nach Pfeifer Messpunkte zur Einhaltung von Zielvorgaben im Gesamtprozess darstellen³²⁸. Weitere Elemente sind die Synchronisierung, FBA, FMEA und die Aufteilung in kleinere Einheiten. Der Gebäudeentwurf

³²⁸ Pfeifer, T.; Seite 63

erhält dadurch eine QM-Ebene, um die Qualität der Integration von UbiComp zu garantieren.

4.3.1 Entwicklung des Systems

Die in Abbildung 25 dargestellten Komponenten werden nachfolgend in Inhalt und Verbindung präzisiert. Eine analytische Betrachtung der Komponenten zeigt das Vernetzungspotential. Durch die Integration von Vorgaben des Pflichtenheftes in das Lastenheft der nachfolgenden Iteration sind Mechanismen des QFD nach Akao übernommen worden. Im Zentralbereich werden Fragestellungen durch Aufteilung in kleinere Einheiten konkretisiert und über die Qualitätstabellen miteinander verbunden. Basis hierfür sind die geschachtelten Qualitätsentwicklungstabellen nach Akao³²⁹. Wichtig ist die permanente Betreuung aller Komponenten durch einen fachkundigen Moderator. Die Ergebnisse des QFD werden in den Quality-Gates geprüft und anschließend in den Pflichtenheften vermerkt. Diese Pflichten werden in der nächsten Iteration in die Lastenhefte eingearbeitet. Dabei erfolgt wiederum eine Prüfung in den Quality-Gates. Die Aspekte der einzelnen Themen sind synchronisiert zu bearbeiten, um den Austausch von Informationen über Anforderungen zu ermöglichen. Diese Synchronisierung erfolgt an drei Stellen: bei Erstellung der Lastenhefte, bei Bearbeitung der Qualitätstabellen und bei Erstellung der Pflichtenhefte. Die Inhalte der Quality-Gates orientieren sich an Fragestellung und Thema der Aufgabe und erfüllen somit die Anforderungen nach Prefi³³⁰.

Pfeifer bemerkt, dass erst ein QFD und danach eine FMEA³³¹ ausgeführt wird. Die Ergebnisse der FMEA können in die Qualitätstabelle einfließen. Je nach Kontext der Fragestellung sind ggf. weitere Werkzeuge wie FBA, DRBFM zu empfehlen. Insbesondere DRBFM ist, da es ein flexibles vergleichsweise schnelles Werkzeug mit Fokus auf Veränderungen ist. Es entspricht sowohl den Prinzipien des Kaizen als auch der Besprechungstradition von Architekten mit in internen Teams, Fachplanern und Behörden.

Die dargestellten Komponenten erlauben zudem ein strukturiertes vielschichtiges Controlling. Der Informationsrückfluss aus dem Zielbereich in den Ausgangsbereich wird als Qualitäts-Feedback im Sinne des Aachener Modells verstanden.

Der Informationsfluss erfolgt über ein Medium vergleichbar dem Kanban. Diese sind ein stabiles Gefäß für den Austausch heterogener Informationen. Durch ihre Bedarfsorientierung integrieren sie vor allem das Hol-Prinzip der japanischen QM-Methoden in den Gebäudeentwurf.

Problematisch wird die permanente Integration der Bewertung konkurrenzierender ‚Produkte‘ innerhalb des HoQ. Üblicherweise erlaubt ein HoQ die Bewertungen der eigenen Fähigkeiten. Im Gebäudeentwurf sind dies die Bewertungen alternativer Lösungsvarianten einer Aufgabe. Allerdings erfolgt dieser Vergleich nicht bei allen Aufgabenstellungen.

³²⁹ Akao, Y.; Seite 98

³³⁰ Vgl. Prefi, T.; „Qualitätsmanagement in der Produktentwicklung“ in Masing, Seiten 416ff

³³¹ Pfeifer, T.; Seite 327

4.3.2 Analyse der Komponenten

Abbildung 26 zeigt die Analyse des Kaizen mit Fokus auf kleinteilige Regelkreise. Diese interagieren zunächst mit den benachbarten Einheiten desselben Themas. Veränderungen an einer Stelle können Konsequenzen an anderer Stelle haben. Dies entspricht den verketteten Abhängigkeiten eines Gebäudeentwurfs.

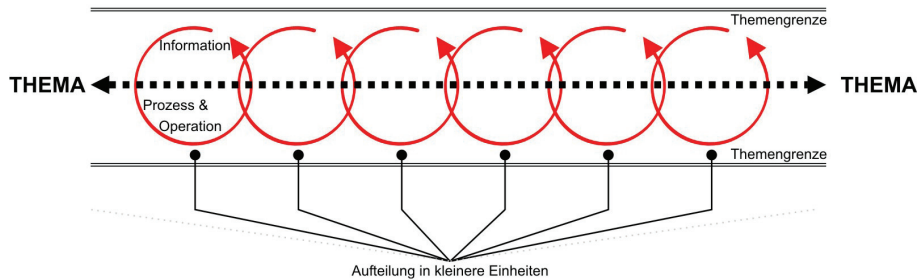


Abbildung 26: Regelkreisbasierte Interaktion zwischen einzelnen Einheiten eines gesamten Prozesses im Sinne des TPS.

Abbildung 27 zeigt schematisch die Erweiterung der Regelkreise in ein Netz mit sich gegenseitig beeinflussenden Themen. Dargestellt sind diese Abhängigkeiten als gleichförmige, zweidimensionale Matrix. Die Vorgänge sind letztlich mehrdimensional und unterschiedlich dicht gepackt. Aufgrund der Lesbarkeit wurde die zweidimensionale Darstellung verwendet. Es sind parallele Entwurfsstränge möglich, die sich gegenseitig beeinflussen. Dies entspricht dem praktischen Vorgehen des Gebäudeentwurfs, wo mittels Variantenbildung eine Wertung und ein anschließender Entscheid möglich sind.

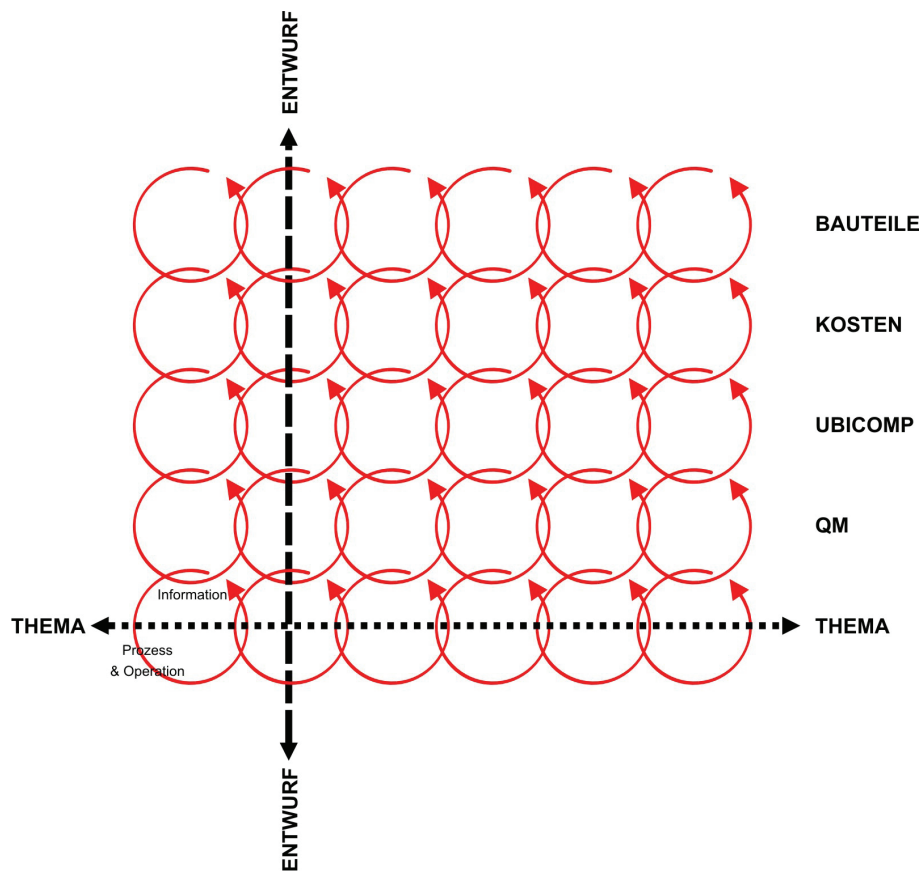


Abbildung 27. Interagierende Regelkreise im Kontext des Gebäudeentwurfs.

Das Lastenheft gemäß Abbildung 25 entspricht den üblichen Dokumenten des Gebäudeentwurfs bestehend aus Beschreibungen, Berechnungen, Zeichnungen, Fotos und Diagrammen. Dabei folgt die Inhaltsangabe Boutellier et. al. inkl. der Nennung von Normen und zusätzlicher Anforderungen³³². Auf die Empfehlung, eine Marktforschung mit mehreren Dutzend Kunden in das Lastenheft zu integrieren wird verzichtet. Da ein Hochschulgebäude meist ein solitärer Prototyp ist, der von einer Gruppe der Hochschule gewünscht wird, ist eine Marktforschung nur beschränkt möglich. Eventuell werden bereits realisierte Beispiele anderer Hochschulen als Referenz angegeben. Im gewerblichen Immobilienmarkt sind dagegen Marktforschungen üblich, welche den Kontext analysieren, um die Renditemöglichkeit zu ermitteln.

Die Qualitätstabellen folgen den Definitionen nach Akao³³³, inklusive der Empfehlung nach kontextueller Erweiterung und Anpassung. Auf der Basis von Pfeifer wird QFD eine zentrale Rolle in der Konkretisierung des zu entwickelnden Produkts gegeben. „QFD begleitet die Produktentstehung durchgängig von der Entwicklungsphase bis zur Serienreife“³³⁴.

Vergleichbar einem Filter legen die Quality-Gates die Qualitätsparameter der Arbeit fest. Insbesondere die Erfüllung gesetzlicher Vorgaben und die

³³² Boutellier et. al.; „Qualitätsgerechte Produktplanung“ in Masing; Seiten 506f

³³³ Akao, Y.; Seiten 57ff.

³³⁴ Pfeifer, T.; Seite 439

Einhaltung der finanzielle Ressourcen erhalten eine starke Präsenz in den Spezifikationen der Quality-Gates.

Das Pflichtenheft spezifiziert mit Plan, Text, Tabelle, Diagramm und/oder Datensatz die Anforderungen an das Gebäude inklusive seiner Subsysteme. Dies beinhaltet sowohl Mengen, Dimensionen, Materialangaben, Zeitpläne, Berechnungen, Kostenpläne, etc., aber auch Lastenhefte für nachfolgende Baugruppen, welche später durch Unternehmen oder Fachplaner gelöst werden. Gute Spezifikationen beschreiben zudem die Schnittstellen, um technische und organisatorische Trennungen inhaltlich zusammenzuführen. Beispiele hierfür sind Möbliierungen, Gebäudetechnik und thermische Hülle.

Der Moderator ist ein fachkundiger Vermittler im Sinne eines Systemintegrators, der die Informationen unter Wahrung der Qualitätssicherung zwischen Beteiligten verteilt. Das nötige fachliche und organisatorische Wissen vorausgesetzt, sind Architekten für diese Aufgabe geeignet, da sie zahlreiche Projektphasen begleiten.

4.3.3 Konkretisierung

Um eine Verknüpfung zu erreichen, ist eine Konkretisierung der Komponenten des Gebäudeentwurfs notwendig. Abbildung 25 zeigt hierfür anhand zweier Beispiele die Übertragung von Prinzipien des japanischen QM auf Gebäudeentwurf und UbiComp. Als Gebäudetypus wurde ein fiktives Hörsaalgebäude gewählt. Eine digital vernetzte Raumverwaltung wurde exemplarisch als Dienstleistung des UbiComp gewählt. Hörsaal und Raumverwaltung sind also inhaltlich miteinander verbunden. Um die Verbindungen herauszufinden, werden drei Eigenschaften angewendet:

- die Aufteilung in kleinere Einheiten,
- die Unterscheidung von ‚Prozess‘ und ‚Operation‘, welche eine Beziehungsmatrix erlaubt, wie sie Shingo³³⁵ und Akao³³⁶ vorschlagen,
- Hol-Prinzip, um die nachfolgenden Anforderungen zu ermitteln.

Aus dem Schema sind weitere Eigenschaften des japanischen QM ablesbar, obwohl sie nicht explizit integriert wurden. Abbildung 28 wird als Vorarbeit zur Ermittlung gestaltgebender Einflüsse des UbiComp verstanden.

³³⁵ Shingo, S.; Seite 3

³³⁶ Akao, Y.; Seite 57

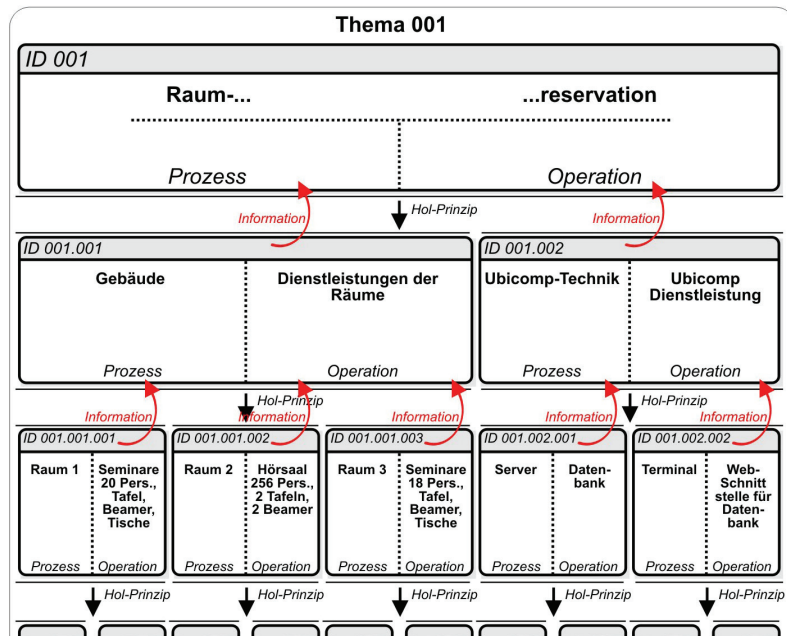


Abbildung 28. Beispiele der Anwendung Prinzipien des japanischen QM in Gebäudeentwurf und Ubicomp aus Sicht des Architekten für die Aktivität ‚Raumreservierung‘.

Abbildung 29 erläutert die Struktur des Schemas.

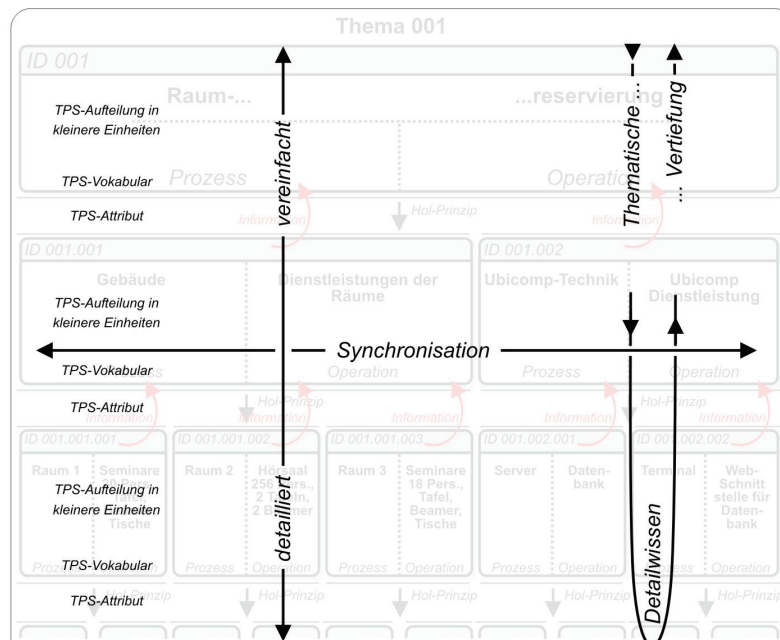


Abbildung 29: Darstellung der Struktur des Schemas aus Abbildung 28.

Die heterogenen Kundenforderungen an ein Gebäude lassen die vorab genannte Systematik auch direkt auf Bauteilebene anwenden. Abbildung 30 zeigt auf der Basis von Bauteilen die vernetzte und synchronisierte Betrachtung. Gewählt wurde eine Struktur, welche eine Thematik in Bauteile

und Dienstleistungen aufschlüsselt. Dies steht im Gegensatz einer rein funktional-technischen Aufteilung. Eine vergleichbare Systematik wird in leicht veränderter Weise erfolgreich im Architekturbüro Baumschlager-Eberle angewendet. Der Erfolg wird dabei numerisch über geringe Bedarfswerte, lange Lebensdauer, Auszeichnungen und steigender Auftragslage ermittelt.

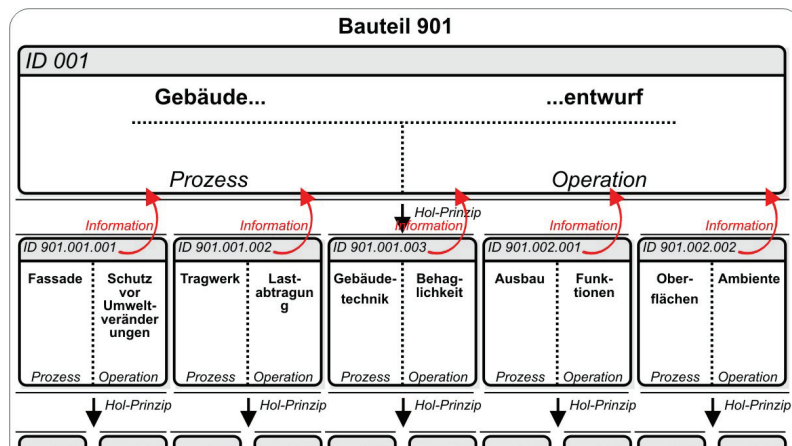


Abbildung 30: Beispiel der Anwendung der Prinzipien des japanischen QM im Gebäudeentwurf zur Ermittlung der Verbindungen zwischen Bauteil und Dienstleistung.

4.3.4 Beispiel Raumreservierung

Ubicomp ist im Gebäudebetrieb primär ein Dienstleistungsanbieter. Nachfolgend wird eine fiktiver Entwurf mit integrierter Dienstleistung ‚Raumreservierung‘ analysiert.

Es wird davon ausgegangen, dass ein Dozent eine Vorlesung hält, zu welcher sich Studierende im Vorfeld angemeldet haben. Das heterogene Umfeld besteht aus Personen, Räumen und Informationen. Diese sind teilweise in Datenbanken abgelegt. In Hochschulen etablieren sich Online-Systeme³³⁷, welche potentielle Nutzer über Parameter und Belegung von Seminar-, Vorlesungs- und Sitzungsräumen informieren. An der ETH Zürich sind somit die aktuellen und zukünftigen Daten für mehr als 200 Gebäude an elf Standorten zugänglich. Dadurch sind u.a. die Größe, Belegungsmöglichkeiten und installierte Medien erkennbar, ohne den Raum selbst begehen zu müssen. Diese Datenbanken sind im modernen Facility Management gebräuchlich und stellen als solches keine Innovation dar. Zudem gibt es Datenbanken über Lehrveranstaltungen und Personen. Mittels elektronischer Türschilder³³⁸ und Wegweisungen können die Raumbelegungen bis wenige Minuten vorher justiert werden.

Abbildung 31 zeigt die hierarchische Aufschlüsselung des Informationsflusses einer Raumreservierung für eine Vorlesung. Bei gleichzeitiger Angabe der benötigten Ressourcen wird eine Simulation des Prozesses in einem topologischen Netz durchgeführt. Das Beispiel zeigt die vergleichsweise große Zahl von beteiligten Ressourcen.

³³⁷ Vgl. Anhang „B.1 Rauminformationssystem der ETH Zürich.“

³³⁸ Vgl. Anhang „A.2.1 Digitales Türschild“

Raumreservierung für Vorlesung Nr. 1234

Projekt:
 Bearbeiter:
 Datum:
 Nächste Planungsphase:

+	0.	Start der Raumreservierung durch Mausklick an Webinterface durch Dozent
+	1.	prüfe, ob Vorlesung 1234 heute stattfindet
+	2.	prüfe den Zeitraum der Vorlesung
□	3.	prüfe, welcher Raum ist passend für Vorlesung 1234
	3.1.	welche Medientechnik ist notwendig (zwingend und ergänzend)
+	3.1.1.	vergleiche Anforderungen mit DB-Einträgen
□	3.2.	welcher Raum ist zur geplanten Zeit verfügbar
□	3.2.1.	prüfe die Grössen der verfügbaren Räume
	3.2.1.1.	in bezug auf die erwartete Besucherzahl
+	4.	reserviere den Raum und die Dienste
□	5.	gebäude über die zukünftige Aktivität informieren
□	5.1.	Information kommunizieren
□	5.1.1.	welche sind die relevanten Orte
	5.1.1.1.	Mobiltelefone
	5.1.1.2.	öffentliche Bildschirme
	5.1.1.3.	Türschilder
□	5.2.	Raum auf Vorlesung einrichten
□	5.2.1.	Raumklima einstellen
	5.2.1.1.	ermitteln der zukünftigen Raumbesetzung
	5.2.1.2.	ermitteln der Anzahl der eingeschriebenen Vorlesungsbesucher
+	5.2.1.3.	ermitteln der realen Besucheranzahl
□	5.2.2.	Anforderungen des Dozenten erfüllen
	5.2.2.1.	Medientechnik einrichten
	5.2.2.2.	Kommunikationstechnik einrichten
	5.2.2.3.	Werkzeuge, Versuchsaufbauten, etc. einrichten
+	5.2.2.4.	Übungen vorbereiten, dem Raum übergeben
	5.2.2.5.	Ausdruck der der Anforderungen und Einstellungen auf Papier
□	5.2.3.	Information an den Hausmeister/FM über die Aktivitäten
	5.2.3.1.	Zeitpunkt
+	5.2.3.2.	Ort
+	5.2.3.3.	Beteiligte
	5.2.3.4.	etc.
+	6.	Reservation ist abgeschlossen, Mitteilung an Auftraggeber.

Abbildung 31: Ausschnitt aus der Aufteilung des Beispiels ‚Raumreservierung‘.

Durch die Aufschlüsselung eines Prozesses in seine Einzelkomponenten werden Abhängigkeiten in Form von Anforderungen einerseits und Einflüssen andererseits notwendig. Wäre für eine Raumreservierung keine Information über Raumgrößen hinterlegt, würde die Qualität der Veranstaltung und Zufriedenheit der Vorlesungsbesucher leiden. Andererseits zeigt die Aufteilung in Abbildung 31 direkte Anforderungen an

Lasten- und Pflichtenhefte aller beteiligten Disziplinen. Eine Ressourcenoptimierung ist nicht nur in Form einer räumlichen Optimierung durch die Dienstleistung ‚datenbankgestützte Raumreservierung‘ möglich. Die Optimierung des oben dargestellten Ablaufes lässt sich auf Softwareebene ebenso optimieren.

Die dargestellte Aufteilung eines Prozesses hat Analogien zu FBA in der Produktentwicklung und Flussdiagrammen, wie sie in der Informatik eingesetzt werden.

4.3.5 Diskussion Systematisierung

Gemäß Prefi entscheiden nur die wahrgenommenen Merkmale über die Kundenzufriedenheit³³⁹. Dies erfordert ein gutes Verständnis des Kunden. Wenn die ‚Kunden‘ z.B. statische Belastungen oder Gesetzesvorgaben sind, so sind in Konfliktsituationen kreative Lösungen zu finden, welche die Kundenforderungen erfüllen. Der Gebäudeentwurf liefert hier aufgrund des Ressourcenbedarfs und der zahlreichen Gesetze, Normen und Herstellerspezifikationen ausreichend Material für Unterstützung des Entscheidungsprozesses. Andererseits engen Vorgaben den theoretische möglichen Lösungsraum ein und verhindern ggf. kreative oder innovative Lösungen. Diese Besonderheit des Gebäudeentwurfs wird in dem vorgeschlagenen System berücksichtigt. Durch die synchrone Bearbeitung vernetzter Anforderungen und Spezifikationen in Verbindung mit stetiger Qualitätskontrolle in sog. ‚Quality Gates‘ werden auch dem Kunden zunächst verborgene Qualitäten sichtbar gemacht.

Vergleichbar der Produktentwicklungsphase in der Industrie ist das Pflichtenheft nicht für den Endkunden bestimmt. Der ‚Bauherr‘ interessiert sich zunächst für ‚sein‘ Gebäude. Die Qualität des Pflichtenhefts ist hierfür zwar ein Schlüsseldokument, das ggf. bei Unzufriedenheit des Kunden zur Klärung des Sachverhalts herangezogen wird. Es ist aber für die Baufachleute bestimmt, welche in den nachgeschalteten Phasen aktiv werden.

Um eine hohe Qualität des Pflichtenheftes zu erreichen wird der iterative Ansatz angewendet, den Akao als Mittel zur Erreichung des Ziels vorschlägt³⁴⁰. Zentraler Bestandteil des Mittels sind die Qualitätstabellen. Durch die Integration von Werkzeugen wie DRBFM wird ein zu großer administrativer Aufwand bei der Erarbeitung von technischen Lösungen verhindert, wodurch auf die eigentliche Aufgabenlösung fokussiert werden kann. Dies folgt der Empfehlung nach Akao: „Das Setzen von Prioritäten ist die wichtigste Tätigkeit beim QFD“³⁴¹.

4.4 Formalisierung

In Kapitel „3.2 Gebäudeentwurf“ wurden einige systematische Werkzeuge zur Unterstützung und zur Qualitätssicherung des Gebäudeentwurfes erwähnt. Vielfach werden dabei einzelne Aspekte des Gebäudeentwurfs untersucht oder in Situationen mit mehreren Varianten spezifische Bewertungen abgegeben. Die Bewertungen basieren meist auf Simulationen

³³⁹ Prefi, T.; „Qualität und Markt“ in Masing; Seiten 377f

³⁴⁰ Akao, Y.; Seite 98

³⁴¹ Akao, Y.; Seite 21

oder Kalkulationen der Fachingenieure. ‚UbiComp-Kaizen‘ wird als spezialisiertes Werkzeug für Fragestellungen des UbiComp entwickelt und nicht als allgemein anwendbares Werkzeug zur Lösung sämtlicher Fragestellungen des Gebäudeentwurfs. Insbesondere Fachplaner aus dem Bereich Ressourceneffizienz und Umweltgutachten haben in jüngerer Zeit innovative Werkzeuge zur Lösung von spezialisierten Aufgaben entwickelt. Ein solches Werkzeug wird als Vorlage genommen.

4.4.1 Beispiel SIA D0216 Effizienzpfad Energie

Ein Beispiel für die synchronisierte Betrachtung von vernetzten heterogenen Themen im Planungsprozess eines Gebäudes ist der ‚Effizienzpfad Energie D0216‘ des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins (SIA). Der SIA D0216 ist ein Werkzeug, welches auf die Planung von energieeffizienten Bauten zielt, indem vielfältige Themen unter dem Aspekt der Energieeffizienz angesprochen werden. Er verknüpft mit den Erkenntnissen der 2'000 -Watt-Gesellschaft und den daraus entstandenen politischen Forderungen.

Dieses Werkzeug erfüllt die Anforderungen an eine strukturierte Erfassung eines Lastenhefts sowie Empfehlungen für das Pflichtenheft des Gebäudeentwurfs. Im Anschluss kann mittels Tabellen eine Wertung der Energieeffizienz des projektierten Gebäudes ermittelt werden. Das Werkzeug zeigt ebenso eine phasenorientierte Bearbeitung heterogener Aspekte und die Integration von Fachleuten anderer Disziplinen.

Der SIA D0216 ist in mehrere Kapitel gegliedert. Insbesondere die Tabellen in Kapitel V sind von Interesse. Sie dienen den am Bau beteiligten Kerngruppen als Entscheidungshilfe. Hierbei werden auch die Aktivitäten der Kerngruppen in Bezug zum Projektablauf definiert. Die in Abbildung 32 dargestellte Tabelle der SIA D0216 spezifiziert Maßnahmen mit Hintergrundinformationen und Erläuterungen. Die Struktur berücksichtigt insbesondere Wirkung, betroffene Themenbereiche und Verweise auf andere Maßnahmen.

Systemtrennung

Kurzbeschreibung	Zielpublikum						Nutzung			Energiereduktion			Umsetzbarkeit		Nachbesserung	
	Politiker	Investor	Planer	Wohnen	Büro	Schule	gross	mittel	gering	einfach	mittel	schwierig	möglich	nicht möglich		
Gute Zugänglichkeit und einfache Auswechselbarkeit von Systemen mit unterschiedlicher Nutzungs- und Lebensdauer			x	x	x	x		x							x	
Detaillierte Angaben Es wird zwischen Primär-, Sekundär- und Tertiärsystemen unterschieden. Diese drei Systeme haben eine unterschiedliche Nutzungs- und technische Lebensdauer. So wird z.B. die Haustechnikinstallation als Sekundärsystem während der gesamten Lebensdauer eines Gebäudes in der Regel ausgetauscht, während die Tragstruktur als Primärsystem in der Regel bestehen bleibt. Der Ausbau, wie eine Kühlungseinheit als Teil des Tertiärsystems, hat beispielsweise eine noch geringere Nutzungsdauer als die Haustechnikinstallation. Gute Zugänglichkeit und einfache Auswechselbarkeit sind die Voraussetzung, um veraltete durch neue, effizientere Systeme zu ersetzen, und damit einen besseren Energiestandard zu erreichen. So kann es sinnvoll sein, die Hülle von Gebäuden so zu konstruieren, dass ein Ersatz der heutigen Dämmung durch einen leistungsfähigeren Dämmstoff ohne weiteres möglich ist.	Quellen / Literatur / Hilfsmittel Empfehlung SIA 112/1: Nachhaltiges Bauen - Hochbau > Kriterien Gebäudestruktur - Ausbau, Instandsetzung, Rückbau 2004. Preisig H.R.: Ergänzende Bauteile für die Auswechselbare Bauteile Installationen (BIB) 1999. ISBN 3 85932 101 1 Systemtrennung sichert Spielraum in der Zeit. Kanton Bern www.bve.be.ch > Amt für Grundstücke und Gebäude > Über uns > Projektmanagement						Einschätzung der Umsetzbarkeit Der Entscheid für eine Systemtrennung erfolgt in der Phase Vorprojekt. Die Massnahme ist einfach umsetzbar. Eine Nachbesserung zu einem späteren Zeitpunkt ist nicht möglich. Anmerkungen / Fragen Die Forderung nach einer Systemtrennung läuft gewissen Tendenzen in der Energietechnik entgegen. So ist beim thermotaktiven Bauteilsystem (TABS), das Tertiärsystem (Haustechnikinstallation) im Primärsystem (Tragkonstruktion) kraftschlüssig integriert. Eine Trennung ist nicht mehr möglich. In solchen Fällen ist es notwendig, Szenarien zu erarbeiten, die einen Ausfall eines Versagens des Tertiärsystems eine neue Installation zu realisieren, ohne dabei das Primärsystem zu zerstören. Auch Lüftungseinheiten und weitere Installationen werden heute oft in Betondecken eingelegt. Im Gegensatz zum TABS ist dies von der Funktion her nicht erforderlich. Hier soll eine Systemtrennung angestrebt werden.									
Wirkung Eine konsequente Systemtrennung ist notwendig, um Unterhaltsarbeiten und Nachbesserungen mit einfachem Aufwand vorzunehmen wie den Einbau energieeffizienter Bauteile. Die Massnahme wirkt längerfristig kostensenkend.	Betroffene Themenbereiche > Baumaterial > Raumklima > Warmwasser > Licht / Energie						Verweis auf weitere Massnahmenblätter > Gebäudehülle > Nutzungsflexibilität > Schachtkonzept > Tragwerk									

Abbildung 32: Tabelle aus SIA D0216, zweiter Teil des Kapitel V, mit Detailinformationen³⁴².

Die Tabellen der SIA D0216 weisen diese Elemente auf:

- Tabelle Maßnahme und Vorkehrungen:
 - o Rahmenbedingungen und Anreize
 - o strategische Planung
 - o Vorstudien
 - o Projektierung
- Tabelle Detailinformationen:
 - o Kurzbeschreibung mit Nennung von Zielpublikum, Nutzungswertigkeit, Energiereduktionswertigkeit, Umsetzbarkeit und Nachbesserungsbedarf
 - o Detaillierte Angaben mit Angaben von Literatur, Einschätzung der Umsetzbarkeit und Anmerkungen
 - o Wirkungsbereiche
 - o betroffenen Themenbereichen
 - o Verweis auf weitere Massnahmenblätter

Der methodische Ansatz und die Formalisierung des SIA Effizientpfades Energie zeigen Parallelen zu den Prinzipien des Kaizens und der Kanban-Karten. Der SIA D0216 dient als konzeptionelle Basis für die Erfassung von Kundenforderungen innerhalb des Ubicomp-Kaizen.

4.4.2 Konkretisierung des Ubicomp-Kaizen

Kapitel „4.3.2 Analyse der Komponenten“ listet die Komponenten des Ubicomp-Kaizen auf. Es nennt zudem deren schematische Zusammenhänge. Dieses Kapitel konkretisiert die einzelnen Komponenten anhand einer Beispielaufgabe.

Das fiktive Aufgabe ist: „Drei benachbarte Hörsäle eines Hörsaalgebäudes sind möglichst preiswert zu erstellen. Jeder Hörsaal fasst 100 Personen. In allen Hörsälen muss bei Vollbelegung die drahtlose

³⁴² Quelle: Ergänzte Folie aus Auszug aus der Präsentation von Prof. Hans-Ruedi Preisig anlässlich des SIA Thurgau Symposiums über Nachhaltigkeit; http://tg.sia.ch/5veranstaltungen/schwerpunktthema_2007/04_referatpreisig1.pdf : Februar 2008

Datenkommunikation (WLAN) für alle Besucher zur Verfügung stehen. Die dazu notwendigen Antennen (Accesspoints) sollen nicht sichtbar, aber leicht austauschbar sein. Es wird von einer Betriebszeit von 20 Jahren ausgegangen. Über diesen Zeitraum werden niedrige Betriebskosten erwartet.“

Die Auflistung der Komponenten wird in einem Lastenheft angegeben. In Form einer technischen Interpretation werden anschließend die Anforderungen konkretisiert:

- Flächenmanagement:
 - o Neuffert empfiehlt bei Hörsälen ca. 0,8 m² Fläche je Zuhörer³⁴³. Es wird von 30 m² Podiumsbereich und Erschließungen ausgegangen. Das ergibt je Saal eine Nutzfläche von ca. 110 m². D.h. 3x 110 m².
- WLAN:
 - o Accesspoints sind bei ca. 50 Personen an der Versorgungsgrenze, d.h. es müssen zur Sicherstellung der Dienstleistung WLAN für 100 Personen zwei oder drei Accesspoints installiert werden.
 - o Ein Accesspoint wird mit ca. 300,- € Gerät inkl. Anschluss angenommen.
- Betriebszeit:
 - o 20 Jahre.
- Ressourcenbedarf:
 - o geringe Erstellungskosten
 - o geringe Betriebskosten
 - o 3 Hörsäle à 110 m²
- WLAN:
 - o Schutz und Sicherheit der Nutzer und der Investitionen

Die Interpretation obiger Liste zeigt bereits erste konkurrenzierende Anforderungen wie ‚geringe Erstellungskosten‘ im Gegensatz zu ‚geringe Betriebskosten‘. Auch die Betriebszeit von 20 Jahren steht im Gegensatz zum vergleichsweise kurzen Lebenszyklen der WLAN-Accesspoints.

Abbildung 33 stellt die Beziehung der Werkzeuge zur Lösung der Aufgabe dar. Die Lastenhefte übernehmen die Rolle der Pflichtenhefte. Das finale Pflichtenheft ist nicht dargestellt, da es im iterativen Bearbeitungsprozess sofort zum Lastenheft der nächsten Bearbeitungsschleife wird.

³⁴³ Neuffert, E.; Seite 292

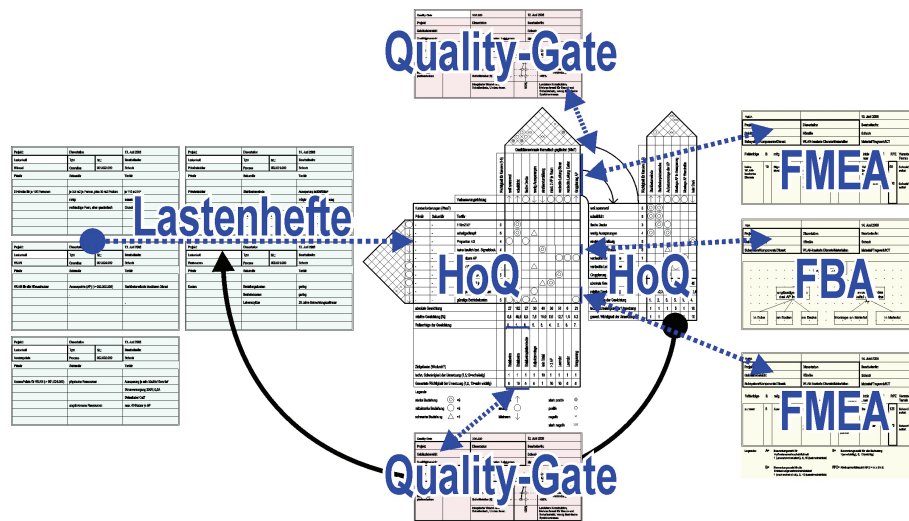


Abbildung 33: Übersicht des QFD anhand der fiktiven Aufgabe die Kundenforderungen an Ressourcenmanagement, Ubicomp und Gebäudeentwurf zu verbinden.

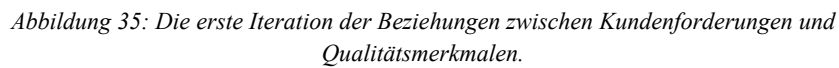
Abbildung 34 zeigt Ausschnitte aus den von QFD und SIA D0216 inspirierten Tabellen zur Erfassung der Inhalte des Lastenhefts.

Projekt:	Dissertation	13. Juni 2008
Lastenheft	Typ:	Nr.: Bearbeiter/in:
Hörsaal	Operation	001.023.000 Schoch
Primär	Sekundär	Teritär
3 Hörsäle für je 100 Personen	je 0.8 m2 je Person, plus 30 m2 Podium	je 110 m2 NF
	ruhig	schalldedämpft
	rechteckige Form, eher quadratisch	Grundriss 4:3

Projekt:	Dissertation	13. Juni 2008
Lastenheft	Typ:	Nr.: Bearbeiter/in:
WLAN	Operation	001.024.000 Schoch
Primär	Sekundär	Teritär
WI LAN für alle Hörsaalnutzer	Anwesenheits (AP) L- > 002 002 000	Stahlrahmenwände hohlkernen Platten

Abbildung 34: Ausschnitte aus dem Lastenheft, welches nach Prozess und Operation unterscheidet.

Aspekte dieses Lastenhefts lassen sich in eine erste Qualitätstabelle einbringen, wo sie mit Qualitätsmerkmalen verbunden werden. Abbildung 35 zeigt die bewerteten Beziehungen nach einer ersten Iteration. Die Aussagen werden im Bereich ‚Zielgrößen‘ bereits präzisiert. Dort werden auch erste gegensätzliche Merkmale offensichtlich, wie beispielsweise ‚strahlungsdurchlässig‘ in Beziehung zu ‚schalldicht‘.



Aufgrund des heterogenen Kontextes der Kundenforderungen wird von mehreren geschachtelten Prozessen ausgegangen. Wertung der Korrelationen erfolgt im Falle von Alternativen oder gegensätzlichen Merkmalen über Werkzeuge wie FMEA oder FBA. Abbildung 36 zeigt dies beispielhaft anhand des Fehlers ‚keine WLAN-basierten Dienste‘.

FMEA				13. Juni 2008	
Projekt:		Dissertation		Bearbeiter/In:	
Gebäudebereich:		Hörsäle		Schoch	
Subsystem/Komponente/Dienst:		WLAN-basierte Dienste/Materialien		Material/Tragwerk/ICT	

Fehlerfolge	B	möglicher Fehler	mögliche Fehlerursache	A	Vermeidungs-massnahme	Entdeckungs-massnahme	E	RPZ	Verantwortung
keine WLAN-basierten Dienste	10	Signal wird baulich blockiert	falsches Baumaterial (z.B. Stahlbeton)	5	anderes Baumaterial	Diskussion Statiker mit ICT-Berater	1	50	Schoch/ sofort
			falsche Positionierung der WLAN-APs	10	andere Positionierung	geometrische Analyse	1	100	Schoch/ sofort

Abbildung 36: Darstellung der FMEA aus der ersten Iteration zur Analyse der möglichen Signalblockierung durch Bauteile.

Die FMEA in Abbildung 37 ermittelt die Einflüsse auf Erstellungs- und Betriebskosten. Diese Argumente müssen in einem weiteren Schritt mittels Werkzeugen der Kosten-Analysen untersucht werden. Das Beispiel zeigt keine eindeutige Priorisierung durch die RPZ, weshalb die FMEA in diesem Beispiel keine Unterstützung für den Entwurfsprozess bietet.

FMEA			14. Juni 2008		
Projekt:		Dissertation	Bearbeiter/in:		
Gebäudebereich:		Hörsäle	Schoch		
Subsystem/Komponente/Dienst:		WLAN-basierte Dienste/Materialien	Material/Tragwerk/ICT		

Fehlerfolge	B	möglicher Fehler	mögliche Fehlerursache	A	Vermeidungs-massnahme	Entdeckungs-massnahme	E	RPZ	Verantwortung
zu teuer	5	Aussparungen	zu viele Aussparungen	5	weniger Aussparungen	Statiker	5	125	Schoch/ sofort
			zu viele Montagepunkte	5	konzentrierte Montagepunkte	ICT-Berater	5	125	Schoch/ sofort

Legende:

A= Bewertungszahl für Auftretenswahrscheinlichkeit
1 (unwahrscheinlich), 5, 10 (wahrscheinlich)

E= Bewertungszahl für die Entdeckungswahrscheinlichkeit
1 (wahrscheinlich), 5, 10 (unwahrscheinlich)

B= Bewertungszahl für die Bedeutung
1 (unwichtig), 5, 10 (wichtig)

RPZ= Risikoprioritätszahl $RPZ = A \times B \times E$

Abbildung 37: Eine FMEA bezüglich des Fehlerpotentials ‚Kosten‘ in Bezug zu Aussparungen in Stahlbeton und WLAN-Funktionalität.

Die FBA gemäß Abbildung 38 dokumentiert Problemstellungen der Strahlendurchlässigkeit im Kontext einer Primärstruktur aus Stahlbeton. Eine weitere FBA wäre bei Anwendung des Holzelementebaus möglich. Die hier gezeigte FBA ist nur ein Ausschnitt aus drei Ebenen der Fehlersuche. Der hier gezeigte Ausschnitt erlaubt aber bereits eine Präzisierung des Pflichtenhefts und Lastenhefts. Eine DRBFM ist für die nächsten Iteration bzw. parallele Untersuchung mit anderen Qualitätsmerkmalen vorgesehen, um Varianten zu vergleichen.

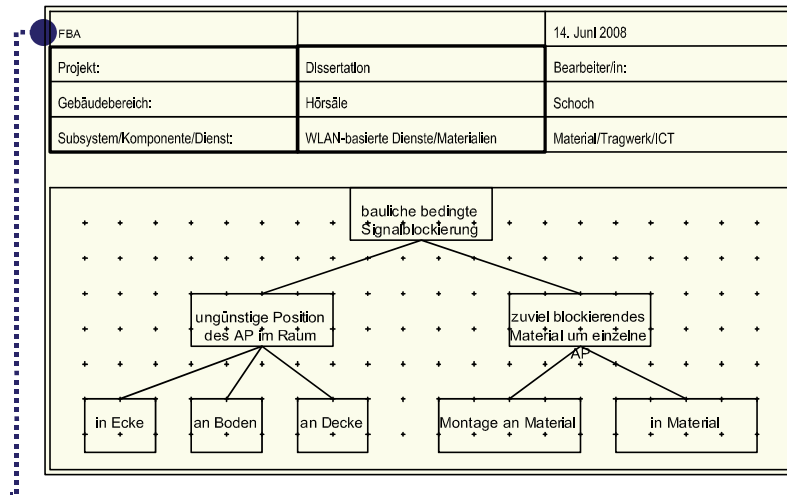
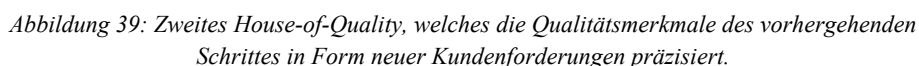


Abbildung 38: Die Spezifizierung der Fehlermöglichkeiten für Unterbruch des Dienstes WLAN.

Abbildung 39 zeigt ein zweites HoQ, welches die im ersten HoQ ermittelten Qualitätsmerkmale als neue Kundenforderungen übernimmt. Ziel des zweiten HoQ ist eine Präzisierung der Zielgrößen. Dabei werden bewusst auch thematisch fremde Anforderungen übernommen, um sowohl die heterogene Eigenschaft des Gebäudeentwurfs als auch des japanischen QM zu wahren. Überraschungen in Form von unerwarteten Lösungen sind in diesem Beispiel allerdings nicht aufgetreten.



Auf die Ermittlung der Zielgrößen im zweiten HoQ folgt die Eintragung der Ergebnisse in das Pflichtenheft, von wo sie in das Lastenheft der nächsten Iteration übertragen werden. Dies führt zu einer Präzisierung sowohl der Kundenanforderungen als auch der technischen Lösung. Die Zielgrößen werden zwischen HoQ und Lastenheft mittels einem Quality-Gate geprüft. Abbildung 40 zeigt beispielhaft die möglichen Filterangaben, die sich einerseits aus Erkenntnissen der Qualitätstabellen ergeben und andererseits aus generellem ‚Erfahrungswissen‘. Durch die Referenzierung auf Erkenntnisse des Gesamtprozesses wird eine stetige Aktualisierung der Quality-Gates erreicht. Diese Verknüpfung erfolgt mit expliziter Nennung von Schnittstellen. Durch die Einarbeitung von Erfahrungen lassen sich beispielsweise Alternativen aufzeigen. In Form von Diagrammen ist für den Anwender ein schneller Vergleich z. B. von Kosten zweier Alternativen möglich.

Quality Gate	300.020	12. Juni 2008
Projekt:	Dissertation	Bearbeiter/in:
Gebäudebereich:	Hörsäle	Schoch
Qualitätsbereich:	Primärstruktur, Kosten, Leistungen	Material/Tragwerk/ICT

System	Material	Kosten (zzgl MwSt.) ◇	Bewertungs- diagramm	Kosten [%]	Alternativ ○ System
Schottenbau Im Raster aus Stahlbeton, mit Stahlbeton-plattendecken	Stahlbeton, schlaffe Bewehrung	Einheitspreis [€/m³] 490,-	---◇---	+13%	Massivholzelemente und BSH, Ingenieurmäßige Verbindungen.
		Gesamtpreis [€] 456'789,-	---◇---	+18%	
		Schnittstellen [€] 210'987,-	---◇---	+38%	
		Integrierter Brand- und Schallschutz, Umbau teuer.	100%	Leichtere Konstruktion, Mehraufwand für Brand- und Schallschutz, wenig thermische Speichermasse.	

Abbildung 40: Ein Quality-Gate, welches im Beispiel die Primärstruktur aufgrund der Qualitätstabellen spezifiziert und Alternativen angibt.

Die vorab geschilderten Zielgrößen können zeichnerisch dargestellt werden. Abbildung 41 zeigt eine mögliche Darstellung der Erkenntnisse aus der ersten Iteration des QFD.

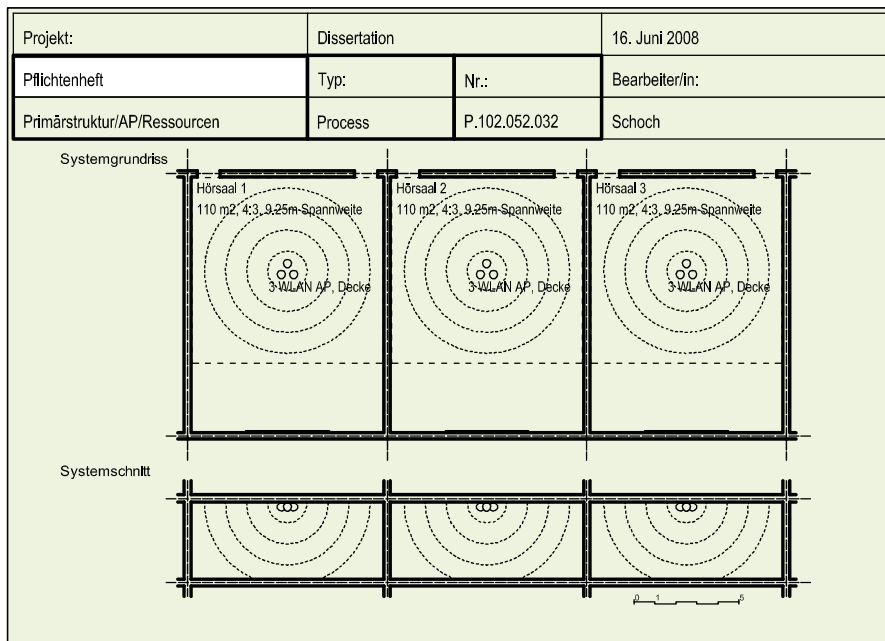


Abbildung 41: Beispielhafte Spezifikation der fiktiven Aufgabe unter Berücksichtigung der meisten Anforderungen.

4.4.3 Diskussion der Formalisierung

Das oben genannte Beispiel eines fiktiven Hörsaalentwurfes nutzt Werkzeuge und Methoden des japanischen QM. Vergleichbare Ergebnisse

erhält man durch strukturierte Überlegung und Integration von Erfahrungswissen.

Ein Beispiel erläutert dies: Die Definition des Primärtragwerks erfolgt an erster Stelle, da hier bereits ca. 30% der Erstellungskosten aufgewendet werden. Einsparungen an diesem Bauteil resultieren in vergleichsweise großen Kostenminderungen des Gesamtprojektes:

- Primärtragwerk
 - o Holzelementbau mit Brettschichtholzträger (BSH):
 - die Konstruktion ist leichter, kann vorgefertigt angeliefert werden, was in schnellerer Bauzeit resultiert.
 - sie kann ggf. einfacher Umgebaut werden
 - benötigt zusätzliche Maßnahmen für Brand- und Schallschutz an den Schnittstellen zu den Oberflächen
 - o Stahlbetonstruktur:
 - bei nicht vorgespannten Stahlbetondecken sind unterzugsfreie Deckenplatten ökonomisch. Ein ökonomisches Verhältnis von Kosten/Leistungsfähigkeit wird bei einachsiger Lastabtragung mit 9 bis 10 Metern Spannweite angenommen.
 - Stahlbeton ermöglicht durch die thermische Trägheit einen ausgleichenden Einfluss auf Belastungsspitzen der Raumtemperatur.
 - Stahlbetonwände sind am preiswertesten, wenn sie nirgends geschwächt werden und keine Aussparungen oder Perforationen ermöglichen.

Eine erste Abschätzung aufgrund von Erfahrungswerte legt die Vermutung nahe, dass das Primärtragwerk optimiert sein muss hinsichtlich seines Anteils an Stahl und einer vergleichsweise geringen Anzahl von Aussparungen. Kürzere Spannweiten führen zu geringeren Erstellungskosten. Da der Lebenszyklus einer Primärstruktur bei ca. 50 Jahren liegt, aber nur 20 Jahre für das gesamte Gebäude erwartet werden, sind die Kosten für die Primärstruktur stark zu reduzieren. Im Kontrast dazu stehen die erwarteten Lebenszyklen der Accesspoints mit ca. drei bis fünf Jahren. Unabhängig davon ist zu bemerken, dass die Erstellungskosten für eine Aussparung ein Bruchteil der Kosten eines Accesspoints darstellen, weshalb möglichst wenige Accesspoints verwendet werden sollten.

Das Ergebnis der Überlegung ist:

- Aufgrund der hohen Personendichte und der Anforderung an Schalldämmung bei gleichzeitig geringen Erstellungskosten und vergleichsweise kurzem gesamtem Lebenszyklus sollte eine Primärstruktur aus Stahlbeton gewählt werden. Eine Holzkonstruktion wäre ggf. wirtschaftlicher, hat aber höhere Aufwendungen bzgl. den Kundenanforderungen an Schutz und Sicherheit.
- Die Positionierung der Accesspoints könnte auch in Aussparungen in den Zwischenwänden anstatt in der Raummitte erfolgen. Dadurch könnten Accesspoints zwei Hörsäle gleichzeitig bedienen.

Allerdings sind durch die geringen Lebenszyklen und vergleichsweise hohem Wartungsbedarf der Technik öfters aufwändige Umbauten an den Brand- und Schallschutzabdeckungen der Aussparungen nötig.

Die systematische Bearbeitung von Kundenforderungen mittels Ubiomp-Kaizen ermittelt vergleichbare Ergebnisse wie sie die Abschätzung aufgrund von Erfahrungswerten liefert. Die Ermittlung der Qualität bisheriger Entwurfsmethoden ist aber nicht das Ziel dieser Arbeit, sondern die Verwendung japanischer QM-Methoden. So ist die Betrachtung einzelner Verhältnisse wie beispielsweise ‚Kosten je Aussparung‘ zu ‚Investition Accesspoints‘ in einer weiteren Iteration des QFD möglich. Im Ergebnis wird eine Funktionsfähigkeit des Ubiomp-Kaizen festgehalten. Es wird davon ausgegangen, dass auch komplexere Fragestellungen bearbeitet werden können.

Gleichzeitig zeigt das Beispiel des Ubiomp- Kaizen exemplarisch die Möglichkeiten und Einschränkungen der Werkzeuge des QM. So ist in Abbildung 34 zu sehen, dass die FMEA keine eindeutigen Ergebnisse zur Beeinflussung einer konkreten Problemstellung liefern kann.

Die Form und Struktur des dargestellten Ubiomp-Kaizen muss projektspezifisch den jeweiligen Anforderungen angepasst werden. Dieser „situative Ansatz in der Organisationstheorie geht davon aus, dass Organisationsstrukturen und -verhaltensweisen maßgeblich durch die jeweilige Situation der Organisation beeinflusst werden. Diese Situation wiederum ergibt sich aus diversen externen (beispielsweise Anzahl und Stärke der Wettbewerber, politische Vorgaben, Kundenstruktur) und internen (Aufgaben- beziehungsweise Produktkatalog, Alter, Größe etc.) Bedingungen der Organisation“³⁴⁴.

4.5 Integration in IFC und BIM

„Die ‚Industry Foundation Classes‘ (IFC) sind ein Standard im Bauwesen zur digitalen Beschreibung von Gebäudemodellen. Abgebildet werden die logischen Gebäudestrukturen (z.B. Fenster-Öffnung-Wand-Geschoss-Gebäude), zugehörige Eigenschaften (Attribute) sowie optionale Geometrie.“³⁴⁵ „Classes“ benennt informationstechnische Klassen, vergleichbar mit einem speziellen Datentyp, wie sie in der objektorientierten Programmierung vorkommen. Sie sind „ein abstrakter Oberbegriff für die Beschreibung der gemeinsamen Struktur und des gemeinsamen Verhaltens von Objekten (Klassifizierung)“³⁴⁶.

Ziel dieser standardisierten Gebäudebeschreibung ist, den Informationsaustausch zwischen den am Bau beteiligten Gruppierungen zu verbessern und zu vereinfachen. Dieses Qualitätsziel kommt dem Kontext

³⁴⁴ Deutsches Bundesministerium des Innern (BMI), „Handbuch für Organisationsuntersuchungen und Personalbedarfsermittlung“; <http://www.orghandbuch.de> : Juli 2008

³⁴⁵ Zitat aus http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Industry_Foundation_Classes&oldid=40747998 : Juni 2008

³⁴⁶ Zitat aus [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Klasse_\(objektorientierte_Programmierung\)&oldid=52323677](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Klasse_(objektorientierte_Programmierung)&oldid=52323677) : August 2008

der Arbeit sehr entgegen. Die IFC behandeln explizit das Thema des reduzierten Informationsverlustes an Schnittstellen.

Bereits 1989 hat Björk unterschiedliche Sichtweisen auf Gebäudedaten formuliert. Abbildung 42 zeigt die vielfältigen Arten der Darstellungen von Gebäudedaten. Björk bemerkt im Untertitel seiner Grafik, dass unterschiedliche Blickpunkte verschiedene Aspekte des Gebäudemodells zeigen, aber keines von Ihnen das gesamte Modell beschreiben³⁴⁷. Die geometrische Darstellung nimmt dabei nur eine Repräsentationsart unter vielen ein. Die verschiedenartigen Sichtweisen sind jeweils für spezifische Fachbereiche und Aufgabenstellungen des Gebäudeentwurfs optimiert.

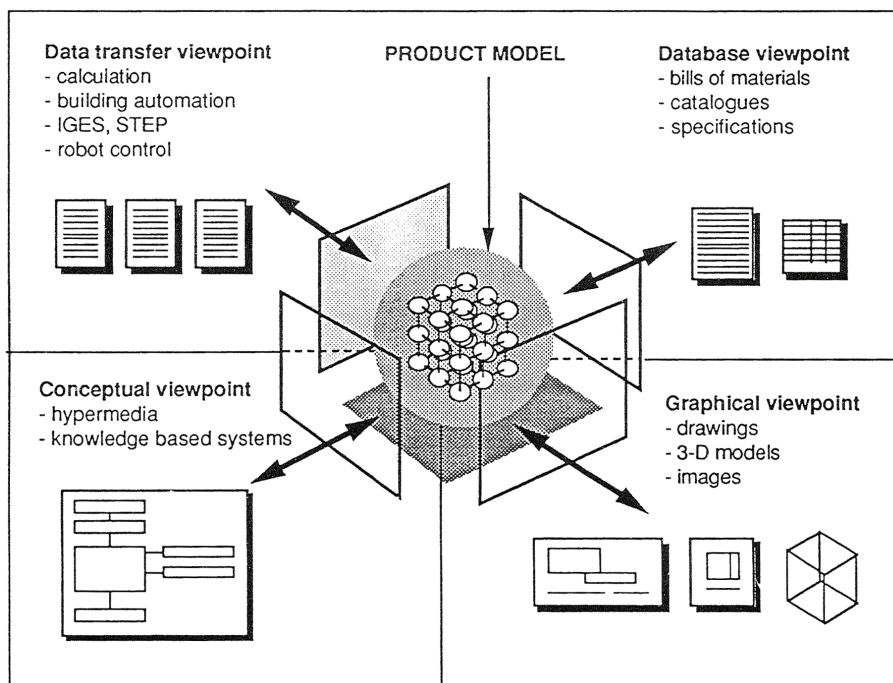


Abbildung 42: Lesearten der gebäudebezogenen Informationsdarstellung nach Björk. ³⁴⁸

Die Vielfalt der an Gebäuden beteiligten Fachbereiche ist auch an der steigenden Anzahl von Software erkennbar, welche die IFC als Schnittstelle integrieren³⁴⁹. Diese Produkte nutzten die strukturierte objektbezogene Beschreibung von Gebäuden beispielsweise zur Verwaltung existierender Gebäude, statischen Berechnung, energetischen Simulation, Kostenermittlung, Finanzierungen, etc.

Die IFC bilden die Basis für aufkommende Planungssoftware, welche zugleich parametrische Modelle in die logischen Strukturen integrieren. Die sog. Building-Information-Models (BIM)³⁵⁰ sind hierfür Beispiele. Sie verkörpern den holistischen Bearbeitungsansatz der Architektur. Allerdings

³⁴⁷ Bjoerk, B.; Seite 185

³⁴⁸ Quelle: Bjoerk, B.; Seite 185

³⁴⁹ Vgl. http://cic.vtt.fi/niai/software/IFC_software.htm%20 : Juli 2008;

<http://www.ifcwiki.org/> : Juli 2008

³⁵⁰ Vgl. Autodesk Building Industry Solutions, „White Paper Building Information Modeling“, 2002, http://www.laiserin.com/features/bim/autodesk_bim.pdf : März 2008

setzen sie logische Abhängigkeiten zwischen den Bauteilen voraus. BIM erweitert den Bereich des klassischen computergestützten architektonischen Entwurfs (Computer Aided Architektur Designs, bzw. CAAD).

Basierend auf den IFC-Definitionen hat die dänische BIPS-Initiative³⁵¹ eine verbindliche Projektbeschreibung entwickelt, welche ein normiertes Datenmodell zur Gebäudebeschreibung vorgibt. Für die Erlangung von Baugenehmigungen ist diese Projektbeschreibung teilweise verpflichtend anzuwenden³⁵².

Diese Arbeit nimmt die IFC in der Ausgabe 2.3 als Basis zur Integration der Anforderungen des UbiComp. Abbildung 43 zeigt den Aufbau über Hierarchien und Themen. Die Hierarchieebene ‚Domains‘ (Bereiche) beschreibt Themen wie Gebäudebetrieb (Building controls) oder statische Elemente (Structural Elements). Darunter folgt die Ebene der Interoperabilität, welche den thematischen Austausch zwischen den unterschiedlichen Domains beschreibt. Khemlani³⁵³ beschreibt anschaulich die technische Gliederung als Verbindung von konkreten Komponenten wie Wände, Türen und Möbel mit abstrakten Konzepten wie Aktivitäten, Räumen, Kosten, Organisation, etc.

³⁵¹ Vgl. <http://www.bips.dk> ; Feb. 2008; Vgl: <http://www.detdigitalebyggeri.dk/> : Juni 2008

³⁵² vgl. auch <http://www.bips.dk/Bips/DDF/Engelsk.htm> : Juni 2008;
<http://www.detdigitalebyggeri.dk/> : Juli 2008

³⁵³ Khemlani, L.

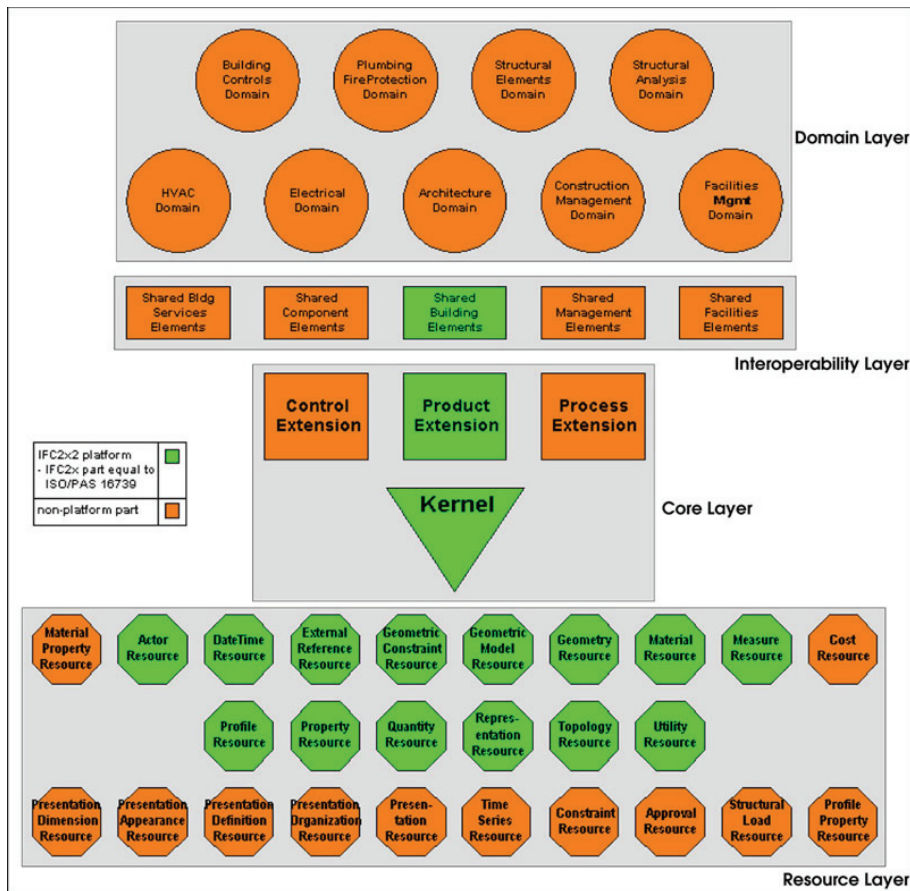


Abbildung 43: Die Architektur der 'Industry Foundation Classes' Ausgabe 2.3³⁵⁴.

Eine Integration der Anforderungen des Ubicomp wird beabsichtigt, da insbesondere dem hier entwickelten Ubicomp-Kaizen ein parametrisches Modell zugrunde liegt. Diese Grundlage ist mit der Basis der IFC vergleichbar, weshalb eine konzeptionelle Verbindung untersucht wird.

Es gibt weitere datentechnische Standards, welche heterogene Aspekte von Gebäuden beschreiben. Ein Beispiel hierfür ist das 'greenbuildingXML'³⁵⁵, welches als Datenmodell die Aspekte des nachhaltigen Gebäudeentwurfs strukturiert, um so den Einfluss von Entscheidungen des Gebäudeentwurfs auf die Betriebsphase erkennbar zu machen.

4.5.1 IFC und Ubicomp-Kaizen

Die Dokumentation der IFC³⁵⁶ erläutert die beabsichtigte Leistungsfähigkeit der Klassen. Daraus lassen sich die geplanten Einsatzgebiete der IFC im Bereich Gebäudeentwurf und -Betrieb untersuchen. Zunächst werden ausgewählte Klassen betrachtet, die dem Sinne des Ubicomp nahekommen. In einem nächsten Schritt wird evaluiert, in welchem Umfang eine mögliche

³⁵⁴ Quelle: <http://www.aecbytes.com/feature/2004/IFC-images/fig2.html> : Juli 2008

³⁵⁵ Vgl. <http://www.gbxml.org/schema.htm> : Mai 2008

³⁵⁶ Anmerkung: Die Definitionen finden sich beispielsweise unter: http://www.iai-international.org/Model/R2x3_final/index.htm : Juli 2008

Erweiterung der IFC notwendig ist, um die Anforderungen des Ubicomp und des Ubicomp-Kaizen zu integrieren.

Die nachfolgende Analyse beabsichtigt, die Leistungsfähigkeit des IFC im Sinne dieser Arbeit zu ermitteln. Dabei werden bewusst die IFC-Spezifikationen untersucht und nicht eine darauf aufbauende Applikation. Nachfolgend werden exemplarisch Klassen untersucht, welche in Beziehung zu Ubicomp stehen.

Die IFC-Entität ‚IfcRoleEnum‘ beschreibt die Rolle einer beteiligten Person. Aber sie führt standardmäßig nicht den Gebäude-Nutzer auf. Nutzer sind im Allgemeinen ein wichtiges Element im Gebäudebetrieb. ‚IfcRoleEnum‘ in Verbindung mit seiner höheren Klasse ‚IfcActorRole‘ wäre geeignet, Nutzer darzustellen. Ggf. könnte man den Typ ‚Userdefined‘ nutzen, um einzelne Nutzer darzustellen. Allerdings sind Nutzer ebenso vielfältig, weshalb eigene Klassen vorgeschlagen werden. Vordefinierte Rollen würden eine Integration vereinfachen. Die Betrachtung der personenbezogenen IFC-Klassen legt nahe, dass die in dieser Dissertation beschriebene Sicht auf Gebäude und Nutzereinflüsse nicht integriert ist, aber die Grundlagen bereits vorhanden sind³⁵⁷.

Aufzählungstypen wie ‚IfcConstraintEnum‘ erlauben beispielsweise die Beschreibung von Bedingungen zwischen anderen Elementen. ‚IfcBenchmarkEnum‘ erlaubt logische Vergleiche, welche beispielsweise wieder in den Wertungswerkzeugen wie HoQ bzw. Quality-Gates relevant sind. In Listen wie ‚IfcThermalLoadSourceEnum‘ können auch thermische Lasten von Personen angegeben werden. Diese können in Bezug zu einem Raum gesetzt werden. Betreffend der Hardware des Ubicomp sind Klassen wie ‚IfcSensorType‘ als Teil der Domain “Buildings Control” bereits im IFC-Standard enthalten, ebenso die sachverwandten Klassen ‚IfcActuatorType‘ und ‚IfcControllerType‘.

Allerdings wurde die Vernetzung im Sinne einer integrierten Planung einerseits und eines heterogenen Gebäudebetriebes andererseits auf der Basis der Errungenschaften des Ubicomp noch nicht berücksichtigt. Die derzeit vorgegebenen Arten von Reglern repräsentieren die Basisfunktionen, welche die Vielfältigkeit von digitalen Interaktionssystemen nicht wiedergeben kann. Die Klasse ‚IfcDistributionControlElementType‘ geht hier immerhin einen Schritt weiter und beschreibt das generelle Vorkommen von kontrollierenden Einheiten. Damit verbunden ist die Klasse ‚IfcRelAssociates‘, welche bewusst für die Verknüpfungen zu externen Informationsquellen integriert wurde. Die Integration der Gebäudetechnik scheint nur Ansätze der Auffassung von McHale³⁵⁸ zu berücksichtigen.

‚IfcResource‘ wiederum ist eine vielseitig verwendbare Klasse. Sie wird zur Referenzierung von nicht modellierten Dingen und von physischen Produkten, Personen, Organisationen, Materialien, etc.³⁵⁹ verwendet. Dieser Ansatz wird als Basis einer Betrachtung von Ressourcen im Sinne von Kapitel „3.3 Ressourcenmanagement“ gesehen.

³⁵⁷ Vgl. http://www.iai-international.org/Model/R2x3_final/ifcactorresource/diagrams/img/diagram0001.png : Juli 2008

³⁵⁸ Vgl. Abbildung 20

³⁵⁹ http://www.iai-international.org/Model/R2x3_final/ifckernel/lexical/ifcresource.htm

4.5.2 Domainerweiterung im Sinne des Ubicomp-Kaizen

Die Systematik einer Gebäudebeschreibung mittels IFC folgt teilweise den Kerneigenschaften des Kaizens. Dies betrifft insbesondere die hierarchische und synchronisierte Aufteilung eines Gebäudes in kleinere Einheiten. Die Synchronisierung erfolgt durch die Abhängigkeit von einer höheren Klasse sowie durch die Definition von Abhängigkeiten. Eine Unterscheidung von Prozessen und Operationen sind im Datenmodell allerdings nicht gegeben. Der notwendige Informationsfluss erfolgt üblicherweise in einer Software, welche das spezifische IFC-Modell verarbeitet.

Die Analyse legt nahe, dass im Kontext dieser Arbeit eine weitere Domain für Einflüsse des Ubicomp in die Spezifikation der IFC zu integrieren ist. Eine solche Domain ‚Ubicomp‘ integriert einige Klassen des bestehenden IFC und definiert zusätzlich neue Klassen. Zusätzlich werden die Domains „Building Controls“ und „Facility Management“ erweitert.

Unter Beachtung des ‚IFC 2x Property Set Development Guide‘³⁶⁰ lassen sich neue ‚Extensions‘ einarbeiten. Die neue Domain sollte einerseits die gemäß in dieser Dissertation verwendete Aufgabendefinition von Gebäuden wie Schutz und Sicherheit von Mensch und Ressourcen integrieren, ebenso die Eigenheiten von digital vernetzten Diensten. Die hier vorgeschlagenen Erweiterungen der IFC tragen dieser Forderung Rechnung. Eine Ausarbeitung der Klassen und Listen wird im Rahmen dieser Arbeit nicht angestrebt. Abbildung 44 zeigt in weißer Farbe die Positionen der Erweiterungen.

³⁶⁰ http://cic.vtt.fi/iai/IFCModelDevelopment/ProjectSupport/em/PDG/20010706_PsetDevGuide_D2.pdf : Juli 2008

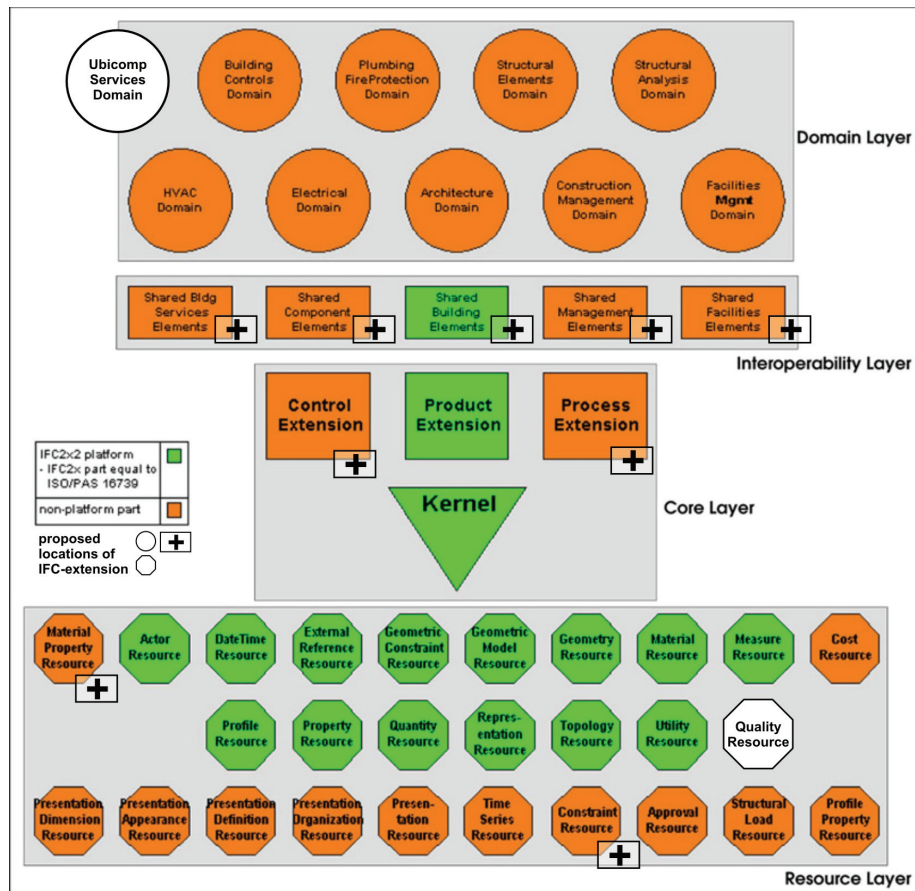


Abbildung 44: Vorschlag für Erweiterung der IFC. Die mit '+' markierten Bereiche sollten um Aspekte des Ressourcenmanagements, des QM und des Ubicomp samt Nutzerdiversifikation erweitert werden.



Abbildung 45: Elektronisches Informationssystem für Blinde im Sendai Media Centre, Sendai, Japan.

5. NACHWEIS

Das in Kapitel „4. Ausarbeitung des Ubiomp-Kaizen“ entwickelte und formalisierte Ubiomp-Kaizen ist ein Werkzeug, welches erfolgreich in den Entwurfsprozess von Hochschulgebäuden integriert werden kann. Ubiomp-Kaizen ist in der Lage Dienstleistungen und Geräte des Ubiomp zu analysieren und mit bisher üblichen Anforderungen des Gebäudeentwurfs zu verbinden. Die Anwendung sichert eine spezifische Qualitätsvorgabe in einem heterogenen Umfeld. Die Anforderungen des Ubiomp werden gleichbehandelt integriert.

Dennoch ist eine kritische Diskussion des Werkzeugs notwendig.

5.1 Nachweis im Gebäudeentwurf

In Kapitel „4.4.2 Konkretisierung“ wurde die Systematik des Ubiomp-Kaizen exemplarisch erläutert. Die beteiligten Werkzeuge interagierten und lieferten bereits in der ersten Iteration genauere Angaben für Pflichten- und Lastenhefte. Dieses Beispiel ist bereits ein erster positiver Nachweis der Leistungsfähigkeit eines Ubiomp-Kanban.

Der Nachweis der Funktionsfähigkeit des Ubiomp-Kaizen in der Praxis ist nur mit sehr großem Aufwand möglich, welcher den Rahmen dieser Dissertation überschreiten würde. Es müssten beispielsweise eine Vielzahl vergleichbarer akademischer Gebäude in vergleichbarem Kontext geplant und erstellt werden, um eine statistische Relevanz zu erhalten. Diese Art der Evaluation lässt sich in Mitteleuropa aufgrund der hohen Entwurfskosten und vergleichsweise geringen Projektanzahl nicht herbeiführen.

Der Nachweis der Leistungsfähigkeit wird durch Vergleiche mit Disziplinen erbracht, welche unter ähnlichen Prämissen arbeiten. Basierend auf Maier und Rehtin's Feststellungen³⁶¹ wird der Nachweis über Analogien und Metaphern geführt. Sie weisen nach, dass ein Prozess bei analogen Bedingungen vergleichbare Ergebnisse generiert.

5.1.1 Vergleichende Disziplin

Die Disziplin des Schiffbaus weist zahlreiche Analogien zum Entwurf akademischer Gebäude auf. Entwurf und Erstellung von größeren Schiffen ist die Fertigung von Unikaten mit erheblichen Investitionsrahmen. Es gibt zwar einige Schwesterschiffe, welche Primärstruktur, Gestalt und teilweise Ausbaustandard eines Vorgängerschiffes übernehmen. Allerdings gibt es nur wenige gleichartige Schiffe auf den Weltmeeren. Die meisten Schiffe werden deshalb individualisiert nach Kundenvorgaben und Rechtsvorschriften entwickelt und erstellt. Der Entwurfs- und Fertigungsprozess eines Schiffes ist gekennzeichnet durch eine Mischung aus industrieller Planung und Fertigung einerseits und handwerklicher manueller Tätigkeit andererseits. Diese Vermischung ist in der Größe des Projektes, seiner Verschiedenartigkeit der Bauteile und der Diversität der Lösungen begründet und dem Entwurf und der Erstellung von Gebäuden sehr ähnlich. Diese Ähnlichkeit beinhaltet auch die Problematik der

³⁶¹ Maier, M.; Rehtin, E.; Seiten 314ff

permanenten technischen Aktualität eines Schiffes bzw. eines Gebäudes. Selten entspricht die während der Planung berücksichtigte und integrierte Technik bei Inbetriebnahme eines Schiffes oder eines Gebäude dem fortgeschrittenen Wissensstand. Die Geschwindigkeit der Entwicklung von Technik und Wissen ist schneller als jene der Fertigung. Im Kontext des Gebäudeentwurfs hinkt die Erstellung den schnellen Entwicklungen der Gebäudetechnologie und des Ubicomp hinterher. Im Schiffsbau ist es u.a. die technische Ausrüstung, welche sich vergleichsweise schnell weiterentwickelt³⁶².

Stubbs³⁶³ erläutert, dass die Prinzipien des japanischen QM zwingend sind für die Durchführung eines erfolgreichen Werftbetriebs. Die damit verbundene Thematik der ‚schmale Produktion‘ (englisch ‚lean production‘) und der ‚schmalen Produktentwicklung‘ (englisch ‚lean product development‘) führt er als Werkzeuge zur Effizienz- und Qualitätssteigerung an. Auch die US-amerikanische ‚Lean Shipbuilding Initiative‘³⁶⁴ forciert die Einführung der ‚Lean Production‘. Damit verbunden ist die Produktplanung, Konstruktionsweise und die Arbeitsplanung. Das ‚National Shipbuilding Research Program‘ erwartete 2002 zwischen 20% und 33% Kosteneinsparung bei Anwendung einer ‚schmalen Produktion‘³⁶⁵. Dabei werden zur Erläuterung die Prinzipien nach Shingo zitiert, mit entgegengerichteter Fließrichtung von Material und Information. Der Bericht verweist auf japanische Werften, welche durch Anwendung der auf Kaizen basierenden Prinzipien zwischen 1960 und 1995 mehr als 250% Produktivitätssteigerung hatten. Die zitierten Prinzipien sind ‚Just-in-Time‘-Lieferung, Synchronisierung, Materialstaffelung, dedizierte Prozesse, eingebaute Qualitätskontrolle, visuelle Kontrolle und mehrfach ausgebildete Arbeiter.

Das US-amerikanische ‚National Institute of Standards and Technology‘ führt die Anwendung der Prinzipien des TPS als positives Beispiel an, welches Vorteile für Hersteller und Zulieferer generiert³⁶⁶. Als Nachweis des Erfolges wird der Schiffsherstellers ‚Northrop Grumman‘ genannt. Held erläutert am Beispiel der Lieferantenintegration im Schiffsbau, dass im Durchschnitt zwischen 10 und 20% Verbesserung von Kosten, Qualität, Leistung, Entwicklungskosten, Produktionskosten und Funktionalität im Schiffsbau zu erreichen sind³⁶⁷.

Die Prinzipien des TPS werden im Schiffsbau erfolgreich angewendet. Sie erreichen die Vorgaben an Qualität und Effizienz des Automobilbaus. Das TPS basiert primär auf den Prinzipien des Kaizen. Aufgrund des Erfolgs vergleichbarer Werkzeuge im Schiffsbau wird Ubicomp-Kaizen im Entwurf computerintegrierter Gebäude erfolgreich sein.

³⁶² Anmerkung: der Flugzeugträger USS Ronald Reagan der US Navy entsprach zum Zeitpunkt der Fertigstellung bereits nicht mehr der aktuellen Stand der Kriegstechnik; <http://www.wired.com/wired/archive/11.09/navy.html> : Juni 2008

³⁶³ Vgl. Zitat auf <http://www.sme.org/cgi-bin/get-newsletter.pl?LEAN&20040809&4&> : Juni 2008

³⁶⁴ Vgl. http://www.nsrp.org/Industry_Initiatives/lean_shipbuilding_initiative/lean/index.html : Juni 2008

³⁶⁵ Vgl. http://www.leanadvisors.com/success/US_LSI_PPT.pdf : Juni 2008

³⁶⁶ http://www.mep.nist.gov/documents/pdf/supply-chain-management/NGNN_story.pdf

³⁶⁷ Vgl. http://www.fh-joanneum.at/global/show_document.asp?id=aaaaaaaaabszne&download=1 : Juni 2008

5.2 Bewertung und Diskussion

Zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit des UbiComp-Kaizens wird ein Steuermodell mit zwei einfachen Zielen verwendet. Vergleichbar mit den vorab beschriebenen Hauptaufgaben von Gebäuden ‚Schutz‘ und ‚Sicherheit‘ werden zwei Zielvorgaben als Wertungskriterium festgelegt:

1. Jeder Nutzer im Gebäude soll zufrieden sein.
2. Die Investition in das Gebäude soll geschützt werden.

Regel eins steht über Regel zwei. Diese beiden einfachen Regeln haben im Resultat weit reichende Folgen für den Gebäudeentwurf. Sie illustrieren die Abhängigkeiten, Einflüsse und Einschränkungen, welche während des Gebäudeentwurfs zu berücksichtigen sind.

Beide Zielvorgaben sind Kundenanforderungen. Sie lösen Aktivitäten nach dem Hol-Prinzip aus. Im alltäglichen Betrieb kann die erste Anforderung nach ‚Zufriedenheit‘ zunächst über Komfortstandards definiert werden. Dazu sind die Grenzwerte nach thermischen, akustischen, visuellen und hygienischen Zielen zu definieren. Zur Einhaltung dieser Komfortstandards werden Ressourcenbedarfe ausgelöst. Es wird entweder gekühlt oder geheizt oder das Gebäude mit einer hochwertigen Gebäudehülle versehen, welche die Aufwendung materieller und finanzieller Ressourcen benötigt. Werden vom Nutzer Dienstleistungen wie beispielsweise Räume, Dienstleistungen oder bestimmte Infrastrukturen gefordert, kann das Gebäude diese nur dann anbieten, wenn sie in ausreichender Menge vorhanden sind.

Diese vielschichtigen Konfliktsituationen können unter Zuhilfenahme der japanischen QM-Methoden bewertet werden. Es kann nicht garantiert werden, dass immer eine Lösung der Konfliktsituation möglich ist. Auf der Basis der Wertungen können Entscheidungen beeinflusst werden. Die getätigten Entscheidungen haben selbst weitreichende Konsequenzen. Ob daraus immer eine Kundenzufriedenheit folgt, ist nicht garantiert. Allerdings können die Werkzeuge auf der Basis des japanischen QM auch die Unlösbarkeit einer Konfliktsituation formuliert werden.

Die japanischen QM-Methoden streben eine hohe Kundenzufriedenheit an. Mit zunehmender Präzisierung der Spezifikationen des Gebäudeentwurfs sind die Kundenanforderungen meist durch technische oder kalkulatorische Vorgaben definiert, die es zu erfüllen gilt. In der Phase des Gebäudebetriebs sind es mehrere Nutzer, die gleichzeitig das Gebäude nutzen. Es ist nicht geklärt, inwiefern bei einer Gleichzeitigkeit von heterogenen Kundenanforderungen eine volle Kundenzufriedenheit aller Beteiligten überhaupt möglich ist. Insbesondere da ein Gebäude kein ‚fertiges‘ Produkt ist. Das Facility Management (FM) als Verwaltungsinstanz der Gebäudedienstleistungen hat hierauf die Antworten zu geben. Es ist anzunehmen, dass zur Unterstützung der Entscheidungsprozesse des FM neben Simulationen auch die Werkzeuge des japanischen QM nutzbar sind. Als Schlussfolgerung der allgemeinen Konfliktsituation zwischen limitierten Ressourcen eines Gebäudes einerseits und stark divergierender Kundenanforderungen andererseits wird als primäre Kundenanforderung im Lastenheft des Gebäudeentwurfs die Flexibilität des Gebäudes und der Dienstleistungen gefordert. Diese Anforderungen fließen projektspezifisch in das Pflichtenheft ein.

Da die Eigenschaften des Gebäudeentwurfs und des japanischen QM starke Parallelen haben und in dem Gebäudeentwurf vergleichbaren Aufgaben seinen qualitätsverbessernden Einfluss bewies, ist Ubicomp-Kaizen ein veritables Werkzeug zur Integration von Anforderung des Ubicomp an den Gebäudeentwurf.



Abbildung 46: Beispiel eines eigentlich autonomen Reinigungsroboters, der zur Sicherheit noch von Menschen geführt wird. Expo in Aishi, Japan, 2005.

6. SCHLUSSFOLGERUNG UND AUSBLICK

UbiComp-Kaizen integriert die Prinzipien des Kaizen, indem es auf dessen Prinzipien und ausgewählte Werkzeuge zurückgreift. Es werden zudem Methoden aus der Phase der Produktentwicklung entnommen. Diese Komponenten halten dem heterogenen Umfeld des Gebäudeentwurfs stand. Die Integration des UbiComp-Kaizen in einen individualisierten und projektspezifischen Entwurfsprozess gibt Auskunft über die Einflüsse auf Gebäude und seine Bauteile. Das Ergebnis ist ein QM-Werkzeug zur Spezifizierung von Unikaten. Diese Spezifikationen sind immateriell.

Indem UbiComp zu einem Bauteil erklärt wird, wird es handhabbarer im Gebäudeentwurf. Im Ergebnis werden charakteristische Eigenschaften des UbiComp nicht verändert.

Die Weiterführung der Arbeit wird die Adaptionen an verschiedene kulturelle Vorgaben behandeln. Die Entwicklung eines entwurfsunterstützenden Systems würde eine praxisnahe Testumgebung ermöglichen. Diese Annahme basiert auf dem Vorschlag von Pfeiffer, digitale Werkzeuge zu nutzen, um einen „komplex iterativ-integralen“ Planungs- und Bauprozess zu ermöglichen³⁶⁸.

³⁶⁸ Vgl. Pfeiffer, M.; in Wolkenkuckucksheim, 4. Jg., Heft 1, April 1999, <http://www.tu-cottbus.de/Theo/wolke/deu/Themen/991/Pfeiffer/pfeiffer.html> : August 2008

BIBLIOGRAPHIE

- Akao, Y., Liesegang, G. (Hrsg.); „QFD - Quality Function Deployment / Yoji Akao“, Übersetzung aus dem Amerikanischen von Prof. Günter Liesegang; verlag moderne industrie, Landsberg/Lech, 1992; ISBN: 3-478-91020-6
- Albon et. al.; „Using Remote Access to Scientific Instrumentation to Create Authentic Learning Activities in Pharmaceutical Analysis“, in American Journal of Pharmaceutical Education, 2006 Oktober 15; 70(5): 121; <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1636997#B4> : Mai 2008
- Bauer, Möslle, Schwarz; „Green Building - Konzepte für nachhaltige Architektur“, Callwey Verlag, München, 2007; ISBN-13: 978-3766717030
- Becker, Fricker, Helm, Hovestadt, Mehta, Mueller, Rüdener, Schindler, Schoch, Schürch, Segerer, Wojcik; „ESG-Pavillon - Digitale Technologien beim Entwerfen und Produzieren“, in DETAIL 12/2004, „Mikroarchitektur“, 2004.
- Berners-Lee, T., Hendler, J. und Lassila, O.: „The Semantic Web - eine neue Form von Web Content, sinnvoll zu Computern wird das Auslösen einer Revolution von neuen Möglichkeiten“, im Scientific American, May 17, 2001
- Bjoerk, Bo-Christer; in „Advances in Engineering Software“, 1989, Vol. 11, No. 4, Elsevier; und <http://lib.tkk.fi/Diss/199X/isbn9513860302/article2.pdf> : Juli 2008
- Blaser, W.; „West meets East“, Birkhäuser, Basel, 1996; ISBN-10: 3764354305
- Brunner, F.; „Japanische Erfolgskonzepte“, Hanser, München; 2008; ISBN-13 978-3446415270
- Chmella-Emrich, E.; „Die Entwicklung der Wohnung durch IuK - Optionen der Informations- und Kommunikationstechnologie für das Wohnen von Morgen“, Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Darmstadt; 1999
- Daniels, K.; „Gebäudetechnik - Ein Leitfaden für Architekten und Ingenieure“, 1996, Oldenbourg Verlag, München und vdf Hochschulverlag AG, Zürich; ISBN-10 3486262483
- Daniels, K.; „Technologie des ökologischen Bauens“, Birkhäuser, Basel; 1999; ISBN-10: 376436131X
- Dennett, D. C.; 'Darwin's dangerous idea : evolution and the meanings of life'; Penguin Press, Harmondsworth, 1995; ISBN 0-713-99090-2
- Deplazes, A.; "Architektur konstruieren. Vom Rohmaterial zum Bauwerk : ein Handbuch", Birkhäuser, Basel; 2. Auflage, 2005; ISBN-13: 978-3-7643-7313-9
- Dexheimer, T.; „Kontextorientierte Dienste für Intranet-basierte Gebäudeinformationssysteme“, Diplomarbeit TU Darmstadt, Fachbereich Informatik, 2003; http://www.sec.informatik.tu-darmstadt.de/pages/dipl/docs/finished/dexheimer_diplom.pdf : Juli 2008
- Furugaki, et. al., Innovation in Software Development Process by Introducing Toyota Production System, Fujitsu Software Technologies; <http://www.fujitsu.com/downloads/MAG/vol43-1/paper16.pdf> : Juli 2008
- Focus.de : http://www.focus.de/finanzen/news/handel_aid_113774.html : Dez. 2007
- Garcés, D., Krohn, A., Schoch, O.; „Energy Management in Buildings with Sensor Networks“, Poster Abstract and live-demonstration during 'Wireless Sensor Network Third European Workshop, EWSN 2006, Zurich, Switzerland, February 2006, Römer, Karl, Mattern (Eds.), Technical Report TR 507, Seiten 54f, Department of Computer Science, ETH Zurich; <ftp://ftp.inf.ethz.ch/pub/publications/tech-reports/5xx/507.pdf> : Jan. 2008
- Geiger, G., Hering, E., Kummer, R.; Kanban, Carl Hanser Verlag, München, 2003; ISBN-13: 978-3446218949
- Gibson, D., Aldrich, C., Prensky, M. (eds.); "Games and Simulations in Online Learning: Research and Development Frameworks". Information Science Publishin / Idea Group Publishing, Hershey, PA, 2007; ISBN: 1-59904-305-X
- Guallart, V. (ed.); "Media House Project"; Actar Coac Assn of Catalan Arc, Barcelona, 2005; ISBN: 84-609-0865-8
- Hovestadt, L.; Hovestadt, V.; Friedrichs, K.; Bahr, K.; Burkhardt, H.; Reinema, R.; Streitz, N.; Nabert, U.; „Das Kooperative Gebäude“, ifib, Universität Karlsruhe; 1996; <http://digbib.ubka.uni-karlsruhe.de/volltexte/361596> : August 2008

- Höger, K. (Hrsg.), und Christiaanse, K. (Hrsg.): 2007, Campus und die Stadt - Urban Design für die Wissensgesellschaft, gta-Verlag, Zürich.
- Imai, M.; "Kaizen. Der Schlüssel zum Erfolg der Japaner im Wettbewerb"; Langen Müller Herbig, München, 1992; ISBN-13: 978-3784472874
- Junghans, L.; 2005, "Klimagerechte Bürohausfassaden. Wege zur Reduzierung des Energiebedarfs in den Tropen und Subtropen.", Dissertation, 2005; <http://e-collection.ethbib.ethz.ch/view/eth:27847> : August 2008
- Lampugnani, V., Keller, T., Buser, B., Tempest, N.; „Städtische Dichte“; Nzz Libro, Zürich; 2007; ISBN-13: 978-3038232919
- Lang, S.; „The Impact of Video Systems on Architecture“, Diss. ETH. No. 15739, 2004
- Li, B.; Schoch, O.; “Computer Aided Housing Generation with Customized Generic Software Tools”; Proceedings of 5th China Urban Housing Conference 2005, Hong Kong, China; <http://chi.arch.cuhk.edu.hk/chi2005/>
- Liker, Jeffrey K.; Der Toyota-Weg : 14 Managementprinzipien des weltweit erfolgreichsten Automobilkonzerns / , 4., leicht veränd. Aufl.; FinanzBuch-Verlag, München; 2007; Reihe Financial Times Deutschland; Originaltitel 'The Toyota way'; ISBN 978-3-89879-188-5
- Kell, A.; <http://www.ibexcellence.org/images/pdfs/akbeijing05paper.pdf> : Juli 2008
- Khemlani, L.; <http://www.aecbytes.com/feature/2004/IFCmodel.html> : Juli 2008
- Kohler, N.; ifib, Universität Karlsruhe, “Life Cycle Models of Buildings – a new approach”, 1997, http://www.ifib.uni-karlsruhe.de/web/ifib_dokumente/downloads/CF97a.pdf : November 2007
- Maier, M., Rechtin, E.; „The Art of Systems Architecting“, 2nd edition; CRC Press, Boca Raton; 2000; ISBN-10 0849304407
- Mallick, V., Geschäftsführer Performance Buildings AG, Interview; 19. Nov. 2007, Zürich.
- Masing; Pfeifer, T., Schmitt R. (Hrsg.); „Masing - Handbuch Qualitätsmanagement“, Hanser, München; 2007; ISBN 3-446-40752-9
- Mattern, F. (Hrsg.); Die Informatisierung des Alltags, Leben in smarten Umgebungen; ; 2007, Springer, Berlin; ISBN 978-3-540-71454-5; bzw. <http://books.google.de/books?id=OeOV0GFnrXMC> : April 2008
- McHale, 1989, <http://www.ibexcellence.org/images/pdfs/akbeijing05paper.pdf>, Seite 3.
- Meyer-Meierling, P.: 1999, Gesamtleitung von Bauten. Ein Lehrbuch der Projektsteuerung, Hochschulverlag vdf benennt ein der ETH-Zürich Zürich, Zürich. S. 399
- Morgan, J., Liker, J.; "The Toyota Product Development System: Integrating People, Process and Technology"; Productivity Press, New York, 2006, ISBN-13: 978-1563272820
- Moschath, M.-L.: „Kontextabhängige Zugriffskontrolle für Anwendungen im Ubiquitous Computing“ Dissertation, Vorgelegt am Fachbereich Informatik, Technischen Universität Darmstadt, Juli 2002; <http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/333/1/Moschath-Diss.pdf> : Sept. 2008
- Nagel, U.; "Facility Management: Ein Praxishandbuch für Architekten und Bauingenieure"; Birkhäuser, Basel, Boston, Berlin, 2007, ISBN-13: 978-3764380830
- Nerdinger, W. (Hrsg.); "Baumschlager - Eberle 2002-2007: Architektur, Menschen und Ressourcen / Architecture, People and Resources"; Springer, Wien, 2007; ISBN-13: 978-3211714683
- Neufert, E.; "Bauentwurfslehre. Grundlagen, Normen, Vorschriften über Anlage, Bau, Gestaltung, Raumbedarf, Raumbeziehungen, Maße für Gebäude, Räume, Einrichtungen, Geräte ... Bauherren, Lehrenden und Lernende"; Vieweg Verlag; 34. Auflage, 1996; ISBN 3-528-68651
- Novatlantis, Publikation „Smarter Living“, 2005, http://www.novatlantis.ch/fileadmin/downloads/2000watt/leichterleben_dt.pdf : März 2008
- Ohno, T.: Das Toyota Produktions System, Campus Verlag, Frankfurt / Main, New York. 1993, ISBN 3-593-37801-9
- Pae, K., Ahas, R., Mark U. (eds.); "Joint space : open source on mobile positioning and urban studies", Positium OÜ 2006, Tallin; ISBN-13: 978-9949-13-771-8
- Pfeifer, T.; „Qualitätsmanagement. Strategien, Methoden, Techniken“; Hanser, München, 2001; ISBN-13 978-3446215153
- Piller, F.; „Mass Customization. Ein wettbewerbsstrategisches Konzept im Informationszeitalter“; 4. Auflage; Gabler, Wiesbaden, 2006; ; ISBN-13 978-3835003552
- Preisig, H.; http://www.hansruedipreisig.ch/forschung/images/snarc_deutsch.pdf : Aug. 2008

- Richner, P., Eidgenössische Materialprüfanstalt EMPA, Schweiz, http://www.bauenschweiz.ch/html/06_download/files/public/Parlamentarier-Anlass%202007/peter_richner.pdf : Juli 2008
- Rode, A.; "Vitruvius Des Marcus Vitruvius Pollio Baukunst", 1796; <http://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/vitruvius1796a/0036> : August 2008
- Russel, P.: 2003, Understanding Virtual, Proceedings der SIGraDi 2003, Rosario Argentinien. S. 36
- Schmitt, G. [1]; "Architectura et machina : computer aided architectural design und virtuelle Architektur", Vieweg, Braunschweig, 1993; ISBN-10 3-528-08822-2
- Schmitt, G. [2]; "Microcomputer aided design for architects and designers", John Wiley & Sons, 1988; ISBN-10 0-471-61876-4
- Schoch, O. [1]; Nachdiplomarbeit ETH Zürich, Departement Architektur, ETH Wohnforum, Professor Dietmar Eberle; „Der gestalterische Einfluss der Anwendung digital vernetzter Gebäude- und Medientechnik auf Wohnungen“, Zürich, 13. Januar 2005; <http://e-collection.ethbib.ethz.ch/view/eth:30642> : Aug. 2008
- Schoch, O. [2]; "Applying a Digital Chain in Teaching CAAD and CAAM", Digital Design: The Quest for New Paradigms [23nd eCAADe Conference Proceedings / ISBN 0-9541183-2-4] Lisbon (Portugal) 21-24 September 2005, pp. 125-129 und http://cumincad.scix.net/cgi-bin/works/Show?2005_125 : Aug 2008
- Schoch, O., Li, B.; „Computer aided housing generation with customized generic software tools“, China Urban Housing Conference, Hong Kong, 2005; <http://e-collection.ethbib.ethz.ch/view/eth:30105> : Aug 2008
- Schoch, O. [1]; "Teaching Pervasive Computing for Architects - A simple but powerful building simulator explaining the potential and power of pervasive computing through hands-on exercises", Communicating Space(s) [24th eCAADe Conference Proceedings / ISBN 0-9541183-5-9] Volos (Greece) 6-9 September 2006, pp. 176-179 und http://cumincad.scix.net/cgi-bin/works/Show?2006_176 : Aug 2008
- Schoch, O. [2]; "My Building is my Display - omnipresent graphical output as hybrid communicators", Communicating Space(s) [24th eCAADe Conference Proceedings / ISBN 0-9541183-5-9] Volos (Greece) 6-9 September 2006, pp. 610-616 und http://cumincad.scix.net/cgi-bin/works/Show?2006_610 : Aug 2008
- Schoch, O. [3]; "Applying digital smart Technologies for a sustainable Architecture: Pervasive computing allows the design of sustainable architecture", CAADRIA 2006 [Proceedings of the 11th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia] Kumamoto (Japan) March 30th - April 2nd 2006, 261-268 und http://cumincad.scix.net/cgi-bin/works/Show?caadria2006_261 : Aug 2008
- Schoch, O. [1]; „Challenges of Media Integrated Architecture“, Predicting the Future [25th eCAADe Conference Proceedings / ISBN 978-0-9541183-6-5] Frankfurt am Main (Germany) 26-29 September 2007, pp. 575-580 und http://cumincad.scix.net/cgi-bin/works/Show?ecaade2007_197 : Aug 2008
- Schoch, O. [2]; „Location Based Edutainment in Physical Space: Contextualized Edutainment Using Digital Media“, in Proceedings of DACH Digital Application in Cultural Heritage (DACH) 2007; National Center for Research and Preservation of Cultural Properties (NCRPCP), Tainan, Taiwan.
- Schoch, O. [3]; di Pietro, G.; Zehnder, K.; „Looking at Your Monument from Your Office Desk“, in Proceedings of DACH Digital Application in Cultural Heritage (DACH) 2007; National Center for Research and Preservation of Cultural Properties (NCRPCP), Tainan, Taiwan.
- Schoch, O. [4]; „The Categorisation of Data from Smart Buildings for a positive Sustainable Application“, CAADRIA 2007 [Proceedings of the 12th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia] Nanjing (China) 19-21 April 2007 und http://cumincad.scix.net/cgi-bin/works/Show?caadria2007_309 : Aug 2008
- Schoch, O., Russell, P.; „Kanban as a Supporting Tool for the SUSTAINABLE Design and Operation of Smart Buildings - The potential of the Toyota Production System in Architecture“, CAADRIA 2008 [Proceedings of the 13th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia] Chiang Mai (Thailand) 9-12 April 2008, pp. 68-74 und http://cumincad.scix.net/cgi-bin/works/Show?caadria2008_8_session1b_068 : Aug 2008
- Shingo, S., „A Study des Toyota Production System“, Productivity Press, Portland, 1989; ISBN-10 0-915299-17-8

- SIA 971; Schweizer Ingenieur und Architekten Verein "Bauen nach SMART", 1998, http://www.webnorm.ch/ProduktDetail.aspx?Produkt_ID=95f8e2ab-1a63-4c8c-b548-a3a1816e3005#95f8e2ab-1a63-4c8c-b548-a3a1816e3005 : Juli 2008
- Staub, R., et. al.; „GNI-Handbuch der Raumautomation Gebäudetechnik mit Standardsystemen“, AZ-Verlag, Aarau, 1999, ISBN 3-905214-33-4
- Strauss et. al.; „Knowledge Spaces: Cultural Education in the Media Age“ in: Ghaoui, C. (Hrsg.) „E-Education Applications“, 2004; und Fraunhofer Institut für Medienkommunikation, <http://netzspannung.org/about/tools/intro> : August 2006
- TAUCIS, „TAUCIS Technikfolgenabschätzung Ubiquitäres Computing und Informationelle Selbstbestimmung“, Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2006; http://www.bmbf.de/pub/ita_taucis.pdf : August 2008
- Theodoridis, S. und Koutroumbas, K.: 2006, Pattern Recognition (3. Auflage), Academic Press, London. S. 42.
- von Borries, Walz, Böttger (Hrsg.); "Space Time Play: Synergies Between Computer Games, Architecture and Urbanism", Birkhäuser, Basel, Boston, Berlin, 2007; ISBN-13: 978-3764384142
- Wallbaum; Dieckmann; Russell; Stachelhaus; "Who's on Campus: A Campus-Wide Location System" in GI Jahrestagung (2) 2004.
- Weiser, Mark; The Computer for the 21st Century, Scientific American Special Issue Kommunikation, Computer und Netzwerke, September, 1991
- Walz, S., Schoch, O., Ochsendorf, M., Spindler, T.; "Serious Fun: Pervasive game design as a CAAD teaching and research method", Digital Design: The Quest for New Paradigms [23rd eCAADe Conference Proceedings / ISBN 0-9541183-2-4] Lisbon (Portugal) 21-24 September 2005, pp. 279-286 und http://cumincad.scix.net/cgi-bin/works/Show?2005_279
- Wang, K., Franklin, M.: 1997, Highly Accurate Data Value Prediction mit Heterogen Predictors in Proceedings der 30. jährlichen ACM / IEEE internationalen Symposium über die Microarchitecture, Research Triangle Park. S. 281
- Wildemann, H., http://www.tcw.de/uploads/html/publikationen/standpunkte/files/Artikel_27_Kunden.pdf : Juli 2008

BILDNACHWEISE

Falls nicht anders angegeben, wurden die Bilder und Grafiken durch den Autor erstellt. Die Rechte der Inhaber der anderen Grafiken und Bilder werden respektiert und sind in Folgepublikationen durch Dritte ebenso zu respektieren.

URHEBER- UND MARKENRECHTE

Es wird darauf hingewiesen, dass genannte Firmen-, System- und Markennamen sowie Produktbezeichnungen in der Regel marken-, patent- oder warenrechtlichem Schutz unterliegen und den jeweiligen Eignern gehören. Diese Rechte der Inhaber sind in Folgepublikationen durch Dritte ebenso zu respektieren.

Diese Arbeit unterliegt dem Urheberschutz. Der Autor hat das Urheberrecht.

This work is protected by international copyright. The owner of the copyright is the author.

本著作版权受到保护.

ANHANG A

Ausgewählte Beispiele von Arbeiten mit direkter Beteiligung des Autors.

A.1 EWSN Installation

Im Rahmen der Konferenz 'European Conference on Wireless Sensor Networks' (EWSN)³⁶⁹ 2006 in Zürich wurde unter Leitung der Professur für CAAD der ETH Zürich in Zusammenarbeit mit dem Industriepartner Particle Computers³⁷⁰ und TECO der Universität Karlsruhe eine verteiltes, drahtloses Sensor-Netzwerk installiert³⁷¹, welches Helligkeit und Temperatur feinmaschig aufzeichnete. Die Abstände der Sensoren waren ca. 5 bis 7 Meter³⁷².

Im Ergebnis wurde festgestellt, dass einige signifikante Temperaturabfälle vorauszusagen waren, da sie in Zeitpunkt und Ort mit Aktivitäten des Veranstaltungsprogramms übereinstimmten. Ein Temperaturabfall wird als Wärmeenergiebedarf interpretiert. Eine feinteilige Optimierung der Ressourcenverteilung scheint dadurch möglich. Zusätzlich wurde die These formuliert, dass sich durch Zusammenführung heterogener Informationen eine Voraussage über den Ressourcenbedarf erstellen lässt.

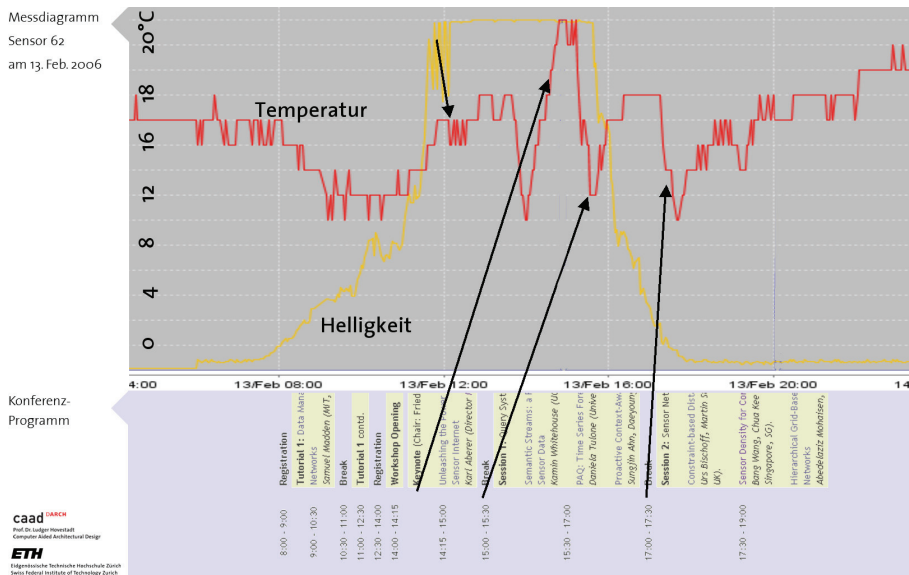


Abbildung A.1.1: Analyse des Sensors Nr. 56 in Korrelation mit dem im Vorfeld bekannten Veranstaltungsprogramm.

³⁶⁹ Vgl. <http://www.ewsn.org> : Juni 2008

³⁷⁰ Vgl. <http://www.particle-computer.de> : Juni 2008

³⁷¹ Anmerkung: Eine Zusammenfassung wurde veröffentlicht:

<http://www.teco.edu/~krohn/ewsn06.pdf> : März 2007

³⁷² Anmerkung: Die Dokumentation der Veranstaltung befindet sich unter

<http://www.building-ip.ethz.ch/researchprojects/sensorspace-ewsn06> : Juni 2008

A.2 ETHWorld Projekt Building IP – Hörsaal der Zukunft

Das ETH-World Projekt „Building IP – Hörsaal der Zukunft“ untersuchte von 2003 bis 2006 an der Professur für CAAD, Departement Architektur der ETH Zürich, die Anwendungsmöglichkeiten und Einschränkungen digital vernetzter Gebäude- und Medientechnik an Hochschulen. Der Autor dieser Dissertation war während dieser Zeit Leiter des Forschungsprojektes.

„ETH World unterstützt einerseits Projekte zur Entwicklung neuer Formen der Kommunikation und Kollaboration für Lehre, Lernen, Forschung und Dienstleistungen. Andererseits werden in Projekten die Grundlagen der durchgängigen Informations- und Kommunikationsinfrastruktur – der ‚Infostruktur‘ – von ETH World bereitgestellt. Sie ermöglichen ETH-weite neue Dienstleistungen, welche einen breiten praktischen Nutzen bringen.“³⁷³

Zahlreiche Einzelthemen wurden im Rahmen des Projektes „Building IP – Hörsaal der Zukunft“ untersucht. Hierzu wurde u.a. eine eigenständige Middleware auf der Basis von JAVA, OSGi und SOAP erstellt. Durch die Integration in physische Räume und reale Nutzungsszenarien konnten wertvolle Ergebnisse gesammelt werden.

Nachfolgend werden exemplarisch Beispiele erläutert, welche im Kontext dieser Arbeit zitiert werden

A.2.1 Digitales Türschild

Ein flexibles Raummanagement erlaubt eine höhere Auslastung bestehender Flächen. Insbesondere im Unterrichtsbetrieb der Hochschulen ist selten zu Semesterbeginn die Belegung einer jeden einzelnen Vorlesung bekannt. Überlicherweise nimmt die Belegungsanzahl während des Semesters ab. Selten wird die Größe des Vorlesungsraumes dieser Veränderung angepasst.

Durch Nutzung eines vernetzten Managementsystems kann die Raumzuteilung flexibel bis wenige Minuten vor Veranstaltungsbeginn erfolgen. Voraussetzung ist, dass die Räume jene mediale Ausstattungen haben, welche der Dozent wünscht.

Durch elektronische Grafikdisplays an den Türen können Veränderungen und hybride Inhalte dargestellt werden. Die Nutzer der Hörsäle werden somit bewusst zu Kunden des Flächenmanagements. Neuartige Dienstleistungen wie ein Live-Bild aus dem Hörsaal ermöglicht einen störungsfreieren Betrieb, da die visuelle Absicherung der Studierenden durch störendes Öffnen der Hörsaaltüren verringert wird.

Die elektronsichen Displays können auch andere Information wie Aktualitäten, Branding oder Fluchtweginformationen darstellen. Abbildung A.2.1.1 zeigt Beispiele der prototypischen Installation.

³⁷³ Anmerkung: Mehr Informationen zu den Projekten ist zu finden unter http://www.ethworld.ethz.ch/projects/index_DE : August 2008



Abbildung A.2.1.1 Beispiele möglicher Bildschirmhalte eines digitalen Türschildes an den Hörsälen der ETH Zürich. Die Inhalte können entweder durch berührungssensitive Bildschirme gewechselt werden, oder haben eine automatische Steuerung, die auf Intervalle oder Ereignisse reagiert. Die Inhalte können Bilder aus der aktuellen Vorlesung sein oder an lokale Situationen adaptierte Fluchtweghinweise.

A.2.2 tRoom in HIL E69.1

Der ‚tRoom‘ wurde als Kooperation zwischen der Professur für CAAD, Departement Architektur der ETH Zürich mit dem ETHWorld Organisationsbüro erarbeitet. Ziel war eine reale Nutzung der aktuellen Medientechnik im studentischen Alltag.

Hierzu wurde ein bestehender Seminarraum mit bereits vorhandenem Computerpool mit vernetzten Geräten und Diensten ergänzt. Studierende konnten auch mit ihrem eigenen Notebook die Dienstleistungen nutzen. Parallel wurde eine mobile Version der Installation erstellt, welche die Dienstleistungen an beliebigen Orten zur Verfügung stellte.

Die geplanten Dienstleistungen sind u.a.:

- Screenshots der Beamer-Präsentation des Dozenten.
- Live-Übertragung von Handskizzen an beliebige Gruppenmitglieder an beliebigem Ort mit Internetanschluss
- Live-Übertragung des Tafelmitschriebs und individuelle Erstellung von Standbildern/Screenshots.
- Versand des eigenen Bildschirminhalts an ausgewählte Partner ohne Installation von Software auf dem persönlichen Rechner.

Abbildung A.2.2.1 zeigt das Installationsschema mit Geräten und Leitungsführung. Die Systematik, Inhaltsdefinition und Umsetzung wurde geplant in Zusammenarbeit mit Torsten Spindler, Tobias Wunden, Benjamin Stäger, Anders Hagström und Michele de Lorenzi.

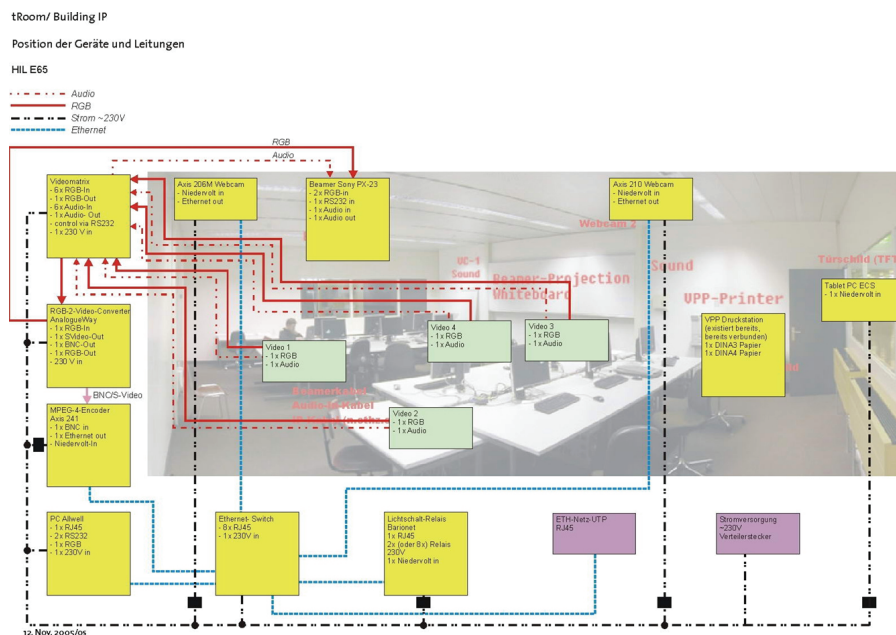


Abbildung A.2.2.1: Installationsschema tRoom in bestehenden Seminarraum der ETH Zürich.

A.3 Villa Garbald, Schweiz

Die Professur für CAAD der ETH Zürich wurde beauftragt, gemeinsam die Integration der digitalen Gebäudeautomation und vernetzter Medientechnik des Konferenzhotels ‚Villa Garbald‘ zu konzipieren und deren Installation zu betreuen.



Abbildung A.3.1: Außenansicht des Altbaus und des Neubaus (im Rohbau) der Villa Garbald.

Zielvorgaben waren die sanfte Aktualisierung des denkmalgeschützten Gebäudes und die möglichst unsichtbare Integration aktueller Technik in Alt- und Neubau. Zusammen mit dem Anschluss an das Netzwerk der ETH Zürich wurde ein durchgehendes System und die Integration der datentechnischen Vernetzung mit den Gebäuden der ETH in Zürich geschaffen. Die Villa Garbald rückt damit datentechnisch in die direkte Nachbarschaft der ETH.

Entwickelt wurde ein System, welches beispielsweise Lichttaster (Sensor) und Relais zur Leuchtenschaltung (Aktor) über Internettechnologie logisch verbindet. Sensor und Aktor sind entkoppelt und in ihren Abhängigkeiten jederzeit neu programmierbar. Die Kommunikation erfolgt durch digitale Steuersignale, wie sie im Internet verwendet werden. Durch das gewählte System spielt es zudem keine Rolle, ob eine Leuchte durch einen Lichttaster oder einen Mausklick geschaltet wird. Dies geschieht mit der Lichtsteuerung genauso wie mit komplexen Multimediageräten. Das System ermöglicht die Verknüpfung komplexer Technologien, die über eine einfache und intuitive Bedienung gesteuert werden. Die in der Villa Garbald verwendeten Technologien sind: Zugangskontrollsysteme, Temperatursteuerung, Fensterkontakte, Steuerung von Audio und Video, etc.

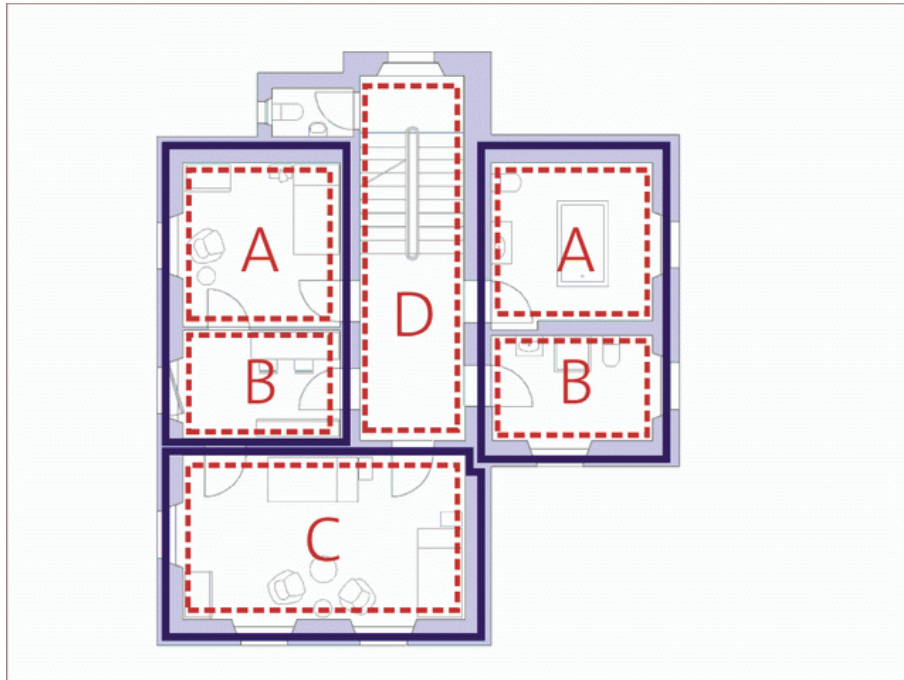


Abbildung A.3.2: Die modulare Topologie der technischen Installation bezieht sich auf das Raumvokabular des Entwerfers des Altbaus, Gottfried Sempers.



Abbildung A.3.3: Blick in ein technisiertes Schlafzimmer im Neubau. Medientechnik ist nicht sichtbar sondern nur durch ihre Dienstleistung wie Licht, Zutrittsfreigabe oder projiziertes Fernsehbild wahrzunehmen.

Alle Installationen können bei entsprechenden Berechtigungen von jedem Ort aus angesteuert werden, was z. B. auch eine Temperaturbeobachtung des alten Gebäudes von außerhalb zulässt. Dies kommt wiederum der Denkmalpflege zugute, die bei kritischen Temperaturwerten frühzeitig informiert werden kann.

Der Autor dieser Dissertation war Projektleiter für die Umsetzung der Aufgaben der Professur für CAAD, ETH Zürich.

A.4 Shangdi-MOMA, Peking

Im Norden Pekings wurde von 2004 bis 2008 ein Wohnbauprojekt mit über 900 Wohnungen realisiert. Kundenanforderung war die Nutzung digitaler Dienstleistungen.

Gemeinsam mit Fachplanern und den Architekten des Büros Baumschlager-Eberle wurde Konzepte zur Reduzierung des Primärenergiebedarfs für wärmebasierte Dienste entwickelt.

Das Konzept sieht eine modulare und skalierbare Integration von Wärmebedarfssensoren vor, welche den Bedarf an Warmwasser für Heizung oder Gebrauch an den Gebäudeanschlüssen oder den Etagenverteilern misst. Die Informationen über die aktuellen Bedarfswerte werden an die Heizzentrale übermittelt, die somit Information über den Warmwasserbedarf in naher Zukunft hat. Dadurch werden die Spitzen der Belastung gekappt und die Auslastung der Warmwassererzeuger optimiert.



Abbildung A.4.1: Außenansicht des Projektes ‚ShangdiMOMA‘ von Baumschlager-Eberle Architekten im Bauzustand.

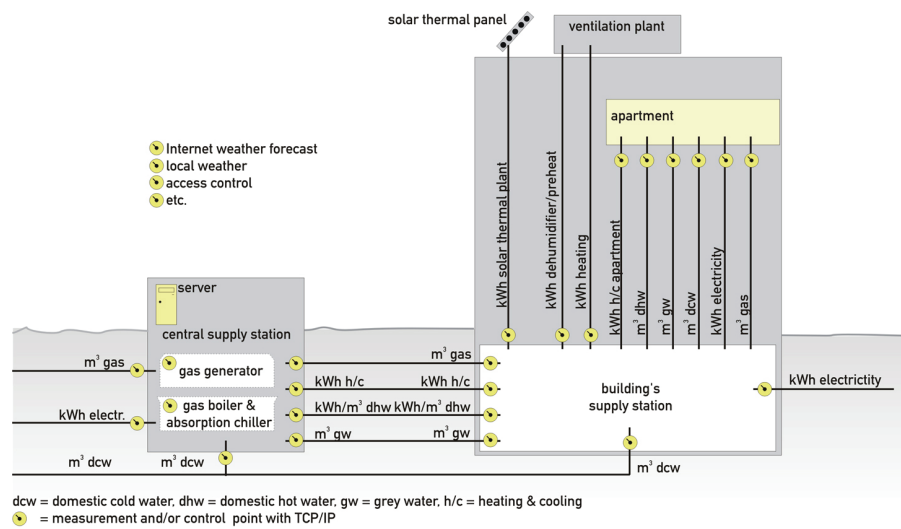


Abbildung A.4.2: Schema der Sensoren und Aktoren Konzept Shangdi-MOMA, Peking, Projekt des Architekturbüros Baumschlager-Eberle.

A.6 Blue-C-II

Die Projekte Blue-C und Blue-C-II³⁷⁴ der ETH Zürich ermöglichen videoimmersive Darstellungen und Interaktionen über Distanz. Kernelemente sind eine dreiseitige, begehbare CAVE™ zur stereoskopischen Darstellung von dreidimensionalen Objekten und Umgebungen, eine Echtzeit 3D-Bildakquisition über Videokameras und die Erkennung von Aktivitäten der Nutzer dieses Systems. Die Blue-C-Technologie und seine Dienste sind ein Beispiel für Ubicomp.

Der Autor dieser Dissertation bearbeitete als Teil eines Team die Thematik der Anwendungen. Im Kontext der gebauten Umwelt wurden Simulationen von Anwendungen entworfen. Die Szenarien finden in existierenden Gebäuden statt und basieren auf den Diensten ‚Erkennung von Gesten‘ und ‚freier Kamerafahrt‘. Die Szenarien wurden über Filme erarbeitet, um die Integration in die Umwelt und Funktionsweise darzustellen³⁷⁵. Sie zeigen, dass die Geräte des Ubiomp visuell verschwinden, aber den Nutzer in seinen Aktivitäten beeinflussen.

³⁷⁴ Vgl. <http://blue-c.ethz.ch>; <http://blue-c-ii.ethz.ch>

³⁷⁵ <http://www.building-ip.ethz.ch/researchprojects/blue-c-ii-a> : Juli 2008

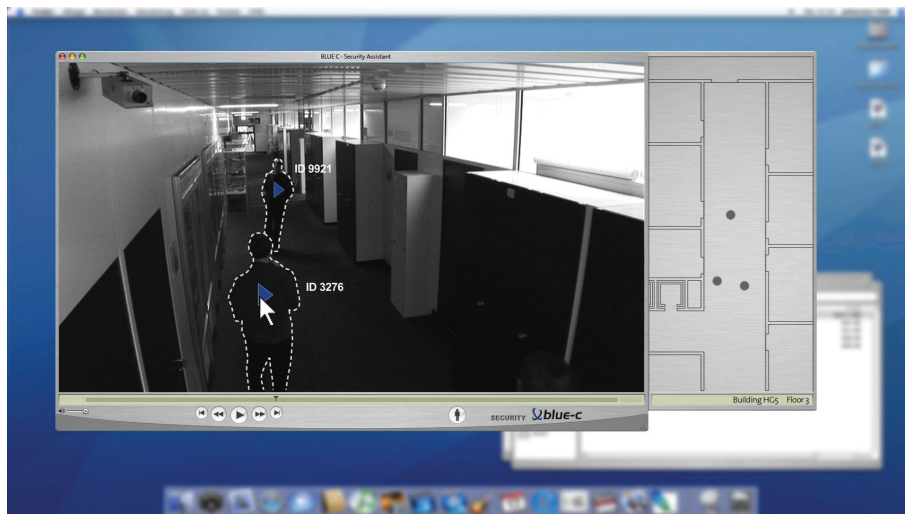


Abbildung A.6.1: Beispiel aus Szenario ‚Sicherheit‘. Über einen Browser können historische oder aktuelle Geschehnisse im Gebäude beobachtet werden, inkl. der Darstellung der Positionen der gefilmten Personen. Die freie Kamerafahrt ermöglicht die Darstellung der Person aus einem anderen Blickwinkel sowie die automatisierte Verfolgung der Bewegungen.

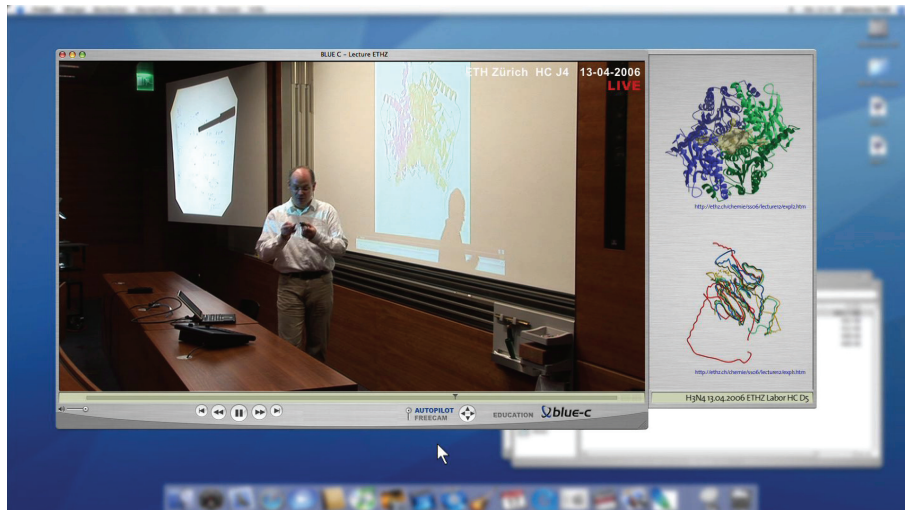


Abbildung A.6.2: Beispiel aus Szenario ‚Vorlesungssaal‘. Im Szenario wird den Nutzern im Vorlesungssaal oder an einem anderen Ort die Möglichkeit gegeben, mittels einer Software einen beliebigen virtuellen Sitzplatz im Raum einzunehmen, um so näher am Geschehen zu sein oder in der Zeit zurück zu gehen, um ggf. die Ereignisse aus einem anderen Blickwinkel zu wiederholen.

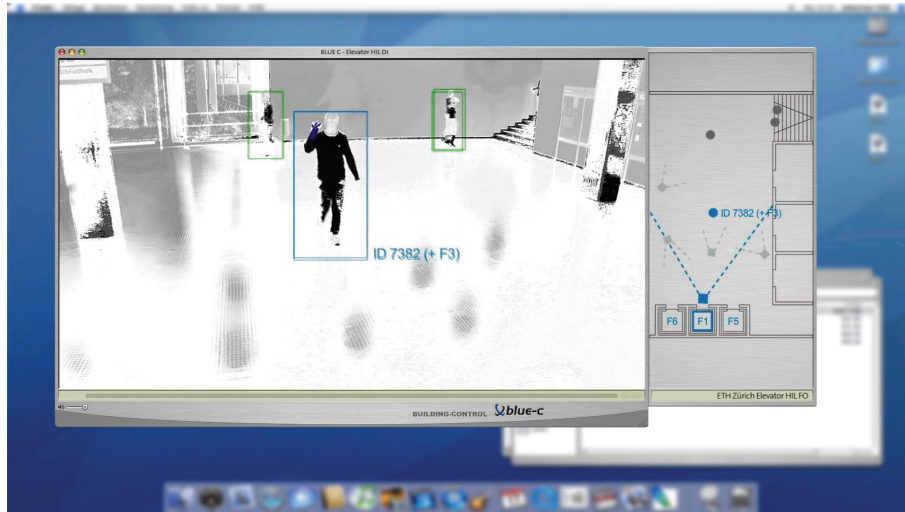


Abbildung A.6.3: Beispiel aus Szenario ‚Aufzugssteuerung‘. Die Dienstleistung ‚Gestenerkennung‘ des Gebäudes erkennt eine Person und deren Absicht in Bälde mit dem Aufzug in ein bestimmtes Gebäude zu fahren. Sowohl der Nutzer selbst als auch andere Nutzer profitieren von dieser Dienstleistung, da der individuelle Nutzer eine kürzere Wartezeit hat und bei grossen Gebäuden die Beförderungseffizienz vergrößert wird. Je nach Situation kann ggf. die Anzahl der Personenaufzüge reduziert werden.

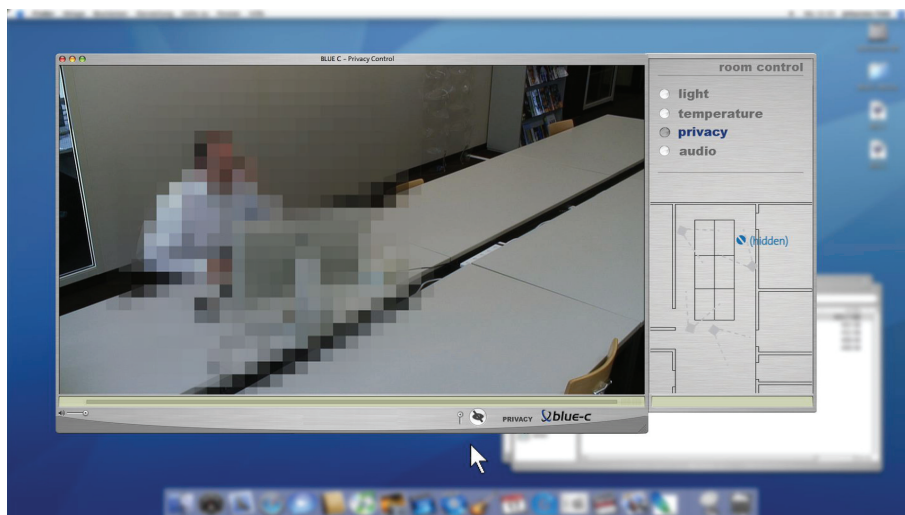


Abbildung A.6.4: Beispiel aus Szenario ‚Privatsphäre‘. Das Gebäude bietet seinen Nutzern an, individuelle Schwärzung der Überwachungsbilder zu veranlassen, unabhängig von der Bewegung und dem Aufenthaltsort der Person im Gebäude.

A.6 MAS Thesis Wohnforum

Der Autor dieser Dissertation verfasste 2005 eine Diplomarbeit zum Thema „Der gestalterische Einfluss der Anwendung digital vernetzter Gebäude- und Medientechnik auf Wohnungen.“ Am Wohnforum der ETH Zürich unter Leitung von Professor Dietmar Eberle. Ziel war die Ermittlung des Einflussgrades des Ubicomp auf die physisch-räumliche Gestalt von Wohnungen.

Im Ergebnis wurde festgehalten:

„Die Gestalt eines Wohngebäudes oder einer Wohnung ändert sich mit grosser Wahrscheinlichkeit, wenn hauptsächlich:

die neue Technologie objektgebunden ist

die neue Technologie primäre Konstruktionsänderungen erlaubt oder erfordert

die neue Technologie im Verhältnis preiswert ist

kulturell akzeptiert wird

Die Gestalt eines Wohngebäudes oder einer Wohnung ändert sich mit großer Wahrscheinlichkeit nicht, wenn:

- *die neue Technologie hauptsächlich immaterielle Dienstleistungen generiert.*³⁷⁶

Da Ubicomp vor allem durch immaterielle Dienstleistungen charakterisiert ist, wird ein geringer gestalterischer Einfluss auf ein Gebäude erwartet.

³⁷⁶ Schoch, O. [1], 2005.

ANHANG B

B.1 Rauminformationssystem der ETH Zürich.

Zum detaillierten Verständnis der Funktionsweise von Dienstleistungen des Ubicomp wird als Beispiel für ein angewandtes Facilitymanagement das Rauminformationssystem der ETH Zürich beschrieben. Es zeigt exemplarisch, dass einerseits über internetbasierte Darstellungen und Interaktionen benutzerdefinierte Informationen zusammengestellt werden, und dass die heterogene Informationskomponenten im Kontext zu höherwertigen Gesamtinformationen führt. Das Beispiel zeigt ein vorsortiertes Raumangebot, die angebotenen Ressourcen eines spezifischen Raumes und dessen zu erwartende Belegung.

Die Hochschule ermittelte den Bestand an Flächen, deren Ausstattung und Position in Datenbanken. Diese wurden verknüpft mit Datenbanken, welche Zeiten und Personen regelmäßiger Vorlesungsveranstaltungen verwalten, sowie einem individuellen Raumreservierungssystem, das einzelne Belegungen einpflegt. Eine weitere Verbindung besteht zur Datenbank der Dozenten, welche einen Raum buchen können. Die Darstellung auf diese heterogenen Informationen erfolgt über graphischen Webbrowser und kann weltweit über Internet abgefragt werden.

ETH Zürich - Unterrichts- und Sitzungsräume - Index

Alle Räume

Region / Areal: Zürich
 - Zentrum
 - Hönggerberg
 - Lindau Eschikon
 - Rüschlikon
 - Schlieren
 - Schwerzenbach
 - Utikon-Waldegg
 - Universität

Gebäude: HIL
 Geschoss: -
 Leitzahl: B, C, D

Übersicht: (66 Räume)

ID	Region	Areal	Geb.	Ges.	Raum	Raumtyp	Sitzplätze
HIL B 18.2	Zürich	Hönggerberg	HIL	B	18.2	Seminare / Kurse	32
HIL B 21	Zürich	Hönggerberg	HIL	B	21	Seminare / Kurse	40
HIL B 33	Zürich	Hönggerberg	HIL	B	33	Computer	-
HIL B 34	Zürich	Hönggerberg	HIL	B	34	Übungen	-
HIL B 37.1	Zürich	Hönggerberg	HIL	B	37.1	Werkstätten	-
HIL B 41	Zürich	Hönggerberg	HIL	B	41	Werkstätten	-
HIL C 10.2	Zürich	Hönggerberg	HIL	C	10.2	Seminare / Kurse	50
HIL C 10.3	Zürich	Hönggerberg	HIL	C	10.3	Sitzungszimmer	14
HIL C 15	Zürich	Hönggerberg	HIL	C	15	Zeichnen	-
HIL C 29	Zürich	Hönggerberg	HIL	C	29	Computer	-
HIL C 40.1	Zürich	Hönggerberg	HIL	C	40.1	Seminare / Kurse	22
HIL C 40.6	Zürich	Hönggerberg	HIL	C	40.6	Seminare / Kurse	24
HIL C 40.7	Zürich	Hönggerberg	HIL	C	40.7	Seminare / Kurse	16
HIL C 57.2	Zürich	Hönggerberg	HIL	C	57.2	Übungen	-
HIL C 57.3	Zürich	Hönggerberg	HIL	C	57.3	Übungen	-
HIL C 62.1	Zürich	Hönggerberg	HIL	C	62.1	Computer	-
HIL C 71.1	Zürich	Hönggerberg	HIL	C	71.1	Computer	-
HIL C 71.3	Zürich	Hönggerberg	HIL	C	71.3	Seminare / Kurse	30

ETH ZÜRICH
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zürich

UNTERRICHTS- UND SITZUNGSRÄUME

MyRooms (Räume meiner Organisationseinheit)
Raum: HIL E 10.1

Kontakt | Hilfe
Suche:

ETH Zürich - Unterrichtsräume - HIL E 10.1 - Übersicht

HIL E 10.1

Übersicht
 Unterrichtstechnik
 Bauliche Installationen
 Spezielle Unterrichtstechnik
 Ergänzungen

Zusammenfassung der Ausstattung des Raumes

Raumtyp	Seminare / Kurse
Sitzplätze	48
Zusätzliche Sitzplätze	-
Bestuhlung	Variable
Bodenfläche	98.09
Bodenform	Eben
Beamer	1
Diaprojektor mit Stangenmagazin	2
Dozentenpult	Vorhanden
Hellraumprojektoren	2
Monitore	1
Projektionsflächen	4
Projektionskorpus	Vorhanden
S-VHS Player rec.	1
Wandtafel	Manuell
Wandtafelgrösse in qm	6
Wandtafeloberfläche	Weiss

Verantwortliche
 Abt. Kontakt/Telefon
 Reserv. Sekretariat
 044 632 2069
 Bauten: Egon Dörmann
 27895
 Betrieb: DSC (Info und Service Center)
 Zuhler Markus Max
 25067

Belegungen der Woche ab:
 19 Jun 2008
 anzeigen

Lokalisierung:
 » Lageplan des Gebäudes
 » Grundriss des Geschosses

Interaktive Belegungsinformation und Reservationsmöglichkeit
 Bitte verwenden Sie die Applikation [Raumanfrage](#). (Wenn Sie diese Seite von der Applikation Raumanfrage aus aufgerufen haben, setzen Sie einfach Ihre Arbeitssession fort.)

© 2004 ETH Zürich | Impressum | 12.11.2004 | Version: **PROD WL54 2.3**

Belegungen des Raumes HIL E 10.1 für die Woche 16.06.2008 bis 22.06.2008

	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Samstag
7-8						
8-9						
9-10						
10-11						
11-12						
12-13						
13-14				Master of Adv. Studies in Hydraulic Eng. Burlando Paolo	Master of Adv. Studies in Hydraulic Eng. Burlando Paolo	
14-15						
15-16						
16-17						
17-18						
18-19						
19-20						
20-21						
21-22						

schliessen

Abbildung B1.1: Screenshots eines Rauminformationssystem mit Angabe zu Grösse und Belegung. Datenbankzugriff am 19. Juni 2008³⁷⁷.

³⁷⁷ Quelle: <http://www.rauminform.ethz.ch> : Juni 2008

B.2 Nachhaltigkeit Science City Schwerpunkte und Maßnahmen

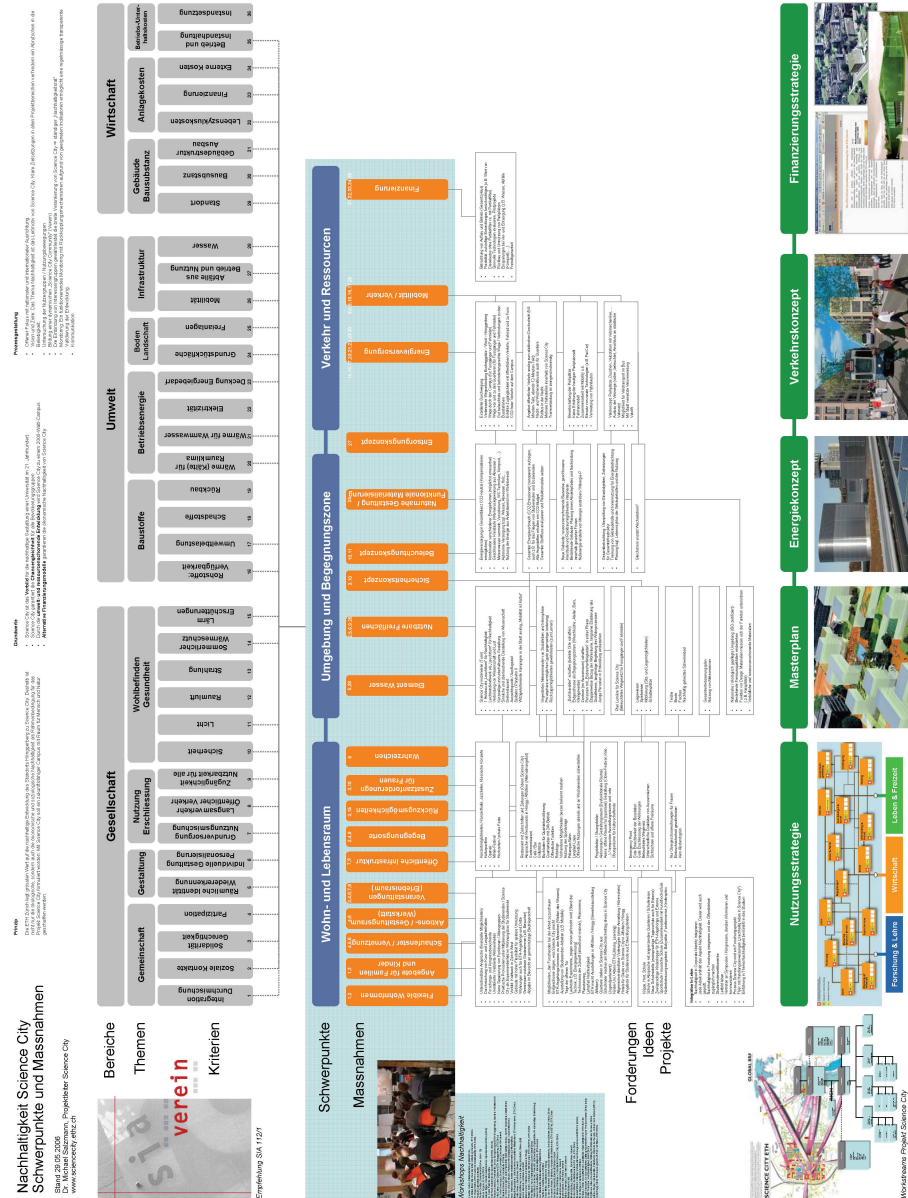


Abbildung B.2.1: 'Nachhaltigkeit Science City' der ETH Zürich. Die Darstellung von Schwerpunkten und Massnahmen, sowie deren Gliederung und Vernetzung mit Forderungen, Ideen und Projekten. Das zusammenfassende Diagramm gibt Einblick in die Breite von Aspekten der Nachhaltigkeit und erweitert die Sicht weg von rein energiebezogenen Werten auf eine holistische Betrachtung³⁷⁸.

³⁷⁸ Quelle der Grafik:
<http://www.sciencecity.ethz.ch/project/rahmenbedingungen/sustainability> : Sept. 2008

Lebenslauf

Name: Odilo SCHOCH
Geboren: 27. Oktober 1973 in Schwäbisch Hall
Staatsangehörigkeit: Deutsch

Werdegang

1993	Abitur, Gymnasium bei St. Michael, Schwäbisch Hall
1994-2001	Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) Zürich, Architekturstudium
1999	Austauschsemester an der Barlett School of Architecture, University College London (UCL), Unit 18, bei Prof. Colin Fournier, Dennis Crompton, Prof. Peter Cook.
2001	GramazioJörgensenKohler, Zürich, Anstellung als Projektarchitekt
2002-2006	Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) Zürich, Wissenschaftlicher Mitarbeiter bei Professor Dr. Ludger Hovestadt, Professur für CAAD, Departement Architektur
2003-2005	Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) Zürich, Nachdiplomstudium (Master of Advanced Studies) bei Professor Dietmar Eberle
2006-2008	Berater für Baumschlager-Eberle Architekten in St. Gallen und Peking
2008-	Assistenzprofessor an der Königlich Dänischen Kunstakademie, Architekturschule, Kopenhagen
2009	Promotion zum Dr.-Ing. an der RWTH Aachen, Fakultät für Architektur bei Universitätsprofessor M. Arch. Peter Russell.