

Technische Universität München

Fakultät für Architektur

- Homes 24 -

Zukunftsorientierte Fertigungs- und Montagekonzepte
im industriellen Wohnungsbau

Frank Prochiner

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Architektur der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktor-Ingenieurs genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. phil. Norbert Huse

Prüfer der Dissertation:

- 1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gerhard Hausladen**
- 2. Univ.-Prof. Dr. Ing. Rainer Barthel**

Die Dissertation wurde am 10.03.2006 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Architektur am 30.05.2006 angenommen.

Vorwort

Seit 1997 arbeitete ich als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Baurealisierung und Bauinformatik an der Technischen Universität München. Am Lehrstuhl von Prof. Dr. - Ing. Thomas Bock forschte ich fast 6 Jahre lang ausschließlich drittmittelfinanziert in den Bereichen Baurobotik, Automatisierung und industrielle Vorfertigung in der Architektur. Schwerpunkt war anfänglich die fertigungsorientierte Planung (FOP), sowie das sogenannte Robot Oriented Design (ROD).

Im Rahmen meiner Forschungsarbeit untersuchte ich Automatisierungssysteme im Wohnungsbau und den internationalen Stand der computerunterstützten Planung, sowie der automatisierten Fertigung. Dabei war der Vergleich von deutschen mit japanischen Fertigungssystemen und Fertighäusern wegweisend. Auf einer 14-tägigen Forschungsreise in Japan konnten wir die Systeme zum Teil im Baustelleneinsatz sehen und einige der größten und modernsten Fertighausfabriken der Welt besichtigen. In der vorliegenden Arbeit habe ich auf die ausführliche Dokumentation dieser japanischen Systeme verzichtet, um die Übersichtlichkeit insgesamt zu wahren. Die Übertragbarkeit dieser japanischen Systeme auf den europäischen Markt war ein weiterer Schwerpunkt meiner Forschungstätigkeit.

Im Vergleich zu europäischen Fertigungs- und Konstruktionsmethoden konnte ich so Entwicklungspotentiale für unsere Bauweisen erkennen. Daraus resultierten Erfindungen und die Entwicklung der technischen Umsetzung für den deutschen Markt. Die Erfindung der Schnellverbindertechnologie für das gleichzeitige Verbinden von Bauteilen und deren Installationen wurde im Jahr 2001 auf der Baumesse in München als Weltneuheit vorgestellt, 2002 für den Deutschen Zukunftspreis nominiert und ist mittlerweile in 42 Ländern patentiert und lizenziert. Meine Arbeitsweise bei der Entwicklung dieses Verfahrens und der Prototypen entsprach zunehmend der eines Produktdesigners. Durch computerunterstütztes Design wurden die Bauteile im gesamten Haussystem dreidimensional entworfen. Mit diesen 3-D-Daten konnten dann unter Verwendung des Rapid Prototyping erste Prototypen und Versuchswände hergestellt werden.

Ich beschäftige mich sowohl mit den theoretischen Themen und Methoden und dem Stand der Technik bei den maschinellen Prozessen in der Architektur, als auch mit deren praktischer Umsetzung auf CNC-gesteuerten Fertigungsanlagen in der Bauindustrie. Die Nutzung neuer Produktionsprozesse und Technologien, wie des Lasersintern, der Stereolithographie, des Fused Deposition Modeling, des 3D-Plotting und anderer Verfahren des Rapid Prototyping im architektonischen Entwurf, gehört mittlerweile zu meinem täglichen Arbeitsgebiet.

Diese Prozesse sind in der Architektur bisher kaum bekannt. Ich sehe ein großes Potential neuer Möglichkeiten, sie in der Architektur und bei der Entwicklung von Architekturkomponenten einzusetzen. In der vorliegenden Arbeit befasse ich mich mit den architektonischen Prozessen im Sektor des industriellen Wohnungsbaus: vom Entwurf, über die automatisierte Fertigung, bis zur Entwicklung von speziellen technischen Innovationen bei der Montage von Architekturelementen und Baukomponenten.

Wenn die Nutzung neuer Medien und Technologien im Bereich der maschinellen Prozesse bereits in der Lehre vermittelt werden kann, dann ergeben sich durch das computerunterstützte Entwerfen und die Entwicklung von Architekturkomponenten vielseitige neue Möglichkeiten für angehende Architekten. Die Vermittlung der theoretischen und methodischen Grundlagen erfordert neben der technischen Kompetenz und didaktischem Geschick auch geeignete Methoden.

Im Bereich der Lehre im Fach Baurealisierung und Bauinformatik an der TU-München war es neben der Leitung des Forschungsbereiches meine Aufgabe die Forschungsinhalte auch in Seminare, Übungen und Semesterarbeiten zu transferieren. Die sogenannte “Tortenübung“ und die “Freilandübung“ als Analogien zur realen Baurealisierung wurden mittlerweile zu einem über die Fakultät hinaus bekannten Klassiker am Lehrstuhl und dienen nun schon im sechsten Jahr zum spielerischen Einstieg der Studenten in das Thema der Vorfertigung, Automatisierung und Industrialisierung im Bauwesen. Die Arbeit am Lehrstuhl hat mich sehr erfüllt und wurde im Laufe der Zeit zu meiner Leidenschaft.

Meinem ehemaligen Doktorvater, Förderer, Lehrer und Freund, Herrn Professor Dr.-Ing. Thomas Bock, danke ich an dieser Stelle für das große Vertrauen und die selbstlose Unterstützung, die er mir bis zum September 2003 in jeder Hinsicht geben konnte. Für die große Hilfsbereitschaft bei der Fertigstellung der Arbeit danke ich Herrn Prof. Dr. -Ing. Gerhard Hausladen und Herrn Prof. Dr.-Ing. Rainer Barthel herzlichst.

Ich danke den Mitarbeitern der Verwaltung, den Professoren der Fakultät für Architektur und dem Präsidenten der TU-München, dass sie mich zur Durchführung dieser Arbeit motiviert und mich dabei unterstützt haben. Meine Hochachtung gilt hier besonders Herrn Prof. Junge, Herrn Günther und Frau Dr. Wagner, die sich nicht nur fachlich, sondern auch menschlich besonders auszeichnen.

Des weiteren gilt mein Dank den Projektpartnern beim Ministerium für Bildung und Forschung, BMBF, in Berlin, beim Projektträger BEO in Berlin, beim Wirtschafts- und beim Wissenschaftsministerium des Landes Bayern, beim Projektträger Flügge, bei der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung, DGFH, in München, bei den Fischerwerken und bei den Arbeitspartnern der zahlreichen Firmen, die mich über die Jahre bei der Umsetzung meiner Ideen unterstützt und motiviert haben und dies weiterhin tun. Ferner danke ich meinen treuen Beratern, Herrn Patentanwalt Schweizer, Herrn Dr. Riekert, Herrn Dr. Groß sowie Herrn Heribert Späth, Ehrenpräsident der Handwerkskammer München.

Einigen lieben Kollegen und wissenschaftlichen Hilfskräften danke ich besonders für die schöne gemeinsame Zeit, die gute und freundschaftliche Zusammenarbeit und für die Unterstützung zur Erreichung meiner wissenschaftlichen Ziele. Mein besonderer Dank gilt hier Herrn Hanser, der mir auch in schwierigen Zeiten dicht zur Seite stand.

Mein aller größter Dank gilt meiner Familie, die mich über einen langen Weg begleitet und gestärkt hat.

Reutlingen, Februar 2006

Frank Prochiner

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	7
1. Geschichtliche Entwicklung von Serienbauten	9
1.1 Beginn des Serienbaus in der Antike	9
1.2 Frühes und spätes Mittelalter	10
1.3 Serienhäuser des 18. und 19. Jahrhunderts	10
1.3.1 Militärische Verwendung von Serienbauten	10
1.3.2 Die Kolonialzeit und der Serienbau	10
1.3.3 Erste industrielle Serienhäuser aus Holz	11
1.3.4 Erste industrielle Serienhäuser aus Eisen	12
1.3.5 Erste Vorfertigungsmethoden aus Beton	13
1.3.6 Serienhäuser am Ende des 19. Jahrhunderts in den USA und in Europa	14
1.4 Serienhäuser des 20. Jahrhunderts	14
1.4.1 Serienhäuser von 1900 bis 1920	14
1.4.2 Serienhäuser von 1920 bis 1940	18
1.4.3 Serienhäuser von 1940 bis 1960	29
1.4.4 Serienhäuser von 1960 bis 1980	37
1.4.5 Serienhäuser von 1980 bis 2003	41
2. Stand der Technik im System- und Fertigbau	49
2.1 Definitionen und Begriffsbestimmungen	49
2.2 Stand der Industrialisierung im Wohnungs- und Fertigbau	52
2.2.1 Bedarfsanalyse für den kostengünstigen Systemfertigbau im Wohnungsbau	52
2.2.2 Kostengünstiges Bauen durch industrielle Vorfertigung	54
2.2.3 Standardisierung contra Individualisierung im vorgefertigten Wohnungsbau	54
2.2.4 Optimierung von Montage- und Produktionsabläufen zur Kostensenkung im System- und Fertighausbau	57
2.3 Stand der Automatisierung im Wohnungs- und Fertigbau	60
2.3.1 Steuerungssysteme zur Herstellung von Bauelementen aus Beton	62
2.3.2 Steuerungselemente zur Herstellung von Bauelementen in Ziegelbauweise	64
2.3.3 Teilautomatische Anlagen und Maschinen zur Fertigung von Betonfertigteilen	65
2.3.4 Betonfertigteilssysteme im Wohnungsbau	72

2.3.5	Bauverfahren im Mauerwerksbau	87
2.3.5.1	Verwendete Mauerwerkselemente	87
2.3.5.2	Handhabungstechnik, Automatisierungssysteme und Roboteranlagen	93
2.3.6	Bauverfahren im Holzbau	112
2.3.6.1	Holzbausysteme und verwendete Elemente	112
2.3.6.2	Automatisierungs- und Baurobotersysteme im Holzbau	120
2.3.7	Bauverfahren im Stahlbau	130
3.	Neue Konzepte und Entwicklungen für Fertigungs- und Montagesysteme im industriellen Wohnungsbau	141
3.1	Untersuchung bestehender Bauverfahren und Fertigungssysteme in Deutschland im Hinblick auf eine mögliche Automatisierung	141
3.1.1	Voraussetzungen für die Baurobotereinführung	141
3.1.2	Automatisierungspotential der einzelnen Gewerke	143
3.2	Bedeutung der automatisierten Vorfertigung im Bauwesen für den Arbeitsmarkt und das Berufsbild	158
3.3	Übertragungsmöglichkeiten der Entwicklungsprozesse aus dem Maschinen- und Fahrzeugbau auf das Bauwesen	163
3.4	Definition notwendiger Entwicklungsprozesse im Fertigbau	167
3.5	Entwicklung eines Schnellverbinders als Schlüsseltechnologie für den Holz-Systembau	169
3.5.1	Entwicklungsschritte hin zum Prototypenbau	171
3.5.2	Bildfolgen zu den Prototypen, Musterwänden und Vorserienmodellen	173
3.6	Zielvision 1: Optimierung der Montageprozesse auf der Baustelle	192
3.6.1	Montagezeitendiagramm und Bildfolge zum Aufbau eines Fertighauses	193
3.6.2	Potentialanalyse Leistungsphase 1: „Baustelle Einmessen und Einrichten“	198
3.6.3	Potentialanalyse Leistungsphase 2: „Wandmontage“	200
3.6.3.1	Neuentwickelte Justier-, Zentrier- und Fixiereinrichtung	201
3.6.3.2	Optimierung von Montagevorgängen mit Schnellverbindern	206
3.6.3.3	Neuentwicklung von Schwerlastverbindern	208
3.6.4	Potentialanalyse Leistungsphase 3: „Deckenmontage“	218
3.6.4.1	Analyse der einzelnen Deckensysteme	218
3.6.4.2	Entwicklung einer „Integrierten Verbundelementdecke“	223
3.7	Modifikation und Adaption der Entwicklungen für den Einsatz der Schnellverbindertechnologie im Fertiggellerbau bzw. Massivbau	231
3.7.1	Vorgaben für die Entwicklung eines steckfertigen Kellersystems	236
3.7.2	Konstruktionsvariante mit speziellen Schalelementen	237

3.7.3	Konstruktionsvariante mit dem Einsatz von modularen Schalungsbuchsen aus Kunststoff oder Metall	240
3.7.4	Entwicklung von Prototypen zur Erprobung der Systemkomponenten	242
3.8	Zielvision 2: Standardisierung und Kostenreduktion in der Installationstechnik	250
3.8.1	Elektroinstallationssysteme	251
3.8.1.1	Herkömmliche Leitungsverteilung und Bussystem in Verbindung mit der Schnellverbindertechnologie	253
3.8.1.2	Unterverteilersysteme zur Vorkonfektionierung von Elektroinstallationen	255
3.8.1.3	Entwicklung einer Piercingdose als Element eines standardisierten Elektroinstallationssystems	259
3.8.2	Sanitärinstallationssysteme – Installationskerne	270
3.8.2.1	Konstruktionsprinzipien und Bauformen von Installationskernen	270
3.8.2.2	Neuentwicklung eines modularen Kombikerns	276
3.8.2.3	Prinzip der Anbaumodule im Bad- und Küchenbereich	287
3.8.2.4	Integration unterschiedlicher Heizsysteme und Anforderungen der Lüftungstechnik	293
3.8.3	Heizkörpermontage mit der Schnellverbindertechnologie	300
3.9	Zielvision 3: Neue mobile Montagesysteme für den Innenausbau	307
3.9.1	Analyse bisheriger Wandsysteme	307
3.9.2	Entwicklung des „WaVaria“-Wandsystems	310
3.10	Kosteneinsparpotentiale durch die Schnellverbindertechnologie	319
3.11	Strukturelle, technische und planerische Voraussetzungen für die Automatisierung im Bauwesen	323
3.12	Neue Kooperationsformen durch die Veränderung der Produktions- und Montageprozesse im modernen Systembau	325
3.13	Vom Bauteilhersteller zum Systemanbieter und das System „Homes (24)“	331
3.14	Zusammenfassung und Ausblick	335
4.0	Literaturverzeichnis	342
5.0	Bildnachweise/Quellen	363

Einleitung

“Erst in der idealen Kombination der Anwendung aller Kenntnisse und Möglichkeiten der Technik, des Erkennens der Psyche des Menschen, seines Anspruchs und seiner fortschreitenden Urteilsfähigkeit wird sich der Bau formen, einfach, natürlich anonym und von allen verstanden, weil es den Gedanken der Zeit entspricht.“

Konrad Wachsmann 1959 in seinem Buch Wendepunkt im Bauen

Noch immer haben wir die drängende Frage nach dem Ausdruck unserer Zeit im Bauen nicht eindeutig beantworten können. Verwunderlich eigentlich, da es diese einmalige Zusammenfassung der aktuellen Ausgangsbedingungen eines neuen Anspruchs bereits seit 1959 zu lesen gibt.

Die Industrialisierung des Bauwesens, wie sie Jean Prouve und Konrad Wachsmann Ende der 50er-Jahre wieder gefordert haben, hat sich in der Zwischenzeit tatsächlich eher unbemerkt vollzogen. Alle Produkte, die heute zum Bauen verwendet werden, kommen aus Fabriken, die in hoher Stückzahl und auf hohem Niveau Fassaden- und Wandelemente, Beschläge und Verbindungsmittel aller Art produzieren. Dennoch werden diese Komponenten in der Regel auf der Baustelle handwerklich und wenig kontrollierbar zusammengefügt. Es fehlt grundsätzlich ein Konzept, nach dem die verwendeten Materialien zusammengefügt und angepasst werden, und die Entwicklung einer adäquaten Bauform.

Das Gebäude muss seinen Evolutionsprozess, ähnlich dem des Fahrzeugs, von der Kutsche bis zum Automobil fortführen. Ein Grund für die langsame Entwicklung des Bauens mag in der systemimmanenten Immobilität des Bauens und der Gebäude liegen. Ein weiterer Grund wird darin gesehen, dass es sich bei den Bauformen meist um die Stückzahl Eins handelt. Versuche in der Vergangenheit, das individuelle Haus durch bautechnisch und preislich überlegene aber standardisierte Systeme zu ersetzen, sind bisher weltweit nie durchschlagend gelungen.

Vielleicht behält Walter Gropius deshalb auch in Zukunft recht mit seiner Aussage von 1947, in der er wie folgt feststellte: “Das wahre Ziel der Vorfertigung ist gewiss nicht die ins Endlose geführte, blinde Vermehrung eines Haustypus; die Menschen werden immer gegen Versuche der Übermechanisierung rebellieren, die dem Leben widerspricht. Aber die Industrialisierung wird nicht an der Schwelle des Hauses haltmachen. Es bleibt uns keine Wahl, als die Herausforderung der Maschinen überall anzunehmen, bis wir sie unseren Lebensbedürfnissen unterworfen haben...”

Dieser Herausforderung möchte ich mich annehmen. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, Kenntnisse über den Geist der Pioniere des Fertigbaus, deren Geschichte und deren technische Möglichkeiten zu analysieren und zu verstehen. Darauf aufbauend versuche ich, die Gedanken unserer Zeit zu lesen, die heutigen Technologien und Möglichkeiten zur technischen Umsetzung zu analysieren, um selbst Konzepte und eigene Antworten zum Wendepunkt des Bauens zu entwickeln. Die Arbeit umfasst dementsprechend drei Kapitel.

Das erste Kapitel befasst sich mit der geschichtlichen Entwicklung von Serienbauten von der Antike bis ins 21. Jahrhundert. Die Betrachtung reicht dabei von den ersten gesicherten Nachrichten von Serienbauten, über die Werke der weltbekannten Pioniere wie Wachsmann, Prouve und Gropius, bis zu den gegenwärtigen Systemen und Entwicklungen. Die einzelnen Serienhäuser von 1900 bis 2003 sind mit ihren Besonderheiten jeweils kurz beschrieben. Anhand dieser chronologischen Dokumentation wird die internationale Entwicklung des Serienbaus verdeutlicht.

Im zweiten Kapitel wird auf den aktuellen Stand der Industrialisierung und der Automatisierung im Wohnungs- und Fertigungsbau eingegangen. Einführend stehen Definitionen und Begriffsbestimmungen. Nach einer Bedarfsanalyse folgt die Auseinandersetzung mit zwei zentralen Eigenschaften des Systemfertigbaus bzw. der industriellen Vorfertigung: einerseits die dadurch mögliche, erhebliche Senkung der Baukosten und andererseits die damit verbundene Standardisierung.

Für die Materialbereiche Beton, Stein, Holz und Stahl werden im weiteren Verlauf des Kapitels Bauverfahren und Fertigungsmethoden dargestellt und bewertet. Innerhalb dieser Materialgruppen wird der Stand der Technik bei den Fertigungs- und Montageverfahren beschrieben, aus produkttechnischer und aus produktionstechnischer Sicht. Die sich aufdrängende Frage nach der möglichen bzw. sinnvollen zunehmenden Automatisierung beantwortete ich für die einzelnen Gewerke.

Das dritte Kapitel beginnt mit der Untersuchung bestehender Bauverfahren und Fertigungssysteme in Deutschland im Hinblick auf eine mögliche Automatisierung. Nach der Darstellung von Auswirkungen der Vorfertigung im Bauwesen auf den Arbeitsmarkt und das Berufsbild, werden Übertragungsmöglichkeiten von Entwicklungsprozessen im Fahrzeugbau auf das Bauwesen aufgezeigt.

Ausgehend von der Entwicklung eines Schnellverbinders als Schlüsseltechnologie für den Holz-Systembau werden zwei Zielvisionen und technische Ziele definiert, die das Produkt Haus optimieren. Die erste Zielvision verfolgt die Optimierung der Montageprozesse auf der Baustelle. Die zweite Zielvision beinhaltet die Standardisierung der Installationstechnik. Es wird systematisch dargestellt, wie die Einzelentwicklungen ausgehend von den beiden Zielvisionen nach dem Durchlaufen einer Analyse- und Bewertungsphase in Entwicklungsprozessen entstehen. Die verschiedenen technischen Einzelinnovationen werden ausführlich und detailliert beschrieben und in Abbildungen veranschaulicht.

Nach der zusammenfassenden Darstellung der Voraussetzungen für die Automatisierung im Bauwesen werden Wege zu neuen Kooperationsformen im modernen Systembau erörtert. Die Kooperation aller am Bau Beteiligten ist von zentraler Bedeutung für eine erfolgreiche Umsetzung der beschriebenen Fertigungs- und Montagekonzepte. Es folgt die Beschreibung des Entwicklungsprozesses vom Bauteilhersteller zum Systemanbieter. In diesem Zusammenhang wird das System „Homes (24)“ vorgestellt. Die Arbeit schließt mit einer Zusammenfassung zu den Kernaussagen vor dem aktuellen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Geschehen und mit einem Ausblick auf erforderliche zukünftige Entwicklungen im deutschen Bauwesen, z.B. im Bereich Bauforschung.

1. Geschichtliche Entwicklung von Serienbauten

1.1 Beginn des Serienbaus in der Antike

Früh begann der Mensch Materialien zu bearbeiten und in Form zu bringen, um sie beim Bau von Unterkünften zu verwenden. Im Laufe der Zeit entwickelte sich eine Baukultur, die auf Erfahrungen von Jahrtausenden zurückgriff und sich langsam aber stetig weiterentwickelte.

Ungefähr 4000 v. Chr. wurden die ersten Lehmziegel in Mesopotamien geformt und an der Sonne getrocknet. Diese Tonziegel sind erste Anfänge einer handwerklichen Vorfertigung. Der Tonziegel brachte viele Vorteile. Man konnte relativ schnell große trockene Wände hochmauern. Das Aufteilen der Tonmasse in kleine Ziegelemente, ergab eine höhere Festigkeit, und die Geometrie des Ziegels ermöglichte gleiche Wandstärken, rechte Winkel in den Grundrissen, sowie eine bessere Baukalkulierung. Die Pyramiden und Tempelanlagen in Ägypten konnten nur durch Vorfertigung realisiert werden. Die Steinquader und Säulenelemente wurden im Steinbruch behauen, wodurch Lagerung und Transport vereinfacht wurden. Durch feste Abmaße der Steine, konnte eine noch nie gekannte Maßgenauigkeit gehalten werden, die diese Anlagen überhaupt erst möglich machte. Auch die Trennung und die Organisation der Arbeitsbereiche von mehr als 10.000 Arbeitern wurde durch die Vorfertigung der Steine erleichtert. Materialbestände waren leicht ablesbar und die Bauabschlüsse der einzelnen Etappen konnten präzise vorbestimmt werden, so dass nie zu wenig oder zu viel Material auf den Baustellen lagerte.

Viele Technologien wurden entwickelt, ergänzten sich gegenseitig und brachten neue Technologien hervor. Künstlich hergestellte Materialien, wie z.B. Bronze oder Eisen ermöglichten neue Verbindungen. Die griechischen Tempelbauten der Antike, gelten als klassisches Beispiel der frühen Vorfertigung. Große Elemente, wie Balken oder Säulen, wurden im Steinbruch vorgefertigt und als Fertigteile zur Baustelle transportiert. Auf der Baustelle wurden die Elemente nachgearbeitet und mit Hilfe von Klammern aus Bronze oder Eisen zusammengefügt. Prof. Dr. -Ing. Thomas Bock schreibt in seiner Vorlesung hier zu: *„In der Bucht von Tunis wurde ein Schiffswrack aus Römerzeiten gefunden mit Bauelementen aus Marmor für einen Tempel. Mit den Säulen und dem plastischen Schmuck einschließlich der Statuen.[...] Es gab also neben den vielen bekannten römischen Manufakturen, die Gebrauchsgüter und Kunstgegenstände in Serie fertigten, auch solche, die Bauelemente herstellten und verfrachteten.“*¹

Festzustellen ist auch ein festes Maßsystem, welches sich aus traditionellen und ästhetischen Gesichtspunkten bildete. Dieses Maßsystem, welches den gesamten Aufbau vom Element, bis zum Grundriss des Gebäudes umfasst, beinhaltet so schon wichtige Grundlagen des modernen Systembaus².

¹ Bock, Thomas, Vorlesung zum Fach Baurealisierung / Informatik, Internet www.tu-muenchen.de

² vgl. Bock Thomas, Vorlesung zum Fach Baurealisierung / Informatik, Internet www.tu-muenchen.de, S. 4

1.2 Frühes und spätes Mittelalter

Die erste gesicherte Überlieferung eines Serienbaus geht auf das 12. Jahrhundert in Japan zurück. Es handelt sich um eine zerlegbare und auf zwei Handkarren transportierbare Holzhütte. Die Hütte umfasste eine Grundfläche von 3 x 3 m und wurde in der leichten japanischen Bauart hergestellt. Die einzelnen Wandplatten wurden mit Haken und Ösen verbunden. Leonardo da Vinci entwarf um 1510 das erste mobile und remontable Holzferthaus. Das Gebäude war als mobile Unterkunft für Jagdausflüge des französischen Königshauses gedacht. Die Konstruktion bestand aus einer Holzrahmentafelbauweise. Scharniere erlaubten einen schnellen Auf- und Abbau der Konstruktion.³ 1575 wurde in England eine vorgefertigte Holzhütte für hundert Mann entworfen, gebaut und per Schiff nach Baffin Land gebracht. Sie sollte dort als Unterkunft für Goldgräber dienen. Ein Teil der Hütte ging jedoch beim Transport verloren. In dieser Zeit gab es in Russland schon komplexe Vorfertigungstechniken im Wohnungsbau. Das System bestand aus der dort üblichen Blockbauweise. Es wurde nicht nur ein Wohnhaustyp angeboten, sondern bereits preislich verschiedene Varianten. Die Ferthäuser wurden in der Nähe des heutigen Trubnaja Platzes angeboten. Nach der Besichtigung des Käufers, wurde das Haus abgebaut und auf das Grundstück gefahren.⁴

1.3 Serienhäuser des 18. und 19. Jahrhunderts

Das folgende Kapitel gibt einen Überblick über Verwendungszwecke und Materialien im Serienbau während dieser Zeitspanne. Erste industriell verarbeitete und vorgefertigte Serienhäuser kamen auf.

1.3.1 Militärische Verwendung von Serienbauten

Besonders im Militärwesen ist schon früh ein Interesse für in Serie hergestellte Lazarette und Baracken festzustellen. Es galt lange Zeit als wichtigster Förderer des Serienhausbaus. Die Lazarettbaracke war das dominierende Bauwerk in der Vorfertigung. In der Regel bestanden diese Baracken aus einem einfachen Holzfachwerk, das verbrettert wurde.

Von den ersten Baracken im späten 18. Jahrhundert ist ein ununterbrochener Entwicklungsstrang bis in die heutige Zeit festzustellen. Das Wort „Baracke“ ist eine internationale Bezeichnung geworden und ist in allen Weltsprachen zu finden. Die Baracke wurde aufgrund der Erweiterung zu Lagern zu einem Stigma des 20. Jahrhunderts.⁵

1.3.2 Die Kolonialzeit und der Serienbau

Die Kolonialzeit löste einen weiteren Aufschwung des Ferthausbaus aus, da konventionelle Bautechniken den sprunghaften Bedarf an Wohnraum nicht decken

³ vgl. Bock Thomas, Vorlesung zum Fach Baurealisierung / Informatik, Internet www.tu-muenchen.de, S. 5

⁴ vgl. Bock Thomas, Vorlesung zum Fach Baurealisierung / Informatik, Internet www.tu-muenchen.de, S. 5

⁵ vgl. Bock Thomas, Vorlesung zum Fach Baurealisierung / Informatik, Internet www.tu-muenchen.de, S. 7

konnten. Vor allem fehlte es an Bauhandwerkern und Fachkräften für Materialproduktion. Daraus resultierten erhöhte Löhne für Facharbeiter und extrem hohe Wohnungsmieten. Die Nachfrage war so hoch, dass es sich lohnte, Fertighäuser in Europa zu produzieren und nach Übersee zu verschiffen. Abnehmer waren vor allem die USA mit Boston und New York als wichtigste Häfen. Die karibischen Inseln, Südamerika, Australien und Afrika sind hierbei aber ebenso zu nennen.

1.3.3 Erste industrielle Serienhäuser aus Holz

Holz war das dominierende Baumaterial im Fertighausbau. Die gebräuchlichste Konstruktion war ein einfacher Fachwerkrahmen, der Innen und Außen mit einer Verbretterung versehen wurde. Diese Fertighäuser konnten ein und zweigeschossig geliefert werden. Hauptgrund für die starke Verbreitung dieses Gebäudetypus war jedoch die Einfachheit der Konstruktion, verbunden mit einer Erfüllung der klimatischen Bedingungen in den meisten Regionen.

Besondere Dämmstoffe, wurden erst ab der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts entwickelt. 1840 wurde ein Holzhaus von Norwegen nach Algier geliefert, das sich durch eine Dämmung aus in Wahlfischtran getränktem Papier hervortat. Der Transport auf dem Seeweg, sowie der Landtransport mit begrenzten Mitteln, machten eine leichte Konstruktion mit einer raumsparenden Verpackung unumgänglich. Eine einfache und schnelle Endmontage auf der Baustelle war für den Absatz im Fertighausbau von hoher Bedeutung. 1830 produzierte die Londoner Firma John Manning für die Kolonien zweiräumige Hütten mit einem einfachen Ständerwerk und eingeschobenen auf Rahmen und Füllung gearbeiteten Holztafeln. Die Endmontage auf der Baustelle war an einem Tag durchführbar. Bei späteren Bausystemen wurde das Ständerwerk weggelassen. 1861 wurde in Boston von zwei Holzhändlern ein Patent für eine Hütte aus Platten angemeldet, die aus einer gespundeten Brettlage auf einem flachen Holzrahmen bestanden. Sie fanden später großen Absatz in der amerikanischen Armee. Der Mangel an Wohnraum in den Kolonien schaffte auch Idealbedingungen für eine lokale Holzindustrie. Es entstanden dampfbetriebene Sägewerke in den gesamten USA.

Die Entwicklungen im Maschinenbau, sowie die Verdrängung schmiedeeiserner Nägel durch maschinell hergestellte Drahtstifte, führten zu neuen Konstruktionen im Fertighausbau. Das „Balloon Frame System“, von George Snow in Chicago entwickelt, brachte es zu einer breiten Anwendung in den USA. Die gesamte Konstruktion bestand nur aus Brettern und genagelten Verbindungen. Loch und Zapfen wie beim Fachwerkbau fielen weg. ⁶ „Die Konstruktion bestand aus enggestellten Brettposten entsprechend angeordneten, hochkant liegenden Brettern als Deckenbalken, einer Brettschalung außen und einer Vertäfelung innen.“⁷

Diese Bauweise erforderte zwar noch einen erheblichen Arbeitsaufwand auf der Baustelle, sie konnte jedoch ohne Fachleute ausgeführt werden. Ergebnis war ein ortsfestes Haus, welches noch bedingt zerlegbar und transportabel war. Größe und

⁶ vgl. Bock Thomas, Vorlesung zum Fach Baurealisierung / Informatik, Internet www.tu-muenchen.de, S. 7

⁷ Bock, Thomas, Vorlesung zum Fach Baurealisierung / Informatik, Internet www.tu-muenchen.de, S. 8

Grundriss waren variabel. Der Aufbau war praktisch und billig. Im Laufe der Zeit etablierte sich das Balloon Frame System zu dem Bausystem in den USA. Es war Grundlage der gesamten amerikanischen Holzbaulndustrie und führte zu einem explosionsartigen Wachstum der Städte. Mitte des 19.Jhds. wurde geschätzt, dass ungefähr 60 – 80 % der gesamten Wohnhaussubstanz der USA mit diesem Bausystem realisiert wurden. Durch die freie Gestaltungsmöglichkeit dieser Systemhäuser, der durch den geringen Vorfertigungsgrad realisiert wurde, war ein monotoner Städtebau praktisch nicht gegeben. Durch die Umstände der Besiedelung, günstiges Klima und Holzreichtum, sind die USA zu einem holzhausgeprägten Land geworden und Georg Snow zum erfolgreichsten Pionier in der Vorfertigung des 19. Jahrhunderts.

Das Balloon Frame System erfuhr eine ständige Verfeinerung. Mit dem Einsetzen des Baubooms nach dem amerikanischen Bürgerkrieg, wurden zum ersten Mal so genannte „Ready Made Houses“ (Fertighäuser) angeboten. Über den Rohbau hinaus wurde zum Teil der Innenausbau mitgeliefert. Das Bausystem beruhte auf dem Balloon Frame System und ermöglichte so immer noch individuelle Häusertypen. Anfang des 20. Jahrhunderts wurde mit dem „Precut House“ oder dem „House by Mail“ der damals höchste Vorfertigungsgrad in Bau und Haustechnik erreicht. Die Häuser waren sofort beziehbar, selbst dazu passende Möbel konnten bestellt werden.⁸

1.3.4 Erste industrielle Serienhäuser aus Eisen

Ein weiterer Gebäudetyp, der im 19. Jahrhundert seine Anwendung fand, war das Fertighaus aus Eisen. Schon Ende des 18.Jahrhunderts entwickelte sich in England eine breite Stahlindustrie, die auch im Bausektor ihren Einsatz fand. Stahl war Holz von seiner Festigkeit her überlegen und galt als brandsicher. Der Anreiz das Material im Bauwesen zu verwenden, war dementsprechend groß. Mit seiner Fähigkeit, enorme Zugkräfte aufzunehmen, konnten Spannweiten realisiert werden, die mit Holz undenkbar wären. Eisen fand seine Verwendung zuerst im Industriebau. Das Sortiment erstreckte sich über Träger und Stützen aus Eisen und endete in vorgefertigten, geschosshohen Fassadenelementen aus Gusseisen. 1830 wurde ein Schleusenwärterhäuschen in Tipton Green komplett aus Gusseisentafeln gefertigt.⁹ Sein Aufbau bestand aus ineinander greifenden, raumhohen, mit Bolzen verbundenen Wandelementen. Der Eisenbausektor breitete sich rapide aus und ermöglichte innerhalb eines kurzen Zeitraumes vorgefertigte Büro-, Lager- und Warenhäuser aus Gusseisentafeln. Auch die sich entwickelnde Eisenverhüttung in den USA war schon früh an einem Wohnungsbau aus Eisen beteiligt.

Der bekannteste Unternehmer in diesem Metier war James Bogadus aus New York. Seit 1848 entwickelte er Büro-, Waren- und Wohnhäuser aus Gusseisen mit verglasten Fassaden. Bei dem großen Brand in Mississippi 1849, wurde das Geschäftsviertel in kürzester Zeit mit Bauten aus Gusseisen wieder aufgebaut. Die Einführung des verzinkten Wellblechs 1840, wurde direkt im Wohnungsbau übernommen. Die Häuser wurden handlicher und leichter. Die bauphysikalischen Eigenschaften des Materials, brachten es mit sich, dass die Gebäude sich im Sommer stark aufheizten und im Winter

⁸ vgl. Bock Thomas, Vorlesung zum Fach Baurealisierung / Informatik, Internet www.tu-muenchen.de, S. 8

⁹ vgl. Bock Thomas, Vorlesung zum Fach Baurealisierung / Informatik, Internet www.tu-muenchen.de, S. 8

stark auskühlten. Die Probleme, die erst in der Mitte des 20. Jahrhunderts gelöst wurden, stoppten erst einmal den Einzug von Eisen im Wohnungsbau.¹⁰

1.3.5 Erste Vorfertigungsmethoden aus Beton

1854 ließ sich W. B. Wilkinson, ein Stuckateur aus Newcastle, eine Plattenkonstruktion aus Portlandzement, Dauerschalung und Bewehrungseisen patentieren. Sein Patent auf den ersten Stahlbeton lag also früher vor, als die von Coignet und Monier. Er errichtete mit dieser Plattenkonstruktion eine beträchtliche Anzahl von Gebäuden im Norden Englands. Seine Konstruktion blieb jedoch unbekannt, obwohl dasselbe System 30 Jahre später von Frankreich nach England importiert wurde.

1.3.6 Serienhäuser am Ende des 19. Jahrhunderts in den USA und Europa

1848 brach in Kalifornien der Goldrausch aus. Glücksritter und Goldsucher aus aller Welt suchten in einem noch komplett unerschlossenen Gebiet ihr Glück. Durch den Ansturm auf die Goldminen in Kalifornien entstand eine noch nie da gewesene Wohnungsnot in den USA. Die damals noch unterentwickelte Industrie in Amerika konnte das Angebot unmöglich alleine abdecken, so dass der Serienhausexport von Europa nach Amerika ein lukratives Geschäft wurde. Ein Haus in Kalifornien erzielte einen 14mal höheren Preis als in New York. Der Import von Fertighäusern in die USA, sowie ihre technische Entwicklung erreichte in dieser Zeit seinen Höhepunkt. Statistische Angaben zur Produktion fehlen. Jedoch kann man davon ausgehen, dass jedes Zentrum der bauindustriellen Vorfertigung, wie z.B. England Tausende von Häusern im Jahr geliefert haben muss. In den 60er Jahren des 19. Jahrhunderts ging der Goldrausch zu Ende. Damit brach der Export von Serienhäusern in Europa ein, die Baubranche in den USA hatte sich in der Zwischenzeit so stark entwickelt, dass sie ihren Bedarf selbstständig decken konnte. Die Ausfälle konnten auch nicht mit einem verstärkten Aufbau der Kolonien kompensiert werden. Der Serienhausbau kam in England fast zum Stillstand. Mit den immensen Nachteilen, den der Eisenbau mit sich brachte, verbunden mit dem eigenartigen Aussehen, genoss er und damit die moderne Vorfertigung wenig Ansehen.

Weiterführend wäre hier noch auf die Entwicklung des Industriebaus einzugehen, den ich hier wegen seiner Komplexität nur in Bezug auf seine Auswirkungen im Wohnungsbau erwähnen will. 1851 wurde von Joseph Paxton der Kristallpalast für die Weltausstellung in London errichtet. Dieser Bau wurde zum ersten Mal mit einem umfangreichen System von genormten, markierten Bauteilen errichtet und konnte so in kürzester Zeit auf und abgebaut werden.¹¹ Diese Systematisierung des Bauens gilt mit als Grundlage für den modernen Systembau.

¹⁰ vgl. Bock Thomas, Vorlesung zum Fach Baurealisierung / Informatik, Internet www.tu-muenchen.de, S. 9

¹¹ vgl. Bock Thomas, Vorlesung zum Fach Baurealisierung / Informatik, Internet www.tu-muenchen.de, S. 10

1.4 Serienhäuser des 20. Jahrhunderts

In den 60er-Jahren des 19. Jahrhunderts wurde mit dem Wegfallen des Hauptabnehmers, den USA, die Produktion von Serienhäusern in Europa unrentabel. In Europa kam es so zu einem Stillstand in der Entwicklung im Serienhausbau. Einzig in den Vereinigten Staaten, lohnte es sich noch Häuser in Serie zu produzieren. Deshalb gibt es in den USA eine durchgehende Entwicklung im Serienhausbau. In Europa begann man sich erst am Anfang des 20. Jahrhunderts wieder auf Häuser mit einem hohen Vorfertigungsgrad zu besinnen. Die ersten Architekten, die das industrielle Bauen als Ziel der modernen Architektur proklamierten, waren die in der Literatur so genannte 1914er Generation. Eine Generation die den ersten Weltkrieg erlebt hatte und dadurch einen Bewusstseinswandel erfuhr. Diese Architekten waren ideologische Revolutionäre, denn Sie erlebten den Zusammenbruch ganzer Weltreiche, den wirtschaftlichen Niedergang Europas, die Inflation, sowie die rasche Entwicklung von Industriebereichen, wie dem Flugzeug- und Automobilbau.¹²

Zum ersten Mal wurden in der Architektur, Wissenschaft und Technik dem über Jahrhunderte alten angesammelten Wissen vorgezogen. Es kam zu einem klaren Bruch mit der bestehenden Baukultur. Es entstand eine wahre Technik und Wissenschaftseuphorie, die alle gesellschaftlichen Probleme lösen sollte. Was Anfänglich befruchtend und bereichernd auf das Gebäude der Architektur einwirkte, wurde zur Überforderung, da technische Entwicklungen schneller vorangehen, als gesellschaftliche. Doch sind es gerade die gesellschaftlichen Strömungen, die die Architektur vorantreiben und nicht die technischen. Etablieren kann sich etwas nur, wenn es auch angenommen wird. Diese wichtige Erkenntnis fehlte zu dieser Zeit. Sie wäre wohl auch nicht gehört worden. Noch zu Lebzeiten, musste diese neue Generation von Architekten erkennen, dass ihre Kunst von der Maschine abhängig war und nicht umgekehrt.

Beginnend mit diesen architektonischen Anfängen des modernen Bauens werden im Folgenden die für die Analyse relevanten Serienhäuser kurz umschrieben und chronologisch geordnet. Außerdem wird die Entwicklungsgeschichte im Serienbau in Amerika und in Europa verdeutlicht. Dies geschieht in fünf Etappen zu jeweils 20 Jahren. Die Serienhäuser dieser Zeitspannen werden einzeln vorgestellt.

1.4.1 Serienhäuser von 1900 bis 1920

Die ersten zwei Jahrzehnte des 20. Jahrhunderts waren für die Serienbauentwicklung in Europa von geringer Bedeutung. Der Serienhausbau war durch fehlende Absatzmärkte bedeutungslos geworden. Die einzige noch verbliebene Einnahmequelle im Serienhausbau war der Holzbarackenbau. Wirtschaftskrise und der erste Weltkrieg verhinderten, dass hohe Summen in neue Bautechniken investiert wurden. Jedoch wurde in dieser Zeit eine nicht unbedeutende Anzahl von Serienhäusern in Europa als Prototypen realisiert. Architekten wie Le Corbusier begannen sich erstmals mit dem industriellen Bauen auseinander zusetzen.

¹² vgl. Pawley Martin, Theorie und Gestaltung im zweiten Maschinenzeitalter, Oxford 1980, S. 101

In Nordamerika gab es keine Absatzprobleme. Serienbauten genossen in der amerikanischen Gesellschaft hohe Anerkennung, da diese Art zu Bauen schon von Anfang an das Leben der Amerikaner bestimmte und so zu einem festen Bestandteil ihrer Bautradition wurde. Die Ballon Frame Bauweise wurde weiterentwickelt. 1908 entwickelte Henry Ford die Fließbandtechnik und läutete damit ein neues Zeitalter der industriellen Vorfertigung ein. In der Zeit von 1910 bis 1920 boten zahlreiche Fertighausanbieter Serienhäuser in hoher Qualität und mit einem hohen Vorfertigungsgrad an. „Ready made“ Häuser fanden in Amerika im Gegensatz zu Europa schon immer einen Markt und waren ein Ausdruck des „Modern Way of Life“.

Das Letchworth House - 1904



Bild 1

Im Zuge eines Wettbewerbs, der englischen Gartenstadtbewegung, entstand dieses Bauwerk aus Betonfertigteilen. Das Gebäude besteht immer noch und steht unter Denkmalschutz. Jedoch ist nicht viel über Planung und Bau des Bauwerkes bekannt. Es gilt als ein frühes Beispiel des Wohnungsbaus aus Betonfertigteilen.¹³

Aladin Ready-Cut Houses - 1906

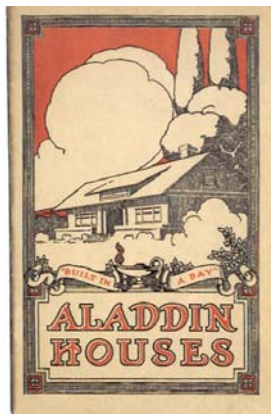


Bild 2

Die „Aladin Ready-Cut Houses“ waren die ersten Serienhäuser, die als Baukasten angeboten wurden. Dieser Baukasten bestand aus vorgefertigten, durchnummerierten Bauteile. Ein besonderes Markenzeichen dieser Firma war, das Sie höchsten Wert auf

¹³ Pawley Martin, Theorie und Gestaltung im zweiten Maschinenzeitalter, Oxford 1980

die Qualität des Holzes legte. Jeder Kunde, der einen Astknoten in seinen Holzteilen fand, bekam dafür einen Dollar. Im Zeitraum von 1906 bis 1981 verkaufte das Unternehmen über 65.000 Fertighäuser.¹⁴

SEARS. Roebuck & Co - 1908



Bild 3

Die Marktstrategie, sowie das relativ offene System, in dem der Kunde per Katalog sein Haus zusammenstellen und bestellen konnte, führten zu einer raschen Verbreitung dieser Marke. Von 1908 bis 1940 wurden bis zu 100.000 Fertighäuser verkauft. Die Häuser kosteten zwischen 650 und 2.500 \$. Das gesamte Haus wurde an den Kunden als Bausatz geliefert. Die Einfachheit der Konstruktion erlaubte auch Nicht-Facharbeitern, die Montage dieser Häuser. Durch den hohen Absatz konnte die Firma sich eine hohe Elementvielfalt leisten, was zu relativ individuellen Gebäuden führte. Durch ihre Einfachheit in Auswahl, Bestellung und Zusammenbau wurden diese „Häuser by Mail“ zum amerikanischen Traum des kleinen Mannes. Die Häuser basieren auf der Technik der Balloon Frame Bauweise.¹⁵

„Tektonhaus“ - Karl Hengerer - 1908



Bild 4

Neue Materialien aus der chemischen Industrie, hielten um die Jahrhundertwende Einzug in den Holzbau. Dämmplatten aus Kieselguss oder Papierfilz und asphaltgetränkte

¹⁴ Arieff, Allison, Pre Fab, Layton 2002, S. 14

¹⁵ Arieff, Allison, Pre Fab, Layton 2002, S. 14

Papiere verbesserten die bauphysikalischen Eigenschaften des Holzhauses. Das Steinholz tat sich hierbei besonders hervor. Steinholz hat feuerhemmende und wärmedämmende Eigenschaften: ein Material wie geschaffen für den Holzhausbau. Bindemittel war Magnesiumoxydchlorid, das mit Füllstoffen aus Holzmehl, Asbestfasern, Korkschrot, Sägespäne, usw. vermischt wurde.

In Stuttgart experimentierte der Baurat Karl Hengerer damit. Er nahm Sägespäne und Holzwolle als Füllstoff und goss dieses Gemisch in Plattenform. Die Tektonplatte war erfunden. Sie war 50 cm breit, 3,50 m lang und enthielt vier flache Stäbe als Aussteifung. Tekton ließ sich sägen, nageln und war auch als Putzträger geeignet. Diese Paneele sollten die im Hausbau übliche Verbretterung ersetzen. Um dies zu realisieren, entwickelte Hengerer ein Holzbausystem aus einem leichten Holzfachwerk mit äußerer und innerer Tektonverkleidung. Montage und Innenausbau konnten innerhalb von zwei Tagen realisiert werden, so dass das Haus am dritten Tag bezugsfertig war.¹⁶

Das Nissen Haus - Colonel P.N. Nissen - 1916



Bild 5

Mit dem Nissen Haus wurde ein Serienhaus mit einer erstaunlich hohen Stückzahl realisiert, welches bedeutenden Einfluss auf den nachfolgenden Stahlleichtbau haben sollte. Das Gebäude umschließt mit einem sehr geringen Materialaufwand ein Maximum an Bauvolumen. Es ist das erste jemals in Massenproduktion hergestellte Serienhaus. Während des ersten Weltkriegs wurden über 20.000 Stück zur Unterbringung von etwa einer halben Millionen Menschen produziert.

Die Konstruktion bestand aus T-Trägern, die zu einer Ellipse vorgebogen waren. Seine Längsaussteifung wurde mit Längspfetten und dem überspannten Wellblech realisiert. Die Stirnseiten, dieser geschnittenen Röhre, wurden vorgefertigt geliefert und ohne viel Aufwand in die Tragkonstruktion eingesetzt. Diese Wandpaneele konnten durch die Statik der Konstruktion und durch die Symmetrie des Gebäudes problemlos während der Nutzung gewechselt werden und ermöglichten so ein Mindestmaß an Flexibilität. Mit einer Länge von 8,20 m und einer Breite von 2,90 m und nur einer Tonne Gewicht, konnte es problemlos auf einem Militärtransporter transportiert werden. Jedes Einzelteil wurde von zwei Mann getragen und mit einem Schraubenschlüssel zusammengesetzt. Vier Männer konnten so in vier Stunden eine Unterkunft für 24 Personen

¹⁶ Junghans Kurt, Das Haus für Alle, Zur Geschichte der Vorfertigung, Berlin, 1994, S. 43

zusammenbauen. Diese Militärversion wurde nach dem 2. Weltkrieg als Zivilversion produziert.¹⁷

Das Mannesmann Betonsystemhaus - 1918

Das Bausystem setzte sich aus 1 m breiten und 4 m hohen Betonfertigteilen zusammen. Die Außenwände waren mit einer Wandstärke von 20 cm vorgesehen, die Innenwände mit einer Stärke von 10 cm. Sie entsprachen von ihrem Aufbau her schon den ersten modernen Betonfertigteilsystemen. In den Betonteilen waren Hohlkammern vorgesehen, die Gewicht und Materialaufwand reduzieren sollten. Die Stöße waren mit Nut und Feder versehen, um das Abdichten der Fugen zu gewährleisten. Durch den immer noch währenden Mangel an Arbeiterwohnungen sah sich Reinhard Mannesmann gezwungen, das System bis zur Produktionsreife weiterzuführen. Grundlegende Bestandteile des Bausystems waren Wand und Eckelemente, Decken- und Bodenplatten, sowie ein leichtes konventionelles Dach. Die hier entwickelte Verbindungs- und Fügetechnik bildete die Grundlage für moderne Betonsysteme. Der obere Rand der Platten wurde mit einer 10 cm breiten Nut versehen. In diese wurde dann ein Kantholz zur Befestigung und Ausrichtung der Deckenplatten eingelegt. Mit einem Portalkran wurden die einzelnen Elemente exakt zusammengefügt. Danach wurden die Fugen verstrichen und mittels einer Nut im Plattenrand mit Beton ausgegossen. Anschließend wurde der Holzbalken ausgelöst und an seiner Stelle Eisen als Ringanker einbetoniert. Die Produktion dieses Betonfertigungssystems wurde nicht mehr weiterverfolgt.¹⁸

1.4.2 Serienhäuser von 1920 bis 1940

In den 20er Jahren erhielt das „Industrielle Bauen“ eine noch nie da gewesene Beachtung von Architekten in Europa. Die konsequente Weiterentwicklung der Architektur war für die Avantgarde ohne Industrialisierung im Bauwesen undenkbar. Der Begriff „Wohnmaschine“ wurde als Bild für ein neues zeitgemäßes Wohnen angesehen. Was in der modernen Architektur dieser Zeit als Idealismus begann, führte zu staatlich unterstützten Wohnbauprogrammen, mit dem Ziel, der enormen Wohnungsnot in Europa zu begegnen.

Mit Bewunderung sahen die europäischen Architekten nach Amerika. Dort wurde schon im späten 19. Jahrhundert industriell gebaut. Amerika war bautraditionell unbelastet und konnte schon früh eine breite Bauwirtschaft mit Serienbauten vorweisen. Architekten wie Richard Sullivan und F. L. Wright waren Vorbilder für eine sich gerade formierenden Moderne in Europa. Festzustellen ist, dass das sich „Freimachen“ von der „alles“ dominierenden Bautradition in Europa ein notwendiger Emanzipationsschritt war, den Amerika nie machen musste. Wohnungsnot war jedoch auch in Amerika durch die Wirtschaftskrise und die anhaltende Immigration ein ernsthaftes Problem. Durch gezielte Förderprogramme von Seiten des Staates sollten preiswerte Serientypen entwickelt werden, die bisher nur dem Mittelstand zugänglich waren.

¹⁷ vgl. Pawley Martin, Theorie und Gestaltung im zweiten Maschinenzeitalter, Oxford, 1980, S. 107

¹⁸ vgl. Junghans Kurt, Das Haus für Alle, Zur Geschichte der Vorfertigung, Berlin, 1994, S. 60

Technisch betrachtet wurden gerade in Europa Fortschritte im Serienhausbau gemacht, da der Markt viel anspruchsvoller war. Die erste Serienhausgeneration bildete sogenannte Typenhäuser (Bausatzhäuser). Jedes Bauteil hatte seinen festen Platz und seine feste Funktion. Aus ihnen wiederum entwickelten sich Baukastenhäuser, die eine bestimmte Anzahl von Varianten zuließen, jedoch keine Grundriss- oder Gestaltungsfreiheit erlaubten.¹⁹

Siedlungsbau in Selbsthilfe - F. Zollinger - 1922

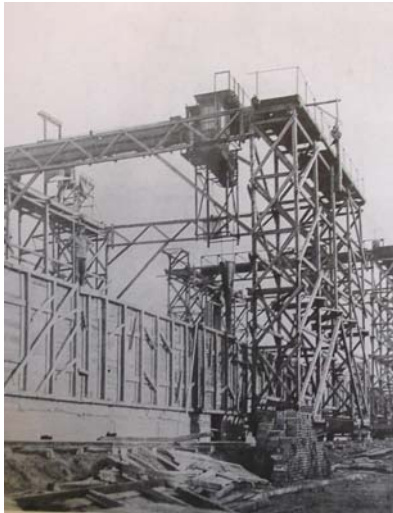


Bild 6

Zollinger wurde 1918 Stadtbaurat von Merseburg, einer Stadt mit besonders großer Wohnungsnot. Notunterkünfte in Barackenbauweise wurden von der Stadtverwaltung finanziert, sowie das Bauen von Wohnhäusern in Selbsthilfe. Da es im Stadtgebiet an Betonkies nicht mangelte, wurde Zollingers Betonschüttverfahren zur bevorzugten Bauweise. Diese Bauweise war auch für das Bauen in Selbsthilfe geeignet. Sogar den Bau der Dächer konnten die Siedler selbst ausführen, durch eine von Zollinger entworfene sparsame Lamellenkonstruktion.

In Merseburg verwendete er einen Beton aus Lokomotivschlacke und Asche in einem Verhältnis von 1 : 6 : 6. Der Beton wurde geschosshoch geschüttet und durch einfaches Durchstoßen verdichtet. Die Festigkeit reichte für einen unbewehrten Beton aus. Die Decken wurden aus verschiedenen Bausystemen zusammengestellt. Die Rohbaukosten lagen beim „Zollbau“ um 40 – 45 % niedriger als beim Mauerwerksbau. Zollinger versuchte durch Mechanisierung der einzelnen Schritte den Bauablauf nochmals zu optimieren. Die Merseburger Baugesellschaft setzte Betonmischer und Transportbänder ein, später auch das sogenannte Bauschiff, sowie einen haushohen Portalkran. Das Bauschiff war ein fahrbares Holzgerüst, das über einer Hauseinheit aufgebaut wurde und mit einer portalartigen Beschickungsanlage mit Aufzügen und Schüttrinnen ausgerüstet

¹⁹ vgl. Das Haus für Alle, Mobile Architektur, Theorie und Gestaltung im zweiten Maschinenzeitalter, Pre Fab

war. Diese Anlage galt lange Zeit als der Inbegriff einer modernen Baustelle und beruhte auf einer Idee Ernst Neuferts. Ein Höhepunkt dieser Fertigungsweise war die Fertigung von 750 Wohnungen an der Markwardstraße.²⁰

Der Wabenbau - Walter Gropius - 1923

„Nicht Typisierung der Grundrisse mit der schablonenhaften Einseitigkeit der üblichen Siedlungsbauten, sondern Typisierung der einzelnen Bauelemente, um die größtmögliche Variabilität der Grundrisse zu gewährleisten [...]“²¹

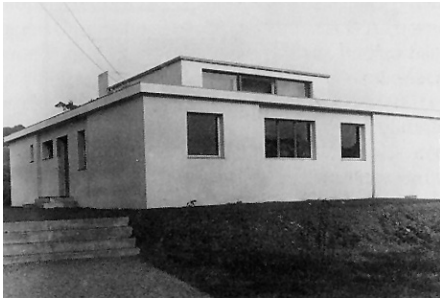


Bild 7

Der Prototyp des Wabenbaus steht am Horn in Weimar und wurde von Georg Muche umgesetzt. Der Grundgedanke basierte auf genormten Baugruppen, ähnlich dem Maschinenbau. Diese bildeten die unterschiedlichen Raumzellen, die zusammengefügt die Wohnmaschine ergaben. Ein quadratischer Wohnraum, der durch Oberlichter beleuchtet wurde, bildete das Zentrum des Serienhauses. Um ihn herum ordneten sich die einzelnen Funktions- und Schlafräume wie Waben an. Vom Eingangsbereich und Fremdenzimmer abgesehen, waren die Waben miteinander verbunden und konnten im Wohnraum über Funktionsgruppen direkt erschlossen werden.

Ziel war es, das Haus in Betonbauweise zu realisieren, da das Bauen mit konventionellen Ziegeln zeitaufwendiger gewesen wäre, als die Bauweise mit Schüttbodyen. Problematisch war jedoch, dass es noch keine leichten Schalungen gab und man so auf schwere Stahlschalungen hätte zurückgreifen müssen, die nur mit Hebekränen versetzbar gewesen wären. Man versuchte eigene Schalungsmethoden zu entwickeln. Ergebnis war eine raumhohe Stahlschalung, die eine ganze Raumzelle erfassen konnte. So wurde zum ersten Mal die Raumzellenbauweise eingeführt, die aber zu dieser Zeit noch viel zu kostenintensiv war, da geeignete Hebewerkzeuge noch nicht verfügbar waren. Letztendlich wurde der Wabenbau als Prototyp in Ziegelbauweise realisiert. Aus den

²⁰ Junghans Kurt, Das Haus für Alle, Zur Geschichte der Vorfertigung, Berlin, 1994, S. 110

²¹ Denkschrift, Walter Gropius, 1910

Erfahrungen des Wabenhauses entstand der „Baukasten im Großen“ aus einer Zusammenarbeit von W. Gropius mit Fred Forbat.²²

Versuchssiedlung Dessau-Törten - W. Gropius – 1926 - 1928



Bild 8

Der „Baukasten im Großen“ sollte hier in einigen Häusern seine Realisierung finden. Dieser musste jedoch aus Gründen der Wirtschaftlichkeit erheblich abgeändert werden. Die Zellenbauweise kam wiederum nicht zum Zuge, anstelle dessen entwarf man ein komplett vorgefertigtes Betonkastensystem. Diesen hohen Grad an Vorfertigung konnte man jedoch nicht durchhalten, da immer noch die dazu nötigen Hebewerkzeuge fehlten. Die Lösung zur Fertigstellung der weiteren Häuser bestand in einem Kompromiss: Man verwendete leichte Betonelemente und ein dazugehöriges großformatiges Mauerwerk. Dieser Kunststein konnte noch problemlos von einer Person ohne Hebewerkzeug verarbeitet werden. Eine große Menge an Sand und Kies auf der Baustelle ermöglichte es, die Betonhohlblocksteine auf der Baustelle zu produzieren. Der Transport auf die Baustelle viel somit weg. Das Mauerwerk bildete die Brand- und Außenwände der einzelnen Gebäude. Die Decken wurden frei von Brandwand zu Brandwand gespannt und als Rapidbalken ausgeführt, die ohne Zwischenfüllung auskamen. Innerhalb von 88 Tagen wurden 130 Häuser rohbaufertig errichtet.²³

²² vgl. Ludwig Matthias, Mobile Architektur, Stuttgart, 1998, S. 27

²³ vgl. Ludwig Matthias, Mobile Architektur, Stuttgart, 1998, S. 29

Das Stahlhaus in Dessau - Georg Muche und Richard Paulick - 1926



Bild 9

Georg Muche und Richard Paulick wollten ein Stahlbausystem mit zellenartiger Struktur entwerfen, mit dem man nicht nur Wohnbautypen herstellen konnte, sondern auch sämtliche anderen Gebäudetypen abdecken konnte. Das System sollte komplett neu angedacht werden, um auf die komplexen Anforderungen reagieren zu können. Stützen aus kreuzförmigen Leichtbauprofilen bildeten hierbei die Grundlage. Diese Sonderkonstruktion war jedoch in der Herstellung zu kompliziert. So wurde das Musterhaus aus einem schon bestehenden Stahlbausystem der Leipziger Firma Carl Kästner realisiert. Das Skelett und die Stahltafeln wurden an das System angepasst. Entworfen nach den Idealen des Bauhauses, war es das erste komplett industriell hergestellte Serienhaus. Die Stahlbleche, verbunden mit Torfpressplatten, wiesen jedoch eine zu geringe Wärmedämmung auf, die eine Kondensatbildung in der Konstruktion zur Folge hatte und die Stahlträger korrodieren ließ.²⁴

²⁴ vgl. Ludwig Matthias, *Mobile Architektur*, Stuttgart, 1998, S. 30

Weißenhofsiedlung - Le Corbusier - 1927

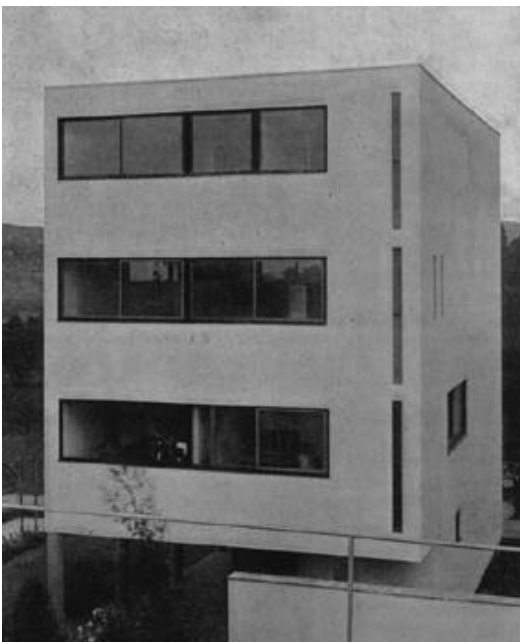


Bild 10

Das Haus 13 in der Weißenhofsiedlung ist eine Stahlskelettkonstruktion, die mit Bimsbeton – Hohlblocksteinen ausgefacht ist. Grundlage hierfür waren die Bauvisionen Corbusiers, inspiriert vom Automobilbau, die zehn Jahre vor dem Bau unter dem Namen „Citrohan“ veröffentlicht wurden. Es entstanden offene Wohnbereiche im Inneren des Gebäudes, die die gastronomische Repräsentativität mit familiärem Wohnen eindrucksvoll verbanden.

Eine weitere Besonderheit des Gebäudes beruht auf einem Planungsfehler. Beide Architekten irrten sich in der vorgegebenen Geländehöhe um ein ganzes Stockwerk. Daraufhin musste die Erschließung des Gebäudes geändert werden. Lag der Eingang früher auf gleicher Ebene mit dem Wohngeschoss, so musste nun der Zugang in das Untergeschoss verlegt werden. Der Besucher betrat das Gebäude nun über den Heizungskeller.²⁵

²⁵ Internet: www.tu-harburg.de/b/kuehn/lec12.html

Die Weißenhofsiedlung - W. Gropius - 1927

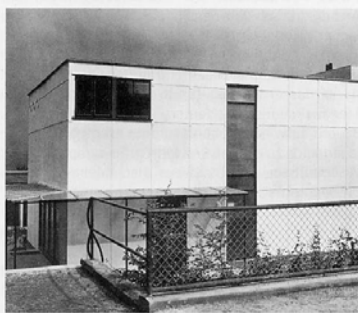


Bild 11

Das erste Konzept umfasste ein in Trockenbauweise komplett vorgefertigtes Haus. Die Tragkonstruktion wurde mit leichten Z-Profilen realisiert, außen mit Asbestzementplatten verkleidet und innen, einschließlich der Decken, mit Lignatplatten. Als Kerndämmung dienten Korkplatten. Die Nasszellen wurden mit der Sanitärinstallation vorgefertigt und mit Asbestzementplatten verkleidet. Dieser Trockenbau hatte den Vorteil, dass er sofort bezogen werden konnte. Durch den hohen Vorfertigungsgrad musste die Planung solcher Häuser komplett neu durchdacht werden.²⁶

Einsteinhaus - Konrad Wachsmann - 1929



Bild 12

Das Gebäude wurde mit einer ortsfesten Fachwerkbauweise errichtet. Diese Fachwerkbauweise befähigt den Holzbau erst dazu, ein Industrieerzeugnis zu werden. Das Einsteinhaus besteht zum Teil aus vorgefertigten Elementen und wurde im Werk probeweise aufgebaut, um eventuell auftretende Schwierigkeiten beim Aufbau auf der Baustelle zu vermeiden. Baumaterial war Tannenholz. Die horizontale Außenschalung bestand aus einem astfreien Holz. Die Innenschalung bestand aus Sperrholz und Lignatplatten. Das Gebäude war von den Grundrissen her eher

²⁶ vgl. Ludwig Matthias, Mobile Architektur, Stuttgart, 1998, S. 32

konventionell. Über die Dauer des Aufbaus kann man keine genauen Angaben machen. Bekannt ist jedoch, dass das Haus bei Baubeginn am 12. Mai 1929, lange vor der Baugenehmigung am 19. Oktober 1929, fertig aufgebaut war.²⁷

Hirsch Kupfer Haus - W. Gropius – 1931/32



Bild 13

Grundidee war ein demontierbares und „wachsendes“ Haus. Die Konstruktion bestand aus einem Holzgerüst an dem die einzelnen Elemente ohne zusätzliche Verbindung verankert waren. Das einzelne Wandelement bestand aus einem insgesamt vierschichtigen Aufbau. Kupferplatten außen, sowie feingeriffeltes Aluminiumblech auf der Innenseite, bildeten die Wandverkleidung des Hirsch Kupferhauses. Der Hohlraum dieser Elemente wurde durch zwei Aluminiumplatten auf Bitumenpappe in drei Luftschichten unterteilt. Ein einfacherer und wirksamerer Verbindungsmechanismus innerhalb der Elemente, sollte den Aufbau, wie die Abdichtung der Fugen verbessern. Das Hirsch Kupfer Haus bietet innerhalb des realisierten Prototyps mehrere Grundvarianten.²⁸

Das Aluminaire - Albert Frey – 1931



Bild 14

²⁷ vgl. Konrad Wachsmann und Einsteins Sommerhaus in Caputh
vgl. Wachsmann Konrad, Holzhausbau, Berlin 1995

²⁸ vgl. Ludwig Matthias, Mobile Architektur, Stuttgart, 1998, S. 33

1931 wurde das Aluminaire im Zuge einer Gebäudeausstellung entwickelt. Es basiert auf Vorarbeiten von Kocher und Frey, die sich mit dem sozialen Wohnungsbau auseinandersetzten. Aufgabenstellung war lediglich ein kostengünstiges allgemein erschwingliches Gebäude zu entwerfen. Die Bestandteile des Gebäudes wurden mit allgemeinen Techniken der Aluminiumindustrie gefertigt. Formal betrachtet bildet der Körper einen Kubus, der als absolute Form umgebungsneutral als Solitär oder in einer Siedlung stehen konnte.

Das Aluminaire wurde zum Publikumsmagneten, da es eins zu eins in der Ausstellung in nur zehn Tagen aufgebaut wurde. Es wurde später in den International Style aufgenommen. Bei einer Stückzahl von 10.000, so die Kalkulation, sollte es nur 3200 \$ kosten und bot dafür eine immense technische Gebäudeausstattung, sowie eine Raumvielfalt an, was beides für Serienhäuser ungewöhnlich war. Erschlossen wurde das Gebäude über eine Durchfahrtsgarage und einen verglasten Eingangsbereich. Der Treppenaufgang wurde zentral in dem Gebäude angelegt und teilte so den Grundriss in zwei Bereiche. Neben den Grundfunktionsräumen, bot das Gebäude eine Bibliothek und eine teilüberdachte Terrasse an. Technisch betrachtet besteht das Aluminaire vollständig aus vorgefertigten Einzelteilen aus Leichtmetall und Aluminium. Die beiden oberen Geschosse ruhen auf sechs Aluminiumrundstützen, die an den Primärträgern befestigt sind. Die Sekundärträger tragen einen Stahlboden, der auf der Unterseite mit Kork und auf der Oberseite mit Linolium verklebt war.²⁹

Wettbewerb „Das wachsende Haus“ - Ludwig Hilbersheimer - 1932

„Die beste Wohnung ist zweifelsohne die, die alles Notwendige enthält, allen Ansprüchen genügt und zugleich die geringste Arbeit verursacht.“³⁰



Bild 15

Das Serienhaus bestand aus einer simplen mit Brettern beplankten Holzrahmenbauweise. Die Grundelemente waren 95 cm breit und geschosshoch. Die Konstruktion ermöglichte es, das Gebäude nachträglich zu erweitern. Die Minimalvariante enthielt einen Wohnraum mit Ess- und Arbeitsplatz, einer Küche und einem Bad. Die Erweiterung bestand immer jeweils aus einem Schlaf- oder einem Kinderzimmer. Als

²⁹ vgl. Rosa Joseph, Albert Frey, Architect, Princeton, 1999

³⁰ Hilbersheimer L., Die Wohnung unserer Zeit. In: Die Form, Nr. 6, Juli 1931, S. 260

Heizkonzept wurde eine Zentralheizung vorgesehen. Die Baukosten konnten durch den Wegfall des Kellers und des Treppenhauses, sowie durch eine industrielle Produktion der Elemente, auf ein Minimum reduziert werden³¹

Das „Werfthaus“ - Otto Bartning - 1932



Bild 16

Otto Bartning gründete speziell für dieses als Baukasten entworfene Stahlbausystem den Vertrieb „Werfthausssystem Bartning GmbH“. Eisenrahmenverbindungen und Tafelausfachungen erlaubten eine große Grundrissvielfalt. Der kleinste Kern des Hauses besaß eine Grundfläche von 25 m² und bestand aus einem Wohnschlafraum mit Kochnische, einem Bad, sowie einem WC. Das Werfthaus konnte in neun Stunden bezugsfertig aufgebaut werden. Die Fundamente wurden vor Ort hergestellt. Der Fußrahmen wurde auf dem Fundament befestigt. Fuß- und Eckstützen wurden mit den Kopf- und Fußrahmen verbunden, die aus einfachen Winkeleisen bestehen.³²

House of Tomorrow - George Fred Keck - 1933



Bild 17

Das Gebäude bestand zum größten Teil aus Fertigteilen. Der Gebäudetyp bestand aus einer Stahlrahmenkonstruktion und Stahlplatten als Boden und Deckenaufbau. Das mittlere Geschoss war völlig verglast, Lamellen sorgten für flexible Beschattungsmöglichkeiten. Im untersten Geschoss war ein kleiner Flugzeughangar vorgesehen, der samt Sportflugzeug geliefert wurde. Das Haus besaß Zentralheizung, Klimaanlage und die modernste Haushaltstechnik, die auf dem amerikanischen Markt war. Mehr als 750.000 Menschen besuchten das Gebäude 1933 auf der Weltausstellung

³¹ Ludwig Matthias, Mobile Architektur, Stuttgart, 1998, S. 40

³² Ludwig Matthias, Mobile Architektur, Stuttgart, 1998, S. 41

in Chicago, dennoch entstanden keine Folgeaufträge, die über den Prototypen hinausgingen. Obwohl das Gebäude in nur drei Tagen aufgebaut werden konnte, entsprach die expressive Form nicht dem Geschmack des Durchschnittsamerikaners, der sich damit wenig identifizieren konnte.³³

Das Plywood–Model–House - Richard Neutra - 1936

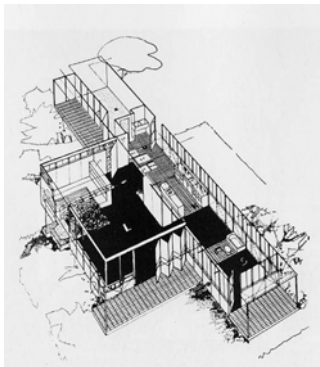


Bild 18

Bei diesem Haustyp wurde zum ersten Mal Sperrholz als Außenfassade eingesetzt. Das Haus wurde so konstruiert, dass es leicht transportierbar war und konnte an jedem beliebigen Ort auf- und abgebaut werden. Es diente als Ferienhaus oder festes Wohnhaus. Die Konstruktion war so beschaffen, dass einzelne Wandflächen beliebig ausgetauscht werden konnten. Eine spontane Umgliederung der Fenster und Türen war somit unproblematisch. Standardisierte Holzrahmen mit Querverstrebungen in den Außenwänden dienen als Tragwerk. Die Außenverkleidung wurde aus Sperrholzplatten in Stahlrahmen gehalten. Das Problem der Fugenabdichtung wurde mit einer Aluminiumdeckverkleidung gelöst.³⁴

Jacobs House - Frank Lloyd Wright - 1936



Bild 19

Beim Jacobs House handelt es sich um ein Baukastenkonzept aus verschiedenen Komponenten. Die Konstruktion wurde auf eine Betonplatte mit einem Raster von 120 x 120 cm aufgebracht. Dieses Raster wurde von den damals größten erhältlichen

³³ Arieff, Allison, Pre Fab, Layton 2002, S. 16

³⁴ Wachsmann Konrad, Holzhausbau, Berlin, 1995

Sperrholzplatten (120 × 240 cm) abgeleitet. Ein Novum für die damalige Zeit war, dass die Heizung in die Bodenplatte integriert wurde. Der Wandaufbau richtete sich nach einem vertikalen Raster von 1' und 1". (entspricht etwa 32,5 cm) Zwischen Kern und Beplankung wurde beidseitig eine Teerpappe angebracht.³⁵

1.4.3 Serienhäuser von 1940 bis 1960

Während des zweiten Weltkriegs schenkte man dem Serienhausbau wenig Beachtung. Das Bauhaus war zerschlagen und die führenden Köpfe der Bewegung in die USA immigriert. Unter Hitler galt der industrielle Wohnungsbau als undeutsch, was ihn jedoch nicht daran hinderte, seine Propagandabauten mit genau diesen Techniken zu erstellen. Nach dem Krieg herrschte in Europa Wohnungsnot und Materialknappheit auf der einen und Überkapazität in der Stahl- und Rüstungsindustrie auf der anderen Seite. Die Fachleute für industrielles Bauen fehlten und Holz für schnelle und preiswerte Häuser war Mangelware. So begann die Stahl und Flugzeugindustrie Haustypen zu entwickeln, die schnell aufzubauen, leicht und preiswert sein sollten. Diese Serienhäuser wurden in großer Serie vor allem in Amerika und in Großbritannien produziert und beeinflussten wesentlich den Serienbau in seinen technischen Aspekten. Was in Europa aus der Not geboren wurde, war in Amerika nur ein Teilaspekt des industriellen Bauens. Serienhäuser trafen in den vereinigten Staaten kaum auf Abneigung. Ganz im Gegenteil. Das eigene Haus, egal wie gebaut, war ein wichtiges Ziel für die geringerverdienenden Gesellschaftsschichten. Serienhaus-Programme wurden jedoch nicht nur für Geringverdienende entwickelt. So wandte sich z.B. das Case - Study Programm von John Entenza eher an die gehobene Mittelschicht in den USA und verband wie noch nie zuvor individuelle Architektur mit industriell vorgefertigten Bauteilen.³⁶

General Paneel System - K. Wachsmann, W. Gropius - 1942

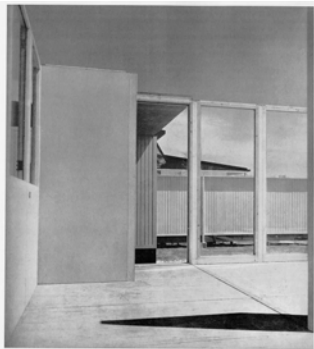


Bild 20

Das General Paneel System gehört zu den leistungsfähigsten Systemen im Serienhausbau des vergangenen Jahrhunderts. Hier wurde zum ersten Mal das Bausystem von der Produktion über den Vertrieb bis zur Baustelle in Module geordnet und über ein Grundmodul gesteuert. Der Mechanisierungsgrad der Produktionsanlagen war so hoch, dass die Elemente für ein komplettes Haus in kürzester Zeit hergestellt

³⁵ Wachsmann Konrad, Holzhausbau, Berlin, 1995

³⁶ Daniel Dechmann, Diplomarbeit an der Hochschule für Technik, Leipzig, Januar 2004

werden konnten. Auch die Verbindungstechnik der Elemente ist zukunftsweisend. Eine einheitliche Ausbildung und eine ausgeklügelte Geometrie der Fuge erlaubte ein freies Einsetzen der Elemente innerhalb des sonst starren Bausystems. Neben dem hohen Vorfertigungsgrad erreichte das System eine hohe Flexibilität in Planung und Nutzung. Mit dem System waren auch zweigeschossige Gebäude möglich.

Case-Study-House Nr. 8 - Charles & Ray Eames - 1945



Bild 21

Die 36 entstandenen Versuchshäuser sind in drei Bauabschnitte zu unterteilen. Bis 1949 wurden die Gebäude mit gemischten Materialien erstellt. Von 1950 bis 1960 standen Pavillons aus Stahl und Glas im Vordergrund. Ab den 60ern wurde versucht, die gewonnen Erkenntnisse im Siedlungsbau umzusetzen.

Der Grundgedanke war, Prototypen moderner Architektur für die südkalifornische Mittelklasse zu entwickeln, die durch vorgefertigte Teile schnell erstellt werden konnten und eine zeitgemäße Architektur darstellen sollten. Eine Besonderheit beim Bau des Gebäudes war, dass der Stahlrahmen für den Bau des Gebäudes fertig erstellt auf die Baustelle gebracht wurde und Eames in letzter Minute seinen Entwurf umstürzte, mit der Begründung, dass der Rahmen auch für die geänderte Version benutzt werden könnte. Es war das erste Gebäude, das mit Bauteilen von der Stange hergestellt wurde. Für moderne Komponentensysteme der 60er Jahre diente es als Inspirationsquelle.³⁷

WICHITA House - Buckminster Fuller - 1945



Bild 22

³⁷ Davies Colin, High – Tech Architektur, Stuttgart, 1988
Ludwig Matthias, Mobile Architektur, Stuttgart, 1998, S. 85

Kernstück der Deployment Unit war das Dymaxion House, das von Fuller schon 1927 entwickelt wurde. Alle Haustypen von Fuller wurden von einem zentralen Pylon gehalten, an dem das Geschoss oder die Bodenplatte aufgehängt waren. Darunter war der Stellplatz für Fahrzeuge angedacht. Im zentralen Mast waren nicht nur die Haustechnik, sondern auch zusätzliche Versorgungssysteme untergebracht. Fullers Ziel war es immer, die Gebäude so autark wie möglich zu gestalten. Ökologie und Nachhaltigkeit waren ein wesentlicher Bestandteil seiner Arbeit.

Das Recyceln der verwendeten Materialien, ein geschlossener Brauchwasserkreislauf, sowie eine Einrichtung am Mast, um solare Einstrahlung in Energie umzuwandeln, gehörten zum Hauskonzept des Dymaxion Haus. Weitere zukunftsweisende Ausstattungsmerkmale waren eine integrierte Fernsehanlage, fotoelektrische Türen und aufblasbare Möbel. Nachteilig war, dass der Bewohner keinerlei Einfluss auf die Einrichtung des Gebäudes hatte. Die gesamte Einrichtung des Gebäudes war vorbestimmt. Von der geodätischen Kuppel Fullers abgesehen, fanden seine Serienhäuser jedoch geringe Anwendung in der Praxis.³⁸

ARCON-Häuser - 1945-48

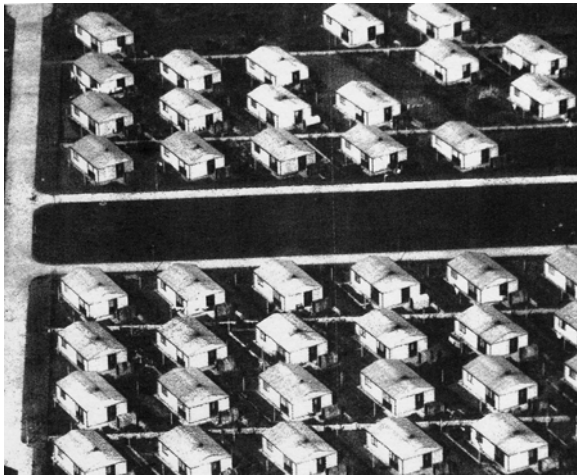


Bild 23

ARCON Häuser waren mit Asbest verkleidete Fertigteilhäuser. In den Jahren von 1945 bis 1948 wurden bis zu 46.000 Einheiten produziert³⁹.

Das AIROH Haus - 1946

In England versuchte die Regierung nach dem 2. Weltkrieg die Wohnungsnot zu lindern. Dazu wurden freigewordene Kapazitäten in der Flugzeugindustrie durch Wohnungsbauprogramme genutzt. In der Zeit von 1946 bis 1948 wurden ca. 78.000 Aluminiumhäuser in England errichtet. Das AIROH Haus wurde während des Krieges von einer Arbeitsgruppe entworfen. Den Prototyp baute die Bristol Aeroplane Company. Ein besonderes Merkmal besaß das AIROH Haus in Bezug auf seine Verbindungen. Es

³⁸ Ludwig Matthias, Mobile Architektur, Stuttgart, 1998, S. 112

³⁹ Pawley Martin, Theorie und Gestaltung im zweiten Maschinenzeitalter, Oxford 1980, S 113

wurden nicht nur, wie üblich, ganze Aluminiumplatten zusammengenietet, sondern im Endausbau Spezialverbindungen angewendet, wie sie beim Ansetzen eines Flügels an den Rumpf verwendet wurden.

Das AIROH Haus wog 10 Tonnen und wurde in vier Teilen voll ausgestattet per LKW auf die Baustelle transportiert. Es sollte in nur 12 Minuten produziert werden. Durch die Speziallegierung SSA (Secondary Strong Alloy) war es vollkommen wieder verwertbar. Es wurden 54.000 solcher Häuser hergestellt. Leistungsfähiger als das AIROH Haus war allerdings das Wichita Haus von Buckminster Fuller, das jedoch nie in großer Stückzahl realisiert wurde.⁴⁰

Spartan House Trailers - Spartan Aircraft Company - 1947



Bild 24

Der Spartan-Haus-Wohnwagen, war das erste wirklich mobile Haus, das die Funktionen eines Wohnwagens mit denen eines Hauses verband. Das Design war darauf ausgelegt, dem Besitzer das Gefühl zu geben, in einem vollwertigen Haus zu wohnen. Der Preis lag bei 5.000 US\$. Gefertigt wurden diese „Mobile Homes“ von der Spartan Aircraft Company, die bei der Produktion dieses Typs auf Techniken im Flugzeugbau zurückgriffen. Obwohl der Spartan House Trailer vom Kunden angenommen wurde, erhielt die Firma keine staatlichen Unterstützungen, da die Befürworter der Bauindustrie das Konzept des „Mobile Home“ nicht für ernst nahmen. Im Gegensatz zu anderen Herstellern und Baufirmen, die mit staatlichen Bauprogrammen subventioniert wurden, beruhte das Konzept der Spartan Aircraft Company auf Rentabilität, Mobilität und Verfügbarkeit. Dadurch wurde es zu einem erfolgreichen Beispiel im Serienbau.⁴¹

⁴⁰ Ludwig Matthias, Mobile Architektur, Stuttgart, 1998, S. 75

Pawley Martin, Theorie und Gestaltung im zweiten Maschinenzeitalter, Oxford 1980, S. 115

⁴¹ Arieff, Allison, Pre Fab, Layton 2002, S. 14

Das MAN Stahlhaus - 1948



Bild 25

Ab 1950 wurden bei der M.A.N. AG in Augsburg und Gustavsburg ca. 300 Montagehäuser in Stahltafelbauweise hergestellt. Das MAN Haus war ein komplett industriell gefertigter Prototyp und sollte in großen Stückzahlen auf den Markt gebracht werden. Architektonisch betrachtet fehlte es dem Konzept an Profil. Die tragenden Teile bestanden aus 1-mm-Stahlblech gepressten Außenwandelementen, die mit Glasfasermatten ausgelegt und auf der Innenseite mit Hartfaser oder Sperrholzplatten ausgelegt waren.

Mit Hilfe von Stahlprofilen wurden die Elemente auf ein konventionelles Betonfundament gesetzt. Das Planungsrastrer war auf ein Planungsmodul von 50 cm ausgelegt und bot damit genügend Flexibilität. Der Dachstuhl war allerdings in seiner Dimension auf ein festes Maß von 8 m ausgelegt, so dass die Häuser diesem Maß zwangsläufig folgen mussten. Das kleinste Haus im Angebot hatte Abmaße von 8 x 8 m. Es folgte als nächste Größe 8 x 13 m, möglich war eine Länge von bis zu 16 m. Auf einer Stahlrahmenunterkonstruktion wurde der Fußboden aus Nut und Federbohlen befestigt. Die Wärmedämmung aus Glaswolle wurde im darunter liegenden Zwischenraum eingelegt. Flexible Grundrisse waren durch nicht tragende Innenwände gewährleistet.⁴²

⁴² Ludwig Matthias, Mobile Architektur, Stuttgart, 1998, S. 66

Das Lustron House - 1948

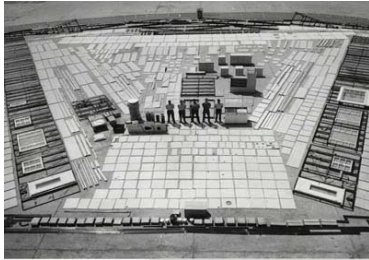


Bild 26

Fast zeitgleich mit dem MAN Haus in Deutschland, wurde in Columbus, im US-Staat Ohio, an einem ähnlichen Projekt zur Herstellung industriell gefertigter Häuser gearbeitet. Produktionsziel waren 85 Häuser pro Tag. Ein Haus musste innerhalb von 4 Stunden sämtliche Produktionshauptgruppen durchlaufen. Es kamen dabei die modernsten Fertigungsanlagen, wie Förderbänder zum Einsatz, in denen die einfachsten Produktionstechniken angewandt wurden. Fast alle Bauteile wurden aus Blechen oder Bändern zu Profilen oder Kassetten gepresst, die dann mit automatischem Punktschweißen zusammengesetzt wurden. Danach wurden die so entstandenen Bauelemente in Emailieröfen oberflächenbeschichtet. Die Haltbarkeit der Gebäudeteile wurde so fast auf ein ganzes Leben ausgerichtet.

Aus dem Blickwinkel der Architektur betrachtet, war das Lustron Haus alles andere als innovativ. Es gab lediglich vier Varianten, die noch nicht einmal im Detail geändert werden konnten. Sanitärzellen wurden als komplett vorgefertigte Raumzellen in das Gebäude eingebaut. Der Transport der Gebäude war gut organisiert. So konnte man mit 10 Arbeitskräften innerhalb einer Woche ein Gebäude aufstellen. Letztendlich musste Lustron in den 50er Jahren Konkurs anmelden, da der Staat keine weiteren Kredite mehr gewährte und die Investitionskosten verbunden mit der langsamen Produktion nicht zu decken waren.⁴³

⁴³ Ludwig Matthias, Mobile Architektur, Stuttgart, 1998, S. 73

Häuser von Meudon - Jean Prouvé - 1949

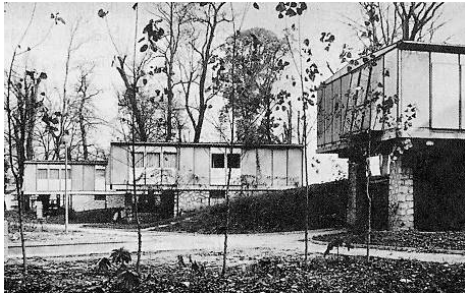


Bild 27

Prouvé hatte damals schon einige Serienhäuser entwickelt und gebaut. Das 1937 entstandene Ferienhaus BLPS hatte bereits den für das Portique-System charakteristischen Aufbau. Die dort verwendeten Portalrahmen wurden in unterschiedlichsten Formen bei weiteren Projekten verwendet. Der Vorteil der Portalrahmen-Konstruktion war der unkomplizierte Aufbau ohne Maschinen und Gerüste. Als erstes wurde auf die Betonfundamente eine Plattform für den Boden aufgestellt. Auf diese Plattform wurde die Portalstütze aufgebaut, der Anschluss an die Mittelträger erfolgte mittig und biegesteif. An die Enden der Mittelträger wurden nun die Kopfträger angeschlossen, die wiederum den Abschluss für die Fassadenpaneele bildeten und diese fixierten. Der Grundriss wurde geschlossen, indem die Lagerträger für die Dachpaneele eingefügt wurden. Die restlichen Wand- und Dachelemente konnten nun eingelegt werden. Ähnlich wie bei Neutras Plywood House, sind die Wandelemente austauschbar. Die einfachen Gebäude mit einer Grundfläche von 8 x 8 m konnten mit einem einzigen Lastwagen transportiert und von vier Personen innerhalb eines Tages montiert werden. Für die Serienfertigung waren die Materialien Stahl, Aluminium und Holz vorgesehen. Ursprünglich sollten von der Regierung 1200 Stück als Notunterkünfte in Auftrag gegeben werden. Aus nicht bekannten Gründen distanzierte sich jedoch die Regierung von den Serienhäusern, so dass die 25 bereits gefertigten Häuser in Meudon aufgebaut wurden und den Mitarbeitern als Wohnung dienten.⁴⁴

⁴⁴ vgl. Ludwig Matthias, Mobile Architektur, Stuttgart, 1998, S. 47

Monsanto-Haus - 1957



Bild 28

Das Monsanto-Haus ist ein ernstzunehmender Gebäudetyp aus Kunststoff, obwohl es in Wald Disney errichtet wurde. Leider wurde dieses Gebäude nur einmal gebaut. Es ist ein aufwendiges und zukunftsweisendes Konzept für modernes Wohnen. Das Gebäude besteht komplett aus Glasfaserschalen, die sich durch ihre Beschaffenheit selbst tragen. Der Kern des Gebäudes enthält alle Funktionsbereiche. Die Wohn- und Schlafräume sind sternförmig um diesen Kern gruppiert. Dadurch kann jeder einzelne Raum von den Seiten her voll belichtet werden. Das Monsanto-Haus wurde für den Serienbau entworfen und ist so gegliedert, dass die einzelnen Raumzellen problemlos auf die Baustelle gefahren und dort zusammengesetzt werden können. Da Kunststoffhäuser einen geringen Wärmespeicher besitzen, neigen sie dazu, sich zu überhitzen. Dieses Problem wurde durch Lüftungsklappen, die über der zentralen Raumzelle liegen, gelöst.⁴⁵

Case-Study-House Nr. 22 - Pierre Koenig - 1959



Bild 29

Das Case-Study-House Projekt wurde oben bereits beschrieben. Es findet hier noch einmal in Form eines Stahl-Glas-Gebäudes von Pierre Koenig Beachtung. Stahl war in dieser Zeit das Material auf dem die ganzen Anstrengungen des Projektes beruhten, da man sich dadurch eine einfachere Serienproduktion erhoffte.

⁴⁵ vgl. Ludwig Matthias, Mobile Architektur, Stuttgart, 1998, S. 118

Des weiteren wurde versucht, eine engere Verbindung zwischen Architektur und industriellen Techniken herzustellen, um handwerkliche Baumethoden abzulösen. Problematisch war, dass es von der Industrie keine für den Wohnungsbau ausgerichteten Walzprofile gab, und dass die industriell orientierte Bauweise nur wenig Improvisations-Spielraum zuließ.⁴⁶

1.4.4 Serienhäuser von 1960 bis 1980

Zu Beginn der 60er Jahre stand die wandelbare, anpassungsfähige und erweiterbare Wohnung im Fokus der Architektur. Mit großem Enthusiasmus arbeiteten damals Architekten und Ingenieure an der Umsetzung der Thesen, die Konrad Wachsmann 1959 in seinem Buch „Wendepunkt des Bauens“ beschrieben hatte, und an einer Erweiterung industrieller Produktionsmethoden im Bauwesen. Der Schwerpunkt hierbei lag auf Wohnsiedlungen, da der Serienbau nicht mehr staatlich gefördert wurde.

In den 60er Jahren fand ein neues Material seinen Einzug in den Serienbau. Auf Baumessen erweckten die ersten Serienhäuser aus Kunststoff das breite Interesse der Öffentlichkeit, da sie die überwiegend futuristischen Ideale der Entwerfer, wie auch den damaligen Stand der Polymertechnik ausdrückten. Kunststoff war aber auch Ausdrucksmittel für die sich in dieser Zeit entwickelnde Gegen- und Subkultur. Weltweit formierten sich Avantgarde-Gruppen, wie „Ant Farm“ und „Eat“ in den USA, „Archizoom“, „UFO“ und „Superstudio“ in Italien, „Coop Himmelblau“ in Österreich, „Archigram“ in Großbritannien, usw. Sie lehnten sich gegen die tradierte Anschauungsweise der modernen Architektur auf. Viele dieser Gruppen hatten sich zum Ziel gesetzt, herkömmliche Architekturtheorien und „Praktiken“ zu stürzen. Das Experimentieren mit neuen Baustoffen, wie Kunststoff, stand im Fokus der Arbeiten, um neue unkonventionelle Wohnungen zu schaffen.

Die einsetzende Ölkrise in den späten 70er Jahren beendete die Diskussion über Kunststoffhäuser jedoch recht schnell. Neben der Verwendung von Kunststoff als Baumaterial wurde auch die Entwicklung von Bausystemen durch Forschung vorangetrieben, die sich bis dato überwiegend als starr und monoton erwiesen. Ziel war es, die Bausysteme zu öffnen, um mehr Flexibilität und gestalterischen Freiraum zu erhalten.⁴⁷

Case-Study-Houses Nr. 24 / 25 – 1961-1962

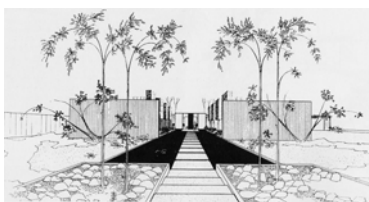


Bild 30

⁴⁶ Ludwig Matthias, Mobile Architektur, Stuttgart, 1998, S. 87

⁴⁷ Daniel Dechmann, Diplomarbeit an der Hochschule für Technik Leipzig, Januar 2004

Die Case-Study Projekte fanden in ihrer letzten Phase einen neuen Schwerpunkt. Das Planen von Siedlungen stand im Vordergrund. Die Grundidee, sowie die verwendeten Materialien sollten sich in jedem Gebäude einheitlich widerspiegeln. Mit dem Case-Study-House Nr. 24 entwarfen die Architekten Quincy Jones und Frederick Emmons eine Siedlung, die im San Francisco-Tal in der Nähe von Los Angeles gebaut werden sollte. Auf dem Gelände von 60 Hektar wurden 260 Häuser geplant. 1962 wurde mit dem Bau der ersten Häuser begonnen.

Das Haus hatte eine Grundfläche von 163 m² und wurde in eine Ausschachtung von 15 x 20 m hineingestellt. Lärmschutzwälle, wurden aus dem 60 cm tiefen Erdaushub aufgeschichtet. Schlaftteil und Wohnteil wurden von einem 6 x 15 m großen Garten getrennt und mit gedeckten Gängen miteinander verbunden. An den Wohnraum wurden dreiseitig Terrassen angeordnet. Als Konstruktion sah man eine Holzskelettbauweise mit Sperrholzplatten verkleidet vor. Da die Baukosten über die Erwartungen hinaus stiegen, wurde die Siedlung nie komplett realisiert. Letztendlich hat das Case-Study-House Projekt bewiesen, dass man mit industrieller Vorfertigung und mit industriellen Verfahren architektonisch wertvolle Wohnbauten realisieren kann, wenn Unternehmer, Planer, Bauherren, Hersteller und die Initiatoren Einigkeit zeigen.⁴⁸

fg 2000 Hessen - 1968

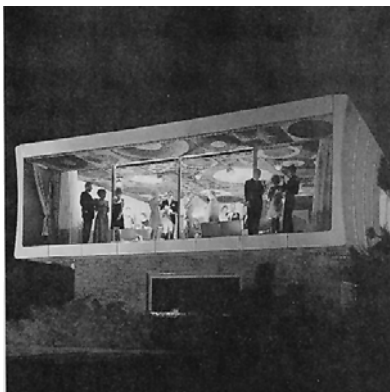


Bild 31

Als einziges Kunststoffhaus in Deutschland, hatte das fg 2000 eine Zulassung bekommen. Es ist ein lineares Baussystem, mit leicht nach innen gewölbten Wandelementen und abgerundeten Kanten. Nachteilig war die fehlende Mobilität, da der Sockel konventionell gebaut werden musste. 1968 wurde es zum ersten Mal als Versuchshaus mit 13 Dach- und 26 Wandelementen gebaut, wovon 6 mit Fenstern ausgeführt wurden. Da die Elemente einen nur linearen Aufbau zuließen, wurden Anfang und Ende des Wohnhauses großflächig verglast. Aufgrund des geringen Gewichts der Elemente, konnte das Gebäude mit reiner Muskelkraft zusammengesetzt werden. In elf Stunden konnten 10 Arbeiter ein Gebäude zusammensetzen. Die Grundrissvielfalt war aufgrund des linearen Systems stark beschränkt. Für ein zweidimensionales System

⁴⁸ Ludwig Matthias, Mobile Architektur, Stuttgart, 1998, S. 92

waren Eckelemente nötig. 1972 konnte ein zweiter Prototyp erstellt werden, der nun auch eine freie Grundrissgestaltung zuließ.

Die Verwendung von glasfaserverstärkten Polyesterharz war auch beim fg 2000 ein gängiges Verfahren. Die Verwendung von Glasfasern, laminiert in Polyesterharz, hat folgende Vorteile: Das Material ist witterungsbeständig, stark belastbar und dabei sehr leicht. Die porenfreie Oberfläche ist resistent gegen Schmutz, Moose oder anderen Belägen. Wand- und Deckenelemente wurden als Sandwichelemente hergestellt. Die Außenhaut bestand aus 6 mm starkem Glasfaserpolyesterharz, die Innenhaut war 4 mm stark. Als Kern wurde ein PUR-Hartschaum verwendet, der eine Dämm- und Aussteifungsfunktion übernahm. Die Wand- und Deckenelemente wurden durch eingeformte Flansche und Bolzen verschraubt. Die für den Systembau typischen Fugen wurden durch dreifache Dichtungsbänder aus Moosgummi und Polysulfid abgedichtet. Durch die freie Überspannung der Deckenelemente war die Innengestaltung des fg 2000 frei.⁴⁹

Zip Up House - Richard Rogers – 1968/71

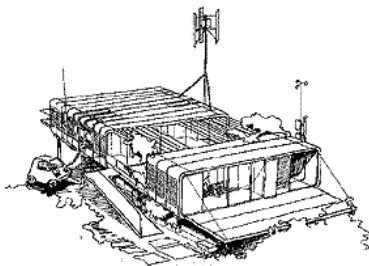


Bild 32

Das Zip Up Enclosure House von Richard Rogers, genannt nach dem Prozess des Verbindens von Wandplatten aus Aluminium mit einer Dichtung aus Neopren, galt in den 60er Jahren als Manifest für das moderne Haus schlechthin. Grundidee des Entwurfes war ein hellgelber, wasserdichter, hoch isolierter Kasten aus tragenden Platten. Boden, Wände und Dach wurden als ein Element aus einem 20 cm starken Sandwichmaterial hergestellt. Der Aufbau des Elements bestand aus einer äußeren Aluminiumhaut und aufgeschäumten Kunststoff als Aussteifung. Die Fugen wurden mit einem Neoprenband abgedichtet. Die gleiche Verbindungstechnik findet sich beim Einbau von Fenstern in Bussen wieder.

Die Dämmfähigkeit der Elemente dieses Hauses ist so hoch, dass auf eine Zentralheizung in gemäßigten Klimazonen weitgehend verzichtet werden kann. Die selbsttragenden Raumelemente können bei einer Spannweite von 9 m beliebig erweitert werden. Grundrissfreiheit, Erweiterung und Rückbau sind somit problemlos möglich⁵⁰.

T.E.S.T-Arbeitsgruppe - Schulitz - 1971

⁴⁹ vgl. Ludwig Matthias, Mobile Architektur, Stuttgart, 1998, S. 128

⁵⁰ Burdett Richard, Richard Rogers - Bauten und Projekte, Stuttgart, 1996

Das T.E.S.T System unter der Leitung von Helmut Schulitz wurde vom SCSD System inspiriert, welches von Ezra Ehrenkrantz 1966 fertig gestellt wurde. Das System basierte auf Subsystemen, die durch ein Regelwerk aus funktionalen Leistungsbeschreibungen von verschiedenen Anbietern entwickelt wurden. Dieses Regelwerk hatte die Aufgabe die Kompatibilität der einzelnen Komponenten zu gewährleisten. Das T.E.S.T. Programm war eine Methode im Wohnungsbau. Es ging dabei nicht um die Entwicklung von neuen Bauteilen, sondern nur um die Prüfung vorhandener Bauteile auf ihre Kompatibilität. Dabei wurden die Elemente aus verschiedensten Baufeldern bis hin zum Schiffsbau ausgewählt und geprüft. Der Wohnungsbau konnte von diesem Technologietransfer am meisten profitieren, da er von industrieller Produktion bisher unberührt blieb. Es entstand ein Katalog für den Wohnungsbau mit Bauteilen „von der Stange“, vergleichbar mit einer Collage, ein offenes System aus Standardbauteilen. Das ermöglichte, auch kleinste Projekte mit industriellen Mitteln zu bauen, die ein Höchstmaß an Individualität boten.⁵¹

Wohnhaus Schulitz - Beverly Hills - Helmut Schulitz - 1976



Bild 33

Das Haus wurde für eine vierköpfige Familie entworfen und ist der Prototyp des im Vorfeld von Schulitz entwickelten T.E.S.T. Systems. Gemeinschaftsbereiche für Familie, Freunde und Gäste bestimmen die Grundrissaufteilung des Hauses. Das Wohnhaus steht an einem schwer zu bebauenden Hang, dafür mit einem weiten Ausblick über die Stadt und das Meer. Innerhalb von zwei Tagen wurde das Stahlgerüst mit Hilfe eines Krans aufgebaut. Darauf wurde die einzelnen Ebenen des Gebäudes montiert, um einen schnellen und sicheren Aufbau zu gewährleisten. Die Verbindungen der einzelnen Bauteile sollten möglichst nur verschraubt werden. Durch die Rahmenkonstruktion sind alle Wände nicht tragend und so demontierbar. Schutz vor Sonneneinstrahlung wird durch die der Verglasung vorgesetzten Jalousien erreicht. Eine Klimaanlage ist nicht vorhanden, da durch die natürliche Querlüftung über die Oberlichter die Wärme in den heißesten Sommermonaten entweichen kann.

Das Haus ist ein Versuchsbau, für den industriell gefertigte Teile unterschiedlichster Hersteller, möglichst ohne zusätzliche Modifikationen an den einzelnen Bauteilen, zusammengefügt wurden.⁵²

⁵¹ Schulitz Helmut, Bauten und Projekte, München 1996
Detail 2001, Band 4, Elemente und Systeme

⁵² Detail 2001, Band 4, Elemente und Systeme

1.4.5 Serienhäuser von 1980 bis 2003

Während in den 60er Jahren die Entwicklung von Bausystemen im Vordergrund stand, begann man Ende der 70er Jahre eine weitere Art des Bauens mit Systemen aufzugreifen. Im Vordergrund stand nicht mehr ein System, sondern mehrere, die es miteinander zu verbinden galt. Die Forschungsgruppe T.E.S.T unter der Führung des deutschen Architekten Helmut Schulitz, setzte sich zu Beginn der 80er Jahre ausschließlich mit Problemen der Kompatibilität von Systemen auseinander. Es wurden Regeln aufgestellt, nach welchen Prämissen Systemanbieter ihre Verbindungen unter den Elementen ausführen sollten, um eine größtmögliche Kompatibilität von Systemen zu erreichen. Bauteilkataloge verschiedenster Komponenten wurden zusammengestellt, nach ihrer Kompatibilität gegliedert und zu größeren Elementen zusammengefügt.

Diese Art des Bauens mit mehreren Systemen stellt bis heute die modernste und erfolgreichste Art dar, Serienhäuser oder Häuser aus Serienteilen zu fertigen. In den USA, sowie verstärkt in Österreich und der Schweiz, entstanden Komponenten-Häuser, die mehr oder weniger auf Komponenten gängiger Bausysteme zurückgriffen.⁵³

Wohnhäuser – Hollywood - Helmut Schulitz - 1984



Bild 34

Ähnlich wie das eigene Wohnhaus des Architekten, liegt diese Wohngruppe mit einer weiten Aussicht über Los Angeles und den Pazifik an einem Steilhang. Um Energie einzusparen, wurde bei diesen Häusern auf eine weitgehende Verglasung der Gebäudehülle verzichtet. Die Gebäudehülle besteht hauptsächlich aus Stahl und unbehandeltem Aluminium. Ausfachende und tragende Bauteile wurden hier im Gegensatz zu dem Wohnhaus Schulitz in Holz gefertigt. Eine eigens entwickelte Mischkonstruktion aus Stahl und Holz bildet die Grundlage für Dach und Decken mit einem darüber liegenden Sperrholzboden. Das Bausystem besitzt einen modularen Aufbau, mit dem demonstriert werden sollte, wie diese Art des Bauens Arbeitszeit und Material einspart. Das Grundmodul mit 1,20 m richtet sich nach den Standardmaßen für industriell gefertigtes Plattenmaterial.⁵⁴

⁵³ vgl. Daniel Dechmann, Diplomarbeit an der Hochschule für Technik Leipzig, Januar 2004

⁵⁴ Detail 2001, Band 4, Elemente und Systeme

Yacht House - Richard Horden - 1984



Bild 35

Das Yacht House ist eines der ersten umgesetzten Gebäude mit Richard Hordens Yachtsystem. Das Gebäude wurde für eine Familie mit begrenztem Budget entworfen. Inspiriert durch den Tornado Katamaran entwickelte Richard Horden ein leichtes und flexibles Bausystem. Grundlagen des Systems sind Steckverbindungen, die den Aufbau auch für Laien ermöglichen. Im Gegensatz zu Schulitz geht Horden hier einen ganz anderen Weg. Wo Schulitz auf möglichst einfache Verbindungen Wert legt, setzt Horden auf hochkomplexe Hightechverbindungen, die keine Kompatibilität zu fremden Systemen besitzen. Dafür erreicht das Yachtsystem ein hohes Maß an Flexibilität, das durch das geringe Eigengewicht ganz ohne Hilfe von Baumaschinen auskommt.

Die Konstruktion besteht aus einem mit Druckgliedern verbundenem Aluminiumrahmen, der mit Spannkabeln aus Stahl als leichter Windverband ausgesteift wird. Hergestellt wurde der modulare Aluminiumrahmen vom Mastenhersteller Proctor Masts, der auch beim Bau des Tornado Katamarans beteiligt war. Für die Flexibilität dieses Bausystems steht die problemlose Erweiterung des Gebäudes, das kurz vor der Realisierung von 123 m² auf 164 m² und 1993 auf 218 m² erweitert wurde.⁵⁵

⁵⁵ Detail 2001, Band 4, Elemente und Systeme

Horden Richard, Light Tech

vgl. Daniels Klaus, Low Tech Light Tech High Tech, Buildings in the Information Age,

Birkhäuser Publishers, 1998, S. 134

CAMPUS - Prof. Han Slawik - 1986



Bild 36

„CAMPUS“ vereint mehrere Grundideen: als „Baulaboratorium“ wurde es in einem Studentenprojekt entwickelt. Das Gebäude besteht überwiegend aus gebrauchten Materialien. Hauptmaterial sind Seecontainer mit Abmaßen von 2,40 × 2,60 × 6,00 m. Das Gebäude besteht aus fünf hochkant stehenden Seecontainern. Vier dieser Container wurden so zusammengestellt, dass der fünfte als Turm mittig darauf gestellt werden konnte. Gegründet wurde das Konstrukt auf „Stelcon“ – Industrie – Bodenplatten, dritter Wahl. Um die sechs Meter hohen Freiräume zu schließen wurde eine gebrauchte Gewächshausverglasung benutzt. Als Decken dienten entnagelte Balken aus Abbruchholz, die auf Standardschalungsträgern auflagerten. Der Container wurde mit 80 mm Mineralwolle gedämmt und mit Konstruktionstriplexplatten ausgekleidet. Die Geschosse wurden nach dem Vorbild Le Corbusiers angeordnet und mit einer Scheren Auszugstreppe untereinander verbunden.⁵⁶

T House - Ungers Kinslow - 1992



Bild 37

Die Form des Gebäudes wurde aus der inneren Funktion und der Geländetopografie abgeleitet. Durch die Trennung des Wohn- und Arbeitsbereiches in zwei lineare Räume, die sich wie ein T am Kopfende überlagern, entstanden die Form und der Name des Gebäudes. Die äußeren Wände bestehen aus ¼ Inches starken, selbsttragenden Stahlplatten, die ständig der Witterung ausgesetzt sind. Relativ leichte Stahlverbindungen

⁵⁶ vgl. Graph Anton, Vorgefertigte Einfamilien- und Reihenhäuser, München, 2003, S. 32

wurden für den Rahmen verwendet. Das Gebäude wurde als Raumzellensystem in sechs Teilen in einer örtlichen Fabrik vorgefertigt, mit Sattelschleppern zur Baustelle gefahren und dort zusammengesetzt. Durch die verschweißten Stahlplatten musste eine extrem hohe Maßgenauigkeit eingehalten werden. Die einzelnen Raumzellen wurden fugenlos zusammengefügt, um den monolithen Charakter des Gebäudes zu erhöhen. Der Wandaufbau besteht aus zwei Tragkonstruktionen. Primärkonstruktion ist die Stahlhülle an sich. Sekundärkonstruktion bildet ein Holzrahmen der mit Sperrholztafeln beplankt wurde. Beide Konstruktion mussten durch die unterschiedlichen Dehnungskoeffizienten der Materialien flexibel verbunden werden.⁵⁷

Furniture House - Shigeru Ban - 1995



Bild 38

Shigeru Ban hat ein Gespür dafür, aus gewöhnlichen Materialien wie z.B. Papier ungewöhnliche Architektur entstehen zu lassen. Die Wände des Furniture House (Möbel House) bestehen aus Papprollen, die die Dachlast aufnehmen, sowie die Kassetten aus Sperrholzplatten aussteifen. Das Prinzip folgt dem eines freistehenden Regals. Jede Wand steht für sich alleine wie ein Möbel im Raum. Die Kassetten, von Möbelschreibern in einem Werk gefertigt, bilden die Wände und bestehen aus zwei unterschiedlichen Einheiten. Zusätzlich werden die Kassetten auf der Kopffläche mit einem Holzbalken nach dem Prinzip eines Ankers verbunden. Das Gebäude besticht durch seine einfache Konstruktion und das preiswerte und schlichte Material. Diese Methode zeichnet sich durch ihre hohe Maßgenauigkeit und Ökonomie in Material und Fertigung aus.⁵⁸

⁵⁷ Gausa Manuel, Single Family Housing, The private Domain, Berlin, 1999

⁵⁸ Arieff, Allison, Pre Fab, Layton 2002, S. 121

Zweifamilienhaus - Oskar Leo und Johannes Kaufmann - 1997



Bild 39

Das Wohngebäude besteht aus zwei vorgefertigten Wohneinheiten für jeweils eine Familie im Erd- und Obergeschoss. Konstruktionsmodule aus Holz mit Abmaßen von 5 x 5 m wurden als Grundgerüst auf der Baustelle nebeneinander und übereinander gereiht und mit vorgefertigten Fassadenelementen verkleidet. Dieses Gebäude ist der Prototyp für ein eigens entworfenes System nach dem Baukastenprinzip. Die 5 x 5 m großen Module können beliebig zusammengefügt werden.⁵⁹

Teehaus - Marterermoosmann - 1997



Bild 40

Ausschlaggebend für diese Konstruktion war ein steiler Nordhang. Offenheit und Leichtigkeit sollte sie widerspiegeln. Das Fertigteilssystem ist so ausgelegt, dass es von 2 Arbeitern zusammengesetzt werden kann, da das Gelände nicht mit schweren Maschinen befahrbar war. Das Fundament besteht aus Stahlbeton mit einer Stützmauer. Die Stahlkonstruktion richtet sich nach den Abmaßen der Tür und Fensterrahmen. Die Aussteifung erfolgt durch Bänder im Rahmen.⁶⁰

⁵⁹ vgl. Bahamon Alejandro, Bauen mit System, Architektur mit Fertigteilen, Kohlhammer Verlag 2002, S. 154

⁶⁰ vgl. Bahamon Alejandro, Bauen mit System, Architektur mit Fertigteilen, Kohlhammer Verlag 2002, S. 140

Reihenhäuser in Burghalde - Alioth Langlotz - 1998



Bild 41

Die einzelnen Blöcke bestehen aus Elementen mit einem hohen Vorfertigungsgrad. Als Fundament dient eine Betonplatte, die durch Abtreppen der einzelnen Apartments, der Hanglage folgt. Vorgefertigte Wandteile in Holzrahmenbauweise bilden tragende und raumbildende Elemente, die an der Baustelle zusammengesetzt werden. Jedes Haus kann als Modul betrachtet werden, dessen innere Aufteilung identisch ist. Das bedeutet, dass selbst die angrenzenden Wände doppelt ausgeführt wurden.⁶¹

„The Space Between“ - Sturm und Wartzek - 1998



Bild 42

„The Space Between“, ein Pavillon, wurde als Ruheraum angedacht. Die Frage „Wie viel Raum braucht man zum Leben?“ stand hier im Mittelpunkt. Technisch betrachtet besteht der Kubus aus Doppelstegträgern und Sperrholzplatten, die mit einem Kugellager verbunden sind. Durch Drehen des Kubus werden individuelle Raumeindrücke, z.B. je nach Sonnenstand erzeugt. So findet der Kubus einen flexiblen Bezug zu seinem Umfeld. Ein autarkes Ensemble von verschiedenen Funktionskuben als Camp ist in Planung.⁶²

⁶¹ vgl. Bahamon Alejandro, Bauen mit System, Architektur mit Fertigteilen, Kohlhammer Verlag 2002, S. 106

⁶² vgl. Gunßer Christoph, Individuell bauen mit Systemen, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart 2002, S. 12

„Smallhouse.ch“ - Bauart Architekten - 1999



Bild 43

Mit dem „Smallhouse.ch“ sollte dem normalerweise innewohnenden Containercharakter entgegengewirkt werden. Grundlage ist ein Raumzellensystem, der als „Optimierter Wohn-Kubus“ von den Entwicklern angesehen wird. Das System ist hauptsächlich dafür angelegt, Wohngebäude zu ergänzen oder Restflächen zu füllen. Das hier als Prototyp behandelte Haus wird zu allen Seiten mit geschosshohen großflächigen Fenstern bestückt. Die Raumzellen werden ab Werk komplett vorgefertigt und innerhalb eines Tages auf der Baustelle zusammengefügt. Gleiche Tragstrukturen von Wand, Fußboden und Dach sind sichtbar belassen.

Susi und Fred - Oskar Leo und Johannes Kaufmann - 1999



Bild 44 + 45

Die Holzcontainer „Susi und Fred“ sind flexible und mobile Wohneinheiten aus Holz, die sich nach den Maßen eines Tiefladers orientieren. Hauptfunktionen der beiden Raumzellen sind Wohnen, Arbeiten und Ausstellen. Mit einer Länge von 12,50 m und einer Breite von 3,50 m, musste der Grundriss linear orientiert angeordnet werden. Die Nassbereiche Küche und Bad wurden an die Kopfenden des Containers angeordnet. Dies erhöht die Flexibilität, vergrößert aber auch den Installationsaufwand.

„Susi“ wiegt 10 t und wird mit einem Hebekran vom Tieflader direkt auf das dafür vorgesehene Stahlgerüst montiert. Innerhalb von vier Stunden sind die Installationsanschlüsse gelegt und voll funktionstüchtig. Beim kleineren Bruder „Fred“ wurde die Minimierung und Flexibilisierung noch weiter getrieben. Der Würfel mit einem Kantenmaß von 3 m, lässt sich mit Hilfe eines Elektromotors auf seine doppelte Länge ausfahren. Fred ist innerhalb von 2 Stunden auf seine Schienen montiert. Beide Gebäude sind für ca. 50.000 € zu erwerben.

Wohnanlage in Neu-Ulm - G.A.S.-Sahner Architekten – 2003



Bild 46

Die von den Stuttgarter Architekten G.A.S.-Sahner entworfene Wohnanlage in Neu-Ulm kann man als eine moderne Interpretation des Baukastens im Großen von Walter Gropius verstehen. Auch hier können einzelne Raumkörper zu verschiedenen Varianten zusammengefügt werden. Jedoch ist die Formen- und Materialvielfalt wesentlich höher, da die einzelnen Raummodule aus Elementen bestehen und so geringfügig verändert werden können. Das System wurde so ausgelegt, dass es möglich war, die Gebäude mit verschiedenen Baustoffen, regional und auf Hersteller bezogen, zu erstellen. Die Auswahl reicht vom Kleinsthaus, bestehend aus zwei Räumen mit Küche, Bad und WC, bis zur Maximalversion mit 7 Zimmern.

2. Stand der Technik im System- und Fertigbau

2.1. Definitionen und Begriffsbestimmungen

Wie im Kapitel I dargestellt, sind in den letzten hundert Jahren etliche Serienhäuser und Systembauten aus der Industrialisierung im Bauwesen entstanden. Viele Architekten, darunter Buckminster Fuller, Walter Gropius und Konrad Wachsmann, bildeten die Grundlagen für ein vorgefertigtes neues Bauen im Bauwesen. Aus sozialen Aspekten in Europa und aus der kulturellen Entwicklung in Amerika, entwickelte sich diese Art des Bauens zu einer nicht mehr wegzudenkenden Strömung in der Architektur. Es waren letztendlich die Ingenieure, die in großer Stückzahl Serienbauten realisieren konnten und den Systemgedanken im Industriebau weiter in die Realität umsetzten. Das weitläufig verbreitete Bild vom Systembau als grau, starr und monoton wird der Sache in Wirklichkeit nicht gerecht. Durch die trist wirkenden Plattenbauten, die viele unserer Städte prägen, entstand ein schlechtes Bild vom Serienbau. Der Systembau in Form von Serienhäusern hat in den letzten hundert Jahren unterschiedlichste und durchaus individuelle Serienhaussysteme zu Tage gebracht. Serienhäuser erfüllen am besten die Ansprüche an Ökonomie und Ökologie. Trotz hohem Engagement von vielen Seiten, ist das industrielle Bauen in Deutschland ein Stiefkind geblieben, obwohl die Notwendigkeit dafür in Zukunft weiter zunehmen wird.

Bausysteme

Ein Bausystem besteht aus verschiedenen Untersystemen, die wiederum in Elemente unterteilt sind. In der Regel werden die Untersysteme nach Aufgaben zugeordnet. Dabei können sich Aufgabenbereiche in einem Element vereinen oder überschneiden. Diese Wechselwirkungen der einzelnen Untersysteme zueinander, sowie ihrer mehr oder weniger starken Abhängigkeit umschreiben die Qualitäten eines Bausystems.

„Ein System ist eine Anordnung von aufeinander einwirkenden Gebilden, die man sich durch eine Hüllfläche von ihrer Umgebung abgetrennt vorstellen kann. Solche Gebilde können sowohl Gegenstände, als auch Denkmethode und deren Ergebnisse sein. Durch die Hüllflächen werden Verbindungen des Systems mit seiner Umgebung geschnitten. Die mit diesen Verbindungen übertragenen Eigenschaften und Zustände sind die Größen, deren Beziehungen untereinander das dem System eigentümliche Verhalten beschreiben.“⁵³

Systeme werden im Bauwesen, nach ihrer Kompatibilität ineinander und zueinander gegliedert. Als Basissystem dient das geschlossene System, welches durch Öffnen der Parameter soweit erweitert werden kann, dass der Begriff System nicht mehr zutreffend ist. Das Öffnen der Bausysteme geschieht über die Elemente, die den verschiedenen Systemarten zugeordnet werden. Dabei beginnt das Öffnen mit der Beweglichkeit der Elemente im System über eine freie Kombination von Elementen und Komponenten verschiedener Bausysteme, die einer höheren festgelegten Ordnung folgen, bis hin zu einem Kombinieren einzelner Elemente und Systeme ohne System. Systemarten

⁵³ nach Neuentwurf des regeltechnischen Normblattes DIN 19226

beschreiben die Art des Systems nach seinen Fähigkeiten. Systemklassen klassifizieren die Systeme nach ihrer Elementart.⁵⁴

Geschlossene Systeme

Geschlossene Systeme gelten als die ersten Bausysteme. Bauelemente, Verbindungselemente und Dichtungselemente bilden in diesem System eine geschlossene Einheit. Die Systembauteile werden speziell auf das Bausystem optimiert. Dadurch erhält das System eine hohe technische Qualität und kann mit geringem Aufwand gefertigt und zusammengebaut werden. Der Optimierungsschwerpunkt bei geschlossenen Systemen liegt in den inneren Systemabläufen. Geschlossene Systeme bieten den höchsten Vorfertigungsgrad an, da Sie auf festen Parametern basieren. Gesichtspunkte der Kompatibilität mit anderen Systemen werden vernachlässigt. Geschlossene Systeme sind jedoch sehr starr in ihrer Anwendung. Deswegen wurden schon früh eine größere Formfreiheit, mehr Gestaltungsmöglichkeiten und ein freieres Konkurrenzspiel seitens der Architekten gefordert. Dies konnte nur durch ein Öffnen des Bausystems realisiert werden.⁵⁵

Untergeordnete geschlossene Systemarten

Untergeordnete geschlossene Systemarten sind Bausätze oder Baukästen. Sie bilden eine Unterform des oben genannten geschlossenen Systems. Ein Bausatz ist ein geschlossenes System, in dem jedes Element einen festen Platz und eine feste Funktion besitzt. Ein Baukasten ist ein Bausatz mit begrenzter Variantenzahl. Er kommt im Serienbau als technischer Bausatz in Form von Gebäudetechnik und als formaler Baukasten vor. Ein Baukasten bietet Varianten von Teilbausätzen an und ist somit auch als geschlossenes System zu betrachten.

Offene Systeme

Offene Systeme bieten generell eine gewisse Planungsfreiheit in der Grundrissgestaltung und Elementauswahl. Sie ermöglichten erstmals einen Austausch einzelner Elemente aus verschiedenen Bausystemen gleicher oder kooperierender Hersteller. Wo früher ein Anbieter ein System für das ganze Bauwerk auf den Markt brachte, bestand nun die Möglichkeit, dass andere Hersteller ihre Produkte in dieses System einbauen konnten. Dies wurde schon recht früh zu einem gewissen Grad realisiert. Das Bausystem wurde durch Normierung und Standardisierung der Verbindungen und Elemente geöffnet. Anwendung fand das „Offene System“ vor allem im Betonbau, da hier die einfachste Verbindung zwischen den Elementen bestand und so aufwendige Modifizierungen wegfielen. Dieses Öffnen der Systeme wurde über das Offene System hinaus weiter entwickelt.⁵⁶

Komponentensysteme

Wenn der Systemschwerpunkt nicht mehr auf der Bildung und Ordnung von Elementen in einem bestimmten System beruht, sondern auf dem Koordinieren und Verbinden anderer Systeme und Elemente, spricht man von Komponenten. Das Bauen mit Komponenten ist

⁵⁴ vgl. Schmid Thomas, Bauen mit Systemen, Zürich, 1969, S. 41

⁵⁵ vgl. Schmid Thomas, Bauen mit System, Zürich, 1969, S. 39

⁵⁶ vgl. Schmid Thomas, Bauen mit System, Zürich, 1969, S. 41

jedoch nur dann möglich, wenn Verbindungs- und Dichtungstechnik soweit entwickelt sind, dass Bauteile verschiedenster Herkunft miteinander verbunden werden können. Alle Bauteile müssen einer gemeinsamen Maßordnung unterliegen, damit sie kombiniert werden können. Neben den Bausystemen wurde auch an ein Öffnen der Bauwerksfunktionen gedacht. Diese Auseinandersetzung mit dem „Flexibel machen“ eines Bauwerks nennt man „Open Plan“.⁵⁷

Durchlässigkeit („Open Plan“)

Der „Open Plan“ bezieht sich nur auf die Planungsabläufe hinsichtlich einer flexiblen Funktion und Gestaltung des Bauwerks. Den Flexibilitätsgrad eines Bauwerks nennt man Durchlässigkeit. Die Durchlässigkeit eines Gebäudes bezieht sich auf Fassaden, Grundrisse, technische Anlagen, Böden und Decken. Mit Bausystemen kann eine kostengünstige und vielseitige Durchlässigkeit erreicht werden, die mit konventionellen Baumethoden realisiert, an ihre ökonomischen Grenzen stoßen würde.⁵⁸

Systemklassen

Systemklassen werden je nach Gewicht in Schwersystemklassen und Leichtsystemklassen unterschieden. Dabei wird ein Trennwert von 1000 kg / m³ zur Unterteilung in leicht und schwer angenommen.

Paneelsysteme: Paneelsysteme werden aus Paneelelementen gebildet, die raumbildende wie statische Aufgaben übernehmen.

Skelettsysteme: Bei Skelettsystemen, wird klar in raumbildende und statische Elemente unterschieden. Wobei das Skelett meistens aus Träger und Stützen besteht, die in Holz, Stahl oder Beton gefertigt werden können.

Zellensysteme: Zellensysteme bestehen aus ganzen Raumzellen, die einen hohen Vorfertigungsgrad aufweisen. Sie erfüllen alle raumbildenden und statische Funktionen.

Fertigbau: Der Fertigbau kommt in den seltensten Fällen vor. Das gesamte Haus wird im Werk vorgefertigt, und ohne Fundamentplatte auf die Baustelle gesetzt. Mobile Häuser sind in der Regel Fertighäuser.⁵⁹

⁵⁷ vgl. Schmid Thomas, Bauen mit System, Zürich, 1969, S. 41

⁵⁸ vgl. Schmid Thomas, Bauen mit System, Zürich, 1969, S. 41

⁵⁹ vgl. Schmid Thomas, Bauen mit System, Zürich, 1969, S. 37

2.2 Stand der Industrialisierung im Wohnungs- und Fertigbau

In diesem Kapitel wird auf dem Hintergrund einer Bedarfsanalyse zunächst der Bedarf an kostengünstigen Systemfertigbauten im Wohnungsbau aufgezeigt. Dann wird auf die Möglichkeiten der industriellen Vorfertigung eingegangen. Die Frage nach der Verwirklichung individueller Kundenwünsche im vorgefertigten Wohnungsbau wird beantwortet. Abschließend steht die Auseinandersetzung mit der Optimierung von Montage- und Produktionsabläufen, wodurch beachtliche Kostensenkungen erreicht werden können.

2.2.1 Bedarfsanalyse für den kostengünstigen Systemfertigbau im Wohnungsbau

Die Nichtexistenz eines Marktsegments für kostengünstigen Wohnungsbau ist nicht auf die geringe Nachfrage, sondern auf ein ungenügendes Angebot zurückzuführen. Seitens der Architekten und der Bauindustrie wird oft unter dem Schlagwort der „typisch deutschen Bauverhältnisse“ argumentiert: Man baue nur einmal im Leben und zwar erst dann, wenn die Erfüllung aller Wünsche bezüglich des Hauserwerbs möglich werden können. Neuere Untersuchungen widerlegen dies aber: Die Zielgruppe der jüngeren Haushalte schließt sich selbst aufgrund der hohen Preise für den Eigentumserwerb oft als Nachfrager aus.

Als Zielgruppe für kostengünstige vorgefertigte Wohnhäuser ist vor allem die Altersschicht zwischen 25 und 35 Jahren geeignet. Bei den sogenannten Schwellenhaushalten mit einem Jahreseinkommen zwischen 30.000 und 40.000 € ist der Wunsch nach den eigenen vier Wänden sehr groß – die Realisierung scheitert jedoch häufig an den für ihre Verhältnisse immensen Baukosten, die allerdings durch Vorfertigungsmöglichkeiten, wie sie insbesondere der Stahlbau bietet, stark reduziert werden können. Ferner lassen sich diese potentiellen Wohnungsbaukunden aufgrund ihres jungen Alters als eher offen gegenüber „unkonventionellen“ Baustoffen und Baumethoden einstufen.

Wie zahlreiche Umfragen belegen, besteht ein beträchtlicher Bedarf, vor allem an freistehenden Ein- und Zweifamilienhäusern. Bis zu 80 % aller Haushalte würden Wohneigentum anstreben, sähen sie sich nicht exorbitanten Bodenkosten sowie hohen und unkalkulierbaren Baukosten und -zeiten konfrontiert.

Die folgenden drei Schaubilder stellen die Eigentumsquote in verschiedenen Ländern dar, die bevorzugten Wohnformen und die Diskrepanz der hohen Anzahl 25- bis 35-Jähriger als wichtiger Zielgruppe, der nur eine verhältnismäßig geringe Anzahl fertiggestellter Wohnungen in Ein- und Zweifamilienhäuser gegenübersteht.

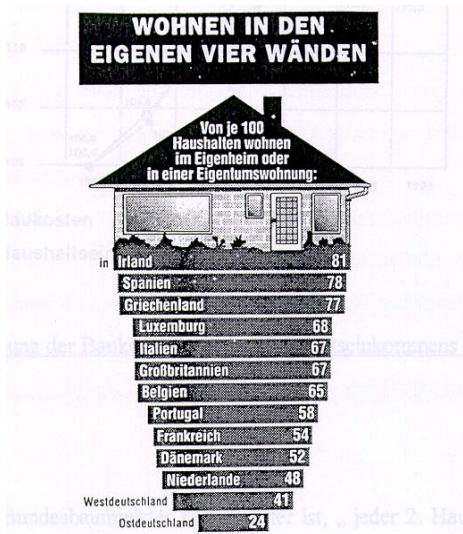


Bild 1.1: Wohnen in den eigenen vier Wänden²

Bild 47

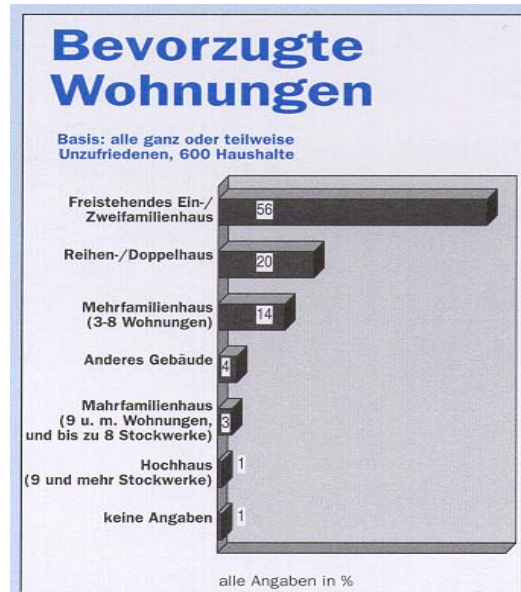


Bild 48

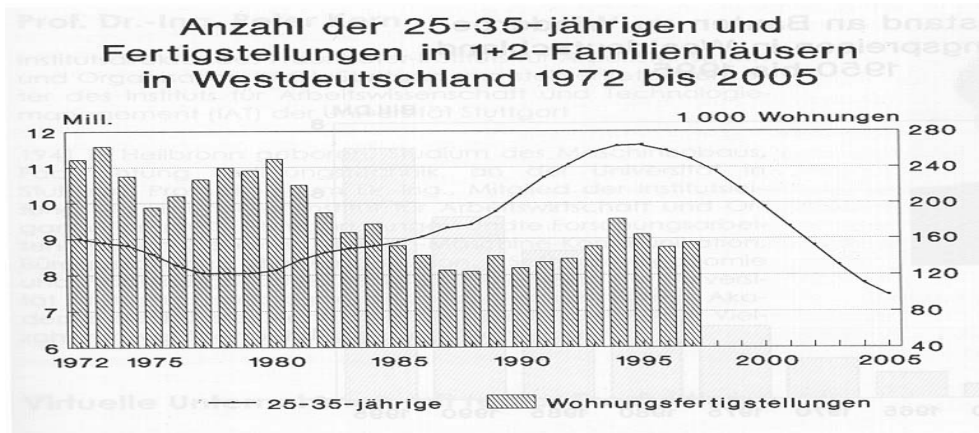


Bild 49

- bei Objektpreisen von 200.000 € (Gesamtkosten, inkl. Grundstückskosten und Baunebenkosten) würde sich das Eigentumspotential der 5,7 Millionen westdeutschen Mieterhaushalte im erwerbsfähigen Alter zwischen 25 und 39 Jahren verdreifachen. 340.000 dieser Haushalte könnten sich ein Eigenheim kaufen.
- bei Objektpreisen von 150.000 € könnten sich sogar 755.000 Haushalte ohne zusätzliche Vermögensübertragung (Erbschaft, Schenkung, staatliche Zuschüsse) innerhalb von 7 Jahren eine tragfähige Finanzierung für ein Eigenheim bereitstellen.
- bei Erwerbskosten von 125.000 € würde sich das Eigentumspotential der in Frage kommenden Mieterhaushalte auf 1,2 Millionen erhöhen.

Objektpreise von 200.000 € sind für im Durchschnitt 25- bis 39-jährige Haushalte erst ab einem monatlichen Nettoeinkommen von mehr als 2.500 € finanzierbar. Bei 125.000 € würden 1.500 € Nettoeinkommen ausreichen.

400.000 Haushalte, die dem Eigentumspotential von 125.000 € Objektkosten zuzurechnen sind, würden nach einer Ansparzeit von 3 Jahren die finanziellen Rahmenbedingungen erfüllen (bei 35.000 € Eigenkapital). Nach 4-jähriger Ansparzeit könnten dies bereits 600.000 Haushalte.

Immer wichtiger wird die Orientierung der Bauunternehmen an den Bedürfnissen potentieller Bauherren. Diese wünschen zunehmend Komplettlösungen erweitert mit umfassenden Dienstleistungspaketen. Deshalb muss eine Transformation der Bauunternehmen von reinen Bereitstellungs-unternehmen hin zu kundenorientierten flexiblen Dienstleistungsunternehmen stattfinden, die auf den Markt reagieren und neben den herkömmlichen Bauleistungen zusätzlich Leistungen anbieten.

Kostengünstiges Bauen ist durch verbesserte Verfahren und Prozesse mit industrieller Fertigungsmöglichkeiten realisierbar. Die anzustrebende Flexibilität hinsichtlich späterer zusätzlicher Ausstattungsmöglichkeiten wie Balkone oder Wintergärten ermöglicht nach einem vorübergehenden Verzicht auf Qualitätsstandards eine stufenweise Anpassung des Wohnkomforts an die individuellen finanziellen Möglichkeiten. Um den Einfamilienhausbau zu stärken, müssen die Kosten gesenkt werden. Das ist hauptsächlich durch eine Verbesserung der Technik in Form von industriellen Fertigungsmethoden zu realisieren. Die damit einhergehende Standardisierung kann mit den derzeitigen Methoden jedoch bei den Kunden nicht durchgesetzt werden. Im Einfamilienhausbau dominieren trotz Sparzwanges noch immer die gesellschaftlich codierten Bilder von Individualität.

Umfragen zufolge bevorzugen 75 % der Deutschen das eigene Haus. Die Umsetzung dieses Wunsches kann durch Fertighäuser und Systemhäuser gelingen, die folgende Vorteile aufweisen:

- Kostensicherheit
- Schnelligkeit
- Zuverlässigkeit in der Bauabwicklung
- Gute Qualität

Diese Eigenschaften können Architekten bei konventionellen Planungs- und Fertigungsmethoden oft nur unzureichend garantieren. Fertighaushersteller können ihren Kunden darüber hinaus zusätzlich den Service anbieten, ihr zukünftiges Haus vorab als Musterhaus zu besichtigen.

2.2.2 Kostengünstiges Bauen durch industrielle Vorfertigung

Die dem Fertighaus zugrunde liegende Konstruktionsmethode, die Vorfertigung, die in anderen Industriezweigen ein quantitativ und qualitativ akzeptiertes Produktionsverfahren ist, leidet im Bauwesen unter dem Negativimage der Uniformität, der ungehemmten Vervielfältigung minderwertiger Konstruktionen und Gestaltungsqualitäten. Doch gerade

im Einfamilienhausbau ist Quantität unter Beibehaltung von Qualitätsstandards aus wirtschaftlichen Gründen noch in den meisten Fällen die Voraussetzung für eine kostengünstige Gebäudeherstellung.

Ein charakteristisches Merkmal industrieller Fertigungstechnik ist die Konzentration aller Materialien, Teile und Hilfsstoffe in zentralen Betriebsstätten, aus denen in einem hochorganisierten, arbeitsteiligen Fertigungsablauf, unter Einsatz von mechanischen und anderen technischen Anlagen und Einrichtungen, die kompletten Produkte hergestellt werden. Anschließend werden sie gelagert und versandt.

In analoger Weise kann im Bauwesen verfahren werden; nach der Werksproduktion und dem Transport kommt allerdings ein zusätzlicher Produktionsschritt hinzu: Die Montage des Gebäudes zu einem nutzungsbereiten Endprodukt. Dabei soll aufgrund der wenig produktiven und lohnintensiven Baustellenarbeit das Gebäude so konzipiert sein, dass die Transportvorgänge und Montagearbeiten auf der Baustelle möglichst gering gehalten werden und es aus möglichst großen, transportierbaren Teilen besteht, die in einer zentralen Betriebsstätte gefertigt werden.

Durch eine Erhöhung des Vorfertigungsgrades werden die unproduktiven Zeiten, die auf konventionellen Baustellen durch Leerlaufzeiten und für die tägliche An- und Abfahrt der Bauarbeiter entstehen und bis zu 20% ausmachen können, vermindert. Ferner sind in einer witterungsgeschützten Werkstatt alle Materialien, Werkzeuge und Zubehör in nächster Reichweite, so dass ineffiziente „Besorgungszeiten“ entfallen, die normalerweise als stiller Zuschlag in den Einheitspreisen wieder gefunden werden.

Der Vorfertigungsgrad kann noch verstärkt werden, wenn die Fertigstellung im Werk noch weiter ausgebaut wird. Diese Möglichkeit liegt in der Fertigung von ganzen Raum-Elementen. Die Senkung der Bauzeit bewirkt folglich die Senkung der Baukosten. Hierbei stellt allerdings die STVO eine Einschränkung dar, da größere Raumzellentransporte in der Regel als Sondertransporte durchgeführt werden müssen.

Um Kostensenkungspotentialen durch stationäre Vorfertigung auszuschöpfen, sind in vielen Werken noch erhebliche Innovationen notwendig. Abgesehen von den erforderlichen technologischen Innovationen muss in erster Linie der Bauplanungsprozess verbessert werden, damit die individuelle Fertigungsleistung erhöht werden kann. Dafür ist eine Zusammenarbeit von Architekten, Fertigteilherstellern und Bauherren mit dem Ziel der Kostenminimierung erforderlich. Optimierungspotential liegt auch in den Bereichen Qualitätskontrolle, Minimierung von Transportschäden und in der Baustellenorganisation. Beim Einsatz von Fertigteilen ist es wichtig, dass ihre Anwendung schon in der Planungsphase konzeptionell angestrebt wird. Ein konventionell geplantes Haus in Fertigteilen zu produzieren, ist in der Regel unwirtschaftlich, da zum einen die gesamten Pläne zunächst von den Fertigteilherstellern auf ihre Anforderungen hin modifiziert werden müssen und zum anderen, weil die spezifischen Kostensenkungspotentiale, die durch die Fertigteiltechnik bestehen, nicht genutzt werden können.

2.2.3 Standardisierung contra Individualisierung im vorgefertigten Wohnungsbau

Fertighäusern haftet ein überwiegend negatives Image an, das in erster Linie historisch bedingt ist. Um dagegen vorzugehen, wurden industriell hergestellte Häuser mit positiven Begriffsbesetzungen versehen. Eine weitere Maßnahme zur Darstellung der Möglichkeiten und Marktchancen von hochentwickelten und flexiblen Bauweisen mit individueller Gestaltung und hohem Wohnkomfort besteht in der Zusammenarbeit zwischen Fertighausherstellern und international bekannten Architekten. Ein solches Vorgehen wurde beispielsweise schon von dem Low-Budget-Hausanbieter Allkauf umgesetzt, der in der sogenannten „New-Standard“-Serie Architekten wie Aldo Rossi oder Kollhoff in sein Programm eingebunden hat. Allerdings sind diese Häuser nur für eine kleine Zielgruppe geeignet, weil sie nicht den Vorstellungen einer breiten Käuferschicht entsprechen.

Der Fertighausindustrie ist es bisher noch nicht gelungen, unabhängig von den verwendeten Bauweisen und Materialien, die breite Masse mit ihrem Anspruch auf Individualität zu erreichen. Massenindividualisierung ist in anderen Bereichen, wie etwa der Textilindustrie weiter fortgeschritten, so können heute die Maße einer im Rechner vorhandenen virtuellen Person auf jede beliebige Figur und Größe des Zielkunden verändert werden, wodurch das Maßmodell des Kunden entsteht. Einmal im Rechner wird der Kunde schnell zum Stammkunden, da ihm lästiges Umkleiden und Zweifel durch die Anprobe am Computer erspart werden. Dies kann er dann nicht nur an den ca. 200.000 € teuren Geräten im Kaufhaus tun, sondern von zu Hause aus am Bildschirm. Nach der Entscheidung für ein Kleidungsstück, läuft der vollautomatische Zuschnitt im Werk. So ist es heute möglich, übers Internet Maßhemden fast zum Preis von Massenprodukten zu kaufen.

Würde es gelingen diese Prinzipien auch auf das Bauen zu übertragen, so könnten, bei entsprechender Auslastung der anlagenintensiven Produktion, kostengünstige und vor allem individuelle Gebäude mit der Losgröße 1 entstehen. Bei diesen Entwicklungen ist die Automatisierung der Prozesse nicht in erster Linie zu sehen, um zu rationalisieren, sondern um den Kundenwunsch nach Individualität bei niedrigen Kosten zu erfüllen.

So könnten die Fertighausprospekte in Zukunft der Vergangenheit angehören. Typen und Modelle mit merkwürdigen Namen gehören durch Module und Systeme ersetzt. Der "neue Architekt" sollte mehr vom Know-how des System-Fertigbaus in der Ausbildung vermittelt bekommen, dann könnte er am PC individuelle Gebäude entwerfen, anhand derer dann unmittelbar mit der Fertigung im Werk begonnen werden könnte, vergleichbar mit den Robotern für den Zuschnitt in der Bekleidungsindustrie. Die Bauherrschaft könnte sich durch virtuelle Showrooms und Animationen eine Vorstellung von ihrem neuen Heim machen. Dies würde nicht nur dazu beitragen, dass rationell gefertigt wird, sondern dass bei einer hohen Kostensicherheit auch Gebäude entstehen, die unserer Baukultur würdig sind.

2.2.4 Optimierung von Montage- und Produktionsabläufen zur Kostensenkung im System- und Fertighausbau

Voraussetzung für eine Stärkung des Einfamilienhausbaus ist die Senkung der Baukosten. Das ist hauptsächlich durch eine Verbesserung der Technik und der Bauabwicklung zu erreichen.

Häufig führen nachträgliche bauliche Veränderungen, die auf Planungsfehler zurückzuführen sind, zu unnötigen Kostensteigerungen. Nach Expertenmeinung beträgt dieser Kostenanteil, der durch mangelhafte Planung entsteht, mehr als fünf Prozent der Gesamtbaukosten. Planungsdefizite werden dabei nicht nur in der Ausführungsplanung, die nur teilweise, verspätet oder fehlerhaft geliefert wird, sondern auch in der von Bauunternehmen zu verantwortenden Arbeitsvorbereitungsplanung oder der Baustelleneinrichtung festgestellt. Mangelnde Arbeitsvorbereitung äußert sich in Materialengpässen, nicht optimaler Baustellenbesetzung und unzureichender Logistik. Allein das Abladen von Material und späteres Zwischenlagern an anderer Stelle kostet nach Expertenmeinung bundesweit mehrstellige Millionensummen. Folgende Punkte sind deshalb für einen optimierten Bauablauf von großer Bedeutung:

- Generell anzustrebende Verlagerung der Arbeit von der Baustelle zu flexiblen und rationellen Produktionsmethoden in der Vorfertigung, die lohnintensive Arbeiten durch Automation und industrielle Fertigungsmethoden ersetzen
- Verzicht auf baubegleitende Planung und frühzeitige Information, organisierte Koordination und Kommunikation zwischen allen Baubeteiligten, Verzahnung von Roh- und Ausbau schon in der Planung
- Arbeitsvorbereitungsmaßnahmen mit Unterstützung von Simulationstechniken; Abstimmung der Arbeitsvorbereitung in Absprache zwischen Bauleitung und Ausbau; Optimierung der Arbeitsvorbereitung v.a. im Ausbau, da sie bei den Ausbaugewerken kaum ausgeprägt ist
- Optimierte Baustelleneinrichtung unter Einbezug von Bauleitung, Polieren und Ausbaugewerken; sorgfältiger Einsatz von Kränen und anderen kostenintensiven Hilfsgeräten
- Minimierung der Lagerhaltung auf der Baustelle

Ein bekanntes Mittel, die Wirtschaftlichkeit der Fertigung zu verbessern, ist die Erhöhung des Vorfertigungsgrades. Neben einer Optimierung des Materialeinsatzes, der Produktionsbedingungen und der Fertigungsqualität führt dies vor allem zu einer Reduzierung der Bauzeiten. Gerade durch kürzere Bauzeiten können ohne Reduzierung der Qualitäts- oder Ausstattungsstandards, ohne Abbau von Arbeitsplätzen oder Lohnkürzungen unmittelbar Baukosten gesenkt werden. Zusätzlich erhöht sich dadurch die Produktivität eines Unternehmens, da die freiwerdende Arbeitszeit für neue Projekte eingesetzt werden kann.

Diese Zusammenhänge wurden in vielen Betrieben erkannt, und so sind in den letzten Jahren vor allem im Bereich der Elementfertigung verstärkt Maßnahmen ergriffen worden, um eine industrielle Produktion mit hohem Vorfertigungsgrad aufzubauen und die Fertigungskosten zu senken.

Mit Hilfe moderner CAD-Anwendungen werden nicht mehr nur Wandabwicklungen konstruiert. Sie erstellen Stücklisten und Massenauszüge, die eine genauere Kalkulation und durch auftragsbezogenes Bestellwesen eine reduzierte Lagerhaltung ermöglichen.

CNC-gesteuerte Abbundmaschinen, Nagelbrücken oder Roboter sind in den Betrieben nicht mehr aus der Fertigung wegzudenken. Sie tragen im Zusammenspiel mit den CAD-Planungstool's durch gleichbleibende Fertigungsqualität und Verkürzung der Fertigungszeit zu einer kostengünstigeren Produktion bei.

Haustechnik

Bisher ist es nur in geringem Umfang geglückt, die kostenintensiven Montagezeiten der Haustechnik, mit ihren Bereichen Sanitär-, Heizungs-, Klima- und Elektroinstallation zu verkürzen. Diese Gewerke erfordern aufgrund ihres geringen Vorfertigungsgrades ein hohes Maß an Handarbeit durch den Facharbeiter vor Ort.

Aus der Planung vorgegeben ist meist nur die Anzahl und Lage von Steckdosen, Lichtschaltern, Heizkörpern und anderer für den Kunden sichtbaren Komponenten. Die Installation wird meist individuell vor Ort entwickelt und ausgeführt. Qualität, Systematik und Zeitaufwand der Ausführung hängen in großem Maße von der Qualifikation und Geschicklichkeit des Monteurs ab. Hinzu kommt die wachsende Komplexität gebäudetechnischer Anlagen durch die Einbindung von Solar- und Lüftungstechnik, den Einbau intelligenter Heizungen und durch die steigenden Ansprüche der Kunden. Die daraus entstehenden Gewerkeverflechtungen erfordern einen hohen Abstimmungsgrad. Die Ausbauarbeiten nehmen daher im Bauablauf den größten Zeit- und Koordinierungsaufwand in Anspruch. Schadensanalysen zeigen zudem, dass die meisten Reklamationen und Bauschäden durch schlecht geplante oder mangelhaft ausgeführte Arbeiten während der Ausbauphase verursacht werden. Um eine weitere Kostenreduzierung zu erzielen, ist es folglich an der Zeit, die im Bereich der Elementfertigung gewonnenen Erkenntnisse auf die Gewerke der Haustechnik zu übertragen, d.h. die Vorfertigung zu erhöhen.

In vielen Fällen ist mangelndes Verständnis der Gewerke untereinander Ursache für Störungen im Bauablauf. Die Mitarbeitern müssen lernen, gewerkeübergreifend zu denken und die Belange anderer zu berücksichtigen. Ein solches Verständnis könnte durch entsprechende Schulungen, oder auch durch zeitweiligen Einsatz einzelner Mitarbeiter in anderen Gewerken erreicht werden.

Die Forderung nach für die Haustechnik optimierten Grundrissen führt zu einer Auswahlreihe und zur Typisierung als Vorgabe für den Planer. Selbst bei stark beschränkter Anzahl der Typenlösungen können eine Fülle von attraktiven Grundrisslösungen angeboten werden. Die Maßgabe, hoch installierte Räume wie Bäder, Küchen und WCs weitgehend gebündelt anzuordnen, ermöglicht eine Reduzierung des Installationsmaterials sowie der notwendigen, aufwendigen Decken- und Wanddurchbrüche. Im Idealfall kann die Installation in einem zentralen Installationskern zusammengefasst und im Werk vorgefertigt werden. Der Installationskern nimmt die gesamten Leitungen der Haustechnik auf und sorgt für die vertikale Erschließung des Gebäudes. An den vorgefertigten Kern lassen sich die Vorwandinstallationen von Bad und WC über vorbereitete Steckverbindungen andocken.

Durch Standardlösungen für Leitungsdurchbrüche und Verzugstrassen kann bei der Elementfertigung die Installation besser eingeplant werden. Hinzu kommt eine Reduzierung der Montagezeiten, da der ausführende Handwerker genaue Vorgaben erhält, wo und wie die Leitungsführung vorzunehmen ist. Die erforderlichen Baustellenarbeiten können schneller und mit höherer Qualität durchgeführt werden.

Bei der Softwareentwicklung zur Haustechnikplanung sind in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht worden. Inzwischen ist man in der Lage, über den reinen Positionsplan hinaus Stücklisten zu erstellen, Leitungslängen zu ermitteln und Funktionskontrollen durchzuführen. Daraus ergeben sich in Zukunft, analog zum Zukauf abgebundener Konstruktionshölzer, Möglichkeiten, objektbezogen, vorkonfektionierte, elektrische Kabel und Wasserleitungen oder passend bestückte Verteilerkästen einzukaufen.

Weitere Einsparpotentiale bieten vorgefertigte Schachtkonstruktionen, in welchen ein Großteil der zur Ver- und Entsorgung nötigen Haustechnik untergebracht ist: Leitungen für Kaltwasser, Warmwasser, Abwasser, Heizung, Lüftung, Solartechnik, Abgaskamin, zentraler Staubsauger sowie Elektroinstallation und Telekommunikation. Dadurch wird allein im Bereich der Sanitärinstallation eine Kostenreduzierung von bis zu 25 % ermöglicht. Durch die Integration von Aggregaten wie Gas-Brennwerttherme, Solar-Regelstation, Lüftungsanlage, Verteiler- oder Hausanschlussschrank in einen derartigen Kern lässt sich der Vorfertigungsgrad nochmals steigern.

Die Randbedingungen für die Fertighausindustrie haben sich gewandelt. Sowohl die Ansprüche an die Technik, z.B. im Bereich des Energieverbrauchs oder der Gebäudedichtigkeit, als auch die Ansprüche an Ausstattung und Komfort der Gebäude sind enorm gestiegen. Gleichzeitig nimmt der Kostendruck immer weiter zu. Die Haustechnikindustrie bietet jedoch inzwischen viele Möglichkeiten, den Ansprüchen gerecht zu werden und gleichzeitig die Fertigung und Montage rationeller und kostengünstiger zu gestalten.

2.3 Stand der Automatisierungstechnik im Wohnungs- und Fertigbau

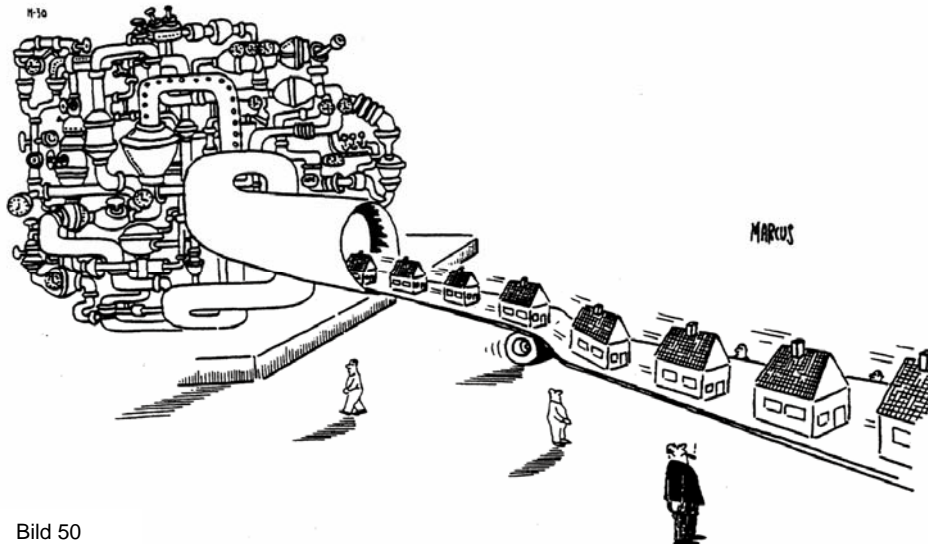


Bild 50

Für die Schaffung grundlegend neu konzipierter, flexibel automatisierter oder robotisierter Maschinen und Systeme fehlen in Deutschland bisher noch wesentliche Voraussetzungen.

Schwerpunkte der aktuellen Entwicklung bilden vor allem Bereiche der Maschinen- und Verfahrenstechnik wie z.B. die Herstellung von Baustoffen, Betonwaren und Betonfertigteilen, Mauermaschinen und Mauerroboter, Überwachung und Steuerung mobiler Baumaschinen sowie Tunnel- und Mikrotunnelbau.

Automatisierung und Robotik, für viele noch ein fremde Begriffe und kaum als bedeutungsvoll für das Bauwesen vorzustellen, haben in Wirklichkeit durch eine Fülle von Elementen, die nur automatisch hergestellt werden können, und ohne die der Bau der Gegenwart überhaupt nicht existieren würde, schon lange Verbreitung in der Bauindustrie gefunden. Baustoffe, Bauplatten, Konstruktionsteile, Installationen, Fenster, Beschläge usw. wären immer noch unerschwingliche Luxusgegenstände, wenn sie nicht in vollautomatischen Prozessen hergestellt würden.

Es ist durchaus berechtigt anzunehmen, dass die Baustoffindustrie in Zukunft das Baugewerbe nicht nur mit Rohmaterial in Form von Platten, Stäben, Profilen usw. beliefert, sondern fertige Bauelemente auf den Markt bringen wird, die wissenschaftlich erforscht und geprüft, in entsprechender Qualität und Präzision, zu ökonomischen und

ökologischen Bedingungen nur durch eine vollautomatische Produktion hergestellt werden können.

Qualität ist in einer Halle, in der der Arbeiter ungestört von Witterungseinflüssen arbeiten kann, leichter zu steuern. Maschinen und ein Roboter liefern ein konstanteres Qualitätsniveau als Menschen. Die Kundenzufriedenheit bei den Bauherrn japanischer Fertighäuser belegt das. Ähnlich wie in der Autoindustrie wird das Produkt vor der Vermarktung erst auf Mängel getestet. Erst wenn es einwandfrei ist, wird es verkauft. Diese Vorgehensweise hat seit den 80er-Jahren in Japan dafür gesorgt, dass das Fertighaus im Gegensatz zu früher nun ein besseres Image als konventionell errichtete Bauten genießt.

Die Geschichte der Automatisierung und der Robotik ist identisch mit der Entwicklung der Zivilisation. Ihre sozialen Einflüsse sind unverkennbar. Der Mensch wird durch sie von unwürdigen Handlangerdiensten befreit, die seinen Fähigkeiten nicht entsprechen. Die flexible Automatisierung bedeutet die Steuerung von Qualität, Bewegung und Zeit unter einer ökologischen Ausnutzung von Energie, so dass ein schnellerer Produktwechsel selbst ökonomisch vertretbar ist.

Durch die stürmische technische Entwicklung des Elektronikzeitalters tritt die Notwendigkeit, Anschauungen über die Begriffe des Bauens zu überdenken und neu zu definieren, immer mehr in den Vordergrund.

Die zunehmende Diskrepanz zwischen der Leistung von Maschinen und Robotern und dem Handwerk schafft einen immer labileren Zustand zwischen den handwerklichen und den industriellen Branchen. Diese Entwicklung wird verstärkt durch den zunehmenden Einsatz von billigen Arbeitskräften und die EU-Osterweiterung, durch die es für deutlich höher vergütete Facharbeiter immer schwieriger wird im europäischen Wettbewerb zu bestehen. Die Aufgaben, im wesentlichen bedingt durch rationale und wirtschaftliche Erwägungen, waren zwar in ihrem Wesen erfasst, führten aber durch unsachliche Mittel in einem Mischmasch von Handwerksmethoden und der Anwendung einiger technischer Errungenschaften zu nur scheinbar modernen Bauwerken.

Ein hoher Automatisierungsgrad ist seit Jahren bei den stationären Anlagen zum Mischen von Baustoffen zur Herstellung von Beton und Asphalt und bei der Serienfertigung standardisierter Betonwaren erreicht. Die automatisierte Vorfertigung großformatiger Stahlbetonfertigteile entwickelt sich dagegen schleppend. Nur vereinzelt wurden bisher computerunterstützte (CAM) und, in Ansätzen, auch computerintegrierte Fertigungsanlagen (CIM) entwickelt.

2.3.1 Steuerungssysteme zur Herstellung von Bauelementen aus Beton

Die Idee der computerunterstützten Fertigung im Bauwesen entstand bereits vor etwa zwanzig Jahren. In Verbindung mit dem industriellen Bauen und der umfassenden Vorfertigung in Großtafelbauweise überlegte man sich, wie der Entwurf und die Bauvorbereitung effizienter ablaufen könnte. Zu diesem Zweck entstanden Computerprogramme, die innerhalb eines dreidimensionalen Gebäudemodells den Aufbau des Gebäudes aus den genormten Fertigteilen ermitteln konnten. Damit verbunden war eine Massen- und Stückzahlbestimmung der für den Bau benötigten Fertigteile sowie eine Optimierung der Anzahl der benötigten Fertigteile. Diese Programme konnten nur mit den Fertigteilen arbeiten und waren nicht in der Lage, komplexere Geometrien zu verarbeiten.

Mit dem schwindenden Interesse am Fertigteilbau Anfang der achtziger Jahre boten sie keine weitgehende Perspektive und wurden nicht weiterentwickelt. Man beschränkte sich in der folgenden Zeit im wesentlichen darauf, die Zeichnungserstellung zu rationalisieren, da eine weitergehende Repräsentation von Gebäuden eine zu komplexe Aufgabe für die damalige Rechner- und Programmgeneration war.

Im Bauwesen existiert trotz einiger Ansätze, wie z.B. „STEP 2 DBS“, noch kein genormtes Produktdatenmodell entsprechend den Richtlinien der ISO 10303. Weitverbreitet, wenn es um den Austausch von CAD-Daten geht, ist immer noch das DXF-Format der Firma Autodesk, das im Prinzip nur Geometrien übertragen kann. Dabei wird aus dem CAD-System des Architekten die Geometrie der zu mauernden Wand im DXF-Format exportiert. Diese Daten werden zur Elementierung der Wand genutzt, nach der die Maschinen gesteuert werden. Eine Aufbereitung der Daten ist erforderlich.

Wollte man ähnliche Rationalisierungseffekte, wie sie im Fahrzeugbau erwartet werden, auch im Bauwesen nutzen, so wäre eine weitgehende automatisierte Fertigung notwendig. Dies um so mehr, da man es im Bauwesen traditionell in hohem Maße mit Einzelfertigungen zu tun hat. Während in der Automobilindustrie Serien von mehreren hunderttausend Stück nichts außergewöhnliches sind, so rechnet man im Bauwesen, von Ausnahmen abgesehen, mit Stückzahlgrößen um die eins.

Flexible Fertigungsanlagen, die Einzelstücke weitgehend automatisiert produzieren können, wären also bei einer geeigneten Formulierung der Fertigungsaufgabe im Bauwesen effizient einsetzbar. Eine Voraussetzung dafür wäre es, entsprechend dem Vorgehen im Fahrzeugbau, ein konsistentes, dreidimensionales Produktdatenmodell für den Baubereich zu erarbeiten. Dieses Modell sollte für Aufgaben im Bereich Visualisierung, Konstruktion und Fertigungssteuerung, Gebäudetechnik sowie Facility Management dreidimensional gestaltet werden, auch wenn die meisten Grundriss- und Ausführungszeichnungen des Architekten zweidimensional sind. Zur Zeit ist es vielfach noch der Fall, dass für die Geometrie des Gebäudes drei oder mehr getrennte Datenmodelle existieren. Architekt, Visualisierungsbüro, Fachingenieure und Gebäudeverwaltung verwenden jeweils eigene Softwarelösungen, die allenfalls die grundlegendsten Geometrien fehlerfrei austauschen können, so dass eine Datenkonvertierung aufwendiger wäre als eine völlige Neueingabe der Gebäudedaten.

Es ist einfach nachzuvollziehen, dass durch derartig viele unabhängige Modelle der Aufwand bei Planungsänderungen vervielfacht wird. Ziel muss also eine rechnerinterne Repräsentation des Systems Gebäude sein, die vom ersten Entwurf bis zum Recycling der Baumaterialien weiterverwendet werden kann, und die allen am Bau Beteiligten gleichermaßen zur Verfügung steht.

Im Betonbau gibt es bereits einige erprobte Entwicklungen zur individuellen, vollautomatischen Vorfertigung von Beton- und Wandstein-Bauelementen. Die Computertechnik integriert CAD-Programme, Produktionsplanung und -steuerung (CAM) sowie Transport und Verlegeplanung. Der eigentliche Produktionsablauf des Systems ist weitgehend robotisiert. Durch das Komplettsystem werden eine drastische Senkung der Personalkosten, ein optimierter Materialeinsatz, eine Qualitätssteigerung und kürzere Lieferzeiten erreicht. Die Software verfügt über eine einheitliche Benutzeroberfläche mit Menüsteuerung. Die Basis bilden unterschiedliche CAD-Programme:

Die **Deckenplanungssoftware** übernimmt alle Aufgaben von der Konstruktion von Fertigteildecken bis hin zur statischen Berechnung und startet entweder mit dem Überspielen der Grundrissdaten vom Architektenplan oder durch manuelles Übertragen, wobei Planfehler durch zahlreiche Logikprüfungen selbsttätig erkannt werden. Die einzelnen Deckenelemente werden unter Berücksichtigung aller relevanten Optimierungskriterien am Bildschirm auf Schalungspaletten positioniert. Dabei werden ungenutzte Schalungsflächen minimiert und die Plattenreihenfolge für den Transport und das Verlegen auf der Baustelle berücksichtigt. Das Programm bietet auch Zusatzmodule für Hohlkörper-, Ziegelement- und Rippendecken.

Die **Wandplanungssoftware** ermöglicht die CAD-Bearbeitung von ein- und zweischaliger Betonwände, wie auch von Ziegel- und Kalksandsteinwänden. Der Grundriss wird vom Deckenprogramm übernommen. Die Wandelemente können auf Basis des Architektenplans in allen Details konstruiert und mit den erforderlichen Einbauteilen versehen werden. Geschosspläne sind zur Überprüfung dreidimensional darstellbar.

Eine **Software zur Treppenplanung** dient der Produktion geradläufiger Fertigtreppe einschließlich Podesten.

Die Produktionsdaten sämtlicher CAD-Programme werden im Anschluss an die CAM-Komponente übergeben. Sie steuert und überwacht die Produktion auf Einzelstationen oder den gesamten Ablauf. Für die kaufmännische Betriebsleitung stellt das Programm darüber hinaus zahlreiche Kenndaten, statistische Auswertungen und Fehlerprotokolle zur Verfügung. Integriert ist ebenfalls eine Lagerverwaltung.

2.3.2 Steuerungssysteme zur Herstellung von Bauelementen in Ziegelbauweise

"Wandplan" ist ein Programm zur Verwaltung und Planung von Individualvorhaben in Ziegelbauweise. Es stellt ein Bindeglied zwischen der konstruktiven Planung des Architekten und der Fertigung des Bauvorhabens dar. Mit Hilfe des Programms kann man eine Ziegelanordnung mit minimalem Verschnitt ermitteln, sowie die Kalkulation, die Ressourcenplanung, die Arbeitsvorbereitung und Fertigungssteuerung unterstützen. Die Eingabe der Basiskonstruktionsdaten eines Bauvorhabens erfolgt aus einem CAD-System automatisiert über Datenschnittstellen oder aus Konstruktionszeichnungen vom Benutzer durch ein Dialogverfahren. Mit diesen Basisdaten wird eine Elementierung des Bauvorhabens in Fertigungseinheiten vorgenommen. Dabei können die Ziegelsorten, die Positionen von Fenstern, Türen und Rollladenkästen und die Durchflusskanäle der Ziegel vorgegeben werden. Der Materialbedarf kann ermittelt und für die Kostenkalkulation verwendet werden. Außerdem lassen sich Stücklisten und Fertigungszeichnungen erstellen. Es gehen Größen wie Wandflächen, Steinsorten, Steinmaße, Mörtelart, Schichthöhen, und Schnittsteine in die Planung ein.

Da „Wandplan“ mit einer Schnittstelle zu Microsoft Access ausgestattet ist, können weitergehende Funktionen ergänzt werden. Eine Schnittstelle zu CNC-Maschinen automatisiert Zuschnitt und Palettierung und steuert die Mauerroboter im Werk und zukünftig auch auf der Baustelle.

Die modernsten Systeme im Mauerwerksbau steuern die automatische Produktion von Mauerwerkswänden inklusive aller Installationsvorbereitungen (Heizkörpernischen, Rohrdurchbrüche, Schaltkästen). Grundlage ist ebenfalls der Entwurf des Architekten, der entweder über eine DXF-Schnittstelle direkt aus dem CAD-Programm übernommen oder mit Wänden und Decken neu in das System eingegeben wird. Die Geometrie des Entwurfs wird durch Dachkonstruktionen, Öffnungen und Einbauteile ergänzt. Elektro-, Sanitär- und Heizungsinstallationen werden ebenfalls in das Gebäudemodell integriert.

Um aus dem Gebäudemodell die Fertigungsanweisungen für die Wandherstellung zu erhalten, bestimmt man zunächst die Ecktypen der aneinanderstoßenden Wände, z.B. stumpf oder verzahnt. Des Weiteren werden die Geschossdecken am Rechner in Verlegfelder aufgeteilt, die wiederum entsprechend ihrer konstruktiven Besonderheiten in einzelne Deckenplatten aufgeteilt werden. Die fertigen Deckenplatten werden mit einem optimierten Ziegelraster elementiert. Nach Abschluss der Werkplanung werden sämtliche Plattendaten für die automatische Fertigung übergeben und alle für das Bauvorhaben erforderlichen Werkzeichnungen und Installationspläne ausgeplottet. In der Arbeitsvorbereitungsphase werden die Wanddaten im Computer zu Fertigungseinheiten zusammengefasst, wobei auf eine möglichst optimale Auslastung der Umlaufpaletten, auf denen der eigentliche Mauervorgang stattfindet, geachtet wird. Gleichzeitig kann eine Kollisionsprüfung der CAD-Daten erfolgen. Ein weiteres Programm ermittelt die Baumassen und übernimmt die Fakturierung des Auftrages. Die fertig gemauerten und bewehrten Bauelemente werden durch ein Logistikprogramm entsprechend dem Montageablauf auf der Baustelle zum Beladen der Transportpaletten bereitgestellt.

2.3.3 Teilautomatische Anlagen und Maschinen zur Fertigung von Betonfertigteilen

Die Vorfertigung großformatiger Stahlbetonteile hat in Deutschland eine wechselvolle Entwicklung durchlaufen. Nach einer allmählichen Zunahme des Automatisierungsgrades bis in die frühen 70er-Jahre bewirkte die damals einsetzende Konjunkturlaute, dass zahlreiche Fertigteilwerke mit höherem Automatisierungsgrad ihre Produktion einstellen mussten. Seit einigen Jahren hat ein neuer Entwicklungsschub eingesetzt, der in einzelnen Fällen bereits zum computerunterstützten Fertigen (CAM) und in Ansätzen auch schon zum computerintegrierten Fertigen (CIM) von Betonfertigteilen für Decke, Wände und Dächer geführt hat.

Das automatische Betonwerk ist die am weitesten geführte Entwicklung zur individuellen und vollautomatischen Vorfertigung von Beton- und Wandstein-Bauelementen. Das Anwendungsspektrum der gefertigten Produkte reicht vom Einfamilienhaus mit komplizierter Geometrie bis zur gerasterten Industriehalle. Die Computertechnik ist in Kapitel 2.3.1 beschrieben. Nachfolgend wird der Ablauf einer solchen Anlage beschrieben:

Die automatische Produktion startet mit dem Schalungsroboter MRP (Magazinieren, Reinigen, Plotten). Die geometrischen Daten der zu betonierenden Platten werden mit einer Genauigkeit von +/- 2mm auf die Palette übertragen, die gleichzeitig geölt und anschließend mit Schalelementen versehen wird. Mit Hilfe eines weiteren Roboters werden vorgerichtete Bewehrungen und Gitterträger automatisch eingelegt. Das Einbringen des Betons erfolgt unter Erkennung von Aussparungen und mit einer Maßgenauigkeit in der Plattendicke von 5 %. Die fertig gerüttelten und aufgerauten Platten werden schließlich vom Palettenkran automatisch in die Härtekammer transportiert. Die Beladung der LKWs erfolgt derart, dass sie von der Ladefläche direkt versetzt werden können.

Anlagen wie diese bieten eine Komplettlösung an. Natürlich sind solche Anlagen mit sehr hohen Investitionskosten verbunden, wenn sie dem Anspruch an Modernität genügen wollen. Nachfolgend sind die in Deutschland gängigen, teilautomatisierten Fertigungsmethoden beschrieben, um den Stand der Technik im Anlagenbereich zu dokumentieren. Die bildlich dargestellten Anlagen sollen exemplarisch die Größe solcher Anlagen veranschaulichen. Sehr viele der vorgestellten Maschinen oder Anlagen kommen in kleineren und mittleren Betrieben als Ergänzung zu den Produktionsanlagen vor, oder sie ersetzen ältere Anlagen in einer bestehenden Produktionskette. Für die Hersteller der Anlagen ist es daher wichtig, Lösungen für die unterschiedlichen Investitionsmöglichkeiten und Betriebsgrößen zu konzipieren.

Modulgleitfertigeranlagen zur industriellen Deckenelementherstellung



Bild 51 Modulgleitfertiger der Fa. Weiler

Zur Herstellung von vorgespannten Betonfertigteilen mit Elementhöhen bis 40 cm und einer Arbeitsbreite bis 4800 mm werden Modulgleitfertigeranlagen eingesetzt. Im Gegensatz zu den Extruderpressen besitzen die Gleitfertiger einen separaten Antrieb. Die 3-stufige Fertigung erfolgt über ein dreistufiges Beschickersilo und eine dreistufige Verdichtungseinrichtung. Die Modulgleitfertiger sind überwiegend teilautomatisiert und stellen bahnenweise Bauteile her, die dann mit Steinsägen in Länge gebracht werden.

Hohlplatten-Extruder zur Hohlplattenfertigung



Bild 52 Hohlplattenextruder "PCE - Elementatic"

Diese Maschine dient ebenfalls zur Herstellung vorgespannter Hohlplatten. Die erzeugten Hohlplatten bis ca. 40 cm Höhe, erhalten eine porenfreie Untersicht, bei hoher Maßgenauigkeit und geringem Eigengewicht. Der Antrieb der Anlage erfolgt durch den von den Extruderschnecken erzeugten Vorschub. Dadurch wird eine homogene Verdichtung über den gesamten Querschnitt erreicht.

Teilautomatisierte Steinsägen



Bild 53 Betonsäge der Fa. Weiler

Mit solchen Stein- bzw. werden Betonsägen vorgespannte Elemente auf der Bahn zugesägt. Die Sägen sind auch mit einer programmierbaren Längenautomatik ausgestattet erhältlich.

6.4 Kipptischfertigung zur Herstellung von Elementdecken



Bild 54 Kipptischfertigung

Die Produktion der Elemente für den Wohnungsbau in vorgefertigter Massivbauweise, das sind insbesondere Wand- und Deckenelemente, werden in den Betonwerken auf stationären Kipptischen produziert. Der Kipptisch ist eine Arbeitsplattform, meist aus Stahl, die mit allen für die qualitative Produktion notwendigen Einrichtungen, wie z.B. Rüttler, Hydraulik und Heizung, ausgestattet ist. Mit Seitenabstellern (Randschalungen), je nach Wiederverwendungsmöglichkeit aus Holz oder Stahl, werden die äußeren Abmessungen auf dem Kipptisch fixiert. Je standardisierter die Seitenabsteller eingesetzt werden können, um so wirtschaftlicher kann produziert werden.

Um das liegend hergestellte Wandelement aufzurichten und dabei eine Beanspruchung quer zu seiner Fläche, die bei seiner noch geringen Betonfestigkeit zu Rissen und Beschädigungen führen würde, zu verringern, wird der gesamte Tisch annähernd in die Vertikale gekippt, bevor das Element mit dem Kran angehoben und transportiert wird. Das Wandelement wird somit nur in der Ebene beansprucht, für die es auch konzipiert wurde.

Elementdeckenfertigung mit Palettenumlauf

Bei dieser Herstellungstechnik bestehen im Vergleich mit der feststehenden Fertigungsbahn folgende Vorteile:

- Senkung der Lohnkosten auf die Hälfte
- Ausnutzung der Eigenwärme, deshalb keine Heizkosten
- Optimale Arbeitsplatzgestaltung, nachdem an einem bestimmten Platz immer dieselben Arbeiten durchgeführt werden
- automatischer Transport, einschließlich Palettenstapelung
- geringes Unfallrisiko, da im Bereich des Arbeitsplatzes kein Kran im Einsatz ist

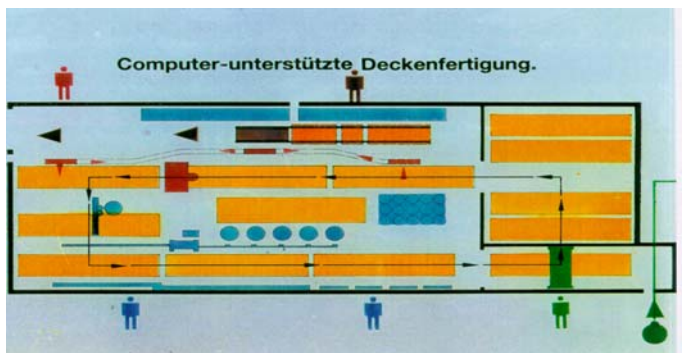


Bild 55 Schema zur Palettenumlauffertigung, Fa. Vollert

Doppelwandfertigung

Bei der Doppelwandfertigung werden die fertigen Elementhälften mittels einer speziellen Hebe- und Wendevorrichtung in die frisch betonierete zweite Schale eingetaucht. Die Abbildung zeigt diesen Versetzvorgang.



Bild 56 Doppelementwender der Fa. Vollert

Betonverteilersysteme



Bild 57-58 automatische Betonverteiler der Fa. Weckenmann

Für die unterschiedlichsten Einsatzbereiche wurden entsprechende Betonverteilersysteme entwickelt. Diese reichen von sehr einfachen Kranbetonverteilern bis hin zu automatisierten Anlagen für die individuelle Fertigung. Betonverteiler werden mit folgenden unterschiedlichen Tragkonstruktionen geliefert:

- Brückenausführung
- Halbportalausführung
- Portalausführung

Die meisten Maschinen arbeiten halb- oder vollautomatisch. Die Betonaustragsöffnung kann feststehend oder drehbar sein. Das Gerät kann mit einem Hubmechanismus ausgestattet sein. Ebenso stehen passende Vibrations- und Abzieheinrichtungen zur Verfügung.

Stapel- und Lagersysteme

Zur platzsparenden und automatischen Lagerung werden je nach Größe der Bauelemente unterschiedlichste automatische Systeme angeboten.



Bild 59-60 automatisches Stapel- und Lagersystem

Teilautomatisierte Transportgeräte



Bild 61-62 Transporteinrichtungen

Der Transport der vorgefertigten Elemente erfolgt mit verschiedenen Transportgeräten wie z.B.:

- Umsetz-Ausfahrwagen
- Krane
- Hubeinrichtungen
- Traversen und Klammern
- Zugvorrichtungen

Schalungsroboter

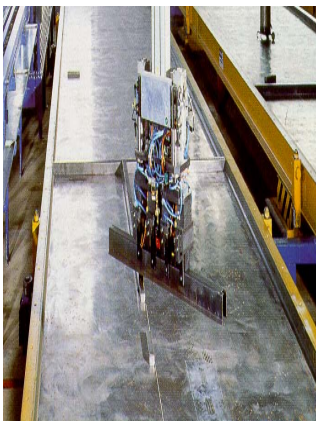


Bild 63 Schalungsroboter der Fa. Weckenmann

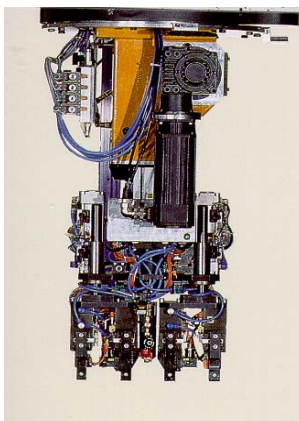


Bild 64 Greifer beim Setzen der Magnetprofile

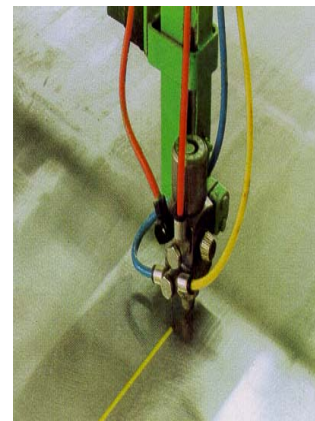


Bild 65 Plotter der Fa. Sommer

Die wesentlichen Vorteile des Schalungsroboters sind die hohe reproduzierbare Präzision, Maßhaltigkeit und Flexibilität. Mit diesem Roboter startet die automatische Produktion folgendermaßen: Die gereinigte Platte wird an die Roboterstation befördert. Der Leitrechner spielt dem Portalroboter die Geometriedaten des Betonfertigteils zu.

Teilgeometrien werden vom Roboter geplottet. Bevor alle Abstellprofile platziert werden, ölt der Roboter die Flächen unter den Schalungsprofilen. Der Tandemgreifer des Schalungsroboters entnimmt dem Staurollenförderer Haftmagnete und setzt sie an der vorgegebenen Position millimetergenau ab. Der Roboter wählt von der Identifizierungsbahn oder aus seinem Magazin die passenden Abstellprofile aus und stülpt sie über die Magnete. Weitere über die Identifizierungsbahn ankommende Abstellprofile werden vom Roboter sortiert und in das Magazin eingelagert. Zuvor wurden diese im Schalungsreiniger gesäubert und eingeölt.

Polierroboter

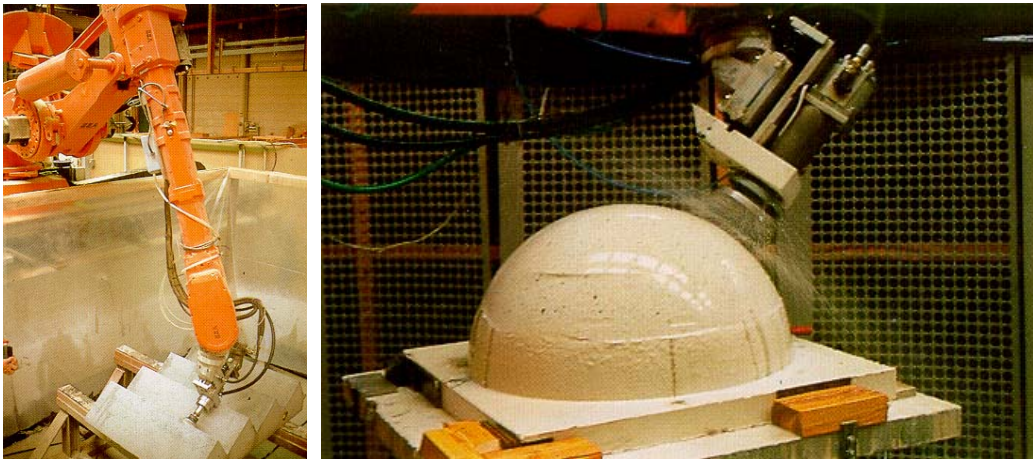


Bild 66 Polierroboter in der Versuchsphase der finnischen Firma PCE (Partek-Group)

Für das Polieren dreidimensionaler Betonoberflächen, wie z.B. Architekturbetonfassaden, Stützen, Treppen und Wendeltreppen ist die Entwicklung des Polierroboters besonders geeignet. Er soll der 4- bis 6-fachen Kapazität manueller Polierer entsprechen. Verhältnismäßig lange Polierperioden (8 bis 16 Stunden) sollen mit dieser Technologie, ohne den Einsatz von Personal, erzielt werden.

Schweißroboter für Bewehrungen



Bild 67 Vorbereitung durch Ablängautomaten für Bewehrungsseisen

Der Zeitaufwand für die Herstellung der Bewehrung für die verschiedenen Elemente stellt einen großen Kostenfaktor dar. Die Firma PCE hat einen Schweißroboter entwickelt, der eine komplette individuell vorgegebene Bewehrung herstellen kann. Der Stahl wird vom Coil verarbeitet. Bei der Fertigung von Kanten und Aussparungen wird zusätzlich Bewehrung eingelegt, soweit dies erforderlich ist. Die Mattengröße beträgt maximal 4,2 m x 9,3 m. Die mechanische Herstellung resultiert in Einsparungen beim Stahlverbrauch und sorgt für eine verbesserte Maßgenauigkeit bei der Bewehrung, wie auch bei der Überdeckung.

2.3.3 Betonfertigteilsysteme im Wohnungsbau

Betonfertigteile im Wohnungsbau werden hauptsächlich für die Herstellung des Tragwerks mit den tragenden Außen- und Innenwänden, den Decken, Treppen und Treppenpodesten, den Loggien und Balkonen angewendet. Sofern an Kellergeschosse bezüglich homogener Wannenausbildung o.ä. keine besonderen Anforderungen gestellt werden, können auch diese als Fertigteile hergestellt werden.

In der Fertigteilindustrie wird der Begriff “Bausystem“ häufig als Wettbewerbsinstrument betrachtet. Jeder Hersteller behauptet, er habe seine eigenen speziellen Systeme, die dem Auftraggeber die größten Vorteile bieten. Dies führt häufig zu Verwirrung und Vorbehalten bei Planern, die mit der Fertigteilbauweise nicht vertraut sind. Die Wirklichkeit sieht dagegen eher so aus, dass es auf dem Markt zwar eine große Anzahl von Systemen für Teillösungen gibt, dass diese Systeme jedoch fast alle zu einer begrenzten Anzahl von Fertigteilsystemen mit annähernd gleichen Bemessungsgrundlagen gehören.

Das Bauen mit Beton- und Stahlbetonfertigteilen erhöht die Qualität der Ausführung. In den stationären Betrieben der Fertigteilindustrie kann im Gegensatz zur Baustelle witterungsunabhängig an einem geschützten Arbeitsplatz gefertigt werden. Die Steuerung und Kontrolle der Produktion im Fertigteilwerk ist, wie bei jeder stationären Industrie, effektiver zu organisieren und damit wirkungsvoller. Ständige Fertigungskontrolle und Güteüberwachung kommen so jedem einzelnen produzierten

Bauteil zugute. Die Fertigteilindustrie hat sich mit ihren Produktionseinrichtungen darauf eingestellt möglichst vielfältige Gestaltungswünsche realisieren zu können.

Kleinelemente

Zu den Kleinteilen gehören Stützen, Kellerlichtschächte, Kellerfensterelemente, Sturzträger, Kanalrohre und Sonstige. Die Produktpalette der Kleinteile ist sehr breit. Die Kleinfertigteile kommen fast überall dort zum Einsatz, wo gleiche oder ähnliche Bedingungen in Funktion und Erscheinung zutreffen. Ein sehr großes Spektrum bieten die Betonfertigteile im Bereich des Garten- und Freiflächenbaus.

Etwa seit 1870 gehört der Fertigteilsschornstein zum gewohnten Erscheinungsbild. Der gleichzeitig mit den Wänden hochgemauerte Schornstein war bis um 1950 die vorherrschende Bauart. Nach dem einschaligen- und zweischaligen Schornstein stehen heute dreischalige Systeme in üblichen Bauhöhen zwischen 25 und 50 cm aber auch geschosshoch zur Verfügung.

Sonderelemente

Hierzu gehören Treppen, Podeste, Balkone, Deckenelemente, Wandelemente, Dachelemente, und Halffertigteile im Stahlbetonbau.

Treppen und Podeste:

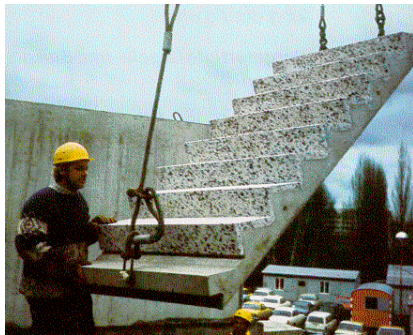


Bild 68 Fertigtreppe



Bild 69 Fertigteilschalung

Exakt vorgefertigte Treppenläufe werden im Treppenhaus auf Konsolen trittschalldämmend aufgelagert. Die Kombination der Betonwerkstein-Winkelstufen mit der vorgefertigten tragenden Betonlaufplatte schließt den fertigen Ausbau bei höchster Maßhaltigkeit der Treppe ein. Ein wesentlicher Vorteil ist die sofortige Begehbarkeit der Treppe direkt nach dem Einbau. Für die Bauausführung ergeben sich sichere Arbeitswege und damit ein schnelles und wirtschaftliches Arbeiten.

Balkonfertigelemente:

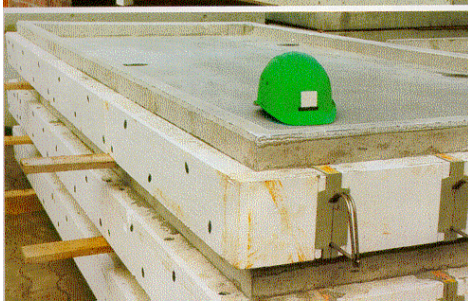


Bild 70 Balkonfertigteile

Vorgefertigte Loggia- und Balkonplatten erhalten zur kontrollierten Entwässerung meistens eine umlaufende Aufkantung und ein Gefälle zum vorgesehenen Ablauf. Bei einer konventionellen Herstellung liegen die Strukturen im oberen Betonbereich, der herstellungsbedingt kaum verdichtet werden kann. Die Folge der häufig auftretenden Korrosionsschäden können durch die Vorfertigung vermieden werden, indem das Negativverfahren angewendet wird.

Das bedeutet, die begehbare und mit Gefälle versehene Oberfläche sowie die Aufkantung werden durch die Schalungsform festgelegt. Das so exakt hergestellte Gefälle verhindert eine spätere Pfützenbildung. Die der Witterung ausgesetzte Oberfläche liegt bei der Herstellung unten in der Schalung, wo sie optimal verdichtet wird.

Deckenelemente

An die Geschossdecke werden Anforderungen in punkto Belastung, Schall- und Brandschutzes sowie ästhetische Ansprüche gestellt. Die Palette aus Transportbeton oder Betonfertigteilen ist hier fast unerschöpflich und anpassungsfähig. Bei einschaligen Bauteilen nimmt der Schallschutz mit zunehmendem Gewicht zu. Betondecken erbringen daher von Haus aus eine gute Schalldämmung. Die Abbildung zeigt die unterschiedlichen Einsatzbereiche der Porenbetonelemente.



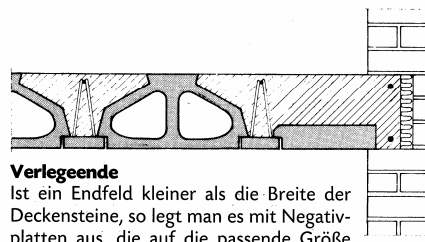
Bild 71 Übersicht zum Einsatz von Fertigteilen

Balkendecken

Balkendecken ohne Zwischenbauteile

Dieses Deckensystem gehört mit zu den ersten Fertigteildecken überhaupt. Stahlbeton- oder Spannbetonbalken werden dicht an dicht verlegt und zur Lastverteilung, insbesondere bei höheren Verkehrslasten, mit einem Überbeton versehen. Eine Montageunterstützung ist im allgemeinen nicht erforderlich.

Balkendecken mit Zwischenbauteilen



Verleegende

Ist ein Endfeld kleiner als die Breite der Deckensteine, so legt man es mit Negativplatten aus, die auf die passende Größe gebracht werden.

Bild 72-73 Balkendecke mit Zwischenbauteilen

Die Decke besteht aus Trägern, Zwischenbauteilen und Ortbeton. Die vorgefertigten Träger bestanden früher aus Stahlbeton oder Spannbeton. Seit Jahren kommen jedoch überwiegend Gitterträger mit Betonfuß zum Einsatz. Der Betonfuß dient zum Auflegen der Zwischenbauteile und besteht meistens aus Beton oder Leichtbeton. Wegen der geringen Einzelgewichte eignen sich diese Decken besonders für die Verlegung von Hand.

Die Balkendecke kann einen unbewehrten Überbeton bis zu 5 cm erhalten. Die Decke wird unterseitig entweder verputzt oder bereits im Werk mit einer Holzlatte am Betonfuß versehen, um eine zweischalige Decke mit besseren Schallschutzwerten herzustellen.

Rippendecken

Rippendecken mit statisch mitwirkenden Zwischenbauteilen

Bei dieser Deckenkonstruktion übernehmen die Zwischenbauteile die aus den Biegemomenten entstehenden Druckkräfte. Diese Zwischenbauteile müssen dafür besondere Anforderungen erfüllen, weshalb diese Decken praktisch keine Bedeutung erlangt haben.

Rippendecken mit statisch nicht mitwirkenden Zwischenbauteilen

Diese Decken bestehen aus den gleichen Bauteilen wie die Balkendecken. Sie unterscheiden sich dadurch, dass ein Überbeton von mindestens 5 cm eingebracht wird, der eine Querbewehrung erhalten muss. Durch den höheren Ortbetonanteil ergeben sich bessere Schallschutzwerte.

Plattendecken

Elementplatten



Bild 74 Montage Elementplatte

Dieses auch als Elementdecke bezeichnete Fertigteil besteht aus einer 4 - 5 cm dicken Betonplatte, die die statisch erforderliche Bewehrung und Gitterträger zur Vergrößerung der Montagesteifigkeit enthält. Auf der Baustelle ist lediglich eine Fugenbewehrung und, bei durchlaufenden Decken, die Bewehrung über den Mittelunterzügen zuzulegen. Die Größe der Elemente hängt von der Tragfähigkeit des Baustellenkrans und der Transportmöglichkeit ab. Gegebenenfalls werden Zwischenstützen eingesetzt. Die Fertigdecken können mit dem LKW transportiert werden. Wegen der großflächigen Abmessungen ergeben sich sehr kurze Verlegezeiten, so dass auf der Baustelle am besten unmittelbar vom Lieferfahrzeug aus verlegt wird.

zweischalige Elementdecken

Bei der Herstellung einer zweischaligen Decke erhält man, ähnlich wie bei einer Doppelwand ohne Zwischenraum, auf der Unter- und auf der Oberseite glatte Oberflächen mit minimalsten Ebenheitstoleranzen. Somit ist die Oberseite in der Lage direkt den Fußbodenbelag aufzunehmen. Das Gewerk des Estrichlegers wird somit überflüssig, zumindest was beim Einsatz im Einfamilienhausbau. Durch das Einsparen des Estrichs gewinnt man wertvolle Bauzeit und Geschosshöhe.

Mit einer 5 mm starken Trittschallschutzmatte lassen sich Trittschalldämmmaße realisieren, vergleichbar mit denen eines schwimmenden Estrichs. Wie in der Elementdecke können Leerrohre, Elektrodosen und auch Heizungsrohre eingebaut werden.

Vollplatten

Vollplatten aus Normalbeton

Vollplatten aus Normalbeton unterliegen bei entsprechender Ausbildung der Querverbindung zwischen den einzelnen Fertigteilen keiner Beschränkung der Verkehrslast, sind also auch bei nicht vorwiegend ruhigen Lasten zulässig. Wenn auf Montagebaustellen aufgrund der übrigen Bauteile ohnehin schweres Hebegerät zur

Verfügung steht, so spielt das im Vergleich zu anderen Deckensystemen höhere Gewicht einer Vollbetonplatte keine Rolle. Die Decken werden vorzugsweise als raumgroße Massivbauteile für Vollmontage gefertigt, damit die Verspachtelung von Stoßfugen an der Deckenunterseite gar nicht notwendig wird. Hinsichtlich der Untersicht gelten die gleichen Bedingungen wie bei Elementdecken.

Vollplatten aus gefügedichtem Leichtbeton

Vollplatten aus Leichtbeton haben gegenüber denen aus Normalbeton den Vorteil der besseren Wärmedämmung und des geringeren Gewichts, was für die Montage von Bedeutung sein kann. Die praktisch fugenlose und glatte Untersicht muss nicht verputzt werden.

Vollplatten aus Porenbeton

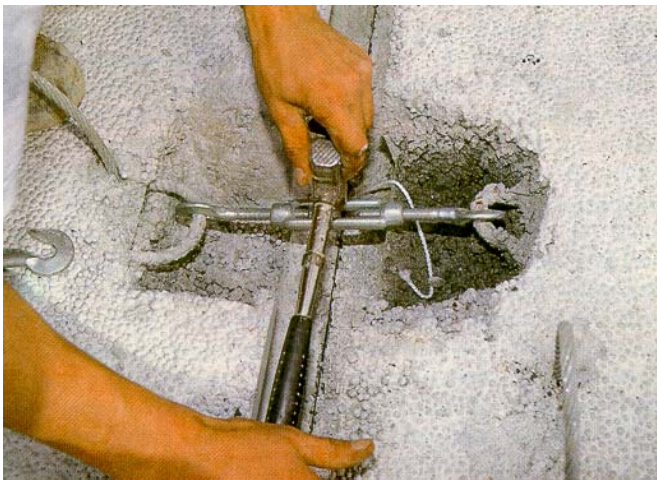


Bild 75 Verspannsystem Liapor verbindet die Vollmassiv-Decke

Porenbetondeckenplatten zeichnen sich durch ihr geringes Gewicht und geringe Wärmeleitzahlen aus, so dass auch bei Dachdecken bei entsprechender Dicke zusätzliche Wärmedämmschichten entfallen können. Ein besonderes Verspannsystem sichert die statisch erforderliche Scheibenwirkung ohne die sonst übliche Ausbildung eines Ringankers. Die Decke ist unmittelbar nach der Verspannung lastaufnahmebereit. Dies erspart Wartezeiten, wie sie beim Aushärten von Aufbeton anfallen. Durch dieses Spannsystem und die geringere Wärmeausdehnung des Leichtbetons gegenüber dem Normalbeton bietet dieses System eine höhere Rissicherheit.

Hohlplatten

Schon frühzeitig kam man auf die Idee, in den Deckenplatten Hohlräume anzuordnen und damit das Gewicht zu senken. Je nach Fertigungsverfahren besitzen diese Hohlräume unterschiedliche Querschnitte, hauptsächlich rund, oval oder rechteckig. Hohlplatten können schlaff bewehrt oder vorgespannt sein.

Spannbetonhohlplatten zeichnen sich durch folgende Merkmale aus: ein geringes Eigengewicht und eine geringe Konstruktionshöhe bei hohen Auflasten und großen

Spannweiten. Außerdem sind die Platten sehr flexibel in Bezug auf die Verlegung und evtl. erforderliche Aussparungen. Sie weisen schalungsglatte Unterseiten und eine sehr hohe Betonqualität auf. Für die Deckenuntersichten kommen überwiegend sichtbare Fugen zur Ausführung. Alternativ können die Fugen geschlossen werden und die Untersicht tapeziert oder verputzt werden.

Kostenvergleich der Deckensysteme

In der nachfolgenden Grafik sind unterschiedliche Deckensysteme im Kostenvergleich dargestellt. Die Preise verstehen sich pro m². Die Filigrandecke entspricht der Elementdecke.

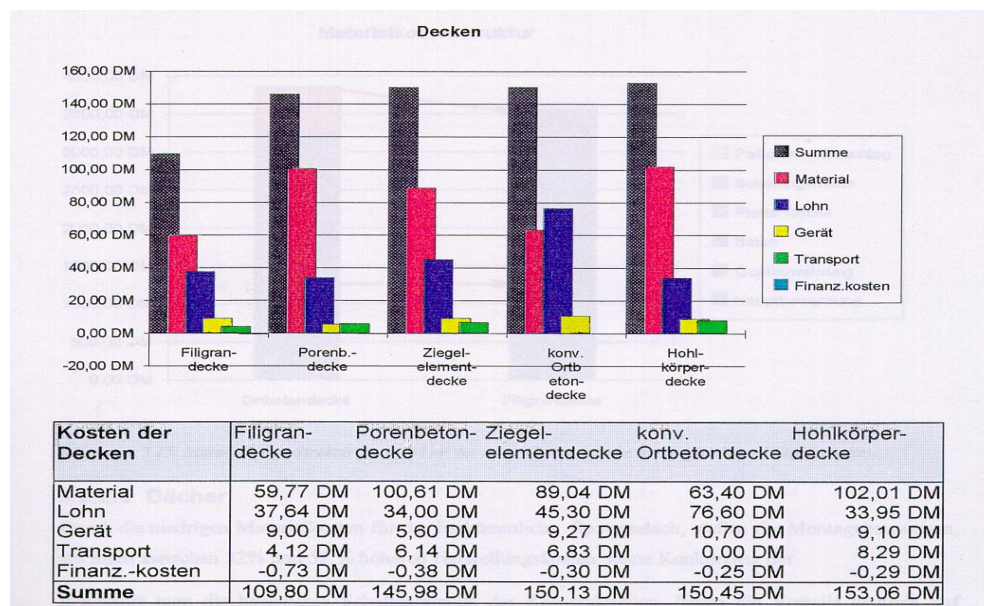


Bild 76

Wandelemente

Betonelementwände - ob ein- oder zweischalig, ob aus Fertigteilen, Mauerwerk, Plansteinen oder Transportbeton - müssen als Außenwandbauteile im Wohnungsbau die geforderten k-Werte erreichen. Zwei Faktoren bestimmen die eigene Dämmwirkung der Wände. Je leichter der Baustoff, desto besser ist die Wärmedämmung. Der zweite Faktor ist die Wanddicke. Durch ein einschaliges, 30 bis 36,5 cm starkes, Leichtbetonmauerwerk erreicht man die Vorschrift ohne zusätzliche Dämmmaßnahmen. Stahlbetonbauteile müssen daher zusätzlich gedämmt werden.

Sandwichelemente

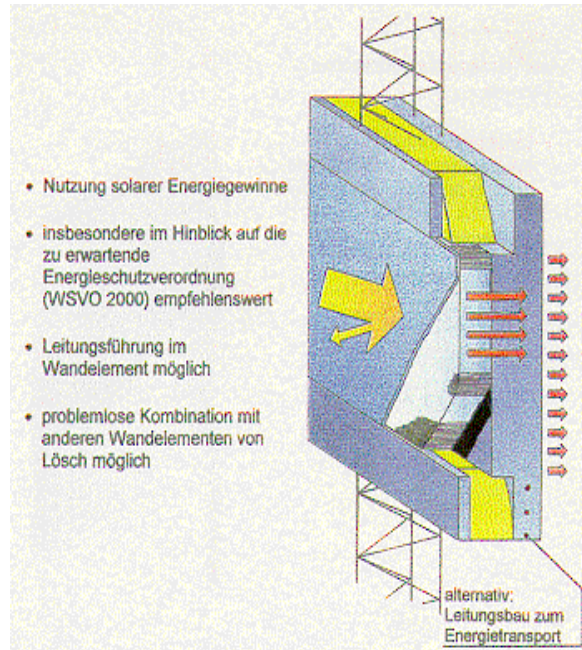
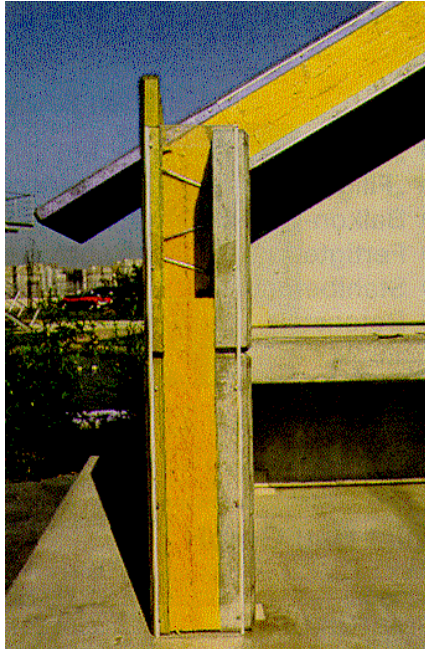


Bild 77-78 Sandwich Außenwandelement System Fa. Lösch

Das Sandwichsystem besitzt als Wandbaustoff günstige bauphysikalische Eigenschaften. Die Doppelwandelemente haben eine beidseitig glatte Betonoberfläche um Innen- und Außenputz einzusparen. Verbunden werden die Elemente mit einem speziellen Gitterträger mit Edelstahldiagonalen. Die tragende Innenwand erfüllt nahezu alle Anforderungen an die Statik.

Darüber hinaus bietet die Innenschale eine gute Wärmespeichereigenschaft. Zwischen den beiden Schalen ist eine Wärmedämmung eingelegt. Mit einer Wärmedämmung aus 15 cm Mineralwolle erreicht man bei einer Gesamtwandstärke von 30 cm einen k-Wert von 0,23. Die Innenschale beinhaltet Leerrohre und Leerdosen zur Aufnahme von Kabeln und Schalelementen.

Doppelwandelemente

Doppelwandelemente bringen für den Bauunternehmer die Vorteile der Kalkulationssicherheit und der geringeren Kapitalbindung. Durch die hohe Montagegeschwindigkeit der Elemente lassen sich im Vergleich zum Schalbeton erhebliche Zeitvorteile erzielen. In den nachfolgenden Grafiken werden die verkürzte Herstellungszeit sowie die Herstellungskosten von Wänden aus Ortbeton mit Wänden aus Doppelwandelementen verglichen.

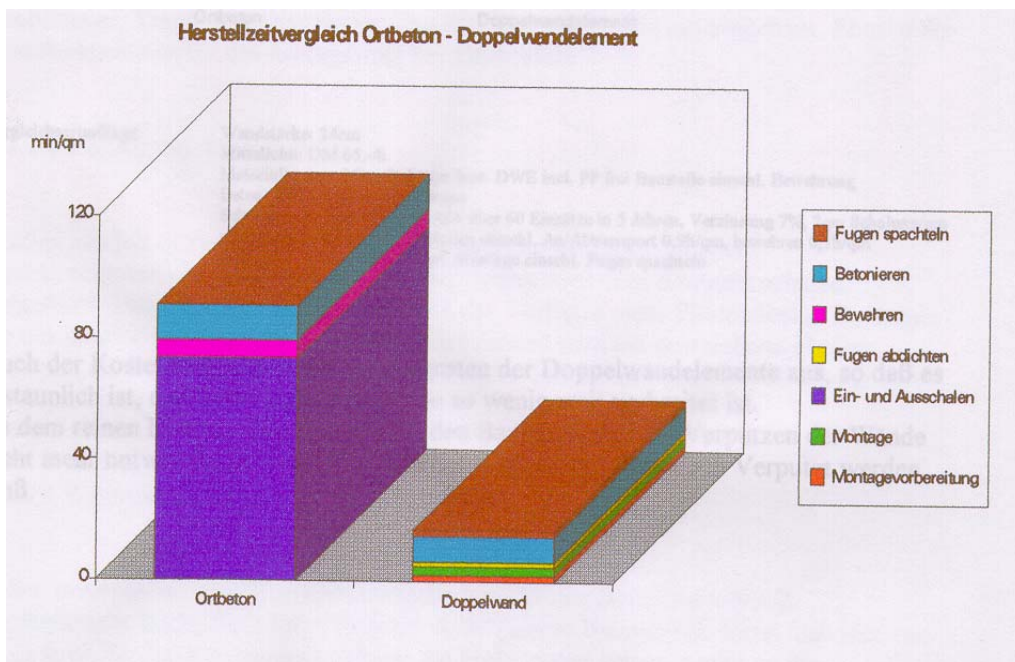


Bild 79

Massive Wandelemente mit Montagesystem

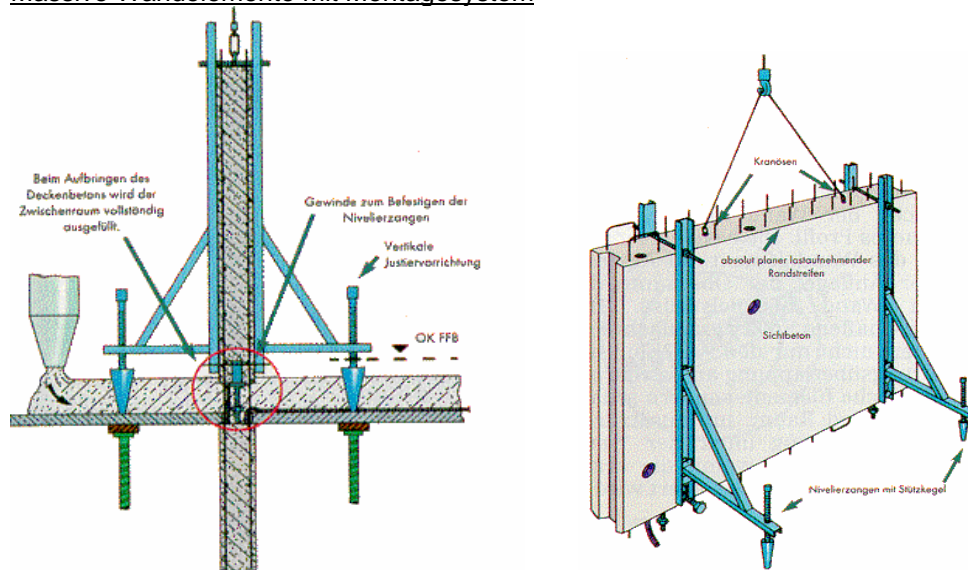


Bild 80

Ein neu entwickeltes Massivwandmontagesystem bildet einen sauberen, praktisch fugenlosen Übergang zur Geschosdecke ohne aufwendiges Nacharbeiten. Ein darüber liegendes Gitterträgerdeckenelement kann direkt aufgelegt werden. Zur

Montage kann das Wandelement durch ein spezielles Montagesystem schnell und exakt aufgesetzt werden.

Vollplatten als Verbundschalungssystem



Bild 81 Fa. Kunz Verbundschalungssystem

Basis dieser Verbundschalungstechnik ist ein glasfaserverstärkter Abstandshalter, der als Einzelteil alle Zugkräfte aufnehmen kann, die durch den Betondruck beim Betonieren entstehen. Aus der Verbindung mit einer Holzwerkstoffplatte entsteht ein Verbundschalungssystem, das in einem Arbeitsgang mit der Betonpumpe betoniert werden kann.

Der Ablauf der Schalungsfertigung erfolgt nach den erstellten Werkplänen. Die Wandplatte wird von einem Zwischenarbeitspuffer in eine Schraubstation eingeführt. In der Schraubstation werden die per CNC fertig zugeschnittenen Wandelemente vollautomatisch mit den Abstandshaltern versehen. Auf der Baustelle können die maßgenau vorgefertigten Wandelemente zügig ausgebaut werden. Für den Endverbraucher sind vor allem die sehr präzisen und nagelbaren Oberflächen von Vorteil.

Innenwände aus Beton

Da in der vorgefertigten Massivbauweise nur die tragenden Innenwände und alle Außenwände in Stahlbeton gefertigt werden, ist durch diese Bauweise ein Raumgewinn von 4 – 6 % möglich, denn im allgemeinen werden 15 cm dicke Stahlbeton-Wandelemente allen statischen und bauphysikalischen Anforderungen gerecht. Zudem wird die Wohnfläche nicht durch Wandputze verringert, da die Betonwände im Zuge der Malerarbeiten lediglich zu spachteln sind.

Die Wände werden werkseitig mit einem Leerrohrsystem für die Elektroinstallation ausgestattet. Diese Rohre sind bei der Montage der Elemente in den Vergussfugen

zusammenzustecken. Nichttragende Innenwände und Installationsschächte werden üblicherweise aus Leicht- und Porenbeton gemauert. In der nachfolgenden sind verschiedene Innenwandssysteme im Kostenvergleich dargestellt.

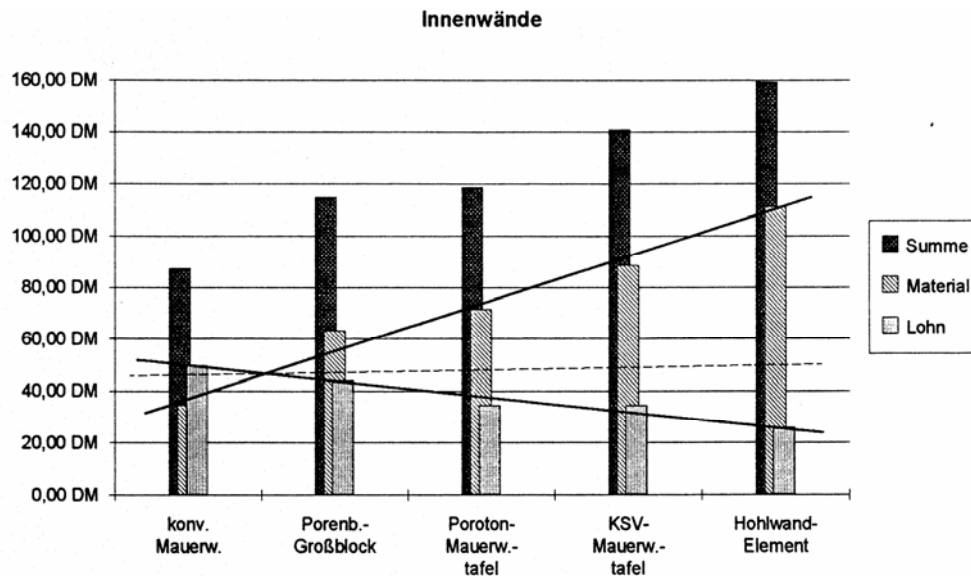


Bild 82

In diesem Kostenvergleich ist deutlich zu erkennen, wie mit sinkenden Lohnkosten die Materialkosten überproportional steigen. Eine logische Erklärung dafür ist, dass die meisten für die Vorfertigung eingesetzten Maschinen bei der von ihnen verrichteten Arbeit mehr Kosten erzeugen, wie die gleiche Arbeit in konventioneller (bauseitiger) Bauweise.

Transportkosten in Abhängigkeit vom Wandgewicht

Die Wandgewichte wirken sich direkt auf die Transportkosten aus. Diese werden nach dem Transportgewicht pro Ladung berechnet. Die folgende Grafik verdeutlicht die Abhängigkeit der Transportkosten vom Baustoff der Wände und dem damit verbundenen Eigengewicht.

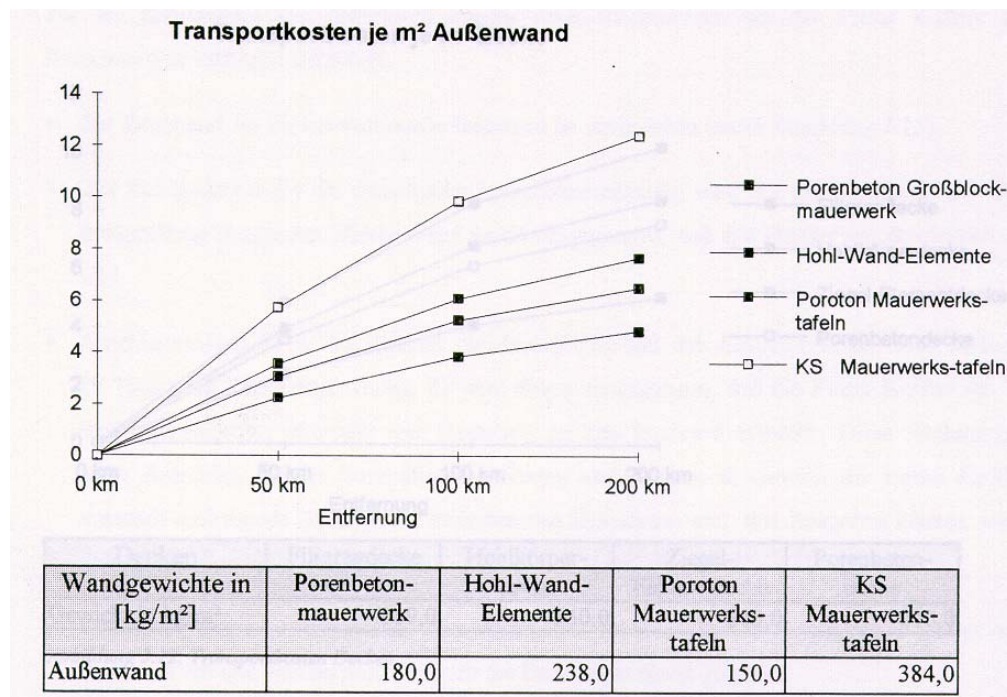


Bild 83 Transportkosten in Abhängigkeit vom Gewicht

Dachelemente

Durch die niedrigen Materialkosten für das herkömmliche Sparrendach, stellen die Montagebauweisen mit ihren zwischen 32 und 52 % höheren Herstellungskosten keine Konkurrenz dar. Betrachtet man jedoch die bewerteten Schalldämmmaße der Konstruktionen, so liegen die Vorteile deutlich auf Seiten der massiven Fertigteilbauweisen, dem SÜBA-TOP-Dach, dem Porenbetondach und dem Ziegelelementdach.

Porenbetondachplatten

Porenbetondachplatten werden sowohl für flache als auch für geneigte Dächer hergestellt. Die massive Ausführung des Daches hat gegenüber leichten Konstruktionen wesentliche Vorteile im Bezug auf den sommerlichen und winterlichen Wärmeschutz. Die bereits beschriebenen Deckenplatten aus Beton und Leichtbeton können meist auch als Dachelemente eingesetzt werden. Das massive Betondach bildet einen homogenen Raumabschluss, besitzt eine hohe Temperaturträgheit und bietet gute Schallschutzwerte. Das Massivdach gilt zudem als brand- und relativ sturmsicher.



Bild 84

Massivdachelemente

Massivdachelemente bestehen ähnlich den Elementdecken aus einem 5 cm starken Betonbrett mit Gitterträgern, die die Funktion der Sparren eines konventionellen Daches übernehmen. Eine Mattenbewehrung als Grundbewehrung ist eingelegt. In dem Zwischenraum von der Oberkante der Betontafel bis maximal zur Oberkante des Gitterträgers befindet sich die Wärmedämmschicht. Die werkseitig aufgetragenen Latten für die Eindeckung mit Pfannen oder die Hochschalung für andere Eindeckungen bilden eine kompakte Massivdachtafel. Alle erforderlichen Einbauten und Befestigungsteile, wie beispielsweise für Dachgauben, Dachfenster, Trauf- und Ortgangblenden, sind werkseitig eingebaut.

Die Auflagerung erfolgt auf typisierten, werkseitig vorbereiteten Unterkonstruktionen. Dieses von SÜBA patentierte System wird mittlerweile auch von vielen anderen Fertigteil-Herstellern angeboten und stößt im Wohnungsbau auf immer größeres Interesse.

Raumelemente

Fertigkeller



Bild 85 Anlieferung Kellerelement

Bei geeignetem Baugrund und Grundwasserstand werden in Deutschland die meisten Wohnhäuser unterkellert. Ausgangspunkt für die Entwicklung des Fertigkellers war die Schwierigkeit der Hersteller und Käufer von Fertighäusern in früheren Jahren, für ihr Haus den Keller zu bekommen. Die Bodenplatte unter ständig bewohnten Räumen und die Ersatzräume zu ebener Erde machen das kellerlose Haus kaum billiger, senken aber den Verkaufs- und Gebrauchswert erheblich.

Der Fertigkeller ist die logische Ergänzung zum Fertighaus und hat auch dessen Vorteile, wie fester Preis, fester Fertigstellungstermin, kurze Bauzeit und nur einen Ansprechpartner. Wände und Decken werden aus vorgefertigten Elementen montiert. Mitunter haben spezielle Entwicklungen zu firmentypischen Bausystemen geführt. Diese reichen vom klassischen Vollmontage-Keller mit bis zu wandgroßen Fertigteilen aus Beton, Leichtbeton oder Porenbeton, bis hin zu Hohlwänden aus Betonplatten als verlorene Schalung und dazu passenden Deckensystemen, die gemeinsam mit Beton verfüllt werden. Fenster, Türen und Leitungsschächte sind werkseitig bereits berücksichtigt. Putzkanten entfallen, da ihre Decken glatt und malerfertig sind. Fertigkeller sind in verschiedenen zementgebundenen Baustoffen erhältlich.

Sanitärmodule

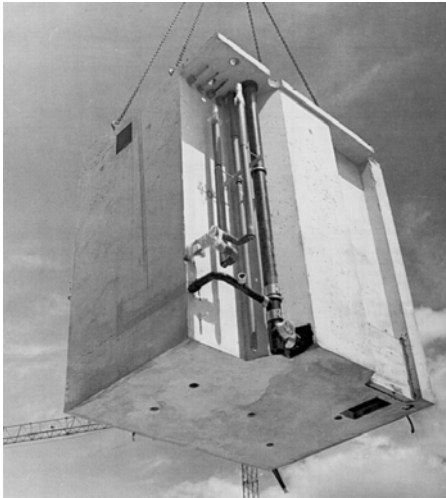


Bild 86-87

Die Vorteile der Fertigsanitärelemente gegenüber der konventionellen Ausführung können wie folgt zusammengefasst werden:

Qualität: gleichbleibend hoher Qualitätsstandard durch die serienmäßige Vorfertigung und eine laufende Fertigungskontrolle im Herstellerwerk

Gewährleistung: ein Ansprechpartner für Detailabstimmung, Ausführung und Gewährleistung von ca. 8 Gewerken in einer Hand

Kaufabwicklung: Vereinfachung von Ausschreibung, Vergabeverhandlungen und der Abrechnung, da für das Fertigteilbad kein Aufmaß erforderlich ist

Gesamtbauzeitverkürzung: durch parallele Ausführung des Rohbaus und der Fertigsanitärelemente im Herstellerwerk

Montage: saubere, schnelle und einfache Montage vor Ort

Sanitärzellen werden überwiegend im Hotelbau und im Klinikbau eingesetzt, da die wirtschaftliche Anwendung bei großen Stückzahlen am ehesten gegeben ist. Die Zellen aus Beton oder Blähton werden sowohl als fertige Raumzelle als auch in montierbaren Elementen hergestellt. Für die Modernisierung von Altbauten werden häufig Sanitärelemente eingesetzt.

Raumkörper weisen einen hohen Vorfertigungsgrad auf, der durch die Integration verschiedener Gewerke erreicht wird. Die unterschiedlichen Ausbaugewerke brauchen im Unterschied zum konventionellen Bau ihre Maße nicht am Bau zu nehmen, sondern sie können nach Zeichnungsmaßen sämtliche Zuschnitte bereits im Werk vornehmen. Diese Bauweise ist letzten Endes kostensparend, setzt aber, wegen der dafür erforderlichen hohen Investitionen auf der Produktionsseite, eine über längere Zeit kontinuierliche Auslastung der Fertigungsanlage voraus. Tragendes und aussteifendes Element des Bauverfahrens sind aus Stahlbeton gefertigte Raumkörper, die durch Decken- und Wandtafeln ergänzt werden.

2.3.5 Bauverfahren im Mauerwerksbau

Der Mauerwerksbau als Fertigungstechnologie hat im deutschen Baugewerbe und vor allem im Wohnungsbau eine lange Tradition und ist nach wie vor von großer wirtschaftlicher Bedeutung. Der Anteil der Erstellung von Mauerwerk am gesamten baugewerblichen Umsatz betrug 1991 7 %, bezogen auf den Hochbau sogar 10 %. Die besondere Bedeutung des Mauerwerkbaus für den Wohnungsbau kann der Anzahl der Baugenehmigungen im Hochbau für die Errichtung neuer Gebäude entnommen werden. Der Anteil der Mauerwerksbauten an den Wohngebäuden betrug 1990 90 %, an den Nichtwohnbauten noch 51,8 %.

Der deutsche Mauerwerksbau ist geprägt durch den sehr hohen Anteil privater Bauherren und durch eine sehr handwerkliche Orientierung des ausführenden Gewerbes. Dies wird auch an der Betriebsgrößenstruktur deutlich. 80 % aller Bauunternehmen beschäftigen weniger als 10 Mitarbeiter.

Die harte und schwere körperliche Beanspruchung des Maurers, der nur noch durch Vermauern von großformatigen Steinen mit einem Gewicht bis 40 kg wettbewerbsfähig wäre, führt nicht nur zu gesundheitlichen Schäden, die die Volkswirtschaft belasten, sondern auch zu erhöhter Arbeitslosigkeit, da solche Arbeiten häufig von Billiglöhnern erbracht werden.

Entwicklung zum Mauerwerkselementebau

Bedingt durch diesen strukturellen Hintergrund wurde bereits in den frühen 80er-Jahren damit begonnen, nach rationellen und kostensparenden Fertigungsmethoden im Mauerwerksbau zu suchen, um die steigenden Qualitätsansprüche erfüllen zu können und durch kostengünstige Produktion das Bauen ökonomisch zu gestalten.

In Folgenden werden die verschiedenen Mauerwerkselemente und die derzeit üblichen Bauverfahren und Bausysteme in der Mauerwerksbauweise vorgestellt, um einen Überblick zu verschaffen über die Produkte, die sich durch industrielle Fertigung auszeichnen. Im Anschluss werden die zur Fertigung am Markt existierenden teil- oder vollautomatischen Fertigungssysteme näher beschrieben.

2.3.5.1 Verwendete Mauerwerkselemente

Sonderelemente

Die Vorfertigung von kleineren Bauelementen ist auf dem Bau schon seit Jahren etabliert. Vorwiegend werden Rollladenkästen, Gurtwicklersteine, Ziegelstürze, Ringbalken mit Bewehrung sowie Mauerwerksschlitze für Versorgungsleitungen verwendet. Hier sind die Vorteile schnell erkennbar und die Verwendung entspricht der gewohnten Praxis im Mauerhandwerk, dem Versetzen von kleinen Bauteilen. Zu dieser Gruppe gehören Ziegelfertigteile als Verblendsturz-Sichtflächen, Arkadenbögen, Fenstersohlbänke, Attika- bzw. Mauerabdeckungen.

Tafelemente

Mauerwerksscheiben können aus Ziegel-, Bims-, oder Kalksandstein in unterschiedlichen Wandstärken hergestellt werden. Mauerwerksscheiben können bezüglich ihrer

räumlichen Größe und Maßgenauigkeit sowie dem Ausbaugrad ähnlich wie Betonfertigteile eingestuft werden. Im Werk können Mauerelementwände mit Elektroinstallation, Rollladenkästen, Rollläden und Innenputz versehen werden. Auch das Versetzen und Ausrichten auf der Baustelle ist vergleichbar mit dem Vorgehen im Betonbau.

Ein durchschnittliches Wohngebäude mit 100 m² Nutzfläche und Vollunterkellerung besteht aus ca. 80 cbm Fertigteilen. 25 % davon sind Mauerelemente. Um die Herstellung von Wandelementen zu rationalisieren, wird der Einsatz mechanisierter Systeme notwendig. Es konkurrieren dabei die rationalisierte Baustellenfertigung und die komplette Vorfertigung in der Halle.

Mauertafelbauweise aus Poroton- / Hochlochziegeln und Kalksandstein



Bild 88 Kalksandsteinmauertafeln

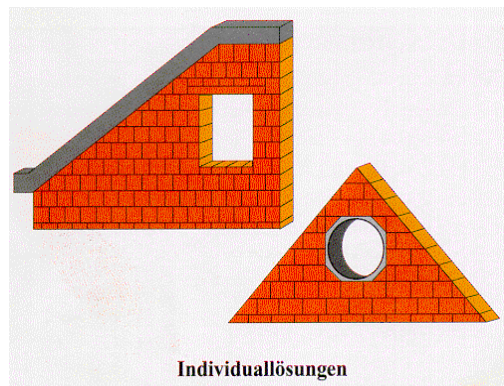
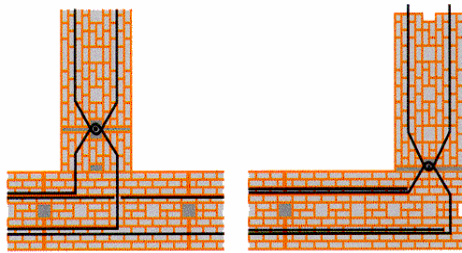


Bild 89

Ziegelfertigbauteile sind Wände oder Deckenplatten, die aus Ziegeln und verbindendem Mörtel oder Beton hergestellt werden.

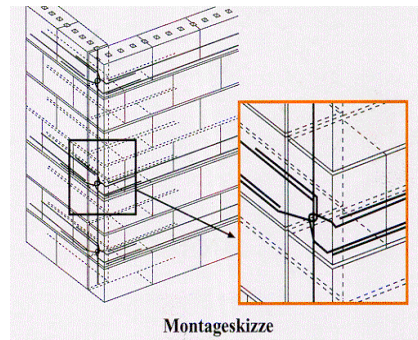
Elementgrößen

Die Elementgröße richtet sich nach den Vorgaben aus der Grundrissgestaltung. Je nach Hersteller ergeben sich Größen von 0,5 bis 7 m in der Länge und 0,5 bis 3,25 m in der Höhe. Die Wandstärken sind in fast allen Steinarten in den Maßen 11,5cm / 17,5cm / 24 cm / 30 cm / 36,5cm / 42,5cm und 49 cm herstellbar.



Wandverbindungen

Bild 90



Montageskizze

Bild 91

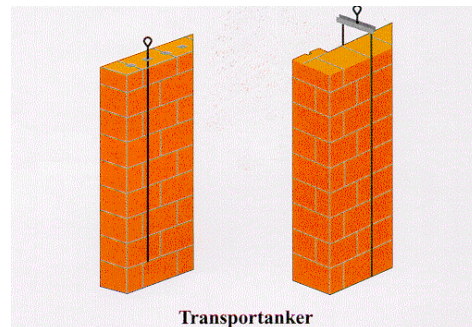
Die rechnergestützte Produktion der Wandtafeln erfolgt mit großformatigen Planzahnziegeln im Dünnbettmörtel oder als Mauerwerk nach DIN 1053, sowie nach Zulassung bei Kalksandstein im Dick- und Dünnbettverfahren. Wegen der Verzahnung der Ziegelstirnseiten kann auf eine Vermörtelung der Stoßfugen verzichtet werden.

Zur Verbindung der Wandtafeln haben die Wandelemente in den Lagerfugen Bewehrungsschlaufen, wie in den obigen Abbildungen dargestellt. Schub- und zugfeste Verbindungen werden durch sich übergreifende Schlaufen erreicht. Der zum stabilisierenden Verguss verwendete Mörtel ist auf die Wärmedämmung des Mauerwerkes abgestimmt. Eine lotrechte Bewehrung, die durch die Bewehrungsschlaufen geführt wird, sichert die Verbindung der Wandtafeln. Die Zugfestigkeit dieser Verbindung ist erheblich größer als bei der konventionellen Verzahnung. Für das Versetzen der Elemente werden spezielle Tragesysteme verwendet.

Transport



Bild 92



Transportanker

Bild 93

Im Werk werden die Elemente entsprechend dem jeweiligen Montageverlauf zusammengestellt. Der Transport erfolgt im Taktverfahren mit baustellengeeigneten Innenladern. Die Innenladerpaletten werden dann in Reichweite des Krans abgesetzt. Auch maximale Wandgewichte (bis 5 t) sind mit einem Automobilkran mittlerer Größe zu versetzen.

Die Innenladerpaletten dienen als montagegerechte Zwischenlagerung der Mauerwerkelemente. Alle Elemente sind durch Transportbewehrungen gesichert. Die Stabilität beim Krantransport wird durch mindestens zwei, über die gesamte Geschosshöhe eingebrachte, Transportanker gewährleistet.

Bei einem Einfamilienhaus mit ca. 200 m² Nutzfläche liegt die übliche Anzahl der Elemente für Wand und Decke bei etwa 15 Stück, dies entspricht maximal 2 Lieferungen mit einem 40 t – Lastzug.

Montage auf der Baustelle

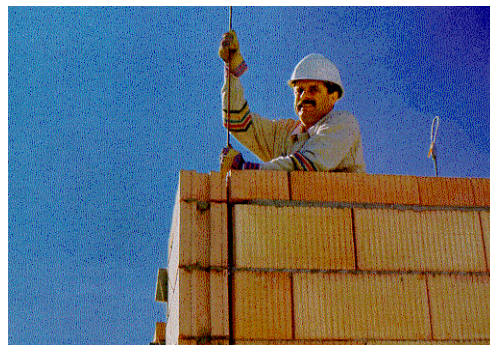


Bild 94-97 Montageverlauf der Mauertafelemente

Mit dem Kran werden die Elemente aus der Innenladerpalette genommen und mit Versetztraverse gemäß Montageplan höhen- und fluchtgenau im Mörtelbett abgesetzt. Ein Montageteam besteht in der Regel aus einem Kranfahrer und 2 - 3 Mann.

Jedes Element wird lotrecht durch verstellbare Stahlrohrstützen eingewinkelt. Es bleibt so lange gesichert bis der Mörtel in den Elementverbindungen ausgehärtet ist. Die Wandelemente haben in ihrem Stoßbereich Bewehrungsschlaufen. Diese sind so angeordnet, dass sie beim Zusammenführen der Elemente deckungsgleich übereinander liegen.

Durch Einführen eines geschosshohen Rundstahls durch die sich übergreifenden Bewehrungsschlaufen werden die Mauerscheiben miteinander verbunden. Die Wandanschlussfugen werden seitlich verschalt und von oben, geschosshoch, mit Mörtel vergossen. Hierdurch wird die zug- und druckfeste Verbindung hergestellt. Die

Montagezeit eines einzelnen Wandelements, einschließlich sämtlicher Nebenarbeiten, liegt bei maximal 20 Minuten. Dies ermöglicht beim Bau eines Einfamilienhauses für den Rohbau eine reine Bauzeit von unter einer Woche.

Komplettlösungen für die Vorfertigung:

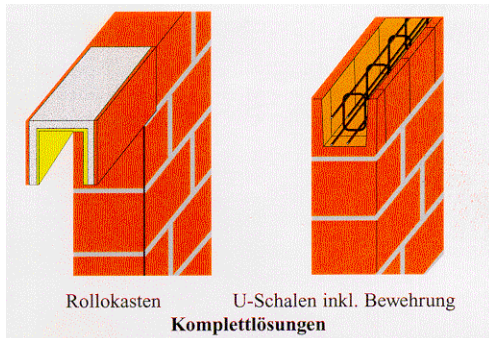


Bild 98

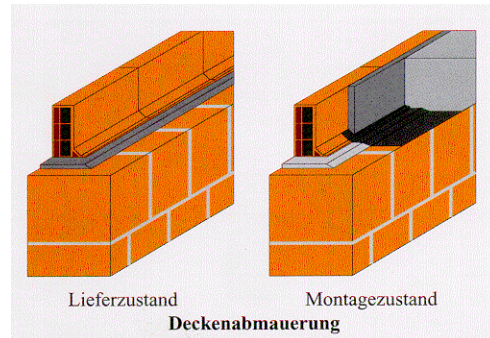


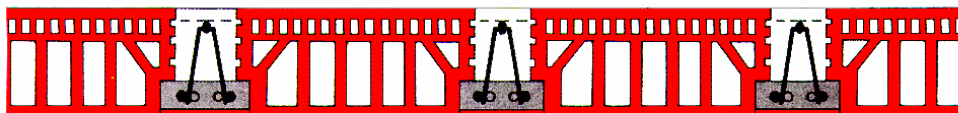
Bild 99

Bereits bei der Fertigung der Wandelemente können zusätzliche Bauelemente in das Mauerwerk mit eingebunden werden. Das gilt z.B. für Rollladen- und Gurtwicklerkästen und U-Schalen. Durch Nutzung der U-Schalen entfällt das Einschalen von Ringankern und Stürzen. Das Anbringen von Deckenabmauerziegeln kann ebenfalls schon im Werk erfolgen.

Fertigdeckenelemente aus Ziegeln

Technischer Aufbau einer Ziegeldecke

Rippendecke ohne Überbeton



Rippendecke mit Überbeton ≥ 5 cm



Bild 100

Ziegelfertigdecken können unmittelbar nach der Verlegung belastet werden. Das beschleunigt den Bauablauf und spart dadurch Kosten. Das Kriechen und Schwinden führt bei Ziegeldecken zu geringeren Verformungen als bei Stahlbetondecken. Dadurch wird die kritische Verschiebungslänge der obersten Geschossdecke um ca. 30 %

vergrößert. Erst ab einer maßgeblichen Verschiebungslänge von 7,8 m ist evtl. ein Verschiebungslager erforderlich. Ziegeldecken haben aufgrund ihres hohen Ziegelanteiles eine bessere Wärmedämmung als Decken aus Baustoffen mit hoher Wärmeleitfähigkeit.



Bild 101

Das Deckensystem besteht aus den Deckenträgern, den Deckenziegeln, der Stahlbewehrung und dem Ortbeton. Die Deckenträger haben an der Unterseite Tonplättchen und dienen zur Aufnahme der Deckenziegel. Die Ziegeldecke ermöglicht den schalungslosen Einbau und benötigt wenig Vergussbeton. Sie kann als Rippendecke mit statisch mitwirkenden Ziegeln, aber auch als Rippendecke mit mindestens 5 cm Überbeton ausgeführt werden.

Fertigziegeldecken werden im Fertigteilwerk vorgefertigt hergestellt oder wie die Abbildung zeigt, vor Ort verlegt. Die Decken-Träger werden von Wand zu Wand ausgelegt und dazwischen die Deckenziegel eingehängt. Eine Schalung ist nicht notwendig. Es sind lediglich Montagestützen aufzustellen.

Ziegelmassivdach

Das Ziegelmassivdach wird üblicherweise in Sparrenlage ausgeführt. Die Montage in Pfettenlage kann aus statischen Gründen angeordnet werden. Das Ziegelmassivdach gleicht im Aufbau und der Montage der Hohlsteinelementdecke.

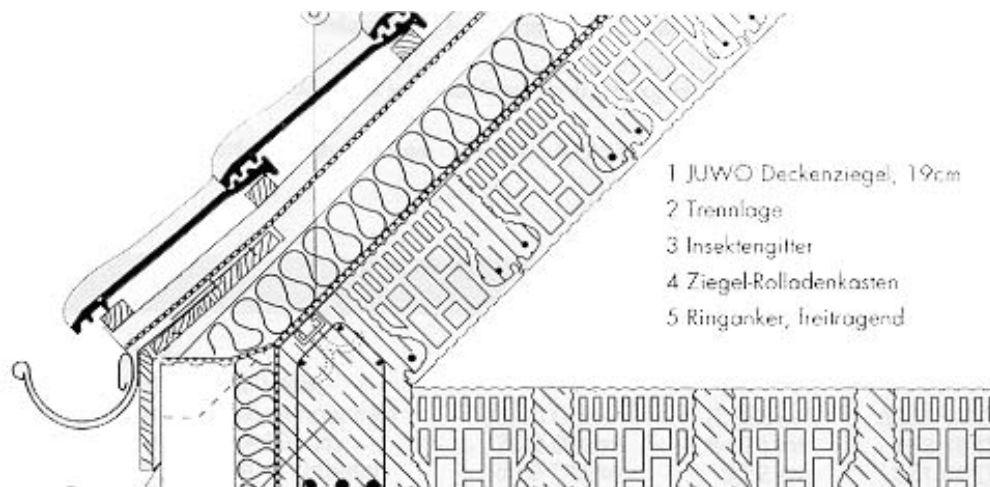


Bild 102 Technischer Aufbau eines Ziegelmassivdachs

Entwicklungsperspektiven vorgefertigter Mauerwerkselemente

Der Mauerwerksbau in Deutschland lässt zwei Entwicklungstendenzen erkennen. Einerseits wird aufgrund der schweren körperlichen Arbeit beim Mauern das konventionelle Mauern ohne Versetzhilfen bald nicht mehr zumutbar sein und somit bis auf Ausnahmen im Ausbau, Umbau oder Rekonstruktion reduziert. Die monolithische Fertigung von Mauerwerk auf der Baustelle mit zunehmend großformatigen Steinen und weiterentwickelten Versetzhilfen wird daher eine weiterführende Entwicklung sein. Andererseits gewinnen die vorgefertigten Mauerwerkselemente zunehmend an Bedeutung, da sie aufgrund der besseren Arbeitsbedingungen, der Witterungsunabhängigkeit und der Kalkulationssicherheit für viele Bauunternehmer die wirtschaftlichere Lösung darstellen. Für die stationäre Herstellung von Fertigteilen aus Mauerwerk sind unterschiedliche Maschinen bekannt. Diese teil- oder vollautomatisierten Anlagen werden im Folgenden vorgestellt.

2.3.5.2 Handhabungstechnik, Automatisierungssysteme und Roboteranlagen

Die Mechanisierung der Mauerwerkstechnik gewinnt seit Mitte der 80er-Jahre in Deutschland zunehmende Bedeutung. Die Vorliebe der Deutschen für gemauerte Wohnhäuser einerseits und die hohe Witterungsabhängigkeit dieser Bauweise andererseits haben zu verschiedenen parallelen Entwicklungen geführt. Mit stationären Mauermaschinen können deutlich höhere Produktionsleistungen erzielt werden. Außerdem führen sie zu erheblichen Arbeitserleichterungen und zur Einsparung von Arbeitskräften.

Als Arbeitshilfe beim Mauern auf Baustellen werden einfache Handhabungshilfen (z.B. Kleinkräne und höhenverstellbare Arbeitsbühnen) verwendet, die die Maurer vom Heben und Versetzen schwerer Steine entlasten. Ihr Einsatz stieß bei vielen Bauunternehmen zunächst auf Zurückhaltung, weil sie den Arbeitsplatz eines Maurers um ein Vielfaches verteuern. Inzwischen werden diese Geräte jedoch zunehmend als notwendige und auch nützliche Investition angesehen.

Handhabungsgeräte und Hilfsmittel für den Baustelleneinsatz

An erster Stelle bei der Entwicklung von industriellen Produktionssystemen standen die teil- bzw. halbautomatisierten Produktionsanlagen wie zum Beispiel:

- fahrbarer Bodenfertiger mit Hubbühne,
- fahrbare Paletten mit Hub- und Senkbühnen,
- diverse Hilfseinrichtungen zum Versetzen der Steine
- Mörtelaustragsvorrichtungen
- Minikräne



Bild 103 Steinherr Mauermaschine



Bild 104 Maurerlift Steinweg



Bild 105 Hilfswerkzeug zum Versetzen



Bild 106 Teilautomatischer Mörtelauftrag Steinherr

Nach vorgegebenen auftragsgebundenen und meist handgefertigten Zeichnungen wird bei all diesen entwickelten Arbeitsverfahren darauf geachtet, dass die eingesetzte Arbeitskraft beim Versetzvorgang der Steine die ergonomisch beste Arbeitsstellung einnehmen kann. Des weiteren werden Hilfsmittel wie Steinsägen, Messeinrichtungen,

Steinversetzgreifer, Mörtelauftragseinrichtungen und Materialtransportwagen zur Arbeitserleichterung und Produktionssteigerung eingesetzt. Bei diesen Hilfsmitteln werden zwar die Lohnkosten auf der Baustelle reduziert, deutliche Produktivitätssteigerungen lassen sich damit jedoch nicht erzielen. Aufgrund der geringen Kapitalbindung, die das Bauunternehmen für diese Hilfsmittel aufbringen muss, rechnen sich diese kalkulatorisch und erfreuen sich inzwischen großer Beliebtheit bei den Bauunternehmern.

Dennoch erwirtschaften die Mauerhilfen ihren Vorteil nicht bei der Erstellung des Mauerwerks selbst, sondern vielmehr bei den Zuträger- und Hilfsdiensten. Bei Amortisationsrechnungen der Hersteller wird gerne nur der Vorteil beim Mauern an sich betrachtet, da nur im direkten Vergleich des Mauerns mit Hilfsmittel und des Mauerns ohne Hilfsmittel Vorteile bestehen. Die Vorteile für das Gesamtbauwerk sind jedoch gering. Der Beitrag dieser Hilfsmittel zur Automatisierung auf den Baustellen ist daher insgesamt gering.

Allgemein gilt, dass ab einem bestimmten Rationalisierungsgrad der Aufwand für weitere Rationalisierungen so überproportional steigt, dass er den Lohnkostenvorteil sofort wieder übersteigt. Die folgende aus Studien der Investitionsgüterindustrie entnommene Grafik zeigt deutlich, dass ab einem bestimmten Punkt die Kosten für weitere Rationalisierung weiter steigen, während keine weiteren Kostenvorteile mehr erzielt werden können.

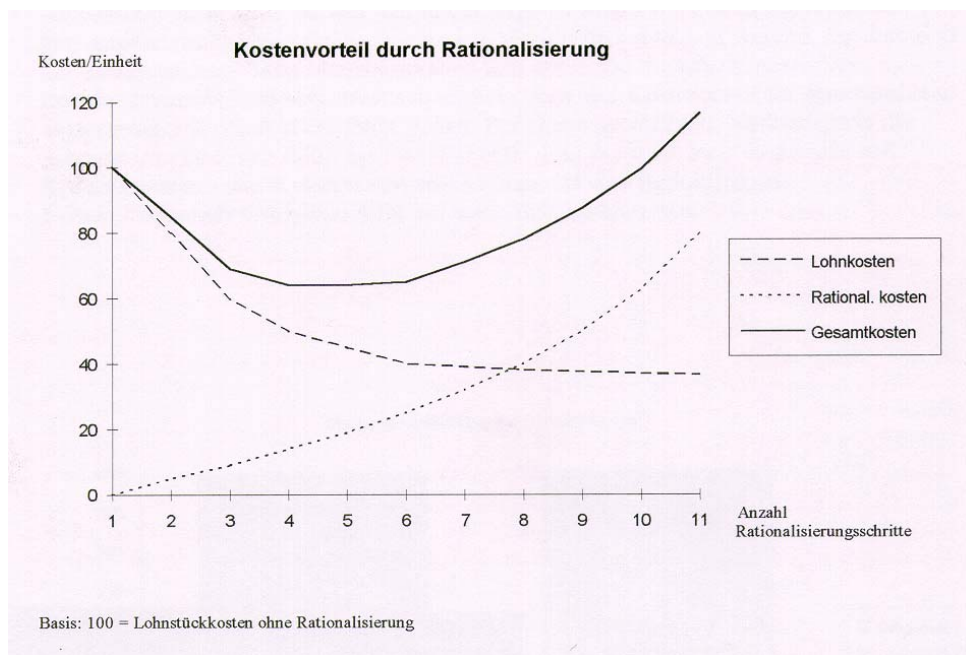


Bild 107

Der hohe Anteil lohnintensiver Arbeiten im Hochbau eröffnet große Spielräume für derartige Entwicklungen. Die mobilen Maschinen für Baustellenfertigung sind bisher jedoch weniger durch Automatisierung und Roboterisierung gekennzeichnet als durch

eine zunehmende Durchdringung mit mikroelektronischen Komponenten und Systemen. Der eigentliche Arbeitsablauf der meisten Maschinen muss noch manuell gesteuert werden.

Die Herstellung von hochwertigem Mauerwerk zu niedrigen Kosten ist unter den gegenwärtigen Umständen im Wettbewerb mit Billiglohnanbietern eine sehr hohe Anforderung. Im konventionellen Mauerwerksbau werden Planungen rationalisiert (Rastermaß 12,5 cm, keine Wandschlitze etc.) und neue Mauertechniken entwickelt (Stumpfstoßtechnik, keine Stoßfugenvermörtelung, Dünnbettmauerwerk, großformatige Steine, Mauerlehren, unter Last verstellbare Mauerböcke, Mörtelschlitten, Steinversetzgeräte etc.) Die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes großformatiger Steine und Steinversetzgeräte muss in jedem Einzelfall überprüft werden.

Die Greifwerkzeuge sind unterschiedlich, zum Teil abhängig von den Steinen und vom Baukörper. In der Regel sind die Greifwerkzeuge als ein- oder zweiarmige Hebel konstruiert. Jeder Hersteller von Steinversetzgeräten bietet seine eigenen Greifwerkzeuge an. Die meisten Greifwerkzeuge sind austauschbar und an den Lasthaken des Steinversetzgerätes und des Baustellenkranes einzuhängen.

Steinversetzgeräte werden von Herstellern mit unterschiedlicher Konstruktion, Tragfähigkeit, Hakenhöhe und Ausladung angeboten. Durchgesetzt haben sich Steinversetzgeräte mit Hub/Senk- und Fahrmotor.

Mörtelauftragshilfen

Mit dem Einsatz großformatiger Steine wurde der Mörtelauftrag für die Lagerfuge rationalisiert. Bei einigen großformatigen und schweren Steinen mit großen Lochanteilen ist die Einhaltung der 12 mm Mörtelschicht schwierig.

Mörtellehren werden auf das Mauerwerk gelegt, der Mörtel in die Lehre eingefüllt und auf der Lehre abgezogen. In der Praxis werden die Mauerlehren durch Mörtelschlitten abgelöst. Mörtelschlitten eignen sich für Normalbettmörtel und für Dünnbettmörtel. Mörtel wird in den Schlitten eingefüllt und der Schlitten wird auf der Mauer entlanggezogen.

Vollautomatisierter Mauerwerksbau auf der Baustelle

Eine andere Möglichkeit den Mauerwerksbau auf der Baustelle zu automatisieren, wäre der Einsatz mobiler Robotersysteme. Allerdings ist bis heute noch kein ausgereiftes System auf dem Markt erhältlich. Im Rahmen des europäischen Forschungsprojektes “Rocco – Robot Assembly System for Computer Integrated Construction“ ist mit Hilfe der Universität Karlsruhe unter Leitung von Prof. Dr.-Ing. Thomas Bock ein Mauerwerksroboter entwickelt worden, der im Folgenden kurz vorgestellt werden soll.

Der Mauerwerksroboter selbst besteht hauptsächlich aus dem Fahrwerk, dem Manipulator und dem Versetzwerkzeug. Es wird ein Fahrzeug mit vier Rädern eingesetzt, das durch zwei diagonal angeordnete und angetriebene Räder sehr wendig ist. Quer- und Schrägfahrten sowie Wenden auf der Stelle sind damit möglich. Das Fahrwerk ist mit Sensoren ausgerüstet, damit die genaue Position festgestellt werden kann. Der Manipulator ist ein Vertikal-Knickarmroboter und so dimensioniert, dass Wände bis zu einer Höhe von 4,50 m errichtet werden können.

Das Versetzwerkzeug besteht aus einer Positioniereinheit und dem eigentlichen Greifer. Bei der Greifergestaltung musste darauf geachtet werden, dass alle Sonder- und Normalsteine innerhalb einer Wand ohne Werkzeugwechsel versetzt werden können. Das Gesamtsystem soll alle Bereiche von der Planung bis zur Ausführung auf der Baustelle beinhalten, und so durch Automatisierung die Produktivität im Mauerwerksbau steigern und die Belastung der Facharbeiter reduzieren.

Ein grundlegender Unterschied zwischen konventionellen Roboteranwendungen, z.B. im Maschinenbau, und dem roboterisierten Mauerwerksbau ist die Anzahl von wiederholbaren Roboterbewegungen. Während in konventionellen Anwendungen die gleiche Bewegungssequenz tausendfach bei gleichen Teilen wiederholt werden kann, ist jedes Haus ein Unikat, bei dem jeder Stein mit einer individuellen Bewegungssequenz versetzt werden muss. Dabei kann allerdings die Struktur des Bewegungsablaufes bei den Montagevorgängen auf einige Grundmuster wie Greifen, Bewegen, Absetzen zurückgeführt werden, was hilft, die Komplexität einzuschränken.

Der Programmierung des Roboters kommt eine entscheidende Bedeutung zu. Während normale Roboter per Teach-In oder mit Off-line Programmiersystemen programmiert werden können, die pro Sequenz ein Vielfaches der Ausführungszeit an Programmierzeit benötigen (der gleiche Aufwand wird auf die Anzahl der gleichen Takte verteilt), ist dies bei der Unikatfertigung nicht möglich. Hier ist eine automatische Programmierung auf Basis der Geometriedaten zwingend erforderlich. Hierzu müssen Ausgangs- und Endlage eines jeden Steins auf der Palette und in der Wand bekannt sein, wie auch die Lage der Paletten zum Roboter und die Position des Roboters an der Decke.

Dies führt zu einem weiteren grundlegenden Unterschied zu stationären Industrierobotern. Auf der Baustelle ist der Roboter sich ständig ändernden Umgebungsbedingungen ausgesetzt. Es ist notwendig, den Roboter und die Werkstücke an jedem Einsatzort neu zu kalibrieren. Hinzu kommen weitere nicht vorhersehbare Ereignisse und Hindernisse, die es notwendig machen, den Roboter in jeder Situation einfach an die Umgebungsbedingungen anzupassen. Die folgende Abbildung stellt die Kostenverschiebung durch den Robotereinsatz dar. Dabei werden jeweils die Lohnkosten und die Kosten für die Maschinen und die Baustoffe miteinander verglichen.

Sollte ein solches System zur Marktreife entwickelt werden, so ergeben sich bei der Kostenstruktur im Mauerwerksbau sehr deutliche Verschiebungen. Der Lohnkostenanteil wird drastisch zurückgehen, der Kostenanteil der Baumaschinen entsprechend deutlich in die Höhe gehen. Bei einem geschätzten Verkaufspreis des Systems von damals 300.000 DM bis 400.000 DM und nur noch zwei Bedienern des Systems, anstatt einer Kolonne von sechs Mann, ist eine Reduktion des Lohnkostenanteils von bisher 80 % auf etwa 30 % zu erwarten.

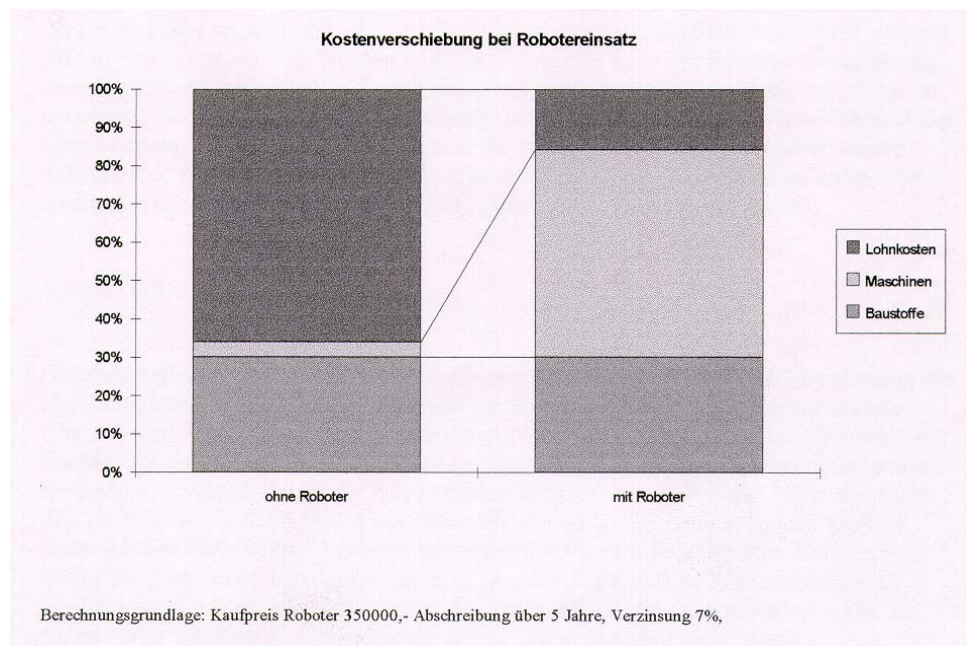


Bild 108

Bei der Berechnung dieser Kostenverteilung wurde unterstellt, dass der Preis für den Mauerwerksroboter genau so hoch ist, dass der Break-Even zum konventionellen Mauerwerk erreicht wird.

Stationäre automatisierte Fertigung von Mauerwerksfertigwänden und Decken

Die modernsten Systeme dieser Art steuern die automatische Produktion von Mauerwerksfertigwänden und Decken inklusive aller Installationsvorbereitungen (Heizkörpernischen, Rohrdurchbrüche, Schaltkästen).

Grundlage hierfür ist der Entwurf des Architekten, der entweder über eine DXF-Schnittstelle direkt aus dem CAD-Programm übernommen oder mit Wänden und Decken neu in das System eingegeben wird. Die Geometrie des Entwurfs wird ergänzt durch Dachkonstruktionen, Öffnungen und Einbauteile. Die Installationen für Elektrizität, Sanitär und Heizung werden ebenfalls in das Gebäudemodell integriert. Um aus dem Gebäudemodell die Fertigungsanweisungen für die Wanderstellung zu erhalten, bestimmt man zunächst die Ecktypen der aneinanderstoßenden Wände (z.B. stumpf oder verzahnt). Des weiteren werden die Geschossdecken am Rechner in Verlegfelder aufgeteilt, die wiederum entsprechend ihrer konstruktiven Besonderheiten in einzelne Deckplatten aufgeteilt werden. Dabei können Massivstreifen und Bewehrungen vorgesehen werden. Die fertigen Deckenplatten werden mit einem optimierten Ziegelraster elementiert.

Nach Abschluss der Werkplanung werden sämtliche Plattendaten für die automatische Fertigung übergeben und alle für das Bauvorhaben erforderlichen Werkzeichnungen und Installationspläne ausgeplottet.

In der Arbeitsvorbereitungsphase werden die Wanddaten im Computer zu Fertigungseinheiten zusammengefasst, wobei auf eine möglichst optimale Auslastung der Umlaufpaletten, auf denen der eigentliche Mauervorgang stattfindet, geachtet wird. Gleichzeitig kann eine Kollisionsprüfung der CAD-Daten erfolgen. Ein weiteres Programm ermittelt Baumassen und übernimmt die Fakturierung des Auftrages. Die fertig gemauerten und bewehrten Bauelemente werden durch ein Logistikprogramm entsprechend dem Montageablauf auf der Baustelle zum Beladen der Transportpaletten bereitgestellt.

Produktuntersuchung

Die Produktuntersuchung einer Mauerwerksscheibe, die aus Ziegel-, Bims- oder Kalksandsteinen in unterschiedlicher Wanddicke hergestellt ist, weist bezüglich Maßgenauigkeit, räumlicher Größe und Ausbaumöglichkeiten die gleichen Kriterien wie ein Betonfertigteile auf. Die Mauerwerksscheibe ist nach den gleichen Kriterien auf der Baustelle zu versetzen und kann im Werk mit Elektroinstallationen, Fenstern, Rollladenkästen, Rollläden und Innenputz versehen werden.

Einsatzgebiete

Ein Großteil der Mauerwerksscheiben findet im Wohnungsbau ihren Einsatz. Gegenüber der Baustellenproduktion sind die Betonfertigteileprodukte oftmals nur noch gemeinsam mit solch einer Mauerwerksscheibenproduktion konkurrenzfähig zu vermarkten. Diese Tatsache wird dadurch bestätigt, dass ein Einfamilienhaus von heute mit 100 m² Wohnfläche und Vollunterkellerung über ein Gesamtvolumen von ca. 80 m³ Fertigteile verfügt und davon 25 % aus Mauerwerksscheiben bestehen, wobei dieser Anteil im Geschossbau geringer wird. Die Konkurrenzfähigkeit wird aber wesentlich von diesen 25 % bestimmt. Für die Erstellung eines Rohbaus erreicht die Kombination von vorgefertigten Mauerwerksscheiben und Betonfertigteilen zur Zeit und auch in naher Zukunft den höchstmöglichen Vorfertigungsgrad.

Entwicklung

Die Überlegungen zur Herstellung von vorgefertigten Mauerwerksscheiben brachten eine ganze Reihe von Ideen in der maschinentechnischen Entwicklung zum Tragen, so dass heute in den verschiedensten Produktionsstätten mit halbautomatischen Produktionsanlagen bis hin zu vollautomatischen Mauerwerksrobotern unter industriellen Betriebsbedingungen individuell geplante Mauerwerksscheiben hergestellt werden. Die Kapazität der einzelnen Einrichtungen liegt bei 3,5 m² bis 40 m² vorgefertigtes Mauerwerk pro Mann und Stunde.

Vorteile

Die installierten Anlagen erfüllen mehr oder weniger ausgeprägt folgende Vorteile gegenüber einer Baustellenfertigung:

- witterungsunabhängiges und kontinuierliches Arbeiten
- konstante Arbeitsbedingungen
- humane Arbeitsplätze
- Produktivitätssteigerung

- variable Produktion
- maschinelle Maßkontrolle
- optimale Qualität
- hergestelltes Mauerwerk entspricht den Vorschriften nach DIN 1053 Teil 4 und erfordert keine besondere Zulassung

Somit kann festgehalten werden, dass mit der Einführung dieser industriellen Produktionssysteme, die schlecht kontrollierbare Baustellenarbeit auf ein Minimum reduziert wird, und die Mauerwerksscheiben wirtschaftlicher, maßgenauer, flexibler und humaner hergestellt werden können.

Gerade der Mauerwerksbau mit vorgefertigten Elementen ist eine gute Möglichkeit, sich auf die Planung zu konzentrieren, den Bauablauf zu optimieren und somit die Baukosten zu senken.

Schwierigkeiten

Eine Schwierigkeit allerdings ist die erforderliche Standardisierung der Soft- und Hardware der am Bau beteiligten Architekten, Ingenieure, Baustoffhersteller und Baufirmen. Voraussetzung für automatisierte Bautechnologien ist also die genaue Definition aller Soft- und Hardwarestandards sowie Schnittstellen. Als weitere Schwierigkeit der Herstellungsbetriebe von Mauerwerkselementen bei Konjunkturschwankungen ist die hohe Kapitalbindung zu nennen, die durch die Einrichtung der teuren Fertigungsanlagen verursacht wird. Außerdem besteht eine gewisse Abhängigkeit zur gelieferten Maßgenauigkeit der Zuliefererprodukte, die in geometrischer wie auch physikalischer Hinsicht bestimmte Toleranzen einhalten müssen.

Zur Vorfertigung von Mauerwerkselementen in der Halle gibt es mehrere Möglichkeiten. Je nach möglichem Investitionsvolumen haben verschiedene Anlagenhersteller unterschiedliche Anlagen zur industriellen Mauerwerksherstellung entwickelt. Die Preisspanne für eine einsatzbereite Anlage geht von 200.000 € bis hinauf zu mehreren Millionen €.

Grundsätzlich zu unterscheiden ist:

- die halbautomatische Fertigung und
- die vollautomatische Fertigung

Halbautomatische Fertigung

Die halbautomatischen Maschinen haben eher die Aufgabe, mit vertretbaren Mitteln dem Maurer die Arbeit zu erleichtern. Die handwerkliche Fertigkeit der Bedienermannschaft soll mit in die Fertigung einbezogen werden. Die halbautomatischen Anlagen haben den Vorteil, dass sie durch ihren überschaubaren technischen Aufwand weniger störanfällig sind.

Die Tätigkeit des Maschinenpersonals ist hier jedoch, je nach Hersteller, ziemlich unterschiedlich. Das Maschinenpersonal arbeitet aber ohne große körperliche Belastung im Stehen und in nicht gesundheitsschädlicher Umgebung.

Hierzu sind zum Beispiel folgende Anlagen zu nennen:

- Anliker Multistone 8000 I Standard
- Dynatec Mauermaschine
- Rimatem Mauermaschine



Bild 109-111 Rimatem Mauererbühne



Rimatem Mauererbühne



Multistone

Halbautomatisierte Mauerwerksfertigung mit der **Dynatec Mauermaschine**

Eine technisch einfach konstruierte Mauermaschine hat die Firma Dynatec 1992 entwickelt. Die Maschine hat hier lediglich die Aufgabe, dem Maurer die Arbeit zu erleichtern und ihn in seiner körperlichen Tätigkeit zu unterstützen.

Die Anlage kostet ca. 255.000 € und kann alle gängigen Ziegelbaustoffe von 17,5 bis 49 cm Dicke verarbeiten, ohne dass aufwendige Umbaumaßnahmen nötig werden. Die maximale Mauergröße liegt bei 7,20 x 3,20 m. Die Maschine besteht aus vier unabhängig zueinander höhenverstellbaren Bühnen, die programmgesteuert koordiniert werden. Der Hersteller gibt die Leistung mit 100 bis 200 m² pro Tag an, je nach Steinsorte. Einschließlich Transport- und Montagezeit verspricht der Hersteller eine zwei- bis dreifache Produktivität.

Funktionsweise der Dynatec Mauermaschine

Die Arbeitsbühne befindet sich zu Beginn der Arbeit in ihrer untersten Position, die Mauerbühnen in optimaler Arbeitslage darüber. Schon in der ersten Steinlage wird so in ergonomisch günstiger Höhe auf Palette angelegt. Der Mörtel wird mit einer maximalen Geschwindigkeit von ca. 7 bis 18 Sekunden mit einem Mörtelwagen in einem einzigen Zug aufgetragen. Durch Sensoren gesteuert wird der Mörtel nur dort aufgetragen, wo er benötigt wird. Durch das Angleichen der Bühnen wird mit wachsender Steinlage die ergonomisch ideale Arbeitshöhe beibehalten.

Zum Versetzen der Steine stehen Kleinkrane zur Verfügung. Die Steinversetzpläne werden anhand eines selbstentwickelten Computerprogramms nach den vom Architekten gezeichneten Plänen von Hand eingegeben. Der Produktionsprozess erfordert vier Personen, um die Maschine zu bedienen und die Nebenarbeiten auszuführen. Ein

Ausbau der Maschine mit dem Ziel, die Automatisierung zu erhöhen, ist nicht möglich. Die folgende Grafik veranschaulicht das Prinzip dieser Mauermaschine.

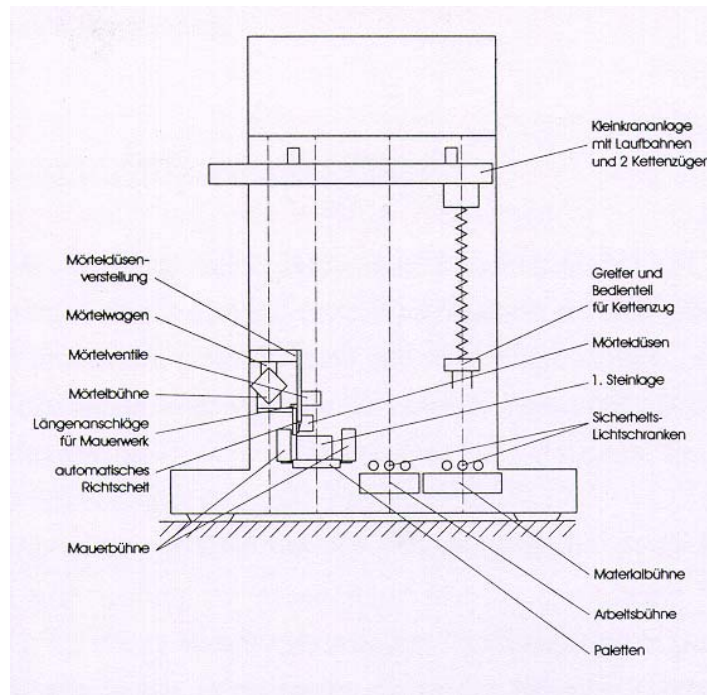


Bild 112 Prinzip der Dynatec Mauermaschine

Halbautomatisierte Mauerwerksfertigung mit der **Multistone 8000 I**

Bei der Mauermaschine der Firma Anliker Multistone 8000 I handelt es sich um eine Maschine, die vor ca. 10 Jahren entwickelt worden ist. Eigentlich für den Eigenbedarf entwickelt, konnten bis heute schon über 30 Stück verkauft werden. Der Stückpreis liegt bei ca. 205.000 € einschließlich Nachlaufgerüst, Silomat und Kran.

Der Hersteller gibt die Leistung mit ca. 100 m²pro Tag an. Die Maschine mauert auf einer Länge von 8 m und bis zu 3,5 m hoch. Es können Ziegelsteine, Poren- und Leichtbetonsteine sowie Kalksandsteine verarbeitet werden. Es sind Wandstärken von 11,5 bis 50 cm herstellbar.

Der Arbeitsplatz an der Maschine ist für vier Arbeiter ausgelegt. In der Regel setzen zwei Mann von Hand oder mit Hilfe von Steingreifern die Steine auf den Wendetisch und bedienen die maschinelle Anlage. Der dritte Arbeiter ist zuständig für das Einlegen der horizontalen Bewehrung und dem Nacharbeiten der Fugen. Nach der Fertigstellung der Wandreihe und dem Weiterfahren der Maschine läuft ein weiteres Gerüst nach. Hier wird die vertikale Bewehrung und die Verfüllung der Gusskanäle von einem weiteren Arbeiter ausgeführt.

Die Firma Anliker hat eine Software entwickelt, die es erlaubt, eine rechnergestützte Planung und Produktion von Mauerwerkselementen durchzuführen. Das Programm Wandplan, auf das in einem späteren Kapitel noch eingegangen wird, ist modular aufgebaut und besitzt verschiedene Eingabe- und Ausgabe-Schnittstellen. Es ist dadurch möglich, die Daten eines CAD-Programms zu verwenden oder aber mit der Dialogschnittstelle Pläne zu verwenden, die an einem Zeichenbrett erstellt wurden. Daraus können Wandelementzeichnungen, Steinlisten und die Produktionsplanung erstellt werden. Die nachfolgenden Abbildungen verdeutlichen die prinzipiellen Fertigungsabläufe der Multistone 8000 I und deren Nachfolger, der Multistone 8000 II, die vollautomatisiert arbeitet.

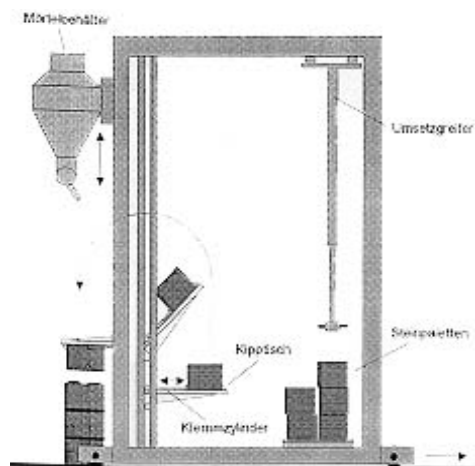


Bild 113 Prinzipieller Aufbau Multistone 8000 I

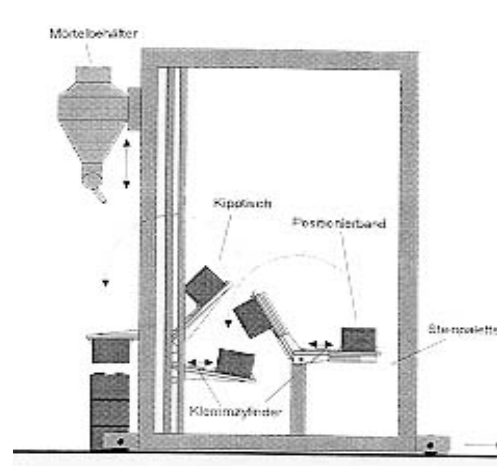


Bild 114 Aufbau Nachfolger Multistone 8000 II

Die Nacharbeiten schließen das Einbringen von Transportankern in die Gusskanäle, das Vergießen der Gusskanäle und eine eventuelle Gurtanfertigung ein.

Vollautomatische Fertigung

Bei der vollautomatischen Mauerwerksfertigung hat das Maschinenpersonal nur noch die Aufgabe, die Fertigung zu überwachen und darauf zu achten, dass immer genügend zu verarbeitendes Material zur Verfügung steht. Die sehr viel teureren Maschinen sind jedoch auch störanfälliger. So können allein schon im Freien gelagerte und feucht gewordene Mauersteine die sensible Sensorik stören und so zu einer unfreiwilligen Fertigungspause führen.

Mauerwerksfertigung mit der **Multistone 8000 II**

Die Weiterentwicklung der Multistone 8000 I bezieht sich vor allem auf die sich ständig wiederholenden Arbeiten wie das Sägen und Setzen der Steine. Dafür sind folgende Bauteile entwickelt worden:

- Depalettierstation
- automatische Steinsägeeinrichtung
- alle erforderlichen Zuführeinrichtungen

Durch die Weiterentwicklung und den damit verbundenen höheren technischen Aufwand erhöht sich auch die Störanfälligkeit der Anlagen. Zur Bedienung dieser Anlagen wird höherqualifiziertes und gut geschultes Personal benötigt.

Vollautomatische Mauerwerksfertigung mit dem **AINEDTER-Mauerwerksroboter**

Die seit Mitte 1996 fertiggestellte Mauerwerksprototypenanlage bei der Fa. Leonard Weiss soll nach Herstellerangaben bis zu 300 m² Mauerwerk pro 9-Stunden-Schicht fertigen. Die Investitionen für diese Anlage lagen bei ca. 10 Mio. DM inklusive Grundstück, Halle und Lagerplatz. Ein mit der notwendigen Logistik ausgestatteter Sägeroboter der bis zu 35 % Sondersteine in die vollautomatische Fertigung aufnehmen kann ist Bestandteil dieser Anlage. Der Ablauf der Produktion kann in die folgenden drei Bereiche gegliedert werden:

- Erfassung und Verarbeitung von Plandaten
- Steuerung der Produktion durch den Leitreehner
- eigentliche Arbeit der Roboter an Steinsäge und Mauerstation

Die Steuerung der Produktion

Der übergeordnete Leitreehner koordiniert als Kern des PPS-Systems (Produkt-Planung-Steuerung) die Roboter und überwacht sämtliche Vorgänge. Ihm stehen alle produktionsrelevanten Daten zur Verfügung, und ihm kommt insgesamt eine Schlüsselposition zu. Dabei sollen auch folgende Aufgaben erfüllt werden:

- Auftragsdisposition
- Material- und Lagerverwaltung
- Arbeits- und Produktionszeiterfassung
- Anzeige aller relevanter Daten und deren statistische Auswertung

Es kommen unterschiedliche Datenbanken zum Einsatz:

- eine Elementdatenbank, die alle einem Element zugeordneten Daten enthält
- die NC-Datenbank, die alle zur Vorbereitung der Steine notwendigen Daten vom Leitreehner enthält
- die Datenbank der Palettenbelegung, ihr sind alle Informationen betreffend der Produktionseinheit Mauerpalette zugeordnet

Die Produktion mit der Roboteranlage

Bei der Produktion sind vier Roboter im Einsatz. Roboter eins sorgt für die Entladung der angelieferten Steinpaletten. Ein zweiter Roboter für die Beschickung der Säge, die die Steine den Anforderungen gemäß zusägt. Dabei legt sich der Roboter die Reststücke zur Seite, um sie bei Bedarf weiter zu verarbeiten. Roboter drei setzt Stein auf Stein. Roboter vier sorgt für die Mörtelzufuhr und die gleichmäßige Verteilung auf den Steinen.

Der Mauervorgang erfolgt auf Paletten, die unter dem Mauerroboter abgesenkt werden, um die Fahrwege der Roboter klein und die Arbeitshöhe der kontrollierenden Mitarbeiter konstant zu halten. Nach einer Bearbeitungszeit von durchschnittlich 20 Minuten verlässt

die Palette die Mauerstation und wird in einer Nachbearbeitungsstation mit der Vertikalbewehrung versehen, bevor sie mindestens 24 Stunden in der Trockenkammer verweilt.

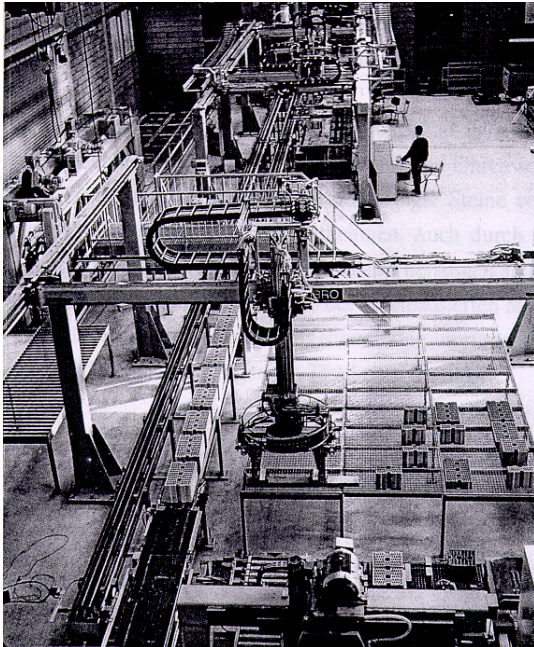


Bild 115 automatische Mauerwerksproduktionsanlage

Die Mauerwerksroboteranlage kann, mit 2 Personen besetzt, wenn nötig 24 Stunden Mauerwerk produzieren. Die Arbeitsbedingungen in der Halle haben sich extrem verbessert. Die automatische Bewehrung per Roboter und der automatische Palettentransport können ergänzt werden.

Anlagen wie diese zeichnen sich zwar durch einen hohen Automatisierungsgrad aus, sind aber sehr störungsanfällig. Die sehr hohen Investitionen lassen viele Interessenten vor dem Kauf solcher Anlagen zurückschrecken.

Vollautomatische Herstellung mit der **Winklmann – Mauermaschine**

Durch die Firma Winklmann wurde das Prinzip der fabrikseitigen Vorinstallation modifiziert und methodisch weiterentwickelt. Durch den Einsatz vorgefertigter Formsteine werden Installationskomponenten fabrikseitig integriert. Die verbleibenden, auf der Baustelle durchzuführenden Installationsarbeiten, werden durch eine Verfahrensänderung überflüssig. So wurde als eine Alternative zur Vorinstallation der Leerrohre in der Wand das Verfahren der Verrohrung unter dem Fußbodenestrich entwickelt und getestet.

Mauerwerksroboteranlage am Beispiel der Firma SÜBA

Der Konstruktion einer vollautomatischen Mauerwerksmaschine gingen entscheidende technische Entwicklungen voraus. Der Prototyp der automatischen Mauerwerksanlage wurde von der Firma SüBA, Hockenheim, und der Firma Windhoff AG in Rheine gemeinsam entwickelt. Die Mauerwerksscheibenproduktion ist für eine Kapazität von 300 m² Mauerwerksscheiben-Nettofläche - ohne Fenster und Türaussparungen - in einer Schicht von acht Stunden ausgelegt.

Der Einsatz von CAD in den Architekturbüros ermöglichte es, die große Datenflut zur Erstellung von Mauerwerksscheiben direkt ohne manuelle Eingabe über CAM, in den Mauerwerksroboter zu übernehmen. Bedenkt man die große Anzahl von durchschnittlich 2000 Vorgabedaten für den Automaten, die für die Herstellung einer Mauerwerksscheibe notwendig sind, so ist dies eine der wichtigsten Voraussetzungen für die Automatisierung des Mauerns. Von der Firma SüBA in Hockenheim wurde über mehrere Jahre ein Wandsystem, hergestellt auf drei Halbautomaten, erfolgreich erprobt.

Mit drei unterschiedlichen Steinsorten kann die umfangreiche, individuell gestaltete Produktpalette von Mauerwerksscheiben unter Berücksichtigung von Vorgaben ohne großen Steinverlust produziert werden.

Die Funktionsweise

Die Mauerwerksroboteranlage wird mittels Gabelstapler kontinuierlich beschickt. Jede Steinsorte hat ihren eigenen steinsortenspezifisch bezogenen Stellplatz. Zu 90 % werden Ganzsteine verarbeitet. Aus Kapazitätsgründen ist für diesen speziellen Stellplatz ein Palettenmagazin vorgesehen. Die einzelnen Steinpaletten werden von einem Steinpaketstapelgreifer reihenweise aufgenommen und den einzelnen Steinpufferbändern zugeordnet.

Der Sägesteingreifer holt sich je nach Bedarf die zu sägenden, von der Steuerung vorgegebenen Steine, Ganzsteine, Halbsteine oder halbhohe Ganzsteine und übergibt sie an die Steinsäge. Nach dem Sägevorgang setzt der Sägesteingreifer die auf Maß gesägten Steine auf das Steinsägeband. Dieses Band transportiert die Sägesteine zum Zusammenstellgreifer.

Vor der Vermauerung werden die Steine nach den vorgegebenen Zusammenstelldaten des Rechners, nach Sorten wie auch nach den vorbestimmten Seitenlängen vom Zusammenstellgreifer auf das Zusammenstellband in der notwendigen Reihenfolge der Steinlage der zu produzierenden Mauerwerksscheibe gestellt. Über das Zusammenstellband werden die zum Versetzen vorbereiteten Steinreihen zum Setzautomaten transportiert und an ein Setzband, das mit den Setzautomaten gekoppelt ist, übergeben.

Die übergebenen Steininformationen werden dann mit dem Steingreifer des Setzautomaten einzeln an die auf einer Hub- und Senkbühne im Bearbeitungsstand I stehende Transportpalette in ihre vorgegebene Position übergeben. Nach Fertigstellung einer Steinreihe werden mit Mörteldüsen die festgelegten Mörtelraupen auf der Steinoberfläche angebracht. Nach dem Absenken der Transportpaletten um die Höhe einer Steinreihe plus Mörtelfuge wird die nächste Steinreihe über das Setzband und den Setzautomaten an die Palette übergeben.

Bei der Anlage wird handelsüblicher Fertigmörtel eingesetzt, der über Mörtelsilo, Mörtelmischer, Mörtelpumpe und Mörteldüsen dem Setzautomaten zugeführt wird. Außerdem werden mit dem Setzautomaten Bewehrungsstäbe - längseingelegte Zugstäbe zur Transportsicherheit -, die mit einer integrierten Richt- und Schneidanlage auf exakte Mauerstapfenlänge zugeschnitten sind, und Verbindungsschlaufen, die aus einem Schlaufenmagazin entnommen werden, an die entsprechende Mauerwerksscheibe übergeben.

Die beidseitig zu beaufschlagende Transportpalette wird nach Fertigstellung der ersten fertiggestellten Seite in ihre Ausgangsposition über die Hub- und Senkbühne hochgefahren und um 180 Grad gedreht, und der Produktionsvorgang - das Versetzen der einzelnen Steinreihen - kann von neuem beginnen. Sind die zugeordneten Mauerwerksscheiben einer Transportpalette beidseitig produziert, wird die Palette um 90 Grad zurückgedreht und auf den zweiten Weiterverarbeitungsstand - Stand II - über einen Reibradantrieb transportiert. Nach der nochmaligen Drehung der Transportpalette um 90 Grad und Erreichen der neuen Arbeitsposition werden die notwendigen Rollladenkästen aufgesetzt, die Bewehrung für den Betonsturz des Deckenaufagers aufgebracht und die Zugstäbe mit Abhebeanker in die vorgesehenen Vergusskanäle eingelassen und mit Mörtel vergossen. Für diese Ergänzungsarbeiten befindet sich bei dieser Station ein Materialtransportwagen, der mit einer Mörtelpumpe ausgerüstet ist, im Einsatz.

Nach der Verrichtung dieser Arbeitsschritte, wird die Transportpalette zu einer mit sechs Stationen ausgerüsteten Betonierstation gefahren. Die fest installierten Aufkantungsschalungen der Betonierstation werden hydraulisch verspannt, um den Betonsturz fertigzustellen. Nach ca. zwei Stunden Verweilzeit der Transportpaletten in der Betonierstation kann die beheizbare Aufkantungsschalung aufgefahren werden. Die Palette wird nun zu einem hierzu vorgesehenen Aushärtungsplatz gefahren. Ohne weitere Beheizung können die fertigen Mauerwerksscheiben nach 36 Stunden Trockenzeit von den Paletten abgehoben und auf den Lagerplatz oder zur Baustelle gefahren werden.

Der oben beschriebene Konstruktionsaufbau der Mauerwerksscheiben mit Betonaufkantung kommt größtenteils im Einfamilien- und Reihenhausbau zum Tragen. Für den mehrgeschossigen Wohnungsbau werden auf der geschilderten Mauerwerksroboteranlage auch Mauerwerksscheiben ohne Betonaufkantung mit Erfolg und problemlos gefertigt.

Mauerwerksroboteranlage am Beispiel der Firma Lissmac

Der entwickelte Schwerlastroboter der Firma Lissmac kann im Vergleich zu Portalrobotern die doppelte Versetzleistung erreichen. Der Mauerwerksroboter erlaubt die Verarbeitung beliebiger Steine, insbesondere großformatiger Steine mit einem hohen Eigengewicht. Die Wandfläche kann in einem Arbeitszyklus von 20 Sekunden erstellt werden, ggf. auch mehrere Steine auf einmal, und ermöglicht dadurch eine hohe Produktivität.

Produktionszahlen

Bei der Produktionsmenge ist zu beachten, dass es sich hierbei um strukturiertes, fertiges Mauerwerk handelt.

Wandfläche / Schicht:	140 m ²
Wandfläche Einschicht:	30.000 m ² / Jahr
Wandfläche Zweischicht:	60.000 m ² / Jahr
max. Steingewicht:	240 kg
max. Wandabmessung:	Länge: 6.000 mm Höhe: 3.000 mm
Wandstärke:	115 - 365 mm
max. Steingröße:	1000 x 625 mm
min. Steingröße:	250 x 250 mm

Anlagenbeschreibung

Um die verschiedenen Steine in den Greifbereich des Roboters zu führen, werden drei Aufreihbänder installiert. Diese Aufreihbänder sind nebeneinander angeordnet, so dass jeweils halbe und ganze Schnittsteine einem Band zugeordnet werden können. Der Anlagenbediener erhält Arbeitspapiere, nach denen er die Steine in der jeweiligen Lage und Reihenfolge auf die Bänder gibt.

Um das Sägen in der Wandvorfertigungshalle weitgehend zu reduzieren, ist es vorgesehen, vorwiegend konfektionierte Schnittware vom Baustoffhändler zu beziehen. Unabhängig kann durch den installierten Sägeraum die Schnittware aber auch selbst hergestellt werden. Gesägt wird in eigens dafür vorgesehenen, abgeschlossenen Räumen.

Der Roboter holt die Steine von den Aufreihbändern und setzt diese direkt nach der vorgegebenen Mauerstrategie auf die Fertigungspaletten. Je nach Steinsorte wird wahlweise mit Dickbett- oder Dünnbettmörtel gearbeitet.

Bei der Verarbeitung des Dickbettmörtels befindet sich im Bereich der Mauerung eine höhenverfahrbare Schiene, an der der Schlitten des Dickbettmörtels befestigt ist. Der Roboter mauert jeweils eine Lage, danach fährt der Mörtelschlitten über die gesamte Lage und trägt den Dickbettmörtel auf.

Der Mörtelauftrag im Dünnbettmörtel erfolgt so, dass der Roboter den gegriffenen Stein mit seiner Unterseite über eine rotierende Rolle streift. Diese Rolle ist so angeordnet, dass sie sich in einem Mörtelbad befindet und den vorbeifahrenden Stein mit Dünnbettmörtel benetzt.

Die Mauertafeln werden auf Fertigungspaletten produziert. Die Fertigungspaletten sind als Stahl-Schweißkonstruktion ausgeführte Träger, die mit Ketten und Rollbahnen transportiert werden. In der Position des Roboters wird die Fertigungspalette mit hydraulischen Stempeln arretiert, so dass die Oberfläche planeben zum Aufmauern der Wände bereitsteht. Nach jedem Durchlauf einer Palette wird die Oberfläche gesäubert und geölt.

Nach dem Mauern verlässt die Fertigungspalette den Roboterbereich und wird an der Position der Nachbearbeitung angehalten. Die Arbeitsplätze sind so gestaltet, dass auf beiden Seiten Werker auf Hebebühnen stehen und gleichzeitig an der Wandtafel arbeiten

können. Die Hallenübersicht der Mauerwerksroboteranlage, ein Bild aus der Entwicklung und ein Lissmac Roboter sind nachfolgend abgebildet.

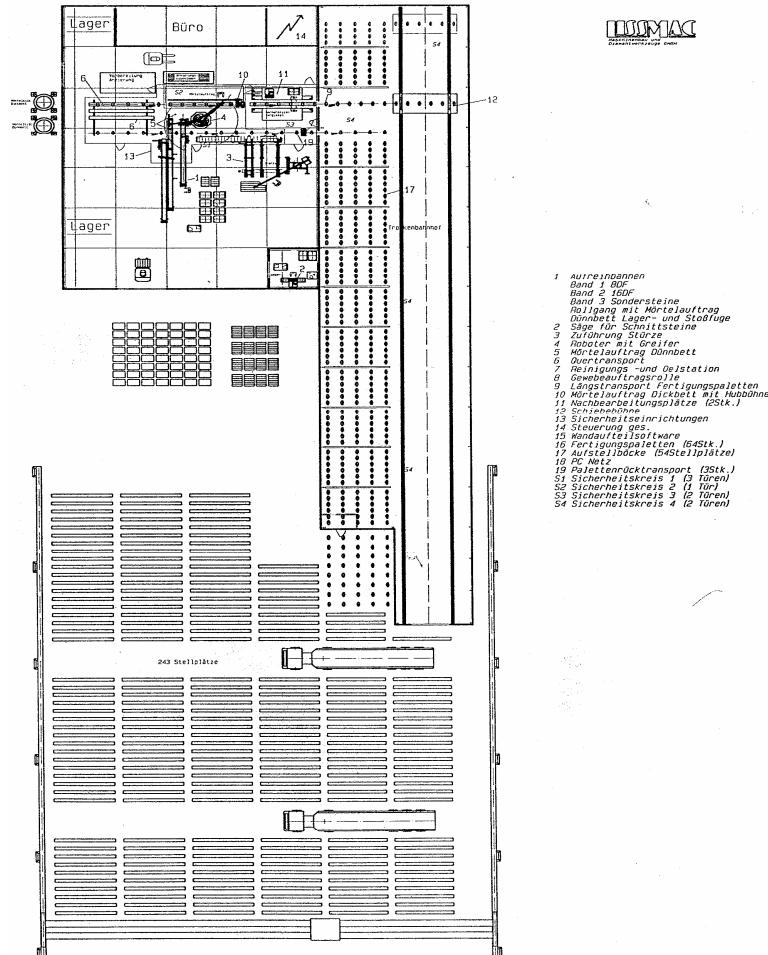


Bild 117 Hallenübersicht einer Mauerwerksroboteranlage der Fa. Lissmac

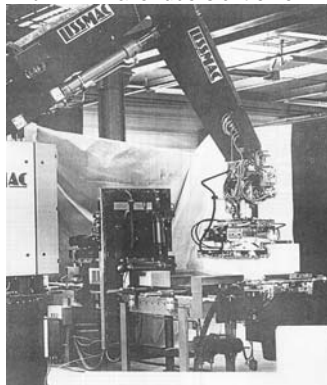


Bild 118 Lissmac Entwicklung



Bild 119 Lissmac Roboter

Mauerwerksroboteranlage am Beispiel der Firma Lingl

Funktionsweise

Die in der CAD Bauplanung erarbeiteten Daten werden online für die Steuerung der automatisierten Produktionsanlagen übernommen. Während die Systempaletten, auf denen die Wandelemente aufgebaut und durch die Anlage transportiert werden, am Wandteilautomaten bereitgestellt werden, werden Ziegelpakete mit den entsprechenden Formaten auf eine Transportbahn übergeben und dann programmgesteuert auf verschiedenen Zuführbahnen bereitgestellt. Hauptformatziegel werden direkt der Gruppierstrecke zugeführt, während End- und Sägeziegel über Nebenlinien dem Robotergriffbereich zugeführt werden. Dieser übergibt die Nebenformate lage- und reihenfolgerichtig auf eine absenkbare Einschleusstation in der Gruppenstrecke bzw. legt sie auf einer Steinsäge ab, wenn gesägte Formate benötigt werden, und übergibt den gesägten Ziegel anschließend auf die Einschleusstation. Auf der Gruppierstrecke werden die Ziegel entsprechend der nächsten Steinlage im Wandelement exakt positioniert und für den Umsetzgreifer des Wandteilautomaten bereitgestellt.

Während die nächste Steinlage gruppiert und von einem Hubgerät mit Verfahreinheit auf die vorhergehende Mauerlage aufgetragen wird, übernimmt der Umsetzgreifer die angehobene Steinlage und setzt sie als nächste Mauerlage exakt gesteuert auf das Mörtelbett. Dabei wird die auf Federelementen angehobene Steinlage so gegen einen Richtbalken des Umsetzgreifers gepresst, dass die Oberseite jeder Steinlage absolut eben ist. Das Vorbereiten spezieller Ausgleichslagen und das Einbringen von Armierungen erfolgt manuell.

Das fertig gemauerte Wandelement wird aus dem Bereich des Wandteilautomaten in eine Bearbeitungsstation transportiert, in der Rollladenkästen und Tür- und Fensterstürze eingebracht werden können. Nach dem „Finishing“ gelangen die fertigen Wandelemente über ein Rollenbahnsystem und einen Automatikkrane in den Aushärte- und Lagerbereich. Nach dem Aushärten werden die Wandelemente kommissioniert und auf spezielle Transportpaletten umgesetzt, auf denen der Transport zur Baustelle erfolgt. Hier werden die nach Baufortschritt planmäßig angelieferten Wandelemente mit einem Kran aufgenommen, versetzt und exakt fixiert. So können in einem Tag die Wände und die Fertigdecke für ein ganzes Stockwerk eines Einfamilienhauses schnell und sauber versetzt werden.

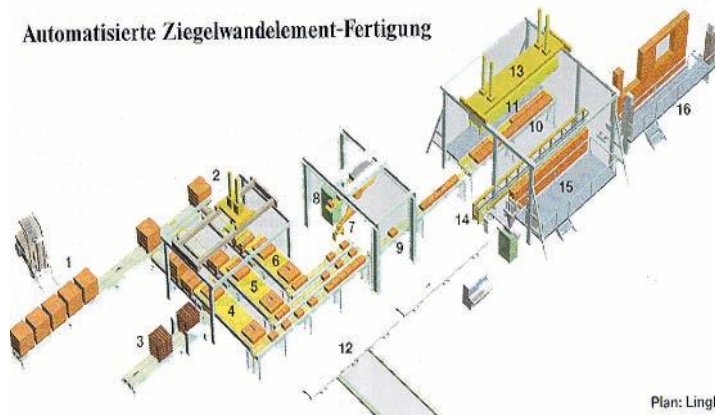


Bild 120

Anlagenaufbau:

1. Paketbahn für verschiedenen Ziegelformate auf Paletten
2. Lagengreifer
3. Leerpallettenstapel
4. Zuführbahn Hauptformate
5. Zuführbahn für Kantenziegel
6. Zuführbahn für Sägeziegel
7. Roboter zum Einschleusen der Ziegelformate von den Nebenlinien bzw. zum Aufsetzen auf einen Sägetisch und Umsetzen der gesägten Ziegel auf die Zuführbahn
8. Ziegelsäge
9. Zuführbahn
10. Lagengruppierung
11. Manuelle Aufnahme von Ausgleichsziegeln
12. Systempalette auf Rollenbahn
13. Umsetzgreifer
14. Hubgerüst mit verfahrbarem Mörtelkübel
15. Hebebühne für Ausrüster
16. Station für manuelle Bearbeitung



Bild 121 Übersicht Produktionsanlage der Fa. Lingl



Bild 122 Lingl Umsetzgreifer

2.3.6 Bauverfahren im Holzbau

Im ersten Teil dieses Kapitels werden die verschiedenen Holzbausysteme vorgestellt. Im zweiten Teil wird die Entwicklung der Automatisierung im Holzbau in Deutschland aufgezeigt, und Baurobotersysteme werden anhand einzelner Maschinen dargestellt.

2.3.6.1 Holzbausysteme und verwendete Elemente

Im Holzbau wird in Deutschland in fast allen Systemen mit mehr oder weniger entwickelten Vorfertigungsmethoden gearbeitet. Innerhalb des Holzbaus können folgende Systeme unterschieden werden:

- **Blockbau**
- **Fachwerkbau**
- **Rahmenbau/Ständerbau**
- **Skelettbau**
- **Tafelbau**
- **Raumzellen**

Die sechs Holzbausysteme sind in der folgenden Übersicht schematisch dargestellt.

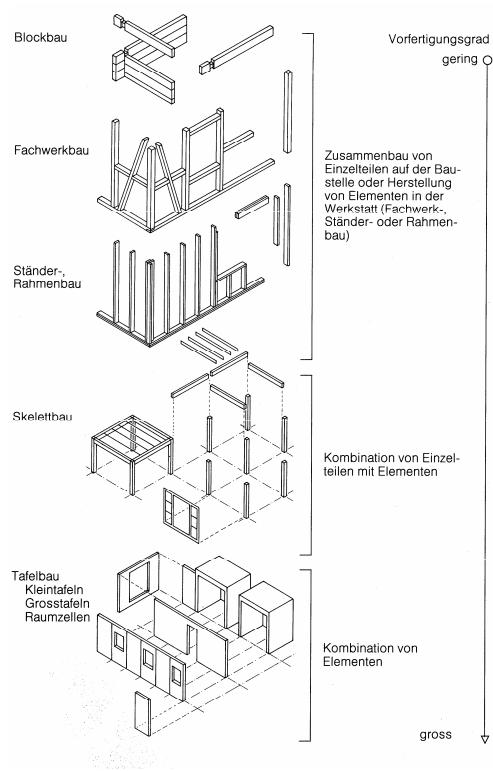


Bild 123 Übersicht Holzbausysteme

Bei der Vorfertigung wird bei allen Systemen das Holz in der Werkstatt nach den Plänen abgebunden. Dabei werden die Hölzer dem Bausystem entsprechend bemessen und meistens bereits mit den Verbindungsmitteln in der Abbundhalle vorgefertigt. Die Tragkonstruktion eines Fachwerk-, Ständer- oder Skeletthauses ist damit nach wenigen Tagen auf der Baustelle erstellt.

Beim Rahmenbau steht dieser Praxis die Bauweise nach amerikanischem Vorbild gegenüber, bei der die Häuser weitgehend ohne Vorfertigung erstellt werden. Die direkt auf die Baustelle gelieferten Hölzer werden an Ort und Stelle in der Länge begrenzt, zu Rahmen zusammengenagelt und anschließend aufgestellt. Abgesehen vom traditionellen Blockbau lässt sich mit den anderen Holzbausystemen eine weitergehende Stufe des Vorfertigungsgrades erzielen, indem die Hölzer bereits in der Abbundhalle zu mehr oder weniger großen Tafeln zusammengefügt werden.

Blockbauweise

Früher bestand die Gebäudehülle bei der Blockbauweise aus einer einzigen Schicht, die zugleich Tragfunktion, Raumabschluss und Verkleidung erfüllte. Durch steigende Anforderungen an Behaglichkeit und Dämmung wurden die Bauteile zu mehrschichtigen Elementen weiterentwickelt, die bereits in der Werkstatt eingebaut werden. In der Zeichnung sind die möglichen Querschnittsformen der Blockbauweise dargestellt.

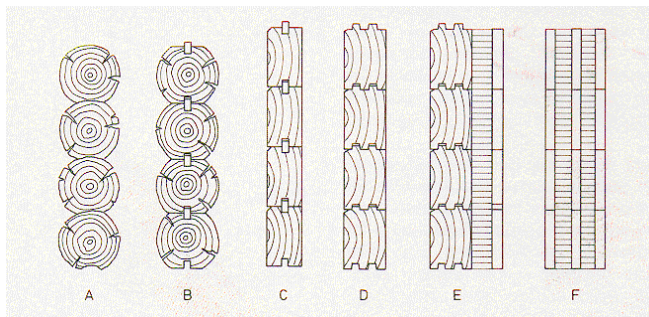


Bild 124 mögliche Querschnittsformen der Blockbauweise

Entwicklung der Querschnittsformen:

- A Rundhölzer
- B Rundhölzer mit Lagerflächen und eingesenkten Federn
- C / D Kantholz mit Nut und Kamm oder mit Feder verbunden
- E Wärmedämmte Blockwand: Die Schichten werden in einzelnen Arbeitsgängen auf der Baustelle erstellt
- F vorgefertigte Sandwichelemente

Fachwerkbau



Bild 125 abgebundene Hölzer für eine Fachwerkwand

In der Fachwerkbauweise erstellte Häuser weisen ein tragendes System auf, das aus Massivholz besteht. Die Konstruktionshölzer übernehmen dabei die gesamten Kräfte aus der Vertikal- und Horizontalbelastung. Die Verkleidung und das Eigengewicht der Ausbaumaterialien wirken zusätzlich stabilisierend gegen Windkräfte.

Aufgebaut wird in der Regel stockwerksweise. Als Verbindungsmittel werden nach wie vor Zapfen und Versatzungen verwendet. Neue Technologien und moderne, präzise Abbundmaschinen oder computergesteuerte Abbundanlagen ermöglichen heute komplett vorgefertigte Hölzer mit Zapfen oder Versatzung.

Rahmen- und Ständerbau

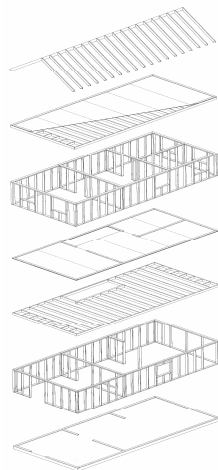


Bild 126 Bauablauf: 1. Schwellenlage, 2. Wandkonstruktion Erdgeschoss, 3. Balkenlage, 4. Aussteifende Deckenbeplankung

Die Tragkonstruktion der Ständer- oder auch Rahmenbauweise wird durch ein stabförmiges Traggerippe aus Kanthölzern und einer äußeren, das Traggerippe stabilisierenden Beplankung gebildet.

Das stabförmige Traggerippe führt bei diesen Konstruktionsweisen die senkrechten Lasten aus Dach und Geschossdecke ab, während die Beplankung aus Massivholz oder Holzwerkstoffplatten die Horizontallasten, die aus Wind- und Stabilisierungskräften entstehen, übernimmt.

Bei der Ständerbauweise, in den USA „Ballon-Frame-System“ genannt, laufen die Stützen über mehrere Geschosse durch. Der Rahmenbau, in den USA „Platform-Frame-System“, ermöglicht dagegen einen stockwerksweisen rationellen Bauablauf. Zudem weisen die Hölzer durchweg schlanke und hohe Querschnitte auf, was eine einfachere Beschaffung ermöglicht.

Skelettbau



Bild 127 Tragkonstruktion in Skelettbauweise

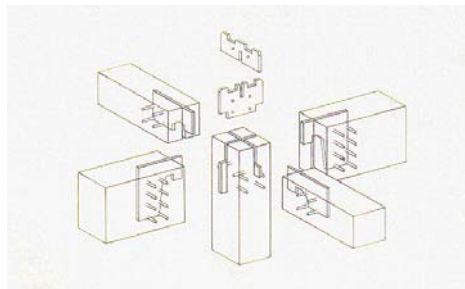


Bild 128 JaneboHakenplatten

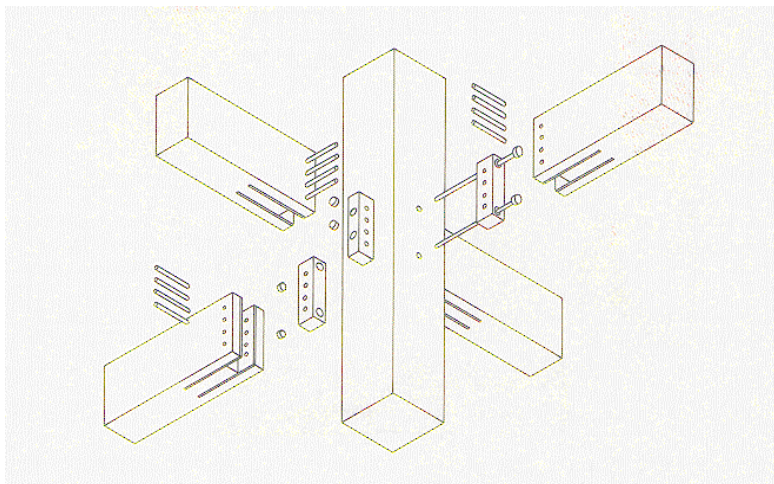


Bild 129 “BSB“ Großlastsystem

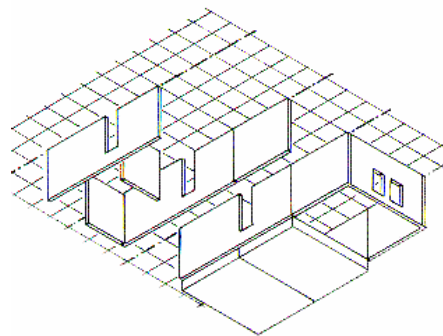
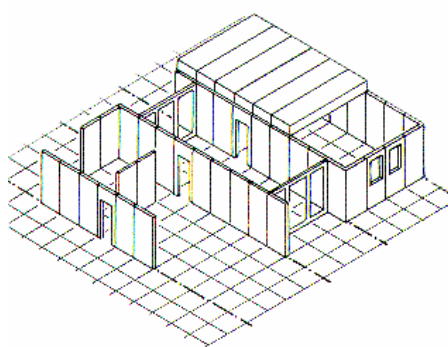
Der Holzskelettbau ist eine Bauweise, die aus Stützen und Trägern in einem bestimmten Raster und Modul ein Tragwerk bildet. Auf dieses Primärtragwerk kommen

Sekundärtragwerke, Balken- und Sparrenlagen, zu liegen. Die raumbildenden Wände können unabhängig vom Tragskelett eingebaut werden, da sie für Vertikallasten nicht tragend beansprucht sind. Sie können aber aussteifende Wirkung haben. Bei entsprechender Konzeption können die Wände in Elementbauweise zwischen oder auf der Tragkonstruktion erstellt werden. Ferner ist es möglich, die “Ausfachungen“ mit Mauerwerk oder Holzständern zu erstellen. Die Tragkonstruktion bleibt meist sichtbar.

Der Holzskelettbau ermöglicht größere Spannweiten bei weniger Innenstützen als andere Holzsysteme.

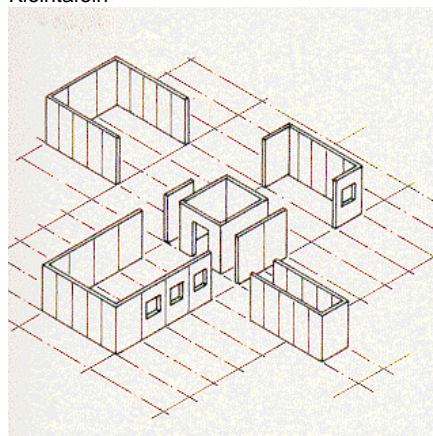
Tafelbau:

Holztafelelemente werden als tragende und nichttragende Innen- und Außenwandtafeln sowie als Decken- und Dachelemente verwendet. Bei diesen Elementen handelt es sich um eine Verbundkonstruktion mit Holzrahmen und Beplankungsmaterialien aus Holz sowie Holzwerkstoffen oder anderen Plattenwerkstoffen, die ein- oder beidseitig bereits während der Vorfertigungsphase aufgebracht werden. In Bezug auf den Vorfertigungsgrad werden drei Bauweisen unterschieden, wie in den folgenden Grafiken dargestellt:



Kleintafeln

Großtafeln



Raumzellen

Bild 130-132

Brettschichtholz als Flächenbauteil

Brettschichtholzplatten weisen als Biegeträger eine ähnlich zulässige Tragfähigkeit auf wie einachsig gespannte Stahlbetonplatten aus B 25, haben jedoch nur ein Viertel an Eigenlast. Neben- oder übereinander können aus großformatigen BSH-Teilen Flächen gebildet werden.

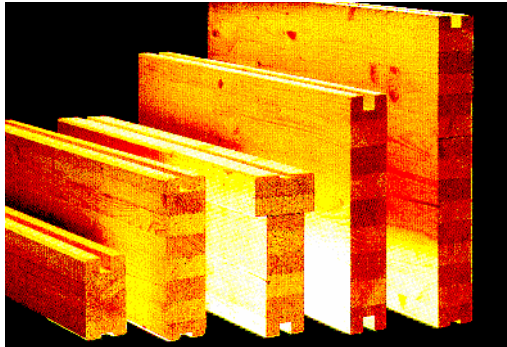


Bild 133 flächige BSH-Tafeln

Sandwichelemente



Bild 134 Unidek-Dachelemente



Bild 135 Dachelemente der Fa. EMPA

Die wärmedämmenden selbsttragenden Elemente bestehen aus einem einseitig angebrachten Holzträger (Sparren) und werden fortlaufend aneinander gesteckt. Ein System der Firma “EMPA“ erfüllt ebenfalls die Trag- und Dämmfunktion in einem Element. Ähnliche Systeme sind von den Firmen „ISOBOW“ oder „Thermo-Plastic“ bekannt.

Holzblocktafeln

Die “Lignotrend“ Holzblocktafeln sind ein patentiertes Bausystem mit einem genormten Rastermaß von 12,5 cm bzw. einem Vielfachen davon. Sie bestehen aus 3, 4, 5 oder 7 kreuzweise auf Abstand verleimten Brettlagen. In den Hohlräumen können Installationen geführt werden. Die Außenseite wird mit einer Wärmedämmung verkleidet. Da die Leimfugen nicht durchgängig sind, sind die Elemente diffusionsoffen.

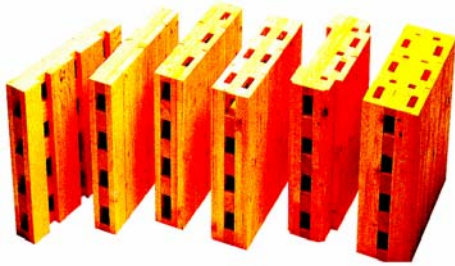


Bild 136 "Lignotrend - Profile"

Brettstapelelemente

Brettstapelwände werden aus einzelnen Brettern zu einem Vollholzelement zusammengefügt. Diese Elemente werden als Wand-, Decken- und Dachelemente verwendet. Hierzu müssen die einzelnen Bretter exakt gehobelt werden. Es werden so viele Bretter mit ihrer flachen Seite aneinandergenagelt, bis ein Element mit der gewünschten Größe entstanden ist. Wenn die Brettstapel gehobelt werden, können sie nach innen sichtbar bleiben. Nach außen müssen sie jedoch mit einer Dämmung verkleidet werden. Schwachpunkt der Brettstapelbauweise sind die Fugen, die zwischen den einzelnen, vernagelten Brettern durch das Arbeiten des Holzes entstehen können. Um diesen Schwachpunkt auszugleichen wurden inzwischen auch verleimte Brettstapel entwickelt. Unter dem Namen "Lignoplan" wurde die verleimte Brettstapelbauweise zum Patent angemeldet.

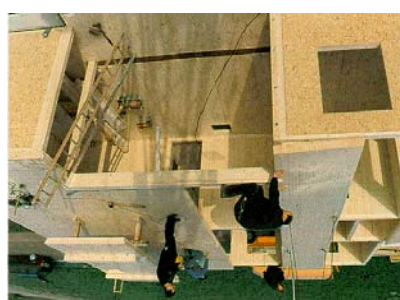
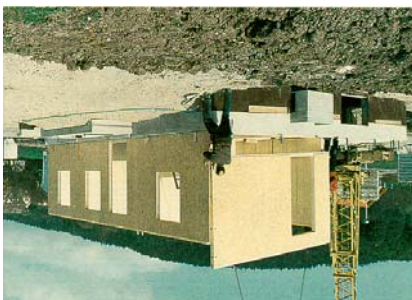


Bild 137-140 Montageablauf mit Brettstapelbauweise

Dickholzelemente

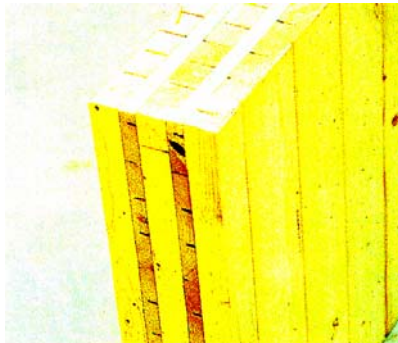


Bild 141 Dickholzelement (Fa. Merk)

Durch das Über-Kreuz-Verleimen von Kiefer- und Fichtenholz Einzelbrettern entstehen Wand- und Deckenbauteile bis zu einer Größe von 4,5 x 20 m, in variablen Dicken. Die Bauteile können mit fertigen Oberflächen geliefert werden. Alle üblichen Bekleidungen, wie z.B. Putzsysteme, Holzschalungen, Beplankungen mit Gipskartonplatten, sind möglich.

Paneelelemente

Paneelelemente sind selbsttragende, vollisolierte Bauelemente für Wand und Dach. Die Elemente, können z.B. aus zwei V 100 Holzwerkstoffplatten bestehen, die eine hochverdichtete Polyurethan-Hartschaum-Dämmung umhüllen.

Die Paneele sind selbsttragend. Ein zusätzliches Ständerwerk ist nicht notwendig. Das Paneel erreicht bei einer Stärke von 220 mm einen Wärmedurchgangskoeffizienten von $0,15 \text{ W / m}^2\text{K}$. Die Standardgröße beträgt 2500x1250 mm. Sonderlängen sind bis zu 7500 mm herstellbar. Die Tendenz in der Herstellung der Paneelelemente geht hin zu immer größer werdenden vorgefertigten Elementen mit Lattung und Konterlattung.



Bild 142-143 Paneelelemente bei der Vorbereitung zur Befüllung mit PU-Schaum, Fa. Purholz

2.3.6.2 Automatisierung und Baurobotersysteme im Holzbau

Entwicklung in Deutschland

Die Bearbeitungstechnologie im Holzbau wechselt immer mehr von der Handbearbeitung mit Kleinmaschinen zur kompletten Bearbeitung auf CNC-Maschinen. Die Ansprüche an die Flexibilität bei der Bearbeitung steigen deutlich. Die Trennung zwischen Rohbau und Innenausbau fällt weg, Holzkonstruktionen werden zu Möbelstücken. Die Ansprüche an die Präzision bei der Fertigung übersteigen das übliche Maß des Zimmermanns deutlich.

Bei der Fertigung besteht ein gewaltiger Unterschied, ob rohe Holzkonstruktionen, Bauteile für Fertighäuser, Treppen oder Wintergärten oder gar alles zusammen auf einer Maschine bearbeitet werden soll.

In einer Serienproduktion geht es darum, möglichst viele gleiche oder ähnliche Teile in kurzer Zeit herzustellen. Für den Holzbauer steht hier traditionsgemäß der Abbund von Konstruktionsholz im Vordergrund. Dies können konventionelle Dach- und Wandkonstruktionen oder tragende Teile für den Elementbau sein. Für diese Arbeiten stehen seit einigen Jahren gut funktionierende und bewährte Abbundanlagen zur Verfügung. Sie zeichnen sich durch eine hohe Leistungsfähigkeit und einen relativ geringen Programmieraufwand aus. In der Regel können sie direkt aus EDV-Programmen heraus angesteuert werden. Die Bearbeitungsfreiheit ist jedoch eingeschränkt: Es können nur Konstruktionshölzer für Dachkonstruktionen, Balkenlagen oder Riegelwände bearbeitet werden. Nachbearbeitungen von Hand sind oft unumgänglich; zudem sind die Dimension und die Form der herzustellenden Teile meist auf gerade Balken beschränkt.

Die technische Evolution im Fertigungsbereich zeichnet eine Entwicklung ab, die den Einsatz von CNC-Anlagen mit bis zu fünf Achsen in wenigen Jahren zum Stand der Technik machen wird. Dabei erscheint vor allem im Bereich der CAD- bzw. CAM-Lösungen noch sehr viel Entwicklungspotential verborgen zu sein. Durch den verstärkten Einsatz von Maschinen mit mehreren Freiheitsgraden, eröffnen sich für die Betriebe neue Arbeitsfelder auch außerhalb des Konstruktionsholzes, wodurch neue Absatzmöglichkeiten und eine höhere Vielfalt an Produkten für den Kunden entstehen können.

Die Weiterentwicklung der erforderlichen Software wird ein wichtiges Aufgabenfeld sein, um die Leistungsfähigkeit der Maschinen und die Vielfalt des Produktes ausschöpfen zu können. Die direkte Steuerung der Maschinen auf Grundlage der Architektenpläne ohne Konvertierungsaufwand durch einen zusätzlichen Ingenieur, wird in Zukunft zu einem immer größerer Kostenfaktor. Auch die Weiterentwicklung von flexibel einsetzbaren Aufspannvorrichtungen ist erforderlich, um die Flexibilität der Bearbeitungszentren ausnutzen zu können. In diesem Zusammenhang erscheinen Vakuumspanner und genaue Laserpositionierung als geeignete Techniken.

Fertigungsanlage für Wand- und Giebelelemente

Die folgende Abbildung veranschaulicht den Arbeitsprozess einer solchen Fertigungsanlage. Die Stationen bzw. Maschinen werden nach ihrem Anwendungsbereich und ihrer Funktionsweise einzeln vorgestellt.

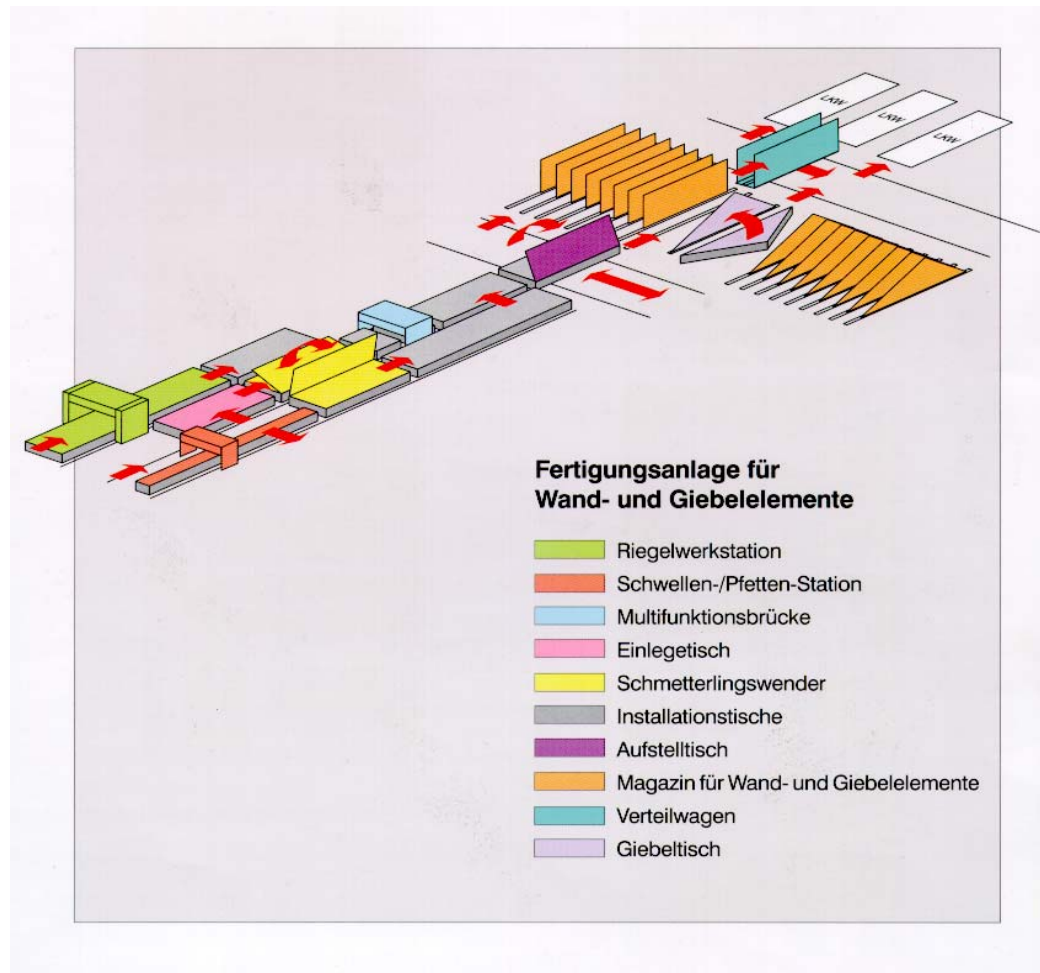


Bild 144 Fertigungslayout einer Fertigungsanlage für Wand und Giebelelemente

- Riegelwerkstation
- Schwellen-Pfetten-Station
- Multifunktionsbrücke
- Einlegetisch
- Zimmermeistertisch
- Schmetterlingswender
- Aufstellisch
- Magazin für Wand- und Giebelelemente

Riegelwerkstation

Einsatzgebiet:

- Zuführen und Auflegen von Gurten, Stielen und Brüstungshölzern
- Absägen von Ober- und Untergurten
- Verbinden von Gurtsegmenten durch Nagelplatten
- Ausrichten und Abnageln von Gurten, Stielen und Brüstungshölzern
- Fräsen und Bohren im Unter- und Obergurt

Alle diese Arbeitsschritte können in der Riegelwerkstation vollautomatisch aufgeführt werden.

Funktionsweise:

Nachdem zwei Nachschubgreifer sämtliche Gurte, Stiele und Brüstungshölzer aufgelegt haben, werden diese auf das benötigte Maß abgesägt und über zwei Nagelplattenpressen miteinander verbunden. Mit dem Verschiebewagen werden die Längsstiele für die Türen und Fensterleibungen eingelegt. Nun können die Nagelgeräte sämtliche Verbindungen, auch Längs- und Querstiele, abnageln. Mit der Fräs- und Bohreinheit werden alle notwendigen Aussparungen und Löcher bearbeitet. Der Abfahrgreifer transportiert dann das fertige Riegelwerk zum nächsten Arbeitsgang auf einen Installationstisch.

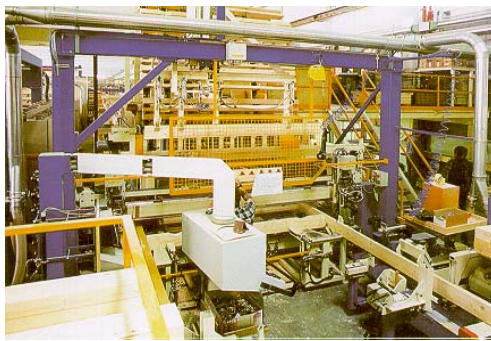


Bild 145 Riegelwerkstation

Schwellen- und Pfettenstation

Einsatzgebiet:

Automatisches Herstellen von Gurten, Riegeln und Stielen für Wand-, Giebel-, Dach-, u. Deckenelemente.

Funktionsweise:

Aus einem Lager werden die zu bearbeitenden Hölzer manuell oder automatisch auf einen Rollengang gelegt. Mit einem NC-gesteuerten Greifer wird das Holz während der Zuführung zu den Bearbeitungsstationen automatisch vermessen. Programmgesteuert werden danach die vollautomatischen Arbeitsschritte wie das Anreißen, Bohren, Fräsen, Einpressen von Nagelplatten sowie winkeltgerechtes Absägen ausgeführt. Die Betriebsdatenerfassung ist mit der Herstellung gekoppelt. Der Datenaustausch erfolgt

über CAD- und PPS-Systeme. Das bearbeitete Holz wird weitertransportiert, auf eine Ablage quergeschoben und zur Weiterbearbeitung bereitgestellt.



Bild 146 Schwellen- und Pfettenstation

Multifunktionsbrücke

Einsatzgebiet:

- Auflegen von Spanplatten und Gipskartonplatten oder sonstigen Platten aus Holz
- Abnageln oder Schrauben der aufgelegten Platten
- Sägen bzw. Fräsen von Fenster- und Türausschnitten
- Bohren von Elektrodozen sowie Wandanschlussbohrungen, jeweils automatisch

Funktionsweise:

Nachdem das abgenagelte Riegeelement gespannt ist, holt die Multifunktionsbrücke mit ihrer Vakuumsaugereinheit Platten vom jeweiligen Stapel und legt diese auf der vorgegebenen Position ab. Selbstverständlich sind verschiedene Plattenabmessungen möglich. Nachdem die Platten manuell oder automatisch ausgerichtet und geheftet sind, fährt das Multifunktionsportal programmgesteuert über das Element und führt sämtliche Arbeiten wie Nageln, Klammern, Bohren und Schrauben aus.



Bild 147 Multifunktionsbrücke

Einlegetisch

Einsatzgebiet:

Der Einlegetisch dient zum automatischen oder manuellen Einlegen des Riegelwerks für Wand und Giebelelemente.

Funktionsweise:

Auf dem Einlegetisch wird das Riegelwerk manuell eingelegt, zusammengespannt, ausgerichtet und abgenagelt. Mit anhebbaren Querrollen bzw. einem anhebbaarem Längstransport wird das Riegelelement auf den nächsten Tisch transportiert.



Bild 148 Einlegetisch

Zimmermeistertisch:

Einsatzgebiet:

Der Zimmermeistertisch dient zur Fertigung von Wand und Giebelelementen, Kniestöcken sowie Dach- und Deckenelementen. Elementgrößen sind von 1,50 - 12 m möglich. Es können zwei Elemente gleichzeitig gespannt werden.

Funktionsweise:

Die vorgelagerten Hölzer werden manuell eingelegt und ausgerichtet. Eingelassene Halfenschienen und Maßbänder unterstützen das genaue Arbeiten. Ist das Riegelelement gespannt, werden die Hölzer vernagelt. Danach wird das Riegelwerk beplankt. Das fertige Element kann entweder mit dem Kran abgenommen oder mit der Option als Schwenktisch aufgestellt und hinausgerollt werden.

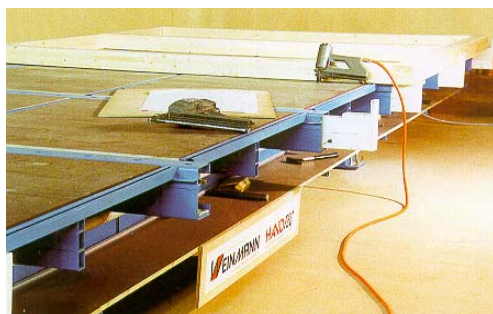


Bild 149 Zimmermeistertisch

Schmetterlingswender

Einsatzgebiet:

- Wenden von Wand- und Giebel-, Dach- und Deckenelementen um 180°
- Spannen in Längs- und Querrichtung, jeweils vollautomatisch

Funktionsweise:

Nachdem die Fertigungsabläufe, z.B. die Bearbeitung durch eine Multifunktionsbrücke, auf Tisch 1 abgeschlossen sind, wird das Wandelement auf Tisch 2 gewendet und dort weiterbearbeitet.



Bild 150 Schmetterlingswender

Aufstelltisch:

Einsatzgebiet:

- automatisches Aufstellen der Wand- und Giebelelemente
- Verteilen und Kommissionieren der Giebelwände
- Verknüpfung von Produktionsabläufen

Funktionsweise:

Transport von Wand- und Giebelelementen von vorgeschalteten Tischen auf den Verteil- bzw. Aufstelltisch. Querverfahrung des Tisches auf eine vorgewählte Bahn im Wandlager. Aufstellen des Wand- bzw. Giebelelementes.



Bild 151 Aufstelltisch

Magazin für Wand und Giebelelemente

Einsatzgebiet:

Das Magazin dient der Zwischen- und Endlagerung der Wand- und Giebelelemente, sowie dem Auftragen des Außenputzes auf die Wandelemente.

Funktionsweise:

Im Magazin werden alle Wand- und Giebelelemente zwischen- und endgelagert. Hierbei können die Wände weiter bearbeitet werden. Hier erfolgen Arbeiten wie Verputzen, Streichen einer Holzschalung und die Montage von Türen, Fenstern und Rollläden. Aus dem Magazin können die Wand- und Giebelelemente direkt oder mit einem Verteilwagen auf den LKW geladen werden.



Bild 152 Magazin für Wand- und Giebelelemente

Nagelanlagen für die Herstellung von Brettstapelelementen:

Einsatzgebiet:

Fertigung von Brettstapelelementen für Decke, Wand und Dach.

Funktionsweise:

Über eine Rollenbahn oder einen Querförderer werden die einzelnen Bretter der Nagelanlage zugeführt. Die Beschickung erfolgt manuell oder automatisch. Eine Aushebeeinrichtung stellt die Bretter auf. Diese werden während dem Abnageln horizontal und vertikal angedrückt. Beim automatischen Vernageln der Brettlagen wird ein programmiertes Nagelbild mit definierten Sperrflächen berücksichtigt. Gleichzeitig kontrolliert die Nageleintreibüberwachung, ob die Nägel auch eingetrieben wurden.



Bild 153-154 Brettstapel-Nagelanlage

Vollautomatische Abbundanlage:

Einsatzgebiet:

Die Abbundmaschine der Fa. Hundegger (K1) ist für Holzquerschnitte von 20 x 40 bis 300 x 450 mm ausgelegt und kann für alle in der Zimmerei, im Holz-, Blockhaus- und Fertighausbau anfallenden Bearbeitungsvorgänge eingesetzt werden. Das Spektrum der vollautomatischen Bearbeitungsmöglichkeiten reicht vom normalen Sparren über Grat- und Kehlsparrn mit Hexenschnitten, Hirnholz- und Blockhausbearbeitung bis zu profilierten und verzierten Geländerpfosten. Alle Arten der Längsbearbeitung wie Nuten, Ausfälen, Besäumen usw. sind vollautomatisch zu fahren.

Funktionsweise:

Sie arbeitet im Einzeldurchlaufprinzip mit vollautomatischer Beschickung, so dass Serienstücke wie auch unsortierte, stets wechselnde Bauteile ohne Leistungsverluste bearbeitet werden können. Bis zu 12 Werkzeuge sind auf den 4 Aggregaten installiert; sie können ohne Werkzeugwechsel in sekundenschnelle auf den 6 Bauteilseiten in Aktion treten.

Als Zusatzausrüstung ist die Maschine mit einem Hobel- und Anphasenautomaten und Rohholzvermessung zur Optimierung und auch mit einem Tintenbeschriftungssystem zur Bauteilnummerierung erhältlich.



Bild 155 Hundegger Abbundanlage mit Hobeinrichtung

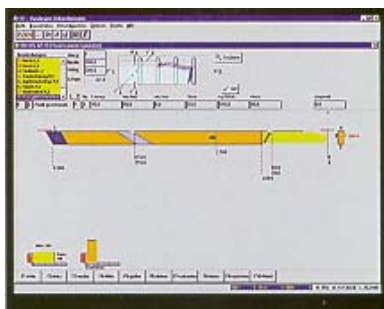


Bild 156 Hundegger CAD Planung



Zusammenfassende und wertende Marktübersicht

Der Vorfertigungsgrad im Holzhausbau ist nach derzeitigem Stand der Technik in Deutschland gegenüber anderen europäischen Ländern durchaus als gut zu bezeichnen. Zum Einsatz kommen alle gängigen Holzbausysteme, wobei in jüngster Zeit besonders der „neue Blockbau“, d.h. Brettstapel-, Brettschichtholz-, Dickholz- und Holzblocktafelbauweise, im Vordergrund steht. Vielleicht auch deshalb, weil dieser, durch meist aus Brettern verleimte, flächige Massivkonstruktionen, den Holzbau dem Massivbau näher bringt, was beim sogenannten „Klopftest“ bei Holz / Massiv-Verbundkonstruktionen deutlich wird.

Der heutige japanische Holzhausbau beschränkt sich im wesentlichen auf Bauen mit vorgefertigten Raumzellen und Bauen nach der „Precut“ Methode. Beide Systeme sind gekennzeichnet durch einen möglichst durchgängigen Datenfluss. Beginnend bei der Auswahl des Hauses im Showroom über die Finanzierung, die CAD-Planung, die automatische Generierung der Maschinendaten bis zur Datenübergabe an die Fertigungsstraße mit CNC-gesteuerten Abbundmaschinen, ergibt sich eine durchlaufende CAD-CAM-Kette.

Entwicklungspotentiale

Aufgrund der hohen Investitionskosten im Bereich CNC und weiterführend im Bereich CAD / CAM erscheint für Kleinbetriebe der Montagebereich sinnvoll. Als Produktionsbereich ist das regional und genossenschaftlich organisierte Abbundzentrum denkbar. Eine Ergänzung um eine CNC-gesteuerte Anlage mit nachfolgenden Produktionstischen ermöglicht eine rationelle und kostengünstige Fertigung.

Für Großbetriebe mit bestehenden Fertigungsstraßen liegen Potentiale in der Ergänzung der Fertigung mit Zusatzmodulen. Hier ist ein Modul an der Multifunktionsbrücke zum Spachteln der Gipskartonplattenstöße denkbar. Außenseitige Streifarbeiten an Holzschalungen oder Putzarbeiten könnten in einer zwischen Fertigungsstraße und Endlager platzierten „Kabine“ ausgeführt werden. Die Module sind somit Teil der Fertigungsstraße.

Von Vorteil wäre ein durchgängiger Datenfluss zur direkten Steuerung der Maschinen auf Grundlage der Architektenpläne, am besten ohne Konvertierungsaufwand. Zusätzlich sind den Daten neue Funktionen, wie z.B. Materialeinkauf, „After Sale“ Betreuung bei späterer Modernisierung oder Kabel- und Leitungsführungsbilder, zuzuweisen. Wichtig erscheint in diesem Zusammenhang auch ein rückwärtiger Datenfluss aus der Produktion in die Planung, um Fehlerquellen zu minimieren.

Die Schaffung einer integrierten Produktplanung hilft Kosten zu senken. Da das Kosteneinsparpotential am Anfang jeglicher Bauaufgabe am größten ist, sind sämtliche Planer – vom Architekten über die Fachingenieure möglichst bis zum ausführenden Unternehmer – frühzeitig zur Teambildung aufgefordert.

Weiter kostenreduzierend kann sich eine verbesserte Ablauforganisation der Produktion auswirken. Da der Anteil gleicher Bauteile durch die individuelle Gestaltung der Häuser klein ist, erscheint die Methodik der „just in time“ Fertigung als sinnvoll.

Im Produktbereich liegen Potentiale in der Entwicklung von Ein- und Anbaumodulen. So sind zentral gelegene, vorgefertigte, geschosshohe Installationsschächte denkbar. Als „Herz“ eines Hauses enthalten diese begehbaren Module (mögl. Abmessungen 140 x 200 cm) sämtliche Haustechnik inklusive dem Hausanschluss. Daran gekoppelt liegen Küche, Bad und WC. Geschosstreppen sind ebenfalls als Module einsetzbar und mit einer Stufe weniger realisierbar. Das kann bedeutend sein, da die Menschen im Durchschnitt immer größer werden.

Neben einer optimierten Maschinenteknik steckt in der Betriebswirtschaftlichkeit einer Produktionslinie weiteres Kostensenkungspotential. Betriebswirtschaftliche Echtzeitsteuerung der Fertigung zur laufenden „just in time“-Kostenkontrolle ist hier denkbar.

Auch die Darstellung des einzelnen Betriebes und seiner Produkte spielt eine Rolle. Die Vorteile des Baustoffes Holz sind deutlich darzustellen. Daneben könnte das Angebot verschiedener Ausbaustandards des Produktes neue Kundenkreise erschließen.

2.3.7 Bauverfahren im Stahlbau

Vorteile des Baustoffes Stahl

Die Vorteile des Stahls für das industrielle Bauen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- vielseitige und maßgenaue Verarbeitbarkeit bei sehr hohen Fertigungsgeschwindigkeiten
- vielfältige und kostengünstige Konstruktionsformen in zahlreichen Anwendungsgebieten möglich
- Fertigungsverfahren sind meist voll mechanisiert und teilweise automatisiert
- industriell hergestellte Bauhalbzeuge ermöglichen eine hohe Passgenauigkeit
- maßgenaue Tragstrukturen aus Stahl können mit modular abgestimmten Ausbauelementen bei geringem Montageaufwand komplettiert werden
- hohe Werkstoffeffizienz
- geschlossener Recyclingkreislauf
- optimierte Werkstoffausnutzung
- hohe Variabilität und Flexibilität

Vorbehalte gegen Stahl

Trotz der vielen Vorteile, die den Stahl zu einem hervorragenden Baustoff für das industrielle Bauen machen, ist ihm der Durchbruch im Wohnungsbau nie gelungen. Einige Erklärungsansätze, wie sie schon von Konrad Weller formuliert wurden, möchte ich hier noch einmal erwähnen:

- In Deutschland sind die Bewohner seit über Jahrzehnten an die Massivbauweise gewohnt. Gegenüber Stahl als sichtbarer und fühlbarer Bestandteil der unmittelbaren Wohnumwelt bestehen zahlreiche Vorbehalte. Durch seine guten Wärmeleiteigenschaften wird er im allgemeinen als “kalter Werkstoff“ bezeichnet.
- Zur Vermeidung von Wärmebrücken erfordert der Stahl insbesondere gegen Nassräume eine sorgfältige Verbundkonstruktion, die gegen Schwitzwasserbildung schützt.
- Die großen Vorteile der gewichtsspezifischen Festigkeit des Stahls kann bei relativ geringen Spannweiten und Nutzlasten im Wohnungsbau nicht genügend ausgenutzt werden.

Art der eingesetzten Bauteile

Die meisten im deutschen Wohnungsbau eingesetzten Bauteile aus Stahl sind projektneutrale Halbzeuge zur Weiterverarbeitung in projektspezifische Bauteile und Bauteilgruppen. Die beiden Fertigungsverfahren der projektneutralen und der projektspezifischen Bauteile werden in den nachfolgenden Schaubildern verdeutlicht.

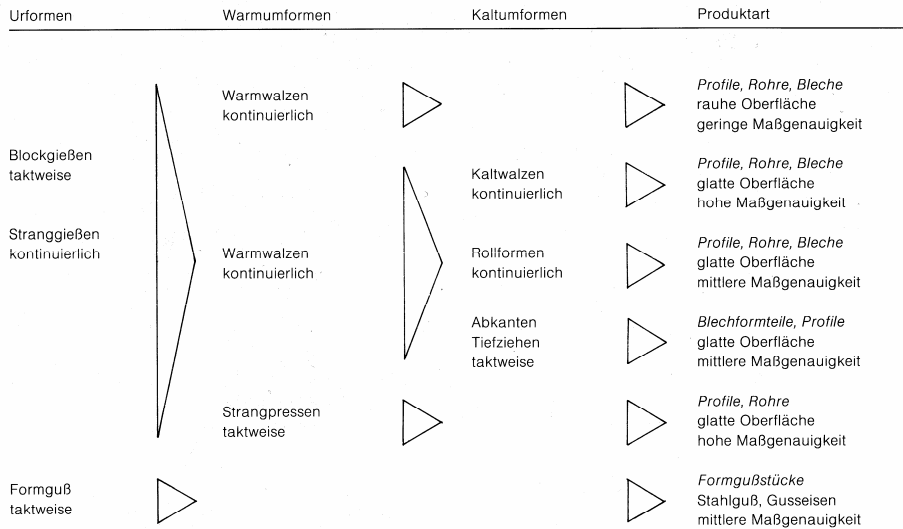


Bild 157 Fertigungsverfahren für projektneutrale Bauteile

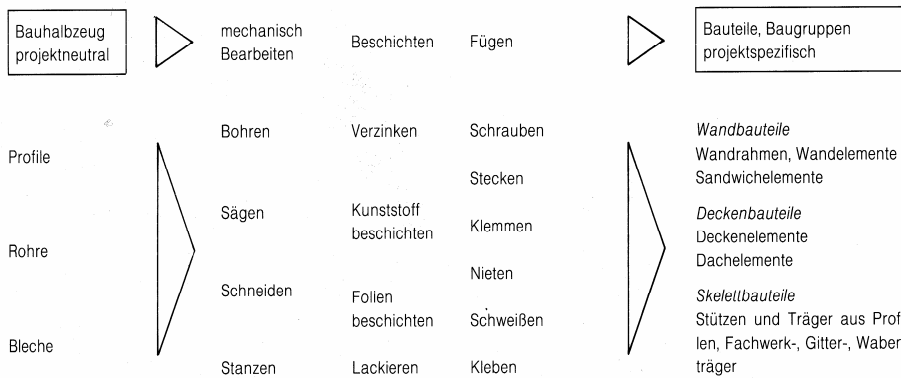


Bild 158 Fertigungsverfahren für projektspezifische Bauteile nach Weller, industrialisiertes Bauen

Frühe Entwicklungen im deutschen Stahlbau

In Deutschland konnten die Fertighäuser in Holztafelbauweise ihren Marktanteil ausbauen, während die Entwicklungen im Stahlwohnungsbau weniger erfolgreich waren. Einzelne Entwicklungen waren:

- 1950 entstand das **MAN-Stahlhaus** aus tragenden Stahlblechtafeln der Größe 1 m x 2,50 m. Von diesen Häusern wurden über mehrere Jahre hinweg mehrere hundert Stück produziert. Aufgrund der fehlenden Akzeptanz des Stahlbaus seitens der Wohnungsbaukunden und der äußerlich sichtbaren Versteifungsrippen setzten sich diese Häuser jedoch nicht durch.
- 1962 wurde von **Hoesch** ebenfalls ein Stahlhaus hergestellt, das aus 1,25 m x 2,70 m großen, selbsttragenden Sandwichplatten bestand. Diese setzten sich aus verzinkten und kunststoffbeschichteten Stahlblech-Deckschichten mit einem Polyurethan-Hartschaumkern zusammen. Aber auch in diesem Fall führten die mangelnde Akzeptanz des Stahlbaus und bauphysikalische Probleme hinsichtlich Wärmebrücken zu keinem Erfolg.
- Zeitgleich entwickelte die Firma **Metall-Kunststoffverbund** ein Wohnhaus aus Aluminium-Deckschichten, Hartschaumkern und Aluminiumstützen. Aus Kostengründen konnte sich dieses Haus wiederum nicht durchsetzen.
- 1964 stellte die Firma **Quelle** ein Fertighaus aus tragenden Stahlstützen und Deckenträgern und nicht tragenden Holztafeln der Größe 1,25 m x 2,50 m her. Das Neuartige an diesem Haus war die Heizzentrale: der Ölkessel, der Warmwasserspeicher und der Stahlrohrkamin waren in einer nur 3 cbm großen, platzsparenden Kompakteinheit untergebracht.
- Das 1962 von der Firma **Krupp** für Verwaltungsbauten entwickelte Stahlskelettsystem mit einem Stützenabstand von 9,60 x 9,60 m konnte sich aufgrund der Verschiedenartigkeit der Büroplanungen ebenfalls nicht durchsetzen.
- **Rückblick: Metastadt Dorsten-Wulfen**
Die Metastadt Dorsten-Wulfen (1973 - 1987; Architekten: Dietrich und Steigerwald) war ein Stahlsystembau mit Raumzellen, die beliebig stapelbar waren und werksmäßig vorgefertigt wurden. Das Konstruktionsmodul entsprach mit 4,20 m der Stützenstellung in beiden Richtungen. Die Geschosshöhe betrug 3,60 m, wobei der Hohlraum für die horizontale Installationsführung 0,45 m betrug. Die vorgefertigten Tragwerkelemente wurden in einer Fabrik zu 17,50 m² großen, geschosshohen, in der Mitte durch Installationsdecke und Bodenträger horizontal ausgesteiften Tragwerkeinheiten vormontiert. Während der Tragwerkmontage wurden die tischförmigen Tragwerkeinheiten in schachbrettartiger Versetzung geschossweise eingefahren.



Bild 159 Ansicht des Demonstrativbaus in Wulfen



Bild 160 Montage der vormontierten Tragwerkseinheiten

Um eine hohe Nutzungsvervielfältigung zu gewährleisten, wurde das Ausbausystem vom Tragwerkssystem getrennt. Versetzbare Trennwände, veränderbare Fassaden, Nachinstallierbarkeit für Sanitär- und Elektroinstallation durch abnehmbare Fußbodenplatten über der Hohldecke wurden dadurch möglich. Das System war konzipiert für Mischnutzung aus Wohnungen, Geschäften und Verwaltungsaufgaben.

Diese umfangreichen konstruktiven Vorhaltungen für eine Nutzungsmischung und das werkstoff- und montageintensive Stahltragwerk verursachten immense Mehrkosten gegenüber konventionellen Gebäuden. Daneben entstanden bauphysikalische Probleme an den neuartigen Konstruktions- und Verbindungsdetails in der Fassade, weshalb nach der Erstellung des Demonstrationsbaues 1975 keine Nachfolgeprojekte realisiert wurden. Der Demonstrationsbau selbst wurde 1986 demontiert und die Stahlbauteile verschrottet.

Stahl in Abgrenzung zu anderen Materialien

Die Ursachen dafür, dass Stahl sich im Wohnungsbau nie durchsetzen konnte, liegen zum einen an der mangelnden Akzeptanz des Werkstoffs seitens der Wohnungsbaukunden, zum anderen an der Konzentration der Stahlindustrie auf andere Gebiete, wie beispielsweise nach dem 2. Weltkrieg, als der starke Nachholbedarf an Anlagenbau dem Stahlbau so starke Impulse gegeben hat, dass der Wohnungsbau völlig von der traditionellen Bauindustrie getragen wurde. Das ist bei der Abgrenzung zu anderen Materialien zu berücksichtigen.

Der Werkstoff Stahl bietet heute eine Vielfalt neuer Möglichkeiten. Im Vergleich zu den ersten Stahlhäusern haben Werkstoff und Fertigungstechnik enorme Entwicklungen vollzogen, wobei technologische Entwicklungen meist durch andere Branchen, vorrangig durch die Automobilindustrie, initiiert wurden.

Es ist durchaus vorstellbar, dass durch einen neuen, verstärkten Einsatz von Stahl im Wohnungsbau ein Innovationspotential für den Werkstoff entsteht. Durch intensive Forschung, Experimente und Anwendungen wurde Stahl in seinen Fähigkeiten und Eigenschaften verbessert, so dass überkommene Einwände gegen Stahl im Wohnungsbau ihre Gültigkeit verloren haben.

Baugenehmigungen im Hochbau nach Art der Konstruktion in Deutschland, Stand 1995

Gebäudeart	Gebäude insgesamt	Davon								
		Skelettbau				Massivbau				
		Zusammen	Davon			Zusammen	Davon			
Stahl	Stahl-beton		Holz	sonstiger Baustoff	Stahl-beton		Ziegel	Mauerstein	Bau-stoff	
Gebäude mit	Anzahl	%								
1 Wohnung	134 757	12,2	0,8	10,9	0,5	87,8	2,9	44,4	39,2	1,3
2 Wohnungen	32 830	10,2	0,4	9,5	0,4	89,8	3,0	47,6	38,3	0,9
3 Wohnungen und mehr	39 626	1,7	0,6	1,0	0,1	98,3	6,7	45,1	46,2	0,3
Wohnheime	307	9,8	4,9	4,6	0,3	90,2	8,1	46,9	34,9	0,3
insgesamt	207 520	9,8	0,7	8,8	0,4	90,2	3,6	45,1	40,4	1,1

Bild 161 Auszug aus dem Statistischen Jahrbuch 1995

Brand- und Korrosionsschutz

Häufig werden mit Stahl automatisch Brand-, Schall- und Korrosionsschutzprobleme assoziiert, weshalb der Stahlbau oft im Schatten der Massivbauten steht. Obwohl die Fakten heute anderes beweisen, ist es immer noch nötig, diesem Negativbild entgegenzuwirken. Durch hervorragende Beschichtungen oder Feuerverzinkungen erhält Stahl heute einen höheren Korrosionsschutz und eine höhere Feuerwiderstandsfähigkeit.

Bearbeitbarkeit des Werkstoffes

Stahl ermöglicht in besonderer Weise eine elementierte, industrielle Bauweise und qualitätsgesicherte Montage auf der Baustelle. Große Spannweiten und kleine Querschnittsabmessungen lassen eine sehr flexible und variable Raumnutzung zu und vereinfachen Umbauten oder Erweiterungen. Insofern Deshalb bietet Stahl als Konstruktionsbaustoff in einigen Bereichen enorme Vorteile gegenüber Holz oder Stahlbeton.

Kosten- und Qualitätsvorteile durch industrielle Vorfertigung

Der hohe Grad an industrieller Vorfertigung bietet die Möglichkeit, Arbeitsprozesse besser zu organisieren. Durch die Vorfertigungsmöglichkeiten in Werkshallen ist die Produktion witterungsunabhängig und somit auch während der Wintermonate möglich, wodurch wiederum die eigentliche Bauzeit auf der Baustelle minimiert werden kann.

Kostengünstige und qualitativ hochwertige Lösungen können durch den Einsatz von optimierten industriellen Fertigungstechniken wie z.B. computerunterstützte Fertigung und Planung (CAD / CAM) und zertifizierte Qualitätssicherung bei Planung, Fertigung und Montage erreicht werden.

Umwelttechnische Vorteile

Stahl weist über den gesamten Lebenszyklus betrachtet eine hohe Ressourcenproduktivität auf. Beim Bauen mit Stahl können im Gegensatz zur Nassbauweise nicht nur Bauabfälle weitestgehend vermieden werden, sondern auch die Montage kann geräuscharm erfolgen. Schließlich ist auch für die Baustelleneinrichtung ein relativ geringer Platzbedarf ausreichend.

Stahl lässt sich aber auch umweltschonender abbrechen und entsorgen als viele andere Baumaterialien und kann darüber hinaus auch unverändert oder umgearbeitet an anderer Stelle wieder eingebaut werden. Wie die Lebenszyklus-Betrachtung von Stahlbauten zeigt, ist die gesamte umwelttechnische Wirkung von Stahl im Sinne der umfassenden Wirkung auf das Ökosystem minimal.

Bauweisen in Stahl

Stahlwandbauweise

Stahlwandbauweisen werden im Vergleich zu Stahlskelettbauweisen im Wohnungsbau nur selten angewandt.

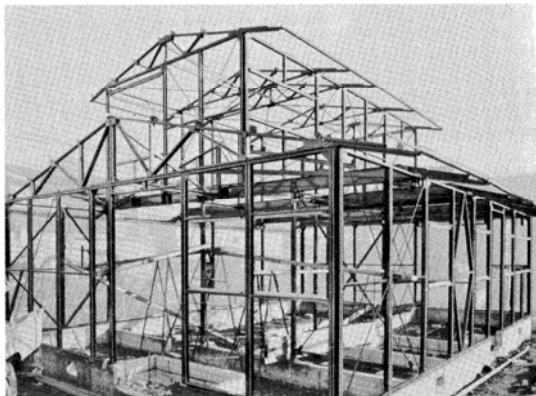


Bild 162 Tragstruktur in Stahlwandbauweise

Die Wandbauweisen aus Stahl lassen sich in folgende Ausführungsarten einteilen:

Tragende Wandrahmen aus verformten Stahlblechen

Bei dieser Ausführungsart besteht der Wandausbau aus folgenden Schichten, von innen nach außen: Tragendes Wandelement aus verzinktem und beschichtetem Trapez- oder Rippenblech mit einer Blechstärke zwischen 1,0 und 1,5 mm; Luftschicht, ca. 40 mm stark und belüftet, mit Luftein- und Austrittsöffnungen an den Stirnseiten der Stahltafeln oder an den oberen und unteren Rahmenprofilen.

Bauten dieser Fertigungsart verursachen zwar aufgrund geringer Bauteilgewichte geringe Werkstoff-, Fertigungs- und Montagekosten, trotzdem sind sie für den Einsatz im Wohnungsbau aufgrund gestalterischer Einschränkungen infolge starker Wandprofilierungen und aus bauphysikalischen Gründen ungeeignet.

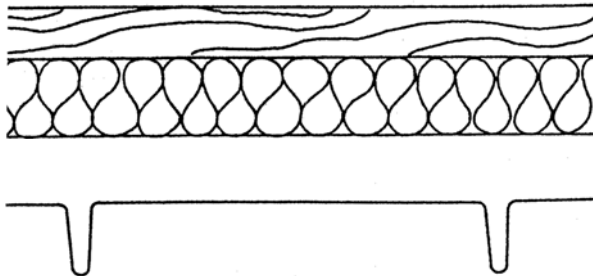


Bild 163 mehrschaliger Wandaufbau bei der Wandbauweise aus tragenden Stahlblechen

Tragende Wandtafeln aus Sandwichplatten

Diese Bauweise aus ausgeschäumten Sandwichplatten mit profilierten Deckschichten ermöglicht einen hohen Vorfertigungsgrad in der Werksvorfertigung und einen geringen Montageaufwand durch einfache Steckverbindungen in den Randprofilen. Die Elemente werden dabei auf einem Fundamentrahmen aufgestellt und gegen ein Abheben gesichert. Ein umlaufendes Ringankerprofil überträgt die horizontalen und vertikalen Kräfte in die Wandschalen. Auch diese Konstruktionsform wird in erster Linie im Industriebau und bei temporären Bauten vorgefunden.

Stahlrippenbauweise

Die Stahlrippenbauweise nimmt eine Zwischenstellung zwischen Stahlwand- und Stahlskelettbauten ein: Wird die Beplankung der Metallständer auf großen Wandflächen bereits in der Werksvorfertigung aufgebracht, so hat die Stahlrippenbauweise die Erscheinungsform einer Wandbauweise. Werden die Metallständer erst auf der Baustelle einzeln montiert, hat die Stahlrippenbauweise Ähnlichkeit mit der Skelettbauweise. Alle tragenden Verbindungen werden durch Verschweißen hergestellt. Die Schweißverbindungen erfordern eine schweißfähige Verzinkung und müssen nachbehandelt werden, unabhängig davon, ob sie vorgefertigt oder bei der Montage auf der Baustelle hergestellt sind. Als Weiterentwicklung entstanden deshalb Steck-, Klemm- und Schraubverbindungen, wodurch auch Korrosionsprobleme an den Schweißverbindungen vermieden werden konnten.

Der Wärmeschutz wird durch Mineralfasermatten gewährleistet, die zwischen den Stahlrippen in den Außenwänden angebracht werden. Problematisch sind die Wärmebrücken, die durch die durchgehenden Stahlrippen im Ständerwerk der Außenwände entstehen. Zur Abhilfe werden deshalb an der Außenseite zusätzliche Wärmedämmschichten angeordnet. Eine effektive Lösung zur Vermeidung solcher Wärmebrücken ist ein getrenntes Ständerwerk, wodurch auch ein guter Schallschutz erreicht werden kann.

Eine Weiterentwicklung der Stahlrippenbauweise zum Baukastensystem stellt das sogenannte „Duraframe-System“ dar, das alle für die Tragstruktur erforderlichen Bauelemente mit vorbereiteten Anschlussmöglichkeiten und die zugehörigen Elementverbindungen enthält. Der Ausbau ist bei diesem Baukastensystem allerdings

nicht enthalten. Die Bauelemente werden durch Klemm- und Steckanschlüsse in Verbindung mit Sicherungsschrauben zu tragenden Wandkonstruktionen montiert, wofür keine speziellen Werkzeuge oder Fachkräfte erforderlich sind.

Stahlskelettbauweise

Das Stahlskelett besteht aus dünnen profilierten Stahlstäben, die eine hohe Tragfestigkeit bei geringen Querschnittsabmessungen und geringem Gewicht aufweisen. Es ist deshalb besonders geeignet zum Entwurf von Bauten mit großen Stützweiten. Weitere Vorzüge der Stahlskelettkonstruktion sind die freie Geschossflächenaufteilung und leichte Montagebauteile für den raumschließenden Ausbau. Das Skelett ist ein Stabwerk und hat nur tragende, nicht raumabschließende Funktion. Die Außenwände werden meist am Tragwerk aufgehängt. Eine Vielzahl von Bauweisen und Materialien finden hier Verwendung. Der Forderung nach geringem Gewicht entsprechen am ehesten Metallfassaden. Ihre Verwendung wird begünstigt durch die gute Maßgenauigkeit des Stahlskeletts.



Bild 164 Stahlhäuser in Skelettbauweise der Fa. Dywidag

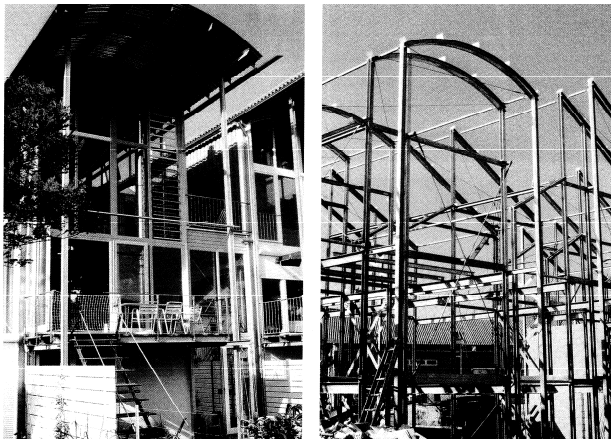


Bild 165 Stahlhäuser in Skelettbauweise , Jungerhalde

Raumzellenbauweise aus Stahl

Raumzellen bestehen aus Stahlrahmen, die im Bereich der Boden- und Deckenplatten mit Querträgern verbunden und entweder mit ebenflächigen oder profilierten Blechen verkleidet werden. Es werden auch Sperrholzplatten als Verkleidungen verwendet. Anstelle der Querträger aus Stahlprofilen werden in die äußeren Stahlrahmen auch Hohlplatten aus Stahlbeton oder bewehrtem Leichtbeton eingefügt, um bei mehrgeschossigen Bauten eine entsprechende Feuerwiderstandsfähigkeit zu erreichen. Die Außenwände an den Stirn- und Längsseiten der Raumzellen werden entweder mit nichttragenden Sandwichplatten aus Stahlblech und Hartschaumkern oder zweischalig mit Sperrholzplatten o. Ä. verkleidet.

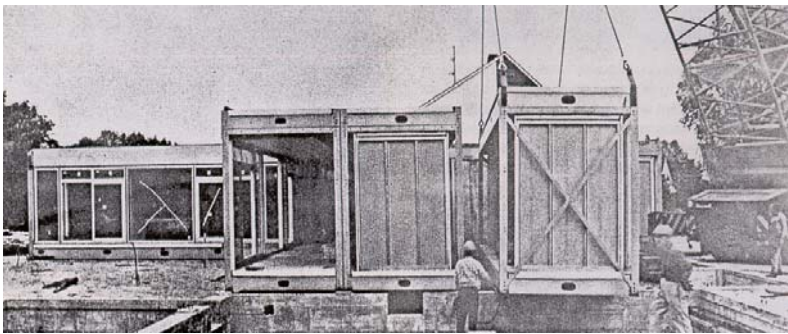


Bild 166 Montage und horizontale Addition von Stahlskelettraumzellen



Bild 167 Montage witterungsgeschützter Raumzellen

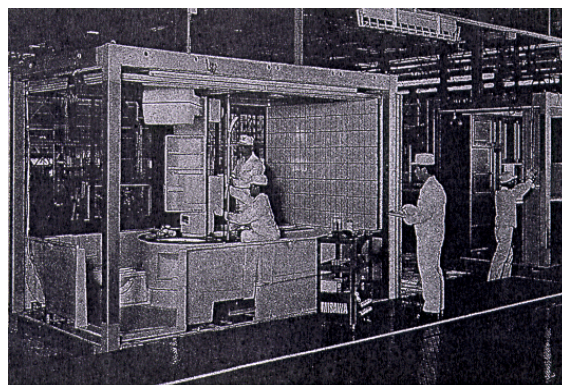


Bild 168 Endmontage einer Küchenraumzelle bei Toyota

Die vielfältigen Ausführungsarten von Stahlskelettraumzellen zeigen, dass vielfältige Konstruktionsformen entwickelt wurden, mit folgenden Zielen:

- große Abmessungen zur Erzielung einer großen Nutzfläche mit einer einzigen Raumzelle
- geringe Transport- und Montagegewichte durch Verwendung leichter, kaltgewalzter Stahlprofile mit hoher Festigkeit zur Erzielung großer Stützenabstände

- Mischbauweise aus Stahlskelett mit Subsystemen für den raumabschließenden Ausbau aus billigem Bauhalbzeug wie Holzständern, Sperrholzplatten, Spanplatten oder Gipskartonplatten
- hoher Vorfertigungsgrad durch weitgehende Einbeziehung aller Ausbauarten in die Werksvorfertigung und dadurch Zeitgewinn und Einsparung lohnintensiver Baustellenarbeiten
- Konstruktion mit möglichst geringem Transportvolumen zur Vergrößerung während des Montageablaufs
- vertikale Addition von nichttragenden Stahlraumzellen für vielgeschossige Wohnbauten in tragenden Stahlskelettstrukturen aus Stahlbeton oder Stahl; die vollständig vorgefertigten Raumzellen werden komplett ausgestattet mit haustechnischen Einrichtungen und Einbaumöbeln zur Baustelle transportiert.

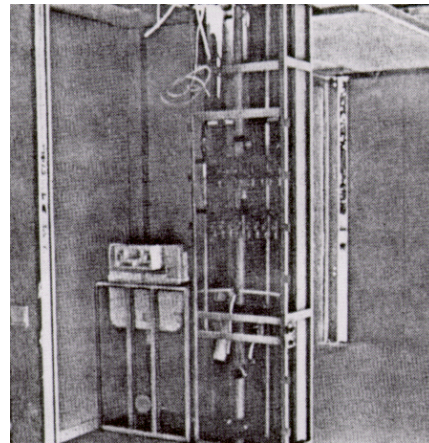


Bild 169-170 vollständig vorgefertigte Raumzellen

Stand der Automatisierung in der Stahlbaufertigung

Der gegenwärtige Stand der Stahlbaufertigung und -Montage ist folgendermaßen zu charakterisieren: Der Bauproduktmarkt fordert von den Stahlbaufirmen überwiegend Lösungen, die die individuellen Aufgabenstellungen der Auftraggeber erfüllen und deshalb nur bedingt rationelle Vereinheitlichungen hinsichtlich der Fertigung und Montage zulassen. Dies gilt weitgehend in allen Bereichen des Stahlbaus, wie z.B. im Brückenbau, Geschoss- und Hallenbau, Behälterbau, Verbundbau und Stahlmaschinen- und Anlagenbau.

CAD- bzw. CAM-Lösungen sind in Stahlbaufirmen der gängige Computertechnik zur Sicherung der erforderlichen Flexibilität von der Projektierung über die CNC-Fertigung bis hin zur Anlieferung (Logistik) auf die Baustelle und ggf. bis zur Montageorganisation.

Angestrebt werden fertigungs- und montagegerechte Konstruktionen weitgehend ohne Nacharbeiten auf der Baustelle, wie z.B. Anpass- und / oder Zuschnittarbeiten, die kurze Montage- bzw. Bauarbeiten ermöglichen. Der Zuschnitt der Bauteile erfolgt durch Laser-, Gasbrennschneiden, Sägen, Bohren und Richten. Das metallische Reinigen und

Zwischen- bzw. Endbeschichten, wie auch der Komplett-Korrosionsschutz sind üblicherweise in der Vorfertigung angesiedelt. Sie werden mit hoher Qualitätskonstanz ausgeführt.

Da der Anteil des Stahls im Wohnungsbau gering ist, werden die in der Vorfertigung eingesetzten Stahlrahmen für Raumzellen überwiegend von Hand verschweißt oder verschraubt.

3. Neue Konzepte und Entwicklungen für Fertigungs- und Montagesysteme im industriellen Wohnungsbau

3.1 Untersuchung bestehender Bauverfahren und Fertigungssysteme in Deutschland im Hinblick auf eine mögliche Automatisierung

In diesem Kapitel wird aufgezeigt, welche Voraussetzungen innerhalb des Bauwesens gegeben sein müssen, damit Bauroboter eingeführt werden können, und es wird ausführlich darauf eingegangen, was in den einzelnen Gewerken an Automatisierungspotential besteht.

3.1.1 Voraussetzungen für die Baurobotereinführung

Für die Einführung von Baurobotern sind folgende Voraussetzungen zu schaffen: Die zu automatisierenden Bauprozesse und -systeme müssen neu entwickelt werden. Vorhandene Managementmethoden müssen überarbeitet, und die Arbeitskräfte qualifiziert werden, so dass sie die neuen Technologien anwenden können. Eine erfolgreiche Implementierung der Robotertechnologie wird mit einem roboterorientierten Bauwesen ermöglicht, das bestimmte Merkmale aufweist: eine flexible industrielle Vorfertigung, die flexible Herstellung unterschiedlicher Gebäudeteile vor Ort und ein Projektmanagement, das den Einsatz von Baurobotern ermöglichen soll.

Ein automatisiertes Bauen besteht aus einer industriellen flexiblen Vorfertigung von komplexen, standardisierten Bauteilen und deren automatischer Errichtung und Unterhaltung unter Verwendung von Baurobotern. Automatisierte Bauproduktionsbetriebe können eine hohe Variantenbildung mit einem breiten Bauteilsortiment erreichen. Mit Hilfe von freiprogrammierbaren Robotern kann eine flexible Herstellung von unterschiedlichsten Gebäudeteilen ermöglicht werden, die rechnergestützt verwaltet wird.

Was die Automatisierung des Baubetriebes angeht, so sollte die Entwicklung eines integrierten Systems zur Planung und Herstellung von Gebäuden geplant werden. Dieses System soll sowohl beim Entwurf von Gebäuden als auch bei der Betriebsplanung von Robotern und der Logistik für die Baustelle verwendet werden.

Aufgrund des hohen Lohnkostenanteils bei der Bauausführung können die größten Rationalisierungseffekte infolge einer verstärkten Rationalisierung der Bauarbeiten mit Hilfe der Automatisierung erreicht werden. Die Bauarbeiten vor Ort müssen dazu schon in den Planungs- und Konstruktionsphasen auf den späteren Roboterbetrieb hin ausgerichtet werden. Das bedeutet, dass alle Bauplanungsphasen rechnerintegriert bearbeitet werden müssen. Die herkömmlichen Bauprozesse müssen in automatisierungsgerechte Bauprozesse überführt werden. Diese neuen Bauprozesse werden sich grundlegend von den bekannten Bauprozessen unterscheiden. Die üblichen sequentiellen Abläufe der Bauproduktion werden von parallelen Abläufen ersetzt werden.

Bei der Auftragserteilung für ein automatisiertes Bauvorhaben werden die Planung, Konstruktion und Herstellung von Bauteilen bereits weitgehend vorbereitet und

abgeschlossen sein, so dass nach Vertragsabschluss das Bauprojekt nur noch ein geometrisches Konfigurationsproblem, zeitliches Organisationsproblem und physikalisches Ausführungsproblem darstellt. Die Bauunternehmerstruktur wandelt sich vom jetzigen Bereitstellungsbetrieb zum künftigen Dienstleistungsunternehmen.

Zeitgemäße Bauten bestehen im Gegensatz zu vorindustriellen Bauten aus vielen Teilsystemen. Die Planung, Produktion und das Produkt wurden zunehmend mechanisiert und werden weiter mechatronisiert werden. Diese grundlegende Wandlung der Baubranche erfordert einen integrierten und interdisziplinären Problemlösungsansatz. In der baubetrieblichen Umsetzung bedeutet das die Festlegung der Bedingungen für das Arbeiten vor Ort mit der geometrischen, physikalischen und zeitlichen Definition der Elemente für jedes Bausubsystem. Das setzt eine Verkettung des Daten- und Informationsflusses vom Entwurf über die Konstruktion, Herstellung und Montage, bis zum Betrieb von Bauprojekten voraus. Dem Problem unterschiedlicher Genauigkeiten kann mit einem selbstjustierenden Bausystem begegnet werden.

In der Endstufe des automatisierten Bauens wird das Konzept des CIB implementiert werden. Denn der Einsatz von Robotern in der Vorfertigung wird um so wirksamer, je besser er in eine CIB Produktionskette integriert ist.

Nicht nur in der stationären Industrie, sondern auch vor Ort könnte der rechnergestützte Bauproduktionsbetrieb der Zukunft vom Menschen in einem Kontrollraum verfolgt werden. Dabei könnte ein qualifizierter Bauarbeiter mehrere Baumaschinen gleichzeitig überwachen. Dafür benötigt man ein effektives Kommunikationssystem zwischen Kontrolleur und autonomen Baumaschinen. Die Einsatzplanung und -überwachung wird automatisch gesteuert, wobei jede Bau- oder Montagemaschine ständig mit der Zentrale kommuniziert. Für den Fall von Unregelmäßigkeiten, die im Programm nicht vorgesehen waren, kann der Automatikbetrieb manuell vom Kontrolleur übersteuert werden.

Wie bereits durch die Untersuchung der unterschiedlichen Bauverfahren und Bauweisen in Deutschland und Japan dargestellt wurde, ist der technische Stand im Wohnungsbau im Vergleich zu Japan in einigen Bereichen sehr niedrig. Das gilt insbesondere auf der Baustelle, wo nahezu alle Bauteile einzeln von Hand zusammengesetzt und weiterverarbeitet werden. Die niedrige Technisierung drückt sich auch an den durchschnittlichen Kosten pro Arbeitsplatz aus.

Auf deutschen Baustellen ist es durchaus üblich, wie zur Zeit der Jahrhundertwende, Stein auf Stein zu mauern. Zwar wurden einige Arbeits- und Versetzhilfen eingeführt, wie in Kapitel 2 beschrieben. Allerdings dienen diese in erster Linie der Verbesserung des Massentransportes und weniger zur Verbesserung der Fertigung. Das Automatisierungspotential ist demnach sehr hoch.

3.1.2 Automatisierungspotential der einzelnen Gewerke

Erdarbeiten

Im Bereich der Erdarbeiten ist das Automatisierungspotential vergleichsweise gering, da in diesem Bereich der Maschineneinsatz die Regel ist. Zwar wird vereinzelt noch von Hand gearbeitet, aber selbst beim Ausheben von Rohrgräben oder für Fundamente stehen Minibagger zur Verfügung. In Einzelfällen ist Handschachten bei kreuzenden Leitungen erforderlich. Das Auffüllen und Verdichten, wird ebenfalls maschinell unterstützt. Das eigentliche Potential liegt in der Weiterentwicklung der Baumaschinen, ähnlich japanischer Entwicklungen. Jedoch sollte der Schwerpunkt der Entwicklungen auf den Mensch-Maschine-Systemen liegen, da durch vollautomatische Systeme die anderen Arbeitsabläufe beeinträchtigt werden.

Betonarbeiten

Bei den Betonarbeiten auf der Baustelle besteht ein großes Rationalisierungspotential. Vom Einbringen über das Verteilen und Verdichten bis zum Oberflächenglätten werden sehr viele Arbeiten ausgeführt, die unter hohem zeitlichen Druck zum Teil unter unmenschlichen Bedingungen erbracht werden. Viele Betonbauteile werden noch als Ortbetonbauteile hergestellt. Auf kleineren Baustellen wird noch handgeschalt, Bewehrungen werden geschnitten und vor Ort zurecht gebogen.

Die Arbeitsfolgen Schalen – Bewehren – Betonieren – Ausschalen, treffen auf nahezu alle Bauteile zu, was einen sehr hohen Lohnkostenanteil mit sich bringt.

Die Nachfolgende Abbildung zeigt sehr deutlich, dass z.B. bei einer 24 cm starken Ortbetonwand der Lohnkostenanteil auf der Baustelle bei ca. 65 % liegt. Bei größeren Wandstärken verbessert sich dieses Verhältnis.

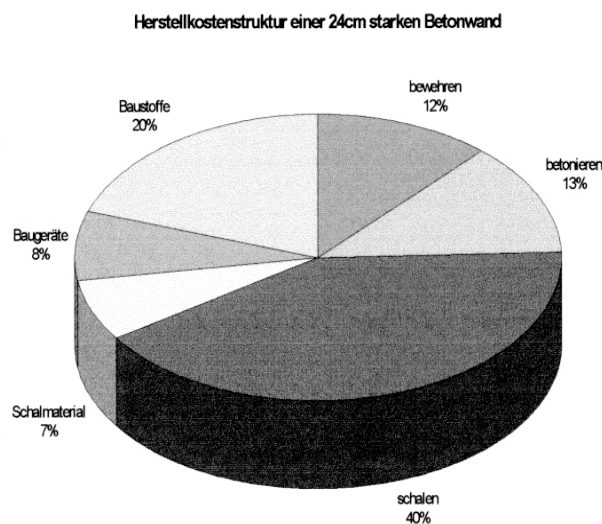


Bild 171

Ein Unternehmen kann zwar durch die Entscheidung für Ortbeton die eigene Wertschöpfung erhöhen, aber damit steigt auch das Risiko der Kalkulation in zeitlicher und wirtschaftlicher Hinsicht. Durch die schrittweise Einführung moderner Systeme zur

Betoneinbringung, Verteilung und Glättung, ähnlich den japanischen Systemen, könnten die Lohnkosten reduziert werden. Die Arbeitsgeschwindigkeiten könnten bei verbesserten Arbeitsbedingungen erhöht werden. Da jedoch der Kostenanteil für Baumaschinen entsprechend deutlich in die Höhe gehen würde, müsste eine gute Auslastung der Maschinen gesichert sein. Dies könnte in großen Bauunternehmungen der Fall sein. Kleinere und mittlere Unternehmen könnten sich in gemeinsamen Maschinenringen zusammenschließen. Die automatisierte Bauausführung auf der Baustelle stellt für die Bauunternehmung die kapitalintensivste Methode dar. Die durchschnittliche Eigenkapitalquote in der Bauindustrie liegt aber bei nur 3 – 5 %. Deshalb könnte das Investitionsgüterleasing bei dem die laufenden Leasingraten als Betriebsausgaben abgesetzt werden können, eine gute Möglichkeit sein.

Mauerwerksarbeiten auf der Baustelle

In der Regel werden Mauerwerkswände im Wohnungsbau in Deutschland von Hand erstellt. Das Rationalisierungspotential ist gemessen an dem sehr großen Marktanteil des Mauerwerks im Wohnungsbau, mit 90 % (1990), sehr groß. Es gilt, dass das Rationalisierungspotential, das sich durch eine Automatisierung ergibt, umso größer ist, je größer der Lohnkostenanteil der Mauerwerksarbeiten ist. Da im konventionellen Rohbau bei Beton- und Maurerarbeiten die Lohnkostenanteile am größten sind, und diese Kostengruppe zudem 85 – 95 % der Gesamtrohbaukosten ausmachen, ist es besonders wichtig in diesen Bereichen nach Automatisierungsmöglichkeiten zu forschen. Insgesamt lässt sich ein Lohnkostenanteil von 50 – 60% für den Rohbau ermitteln. In der Automobilindustrie liegt der Lohnkostenanteil in der Fertigung bei lediglich 15 – 20 %. Durch die entwickelten Hilfsmittel wie Maurerbühne, Minikräne etc. werden die Lohnkosten auf der Baustelle zwar reduziert, deutliche Produktivitätssteigerungen lassen sich damit allerdings nicht erzielen. Doch aufgrund der relativ geringen Kapitalbindung erfreuen sich diese Geräte zunehmender Beliebtheit bei den Bauunternehmungen.

Darüber hinaus versucht die Baustoffindustrie die Steine so zu gestalten, dass sie schneller verarbeitet werden können. Dadurch kann zwar die Arbeitsgeschwindigkeit etwas erhöht werden, die Gesamtkostenvorteile bleiben allerdings gering. Allgemein gilt, wie bereits erwähnt, dass ab einem bestimmten Rationalisierungsgrad, der Aufwand für weitere Rationalisierungen so überproportional ansteigt, dass der Lohnkostenvorteil sofort wieder kompensiert wird. Es scheint so, als sei der konventionelle Mauerwerksbau mit seinen Hilfsmitteln an dieser Stelle bereits angekommen. Um dennoch einen weiteren Produktivitätsfortschritt erzielen zu können, müssen die bisher angewandten Verfahren kritisch geprüft werden. Auf der Suche nach grundsätzlich neuen Verfahren müssen immer auch Fortschritte auf anderen Gebieten mitberücksichtigt werden.

So eröffnet z.B. die deutlich gestiegene Rechnerleistung vieler Computer auch für die Bauverfahren neue Möglichkeiten. Durch den Einsatz moderner Computertechnik konnte als erster Automatisierungsschritt ein Roboter entwickelt werden, bei dessen Marktreife sich deutliche Verschiebungen in der Kostenstruktur ergeben werden. Durch die im allgemeinen geringe Eigenkapitalquote der Bauunternehmungen dürfte es nur wenige Unternehmen geben, die in der Lage sind, einen Mauerwerksroboter mit Eigenmitteln zu erwerben. Eine Bankfinanzierung für Investitionsgüter ist ohne ausreichende Sicherheiten jedoch nur sehr schwer zu bekommen. Selbst beim Investitionsgüterleasing, wo der Kapitalgeber Eigentümer der Maschine bleibt, wird der Unternehmer Sicherheiten für den

Leasinggeber bringen müssen, da der Leasinggeber sein Investment ebenso absichern möchte. Hinzu kommt erschwerend, dass die reinen Mauerwerksarbeiten beim durchschnittlichen Rohbau nur etwa einen Anteil von ca. 26 % haben, so dass der Bauunternehmer das Auslastungsrisiko für die Maschine trägt, die er nur zum Mauern einsetzen kann, wohingegen er seine Arbeiter flexibel dort einsetzen kann, wo er sie braucht.

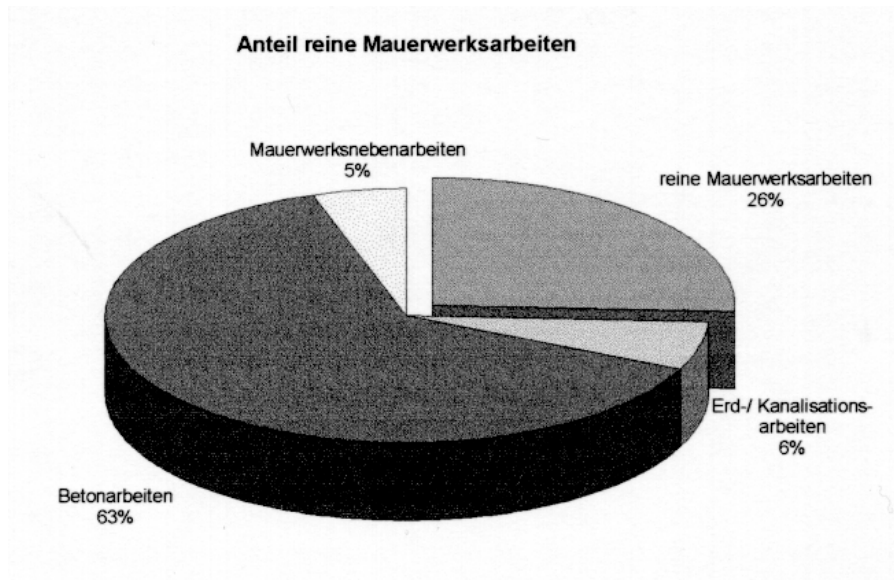


Bild 172 Anteil der reinen Mauerwerksarbeiten am Rohbau

Die automatisierte Fertigung auf der Baustelle bietet mit Sicherheit Vorteile, dennoch überwiegen die für den Bauunternehmer subjektiv wichtigeren Gründe des wirtschaftlichen Risikos, das er mit einer solchen Investition eingeht. Daher ist eine gute Marktgängigkeit eher nicht zu erwarten. Außerdem erfolgt die Wertschöpfung bei der Baustellenfertigung erst zu einem späten Zeitpunkt. Moderne Fertigungsprozesse sind jedoch dadurch gekennzeichnet, dass der Großteil der Wertschöpfung zu einem sehr frühen Zeitpunkt stattfindet. Bei modernen Fabriken findet kaum noch eine Materialbearbeitung statt, es werden oft nur noch die vorgefertigten Teile zum fertigen Produkt zusammengefügt.

Vorfertigung von Mauertafeln im Werk

Auch für die Bauindustrie erscheint es sinnvoll soviel wie möglich von der Produktion weg von der Baustelle in die Vorfertigung zu verlagern. Dabei steigt die Ausführungsqualität zwangsläufig, da unter immer gleich guten Bedingungen gefertigt werden kann. Auch die Maschinenkosten sind bei einer Produktion in der Fabrik niedriger, da die Maschine weder Transportschäden erleidet, noch für die Bedingungen bei wechselnder Witterung ausgelegt sein muss. Maschinentechnisch unterscheiden sich die Anforderungen für einen stationären Roboter kaum von denen für eine Baustellenfertigung. Die Anforderungen sind in einigen Bereichen sogar geringer, wie z.B. nicht erforderliche

Mobilität und Robustheit. Der Wertschöpfungsprozess verlagert sich durch die Vorfertigung deutlich, wie im folgenden Schaubild dargestellt.

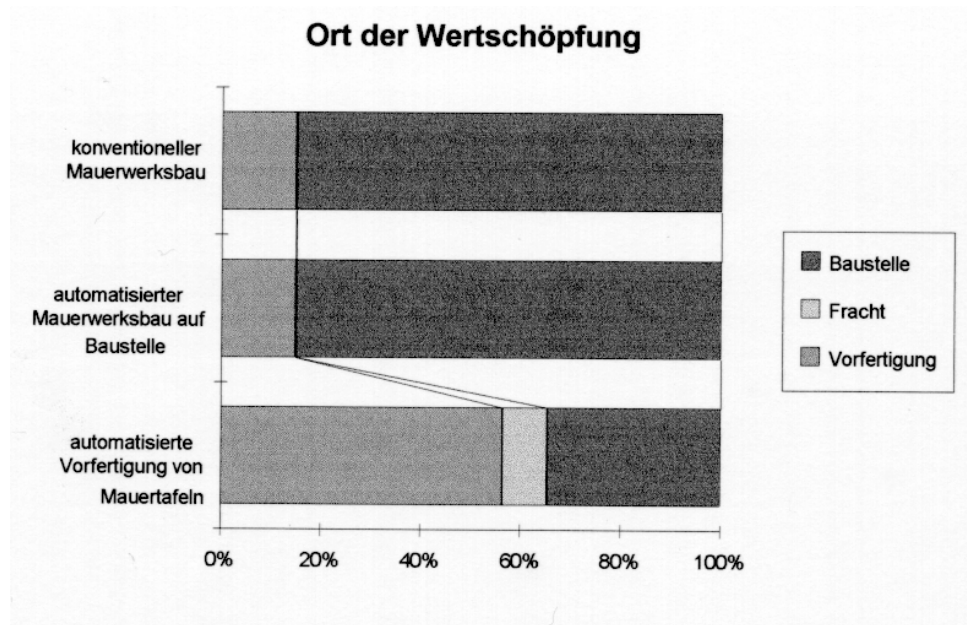


Bild 173 Verlagerung der Wertschöpfung in die Vorfertigung

Diverse Anbieter vorgefertigter Mauertafeln sind inzwischen auf dem Markt und versprechen eine völlige Planungsfreiheit für den Architekten. Ebenso möglich sind Ziegelrollladenkästen, Leichtbaurollladenkästen, Betonstürze, Ziegelstürze, beliebige Öffnungen und Aussparungen, Auflagermauerwerk und Deckenabmauerungen. Als Baustoff sind alle gängigen Ziegelarten, Porenbetonsteine und KS Steine in den gängigen Rohdichteklassen verwendbar.

Weiteres Rationalisierungspotential sehe ich hier in der Weiterentwicklung der Montage- und Verbindungstechnik. Durch neuentwickelte Verbindungselemente, die eine exakte Selbstjustierung der Elemente gewährleisten, könnten die erforderlichen Ausrichtarbeiten und das Anbringen von Richtstützen entfallen. Ferner würde der toleranzarmen Fertigung bei der Montage Rechnung getragen. Außerdem benötigt das erforderliche Ausgießen der Verbindungsschlaufen mit Mörtel viel Zeit und das Aushärten verzögert das zügige Weiterarbeiten. Ferner sollten neue Systeme entwickelt werden, die ein zerstörungsfreies Integrieren von Elektroleitungen und Heizleitungen ermöglichen. Auch im Bereich der Oberflächenveredelung können noch zahlreiche Entwicklungen dazu beitragen, dass die heutigen Rohbauprodukte einen höheren Vorfertigungsgrad erhalten, und somit die Wertschöpfung im Werk erhöht wird.

Weitere Automatisierungsschritte wie beispielsweise das automatische Aufbringen der Stürze, der Rollladenkästen oder das Einmörteln der Zugstäbe sollten in der Entwicklung stärker vorangetrieben werden. Es sollten in Modellvorhaben neue durchgängige Systemkonzepte entwickelt werden, durch deren Realisierung die Popularität und damit die Verbreitung dieser Techniken zunimmt. Systeme, die durchgängig innovative

Teilschritte miteinander verbinden, können insgesamt größere Potentiale lösen, die mit den verschiedenen Einzelmaßnahmen nicht zu erreichen sind.

Ähnlich dem Fertigbau in Holz, müssen im Massivbau neue Konzepte entwickelt werden, die dem großen Potential gerecht werden. Es könnten millimetergenaue, schnell montierbare Bauteile mit hohem Vorfertigungsgrad entstehen, die neue Marktanteile im Fertigbaubereich sichern könnten. Bei der Munitec GmbH sind Entwicklungsarbeiten in Vorbereitung, um diese Entwicklungen mit den Industriepartnern zu forcieren.

Zimmermannsarbeiten

Das Abbinden, das meist in der Halle des Zimmereibetriebes stattfindet, stellt einen Bereich dar, in dem sich die Automatisierung stark anbietet. Größere Zimmereien verfügen bereits über Abbundanlagen wie in Kapitel 2.3.6. dargestellt. In vielen Zimmereien ist es damit mit der Vorfertigung geschehen. Meist werden die einzelnen Balken schon aus Transportgründen auf der Baustelle einzeln per Hand aufgeschlagen. Rund 50 % der Kosten einer konventionellen Dachkonstruktion entfallen allein auf die Materialkosten, wie im folgenden Schaubild dargestellt.

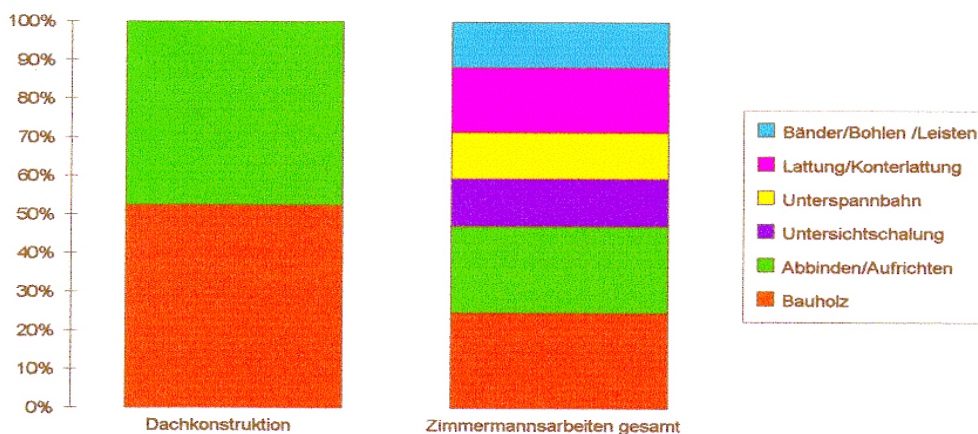


Bild 174 Kostenverhältnis der Zimmermannsarbeiten

Da bei den gesamten Zimmermannsarbeit ca. 65 % der Kosten durch lohnintensive Tätigkeiten, wie das genannte Abbinden und Aufrichten, das Anbringen der Unterspannbahn, der Lattung und der Konterlattung, verursacht werden, wäre bei diesen Arbeiten eine weitere Automatisierung und Vorfertigung sinnvoll.

Ähnlich wie beim Massivdach oder beim SÜBA Verbunddach ist eine erweiterte Vorfertigung auf Tafelbasis durch den Zimmermann denkbar. Dieses Verfahren wird in der Regel nur von Fertighausherstellern durchgeführt. Durch solche Vorfertigungsschritte hätten auch kleinere Zimmereien die Möglichkeit, mehr von den Gesamtbaukosten zu profitieren und die Wertschöpfung im eigenen Unternehmen zu erhöhen. Dabei ließen sich Steigerungen zwischen 60 und 80 % der Auftragssumme erzielen.

Kleinere Unternehmen hätten zudem die Möglichkeit sich im Bereich der Vorfertigung zu spezialisieren wodurch weitere Kostenvorteile durch ein effizienteres Arbeiten entstehen würden. Selbst wenn die Tafелеlemente von Hand gefertigt werden, lassen sich Rationalisierungseffekte erzielen. Die Nachfolgende Abbildung zeigt exemplarisch die Kostenstruktur eines Sparrendaches incl. Dämmung. Die Firma Bauer Holzbau hat hierzu praktische Tischlösungen für kleine Zimmereien entwickelt.

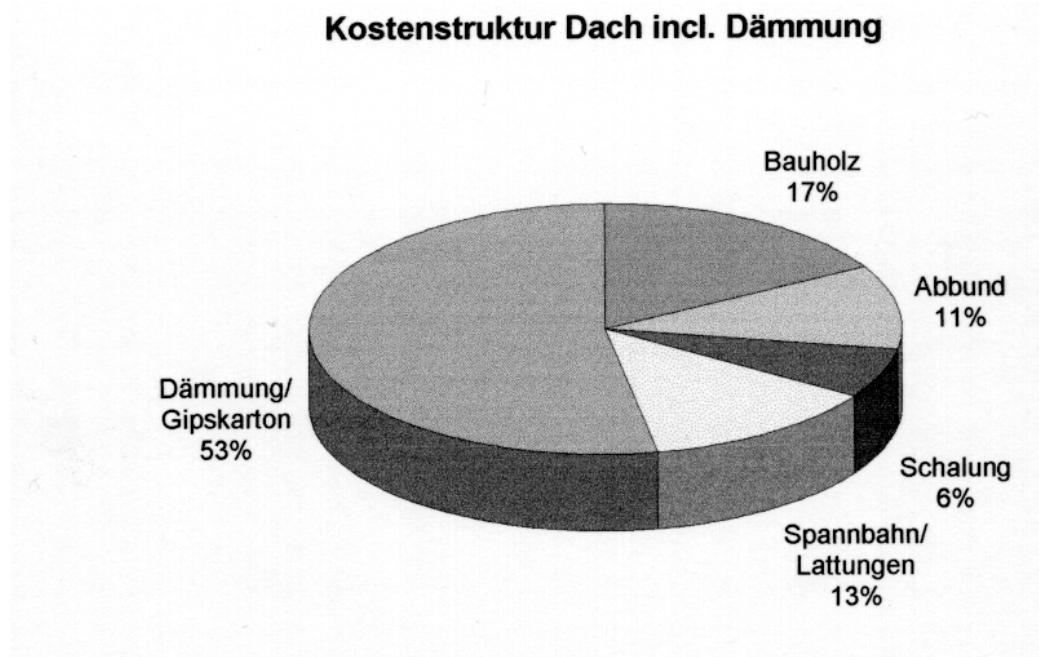


Bild 175

Ein noch größeres Rationalisierungspotential liegt in einer maschinellen Vorfertigung, da der Materialkostenanteil bei Dämmung und Gipskartonplatten nur 15 – 20 % ausmacht. Um gut transportierbar zu sein, sollten die Elemente maximal 2,80 m breit sein, bei stehendem Transport, und 2,40 m, bei liegendem Transport. Die Grenze der Transportlänge liegt bei 15 m, dann wird für die Montage allerdings schon ein Autokran benötigt, da ein Element dieser Länge etwa 3,5 t wiegt. Die Verlagerung der Fertigung in die Vorproduktion hat im allgemeinen geringere Produktions-, dafür aber steigende Transportkosten zur Folge. Die Montagezeit könnte ähnlich reduziert werden wie beim Massivdach, so dass die Arbeitszeit auf der Baustelle auf etwa ein Viertel reduziert werden könnte.

Eine weitere Möglichkeit für kleinere Zimmerbetriebe sehe ich in einer Spezialisierung zum Montageunternehmen. Durch Kooperationen mit großen Zimmereien oder mit Fertighausherstellern könnten deren moderner Maschinenpark genutzt und somit besser ausgelastet werden, und das kleine Unternehmen könnte sich auf die Montage- und Aufrichtarbeiten spezialisieren. Hohe Investitionen und Maschinenkosten, wie auch die damit verbundenen Risiken würden dadurch entfallen. Ähnliche Ziele werden durch moderne Abbundzentren angestrebt.

Dachdeckerarbeiten

Obwohl die meisten Dächer im Wohnungsbau von Hand eingedeckt werden und das Rationalisierungspotential von daher hoch erscheint, sind die Lohnkosten mit 44 % erstaunlich gering.

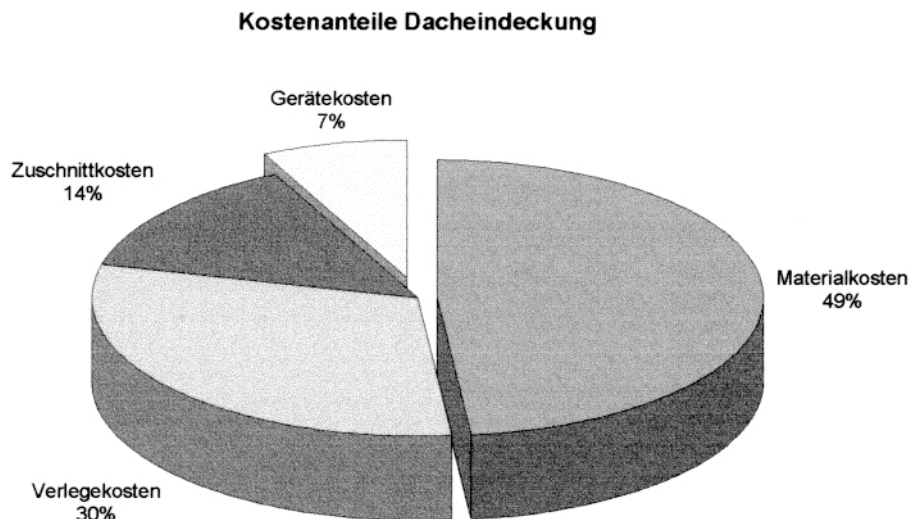


Bild 176

Insbesondere wenn man dies im Vergleich zum Mauerwerksbau sieht, bei dem die Lohnkosten bei 80 % liegen. Da die gesamten Dacheindeckkosten lediglich 1,5 – 2 % der gesamten Bauwerkskosten ausmachen, sind auch die Kostenvorteile, die durch eine Automatisierung entstehen könnten, relativ gering. Einen recht großen Anteil der Dacheindeckkosten machen die Zuschchnittkosten aus. Hier könnte durch eine optimierte Vorplanung die größten Einsparungen erzielt werden. Auch die Dauer der Dachdeckerarbeiten ist mit 1-3 Tagen sehr kurz, so dass sich auch nur geringe Zeitersparnisse für den Bauablauf ergeben würden. Lediglich aus Sicht des Arbeitsschutzes wäre eine automatisierte Eindeckung sinnvoll, da Dachdeckerarbeiten ein hohes Unfallrisiko mit sich bringen.

Man könnte sich vorstellen, durch die Entwicklung eines vorgefertigten Trägerrostes, der die Hinterlüftung gewährleistet und somit Lattung und Konterlattung ersetzt, ein großflächiges Bauteil zu erhalten, das mit dem Kran direkt auf der Unterspannbahn bzw. den Sparren abgesetzt wird und die Verbindung unter den Elementen gewährleistet. So könnte eine Person auf dem Dach ausreichen, um zu positionieren und zu fixieren, sowie Restarbeiten konventionell auszuführen.

Generell stellt sich die Frage ob der Ziegelwerkstoff als traditionelles Deckmaterial für zukünftige Entwicklungen des industrialisierten Bauens der zeitgemäße Baustoff sein wird, oder ob großflächige Deckmaterialien, bzw. Sandwichkonstruktionen sich durchsetzen werden.

Blechnerarbeiten

Ein Großteil der Blecharbeiten wie Rinnen, Rinnenhalter werden heute schon industriell hergestellt und vom Blechner bereits vorgefertigt eingekauft. Für die Montagearbeiten selbst, ist aufgrund der vielen unterschiedlichen Anpassungsarbeiten nur eine geringe Automatisierung denkbar.

Erst bei der Verlagerung der Produktion von kompletten Dachelementen in die Vorfertigung ergeben sich neue Aspekte. So könnten CAD-CAM Lösungen entwickelt werden, die basierend auf CAD Daten automatisch Bleche zuschneiden und kanten. Selbst kompliziertere Geometrien könnten so zeitsparend entwickelt werden. Jedoch sind beliebige Kantvorgänge mit herkömmlichen Kantbänken nicht herstellbar, ohne das Werkstück mehrfach umzuspannen und Werkzeuge zu wechseln.

Installationen

Die Installationsarbeiten werden hier gewerkeübergreifend betrachtet, da sowohl bei Elektro-, wie bei Heizleitungen und bei Zu- und Abwasserleitungen ähnliche Gesetzmäßigkeiten zutreffen. In allen drei Gewerken wird sequentiell gefertigt. Erst erfolgt die Rohinstallation und nach Abschluss der Gipser- und Estricharbeiten, die Restinstallationen. Die Kosten für Haustechnik machen an den reinen Baukosten ca. 20 % aus. Diese teilen sich folgendermaßen auf:

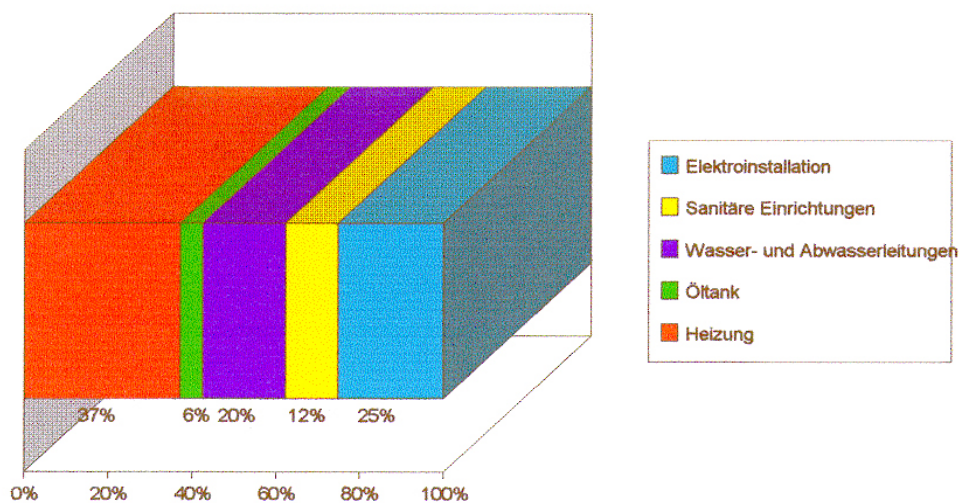


Bild 177

Damit sind die Installationskosten nach dem Rohbau und dem gesamten Innenausbau die drittgrößte Kostengruppe. Sie können bei aufwendigen Installationen durchaus höher sein und sind im allgemeinen sehr lohnintensiv. Dennoch erscheint eine Automatisierung auf der Baustelle selbst nur schwer durchführbar, da mit Installationsarbeiten auf der

Baustelle sehr viele Ortswechsel verbunden sind. Dazu kommt, dass viele Installationsstränge “intelligent“ miteinander verbunden werden müssen. Für diese Arbeiten wird selbst in der industriellen Vorfertigung der Mensch eingesetzt. Ein Roboter müsste zum Beispiel in der Lage sein Kalt- und Warmwasserstränge unterscheiden zu können und diese den örtlichen Gegebenheiten anzupassen. Eine Automatisierung im Installationsbereich wird daher momentan nur in der Vorfertigung sinnvoll umsetzbar sein.

Als sinnvollste Möglichkeit erscheint die Vorfertigung von Sanitärinstallationen, in Form halbautomatisiert vorgefertigter Vorwandinstallationen, die auf der Baustelle montiert werden. Solche Installationseinheiten könnten in Zukunft verstärkt weiterentwickelt werden, so dass Installationszellen als komplett fertige Raumzellen auf die Baustelle gebracht werden. Dazu ist es erforderlich, dass schon in der Planung die Lage solcher Zellen im Haus, ähnlich den Raumzellen für Fertigbäder, genau definiert wird. Dadurch entstehen kürzeste Leitungswege und kurze Montagezeiten. Da die Anforderungen im Wohnungsbau oft ähnlich sind, könnten moderne CAD-CAM Anlagen solche Einheiten teilautomatisiert, flexibel vorfertigen. Die Installationszellen könnten von außen schon steckerfertige Schnittstellen für das Anschließen der Leitungen in den Wänden und Decken enthalten.

Für die Installationen in den Wänden sollten die Installationsarbeiten nicht mehr alleine betrachtet werden, sondern könnten als Leistung im Gesamtsystem Wand angeboten werden. Es sollten weitere Systemlösungen entwickelt werden, bei denen die zerstörungsfreie Installationsführung in den automatisiert hergestellten Mauertafeln möglich wird. Präzise gefertigte Mauertafeln, die wieder zerstört, d.h. geschlitzt, werden um Leitungen einzulegen erscheinen als Zwischenstufe in der Entwicklung vorgefertigter Wandsysteme. Ziel wäre es, bei dieser Methode die Schlitzarbeiten in den Mauertafeln bereits mit anzubieten, die Leerrohrbestückung und das anschließende Einmörteln ebenso. Dadurch würden sich für den Bauunternehmer Möglichkeiten bieten, die Wertschöpfung der Produkte zu erhöhen.

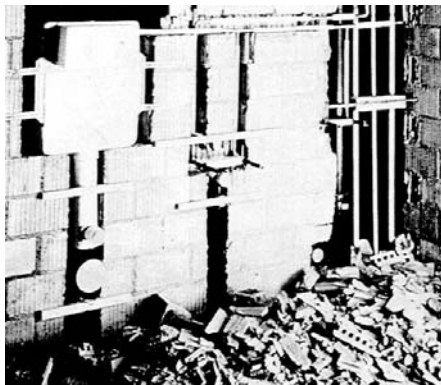


Bild 178 konventionelle Installation

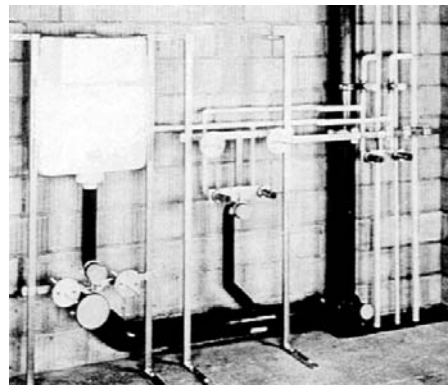


Bild 179 vorgefertigte Vorwandinstallation

In einem weiteren Schritt könnten dann die gesamte Elektroverkabelung mit in die Mauertafeln eingearbeitet werden, die Verdrahtung der einzelnen Kabel könnte mittels steckerfertigen Schnellverbindungen erfolgen. Auf diese Weise könnte die gesamte Elektroinstallation mit in die Vorfertigung integriert werden. Die lärmintensiven

Schlitzarbeiten könnten in einer Fräskammer und die Einlegearbeiten in einer Montagekammer von Robotern erledigt werden. In einer weiteren Entwicklungsstufe könnten die Sanitärinstallationen ebenfalls bereits in vorgefertigte Mauertafeln eingearbeitet werden. Auch eine Verlegung der Heizrohre im Rahmen der Vorfertigung ist denkbar.

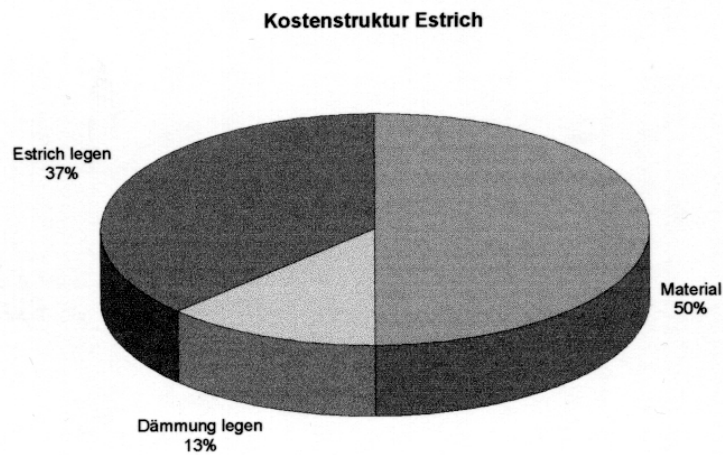
Die Verlagerung in die Vorfertigung verlangt ein erheblich höheres Maß an Vorplanung als die konventionelle Installation. Durch die maßgenaue Integration dieser Systeme werden auch die maßgenaueren Mauertafeln gegenüber den konventionell erstellten Mauerwänden konkurrenzfähiger. Das Risiko von Fehlmontagen sinkt, die Bauzeit verkürzt sich, da die restlichen Ausbaugewerke früher beginnen können. Durch den Einsatz einer maschinellen Fertigung könnten die Produktionskosten soweit gesenkt werden, dass selbst auf der Baustelle ein Kostenvorteil entsteht. Dies ist insbesondere für die Anbieter von Mauertafeln ein wichtiges Ziel, denn solange der m² Mauerwerk als Ortmauerwerk etwa gleichviel kostet wie der m² Mauerwerk aus Mauertafeln, werden nur wenige Bauunternehmer auf dieses Produkt zurückgreifen.

Estrichlegerarbeiten

Im Estrichlegerbereich dominiert die Handarbeit. Lediglich der Materialtransport wird bei Zement- und Anhydridestrichen von einem Kompressor durchgeführt. Insbesondere das waagerechte Abziehen und das Glätten beim Zementestrich sind Arbeiten die monoton und kräftezehrend sind. Beim Einbringen von Gussasphaltestrichen in Altbauten werden gar steinzeitliche Methoden angewendet. Hilfsarbeiter müssen sich mit schweren, stinkenden und mit heißem Gussasphalt gefüllten Holzeimern durch enge Treppenhäuser oft in die obersten Stockwerke plagen, weil gerade dort aufgrund des leichten Gewichts dieser Estrich gefragt ist. Das diese Bauweise in Deutschland noch wirtschaftlich ist, kann nur auf dem Rücken von Billiglöhnern ausgetragen werden. Die Kostenstruktur des Estrichs ist im folgenden Schaubild dargestellt. Leider fallen auch Estrichlegerarbeiten, ähnlich wie die Dachdeckerarbeiten bei den gesamten Baukosten nur gering ins Gewicht, so dass offensichtlich nur ein geringer Preisdruck besteht, der eine Automatisierung vorantreiben könnte. Das Automatisierungspotential ist deshalb aus wirtschaftlicher Sicht eher gering einzuschätzen, jedoch sollten aus Gründen der Humanisierung diese Arbeiten dringend durch neue Lösungen und geeignete Alternativen ersetzt werden.

Eine Automatisierung des Estrichlegens auf der Baustelle wäre sinnvoll. Insbesondere das Abziehen und das ins Wasser bringen des Estrichs sind Arbeiten, die von einer Maschine durchgeführt werden können. Dazu kommt, dass das Abziehen bei Estrichlegern sehr häufig zur Frühverrentung wegen Skeletterkrankungen führt. Maschinen dieser Art existieren bereits in Japan und sind dort erfolgreich im Einsatz. Die Orientierung der Geräte kann optisch erfolgen, mittels Laserstrahl kann die Höhenlage kontrolliert werden. Zum Glätten ist diese Höhenkontrolle nicht mehr notwendig, da die Maschine aufgrund des geringen Eigengewichtes nicht in den Estrich einsinkt.

Ob solche Geräte aufgrund der hohen Anschaffungskosten lohnend eingesetzt werden können, müsste noch näher untersucht werden. Am sinnvollsten erachte ich hier Lösungen, bei denen der „Estrich“, soweit als solcher noch erforderlich, oder seine Funktion bereits im Werk in die Deckenbauteile integriert sind. Entwicklungen dazu werden im Kapitel 3.6.5 vorgestellt.



Grundlagen: Mittellohn DM 65,-/h
 Materialkosten Dämmung und Estrich DM 13,5/qm
 Aufwandswert Dämmung legen 0,055 h/qm
 Aufwandswert Estrich legen 0,15h/qm

Bild 180

Gipser- und Trockenbauarbeiten

Ähnlich wie bei den Estrichlegerarbeiten sind Maschinen bei den Gipsern nur für das Mischen und das Transportieren von Material zuständig. Durch den hohen Anteil von Lohnkosten kann hier eine Automatisierung mit Sicherheit zu Kostenvorteilen führen.

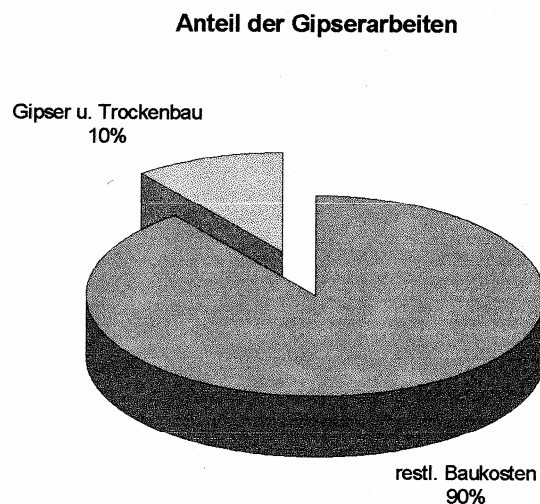


Bild 181

Da der Anteil der Gipsarbeiten mit ca. 10 % der Baukosten einen relativ großen Posten darstellt, können durch eine Automatisierung die anteilig hohen Lohnkosten gesenkt werden. Der Einsatz von Robotern ist bei Gipsarbeiten denk- und durchführbar. Das Gipsen selbst besteht nur aus zwei Arbeitsgängen, dem Gips Auftragen und dem Glätten. Diese monotonen Arbeiten könnten sehr gut von einer Maschine ausgeführt werden. Vom Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen der Universität Stuttgart wurde der Einsatz von Gipsrobotern bereits in einer Studie zur Entwicklung eines Putzroboters untersucht. (IRB F2339).

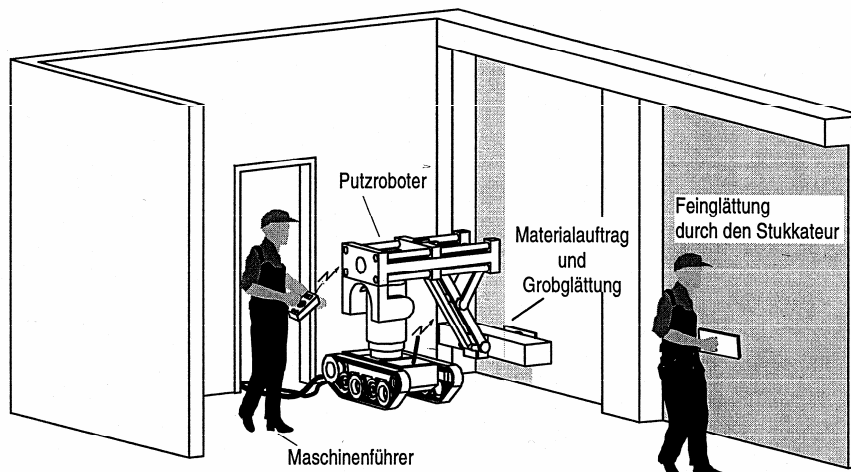


Bild 182 Studie zur Entwicklung eines Putzroboters für den Baustelleneinsatz

In diesem Zusammenhang wurde auch das Marktpotential und die Wirtschaftlichkeit beim Verputzen beleuchtet. Diese Untersuchung ergab, dass mit einem Putzroboter eine Steigerung der Arbeitsleistung von derzeit 150 m² verputzter Fläche pro Tag auf bis zu 220 m² zu realisieren ist. Die erreichte Einsparung mit einem Putzroboter könnte bis zu 2,40 € pro m² Innenputz betragen. Bei einem Marktvolumen von ca. 170 Mio. m² Innenputz könnte ein anfängliches Marktpotential von etwa 100 Robotern pro Jahr möglich werden. Allerdings können diese Zahlen erst anhand einer weiterführenden baupraktischen Überprüfung des vorliegenden Konzepts verifiziert werden. Marktreife Verputzeinrichtungen werden von der Fa. Weckenmann für den stationären Einsatz in der Vorfertigung angeboten.

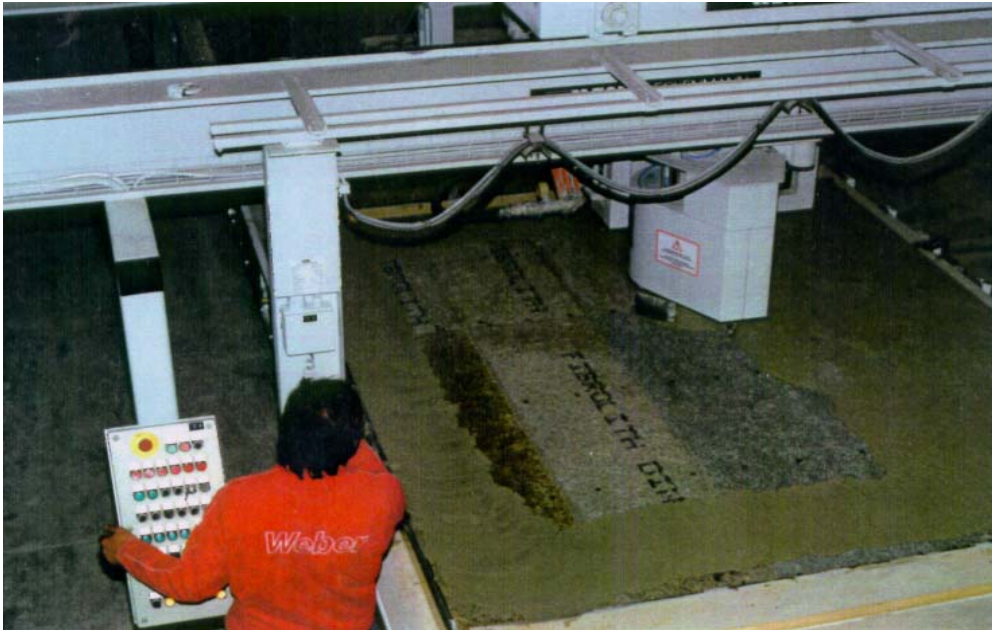


Bild 183 neuentwickelte Verputzeinrichtung der Fa. Weckenman

Ähnliche Automatisierungsmöglichkeiten bestehen im Bereich des Trockenbaus und der Unterdeckenmontage. Vergleichbar mit den japanischen Vorbildern laufen in Deutschland Untersuchungen und Forschungsprojekte, die sich mit der Entwicklung von multifunktionalen Montagerobotern befassen. Dabei werden in erster Linie die Mensch-Maschine-Lösungen angestrebt.

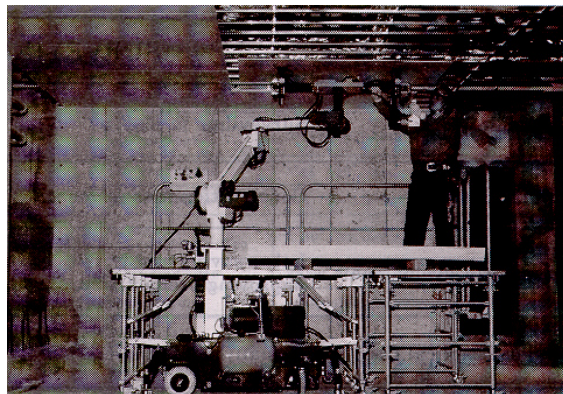


Bild 184-185 Unterdeckenmontageroboter

Fliesenlegerarbeiten

Typischerweise sind auch die Fliesenlegerarbeiten fast ausschließlich Handarbeit. Aufgrund der sich wiederholenden gleichen Tätigkeit besteht hier ein hohes Automatisierungspotential weniger beim Auftragen des Klebers, als vielmehr beim Verlegen. Dennoch darf nicht übersehen werden, dass der Anteil der Verlegekosten an den Gesamtkosten aufgrund der stark unterschiedlichen Materialpreise deutlich schwankt, was anhand der nachfolgenden Grafik verdeutlicht wird.

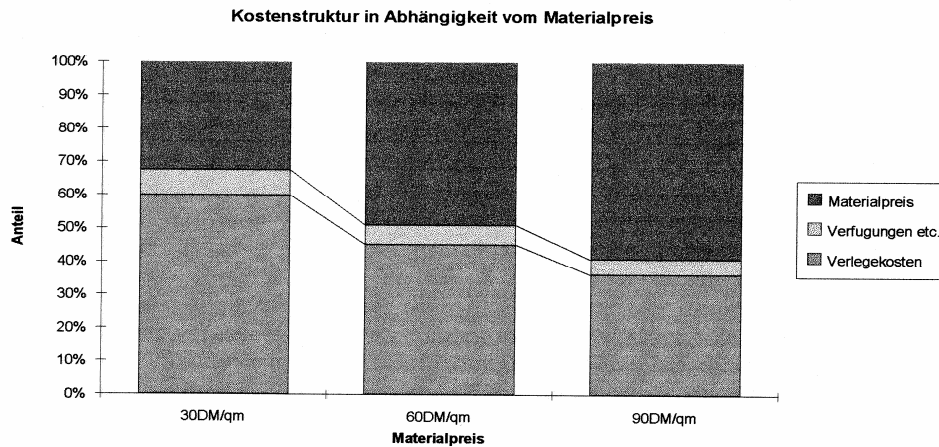


Bild 186

Dennoch erscheint die Automatisierung für den Einsatz im Wohnungsbau auf der Baustelle schwierig. Leistungsfähige Roboter sind allein aufgrund der Anforderung an die Mobilität und durch unterschiedliche Kinematiken von solcher Größe, dass sie in einem kleinen Badezimmer nur eingeschränkt arbeiten könnten. Fliesenroboter wie sie z.B. in Japan entwickelt wurden dienen zum Fliesen großer Flächen und Fassaden oder sie fließen Wandteile, die später zusammengefügt werden. Die Entwicklung eines Fliesenroboters scheint daher eher für den stationären Einsatz in der Vorfertigung geeignet.

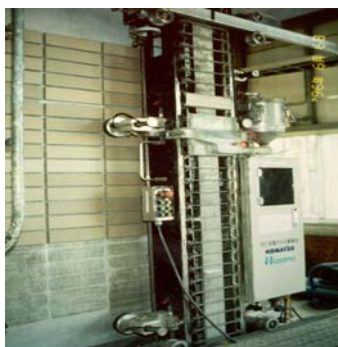


Bild 187
Entwicklung eines japanischen Fliesenroboters für Fassaden

Innenwände und restliche Innenausbauten

Bei den Innenausbauarbeiten wie Fliesenlegen, Maler-, und Schreinerarbeiten etc. ist eine Automatisierung auf der Baustelle schwierig zu erreichen. Türzargen, Türen und Fenster sind im allgemeinen schon standardisierte Massenartikel. Malerarbeiten fallen bei den Gesamtbaukosten nur gering ins Gewicht und sind nur von kurzer Dauer.

Es sollte generell versucht werden, möglichst viele Arbeiten aus dem Innenausbau in die Vorfertigung zu verlagern. Fertigbäder und Installationskerne sind zwar nicht immer günstiger, jedoch wird die Bauzeit erheblich verkürzt, was die Verfügbarkeit des Produktes Haus erhöht und die Zwischenfinanzierungskosten reduziert. Allgemein gilt, dass die Vorfertigung die Qualität steigert und damit die Wertschätzung des Gebäudes erhöht. Für die gesamten Innenwände sollten Lösungen entwickelt werden, damit diese vorgefertigt und modular angeliefert werden könnten. Damit ließen sich die Bauzeiten erheblich verkürzen und Grundrisse dauerhaft variabel halten. Im weiteren Verlauf des Kapitels 3 werden Konzepte und Prototypen für Installationskerne, Sanitärmodule und mobile Montagesysteme für den Innenausbau vorgestellt, wie z.B. das „WaVaria“-Wandsystem in Kapitel 3.9.2.

3.2 Bedeutung der automatisierten Vorfertigung im Bauwesen für den Arbeitsmarkt und das Berufsbild

Wirtschaftliche Erfordernisse, Ansprüche an die Qualität im Fertigbau, notwendige Veränderungen in der Ausbildung und Qualifikation der Mitarbeiter und die Imageverbesserung der Bauberufe durch die Automatisierung sind Inhalt dieses Kapitels.

Wirtschaftlichkeit – Qualitätssteigerung

Die Kosten-Nutzen-Analyse der roboterisierten und automatisierten Baurealisierung über die gesamte Produktlebensdauer von der Erstellung des Konzepts bis zum Recycling ergab, dass die großen Zeitinvestitionen in den ersten Phasen des Systementwurfs erfolgen sollten. Im nächsten Schritt muss neben der Bauproduktion auch die langfristige Nutzung der gebauten Umwelt optimiert werden. Wenn der Nutzen eines Gebäudes verkauft werden kann, z.B. durch Vermieten, Leasing, BOT (build – operate - transfer) oder BOOT (build - own - operate - transfer), dann können die Lebenszykluskosten ökologisch und ökonomisch optimiert werden.

So ist z.B. Toyota seit dem PREVIA Modell in der Lage, wartungsfreie Autos zu verkaufen, was den Vorteil geringerer Betriebskosten für den Kunden gehabt hätte. Den Toyota Werkstätten entgegenkommend, entschied sich Toyota jedoch lediglich für 3- und 5-Jahresgarantien (in Frankreich). Ähnlich verhalten sich die führenden Fertighaushersteller in Japan ihren Bauherren gegenüber. Der Kunde erhält für sein Fertighaus eine 10- bis 20-Jahresgarantie und ein Rückgaberecht, für den Fall, dass er sich wieder ein neues Fertighaus des Herstellers kauft.

Der „After Sales Service“ (Kundenbetreuung nach dem Hausbau) wird sehr systematisch und personalintensiv betrieben, was der Fertighausfirma Kosten verursacht. Diese zusätzlichen Bemühungen um den Kunden führen zu einer hohen Kundenzufriedenheit und somit zur Markentreue. Neben den aufwendigen Marketingaktivitäten summieren sich die Kosten der Kundenaquise und -betreuung auf bis 20 % des Umsatzes. Diese Ausgaben können nur gerechtfertigt werden, wenn in anderen Unternehmensbereichen Überschüsse erzielt werden.

Analog verhält es sich auf den roboterisierten bzw. automatisierten Baustellen, auf denen einerseits durch die rationelleren Bauverfahren 30 bis 50 % der Arbeitskräfte eingespart werden können, andererseits aber viel Sicherheits- und Reinigungspersonal, das eigentlich nicht produktiv ist, eingesetzt wird.

Beim Vergleich der betriebswirtschaftlichen Produktivität zwischen deutschen und japanischen Bauarbeitern zeigt sich die höhere Produktivität der deutschen Kollegen. Allerdings wird dieser betriebswirtschaftliche Vorteil durch volkswirtschaftliche Nachteile, wie Belastung der Sozialkassen, Arbeitslosengeld etc., teuer erkaufte. Wie bereits erwähnt liegt die Arbeitslosigkeit in Japan trotz des intensiven Robotereinsatzes (700.000 Roboter in Japan gegenüber 50.000 in der BRD) bei nur ca. 3,4%.

Volkswirtschaftlich wäre es sinnvoll, in gewissen Baubereichen durch Automatisierung und Bauroboter hocheffiziente Arbeitsplätze zu schaffen, die Überschüsse erzeugen,

durch die dann die anderen Arbeitskräfte, die z.B. lernschwach sind bzw. arbeitslos werden würden, für sozio-technische Arbeiten, z.B. im Bereich der Arbeitssicherheit, vergütet werden könnten. Die Automatisierung und Roboterisierung schafft im Augenblick eine höhere Arbeitslosigkeit. Aber im Grunde will der Mensch sich ja von der harten, gesundheitsschädigenden Arbeit befreien, und deshalb kann die Loslösung von der „Maloche“ erstrebenswert sein, wenn der Mensch sich neuen z.B. sozio-technischen Arbeiten zuwenden kann und dafür gut honoriert wird.

Wenn es uns gelingen würde, durch Automatisierung im Bauwesen Arbeit zu „sparen“ und damit Freiräume für neue attraktive, ökologisch und gesellschaftlich sinnvolle Berufsinhalte zu schaffen, dann würden wir einerseits unser Sozialsystem entlasten und andererseits durch intelligente Innovation wieder neue wettbewerbliche Vorsprünge gegenüber den Billiglohnländern erzielen, ohne diesen und uns zu schaden, da jeder seine Nische im Weltarbeitsmarkt finden würde.

Zukünftige Anforderungen an die Arbeitnehmer hinsichtlich Ausbildung und Qualifikation

Zur Einschätzung der sich verändernden Bedingungen innerhalb der Ausbildung und bei der Qualifikation durch den fortschreitenden technischen Wandel in der Bauwirtschaft bedarf es einer Betrachtungsweise, die abgelöst von den einzelnen Ausbildungsberufen, die übergeordneten Veränderungen untersucht.

Die Untersuchung der Qualifikationsanforderungen mit der Zielsetzung, das Bildungssystem in die Lage zu versetzen, die Anforderungen der Praxis bei der Gestaltung von Ausbildungsplätzen, besonders im Hinblick auf die durch Automatisierung im Bauwesen verändernde Bedarfssituation, schneller und frühzeitiger zu berücksichtigen, gestaltet sich aufgrund methodischer Probleme schwierig.

Diese Schwierigkeiten, die in einer Forschungsarbeit im Auftrag des Bundesinstituts für Berufsbildung ausführlich dargestellt werden, treten nicht nur beim Versuch ein, zukünftige Qualifikationsanforderungen zu prognostizieren, sondern sie gelten auch für die empirische Erfassung gegenwärtiger Anforderungen.

Die Probleme haben ihren Grund darin, dass sich die Qualifikationsnachfrage der Unternehmen nicht nur an den sachlichen Gegebenheiten zur Herstellung von Gütern oder Dienstleistungen orientiert, sondern auch an dem Qualifikationsangebot, das vom Bildungssystem ausgeht. Das bedeutet, dass das Qualifikationsangebot die Nachfrage nach Qualifikationen beeinflusst und somit die Nachfrage vom Angebot nicht unabhängig ist.

Ob nun der Bedarf nach einer veränderten Ausbildung im Bereich der Automatisierung im Bauwesen besteht, könnte deshalb von Seiten der Nachfrager eher ablehnend beantwortet werden, weil das Vorkommen der Automatisierung in vielen Bauberufen noch eine sehr untergeordnete Rolle spielt.

Umgedreht könnte man bei der Betrachtung traditioneller Handwerkstechniken argumentieren. Setzt man zum Beispiel die Tatsache als Maßstab, dass diese Techniken in der beruflichen Praxis vieler Handwerker kaum noch vorkommen, könnte man zu der

Entscheidung kommen, auch in der beruflichen Ausbildung darauf zu verzichten, sie zu vermitteln. Betrachtet man dagegen die Technik als Bestandteil des kulturellen Erbes einer Gesellschaft, dann müsste man sie gerade deswegen in der Ausbildung beibehalten, weil sie in der beruflichen Tätigkeit nicht mehr vorkommen.

Die Ausbildung wäre dann nämlich vermutlich der einzige Ort, an dem die damit verbundenen Materialkenntnisse, Werkzeughandhabungen und prozessualen Fähigkeiten noch systematisch bewahrt und tradiert würden.

Selbst die Neueinführung technischer Geräte aufgrund des technischen Wandels ist nicht nur Voraussetzung für Qualifizierungsnotwendigkeiten, sondern auch Folge vorhandener Qualifikation. Solange es zum Beispiel keine PCs auf Baustellen gibt, die das Abrechnen von Leistungen, Mengen und Stunden erleichtern, ist in den Betrieben erfahrungsgemäß auch wenig Bereitschaft vorhanden, den PC-Einsatz mit einer ungeübten oder unwilligen Belegschaft einzuführen. Eine empirische Beobachtung würde dann voraussichtlich zu dem Resultat kommen, dass PCs nicht vorhanden sind, und dementsprechend PC-Kenntnisse auch nicht als erforderlich eingeschätzt werden. Fällt die Ausbildungsentscheidung aber umgekehrt aus, wird der Umgang mit dem PC in der Ausbildung vermittelt, dann haben die Betriebe auch einen Anreiz, solche Geräte einzuführen, ohne übermäßige Anlaufprobleme befürchten zu müssen.

Gerade weil der Qualifikationsbedarf der Praxis immer größer ist, als es die aktuellen Tätigkeiten und Fähigkeiten der auf dem Bau Beschäftigten ausdrücken, ist es wichtig, sich gegenüber dem Ausbildungsbedarf an neuen Techniken und Technologien nicht zu verschließen. Betriebe haben stets ein Interesse an Beschäftigten, die mehr können, als aktuell von ihnen verlangt wird. Und Beschäftigte haben ein Interesse an einer Qualifikation, die sie nicht nur zur gegenwärtigen Arbeit befähigt, sondern auch zur Bewältigung neuer Anforderungen und zur Wahrnehmung beruflicher Chancen unter wechselnden Bedingungen.

Hinter dem hohen Tempo der Technisierung bleibt die Entwicklung der Qualifikation der Facharbeiter offenkundig zurück. Mangelnde Kenntnisse und Fertigkeiten der Facharbeiter in der Gerätebedienung werden nach der Aussage der Forschergruppe „BAQ“ der Hochschule Bremen, in fast allen Handhabungsfeldern häufig genannt.

Bedingt durch die zunehmende Maschinerisierung und Automatisierung zahlreicher Arbeitsvorgänge, erhalten Qualifikationen im Zusammenhang mit der Bedienung, Wartung und Instandsetzung von Maschinen und Fahrzeugen einen erhöhten Stellenwert. Der Trend zur Miniaturisierung von Maschinen und Geräten, z.B. Versetzkräne im Mauerwerksbau, hat auch eine Verlagerung von Gerätebedienfunktionen von spezialisierten Geräteführern hin zum „normalen“ Facharbeiter zur Folge.

Die Auswirkungen dieser Entwicklung auf die Anforderungen an Beschäftigte sind allerdings uneinheitlich. Tendenzen, die eine Vereinfachung der Tätigkeiten mit sich bringen, stehen solchen gegenüber, von denen deutlich höhere Anforderungen an die Qualifikation der Beschäftigten ausgehen.

Dementsprechend uneinheitlich sind die Anforderungen und Erwartungen der Betriebe an die beruflichen Kenntnisse und Fertigkeiten der Facharbeiter. Auf der einen Seite werden

Forderungen einer stärker auf Spezialisierung ausgerichteten Berufsausbildung vorgetragen, auf der anderen Seite stehen Forderungen nach einer verbesserten breiten betrieblichen Grundbildung.

Imageverbesserung der Bauberufe

Der Robotereinsatz und die Automatisierung kann zur Imageverbesserung der Bauwirtschaft beitragen. Zumindest in Japan ist dieser Effekt zu beobachten: Junge Leute wollen wieder auf dem Bau arbeiten und zwar dort, wo sie mit Robotern zu tun haben und die Tätigkeiten weniger mit Bauarbeit, sondern eher mit Ingenieursarbeit in Verbindung zu bringen sind.

Eine erhöhte Attraktivität des Gewerbes könnte den absehbaren Arbeitskräftemangel mindern und die Zukunft der Facharbeiter sichern helfen. Die Arbeit der Angestellten und der gewerblichen Arbeitnehmer wird sich weiter angleichen. Durch die veränderten Arbeitsbedingungen und einhergehend mit dem Abbau von Belastungen wird Bauarbeit für weitere Personengruppen attraktiv. Bauarbeiter, die einem hohen körperlichen Verschleiß unterliegen und heute oft vorzeitig berentet werden müssen, könnten bei Unterstützung durch Robotertechnologie länger tätig sein. Durch die Entwicklung entsprechender Robotersysteme, deren Schwerpunkt auf die körperliche Entlastung der Arbeiter gerichtet sein sollte, würden die Bauberufe, in denen hohe Belastungen auftreten, wieder attraktiver.

Arbeiten beim Umgang mit schweren Lasten, schmutzige und gefährliche Arbeit oder Arbeit an schwer zugänglichen Stellen könnten idealerweise von Robotern oder durch deren Unterstützung in Mensch-Maschine-Systemen, ausgeführt werden. Die hohe Anzahl von Frühverrentungen und arbeitsbedingten Erkrankungen könnte durch diese Entwicklung ebenfalls wirksam reduziert werden.

Der Markterfolg hängt von der Mitarbeitermotivation und der Qualifikation der Arbeiter ab. Ziel muss sein, dass auch Baufirmen eine Personalpolitik betreiben, die es ihren Mitarbeitern ermöglicht, sich selbst im Unternehmen optimal entfalten zu können. Wenn ein Mitarbeiter seine Persönlichkeit im Betrieb entfalten kann, dann ist er motiviert und hat Spaß an der Arbeit. Somit wird er für sein Unternehmen die fehlerfreien Produkte bauen, die diesem zum Markterfolg verhelfen werden.

Qualifikationserfordernisse

Durch moderne Fertigungssysteme könnten die Qualifikationserfordernisse eher zunehmen als abnehmen. Bedient werden müssen diese Systeme von den Facharbeitern auf der Baustelle, da nur so eine Integration in die Arbeitsabläufe zu garantieren ist. Für die Bedienung der Fertigungseinrichtungen sind Kenntnisse der Funktion und Einsatzbedingungen nötig. Es müssten außerdem Fähigkeiten zum Entwerfen von Arbeitsplänen für den Roboter erworben werden, wie die Fähigkeit zur Überwachung, Steuerung und Änderung seiner Tätigkeitsabfolgen. Auch sollten kleine Störungen selbst behoben werden können. Jeder Baufacharbeiter sollte die Möglichkeit besitzen, diese zusätzlichen Qualifikationen zu erwerben, um die Flexibilität der Arbeitsabläufe zu garantieren.

Die Anforderungen an ein modernes Berufsbild für Facharbeiter stehen im Zusammenhang mit den möglichen Entwicklungen auf den Baustellen, die sich wie folgt charakterisieren lassen:

- verstärkte Entwicklung auf dem Gebiet Automatisierung und Teilmechanisierung
- vermehrter Fertigteileinsatz
- Verschiebung der Schwerpunkttätigkeit von Rohbau und Ausbau in Richtung intelligente Gebäude- und Haustechnik

Die verbesserten Arbeitsbedingungen durch den Abbau körperlicher Belastungen und Gesundheitsschädigungen würden das Baugewerbe für junge Facharbeiter wieder attraktiver machen. „Köpfchen statt Muskelkraft“ könnte dann die Devise lauten. In Zukunft werden neue Berufsbilder durch Automationstechnologien im Bauwesen entstehen. Dabei ist fraglich, inwieweit Facharbeiter aus der konventionellen Bauwirtschaft die Maschinenbedienung übernehmen können, wenn sie von reinen Leistungserbringern zu Systemüberwachern und zu Dienstleistern an Servicesystemen werden. Hier müssen zunächst Kenntnisse über Funktionen und Einsatzbedingungen erworben werden, um Arbeitspläne für entsprechende Geräte entwerfen, Tätigkeitsabfolgen steuern und überwachen und kleinere Störungen an den Maschinen beheben zu können.

Die zunehmende Automatisierung in der Vorfertigung sollte nicht zu neuen Problemen in den Bereichen Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit führen. Systeme, die weiträumige Absperrungen aus Gründen des Arbeitsschutzes benötigen oder die bei jeder Annäherung von Menschen ihre Arbeit einstellen, lassen sich kaum in den normalen Arbeitsablauf integrieren und sind nicht wirtschaftlich. Auch aus Gründen der Arbeitssicherheit ist somit Teilautomaten den Vorzug zu geben.

Die Einführung der Systeme darf nicht zu einer Verstärkung von Kontrollmechanismen führen. Eine unmittelbare oder indirekte Leistungs- und Verhaltenskontrolle im Rahmen von Betriebsdatenerfassungs- oder Produktionssteuerungssystemen ist nicht hinnehmbar und stellt die Akzeptanz in Frage.

Die entsprechenden Anforderungen an die Technologie- und Produktentwicklung sind vorausschauend zu berücksichtigen. Damit eine menschenorientierte Technikgestaltung erreicht werden kann, sollten nur Verbundvorhaben gefördert werden, bei denen das Zusammenspiel von Mensch, Arbeit und Technik schon im frühesten Entwicklungsstadium berücksichtigt werden. Dabei sind auch die Erfahrungen mit Robotertechnik aus anderen Branchen, insbesondere im Metall- und Automobilbereich, einzubeziehen. Es sind Versuchsfelder zu schaffen, um mit Prototypen praktische Erfahrungen sammeln zu können.

3.3 Übertragungsmöglichkeiten der Entwicklungsprozesse aus dem Maschinen- und Fahrzeugbau auf das Bauwesen

Seit mehreren Jahren werden im Maschinen- und Fahrzeugbau Systeme entwickelt, die auch sehr komplexe Bauteile geometrisch und funktional exakt beschreiben können. Konstruiert wird dabei mit dreidimensionalen Volumen, sogenannten Solids. Es stehen für die Modellierung der Bauteile komfortable Werkzeuge zur Verfügung. Parametrisches Konstruieren erlaubt ähnlich wie beim Skizzieren die Festlegung der Grundgeometrie und der Proportionen des Volumens. Die genauen Maße können immer wieder verändert werden. Ebenso lassen sich relativ einfach Varianten des entworfenen Bauteils erstellen. Interaktives Drehen des Objekts im Raum stellt genauso wenig ein Problem dar wie das Ziehen von beliebigen Schnitten. Weiterhin stehen direkte Schnittstellen zu Analysetools wie der Finite-Element-Methode (FEM) zur Verfügung, mit denen sich die Qualität des Entwurfs überprüfen lässt. Notwendige Veränderungen lassen sich so relativ schnell erkennen und ausführen. Der Entwerfer kann aus dem Datenmodell diverse Informationen über das Bauteil und die Baubarkeit beziehen. Nicht zuletzt können aus dem Modell Daten für die Fertigung an CNC-Maschinen (CNC: Computer Numerical Control) gewonnen werden. Der Entwerfer kann sogenannte Constraints (Zwangsbedingungen) für die Konstruktion vorgeben. Zu diesen Randbedingungen gehören beispielsweise begrenzte Einbauplätze und die Möglichkeiten der Werkzeuge von CNC-Bearbeitungszentren. So kann das Entwurfssystem Kollisionen mit den Achsen der Maschine frühzeitig erkennen und visualisieren.

Zwar sind die Anforderungen aus dem Fahrzeugbau mit denen im Bauwesen schon aufgrund der unterschiedlichen Stückzahlen nicht 1 : 1 übertragbar, doch es wird deutlich, dass die dort eingesetzten Werkzeuge übertragbare Chancen und Möglichkeiten für die automatisierte Fertigung im Bauwesen eröffnen. Will man ähnliche Rationalisierungseffekte, wie sie im Fahrzeugbau erwartet werden, auch im Bauwesen nutzen, so wäre eine hybrid automatisierte Fertigung sinnvoll. Dies um so mehr, da man es im Bauwesen traditionell in hohem Maße mit Einzelfertigungen zu tun hat. So wie in der Automobilindustrie selbst noch beim Endprodukt Serien von mehreren hunderttausend Stück nichts Außergewöhnliches sind, rechnet man im Bauwesen beim Endprodukt üblicherweise mit der Losgröße eins, aber auf der Baugruppen- und Bauteileebene mit der Seriengröße von Millionen. Selbst flexible Fertigungsanlagen, die Einzelstücke weitgehend automatisiert produzieren können, wären also bei einer geeigneten Formulierung der Fertigungsaufgabe im Bauwesen effizient einsetzbar. Eine Voraussetzung dafür ist es, entsprechend dem Vorgehen der Fahrzeugindustrie, ein konsistentes dreidimensionales Produkt bzw. Prozessdatenmodell „Bau“ zu verwenden. Dieses Modell sollte für Aufgaben im Bereich Visualisierung, Konstruktion und Fertigungssteuerung, Gebäudetechnik sowie Facility Management und Recycling dreidimensional gestaltet werden.

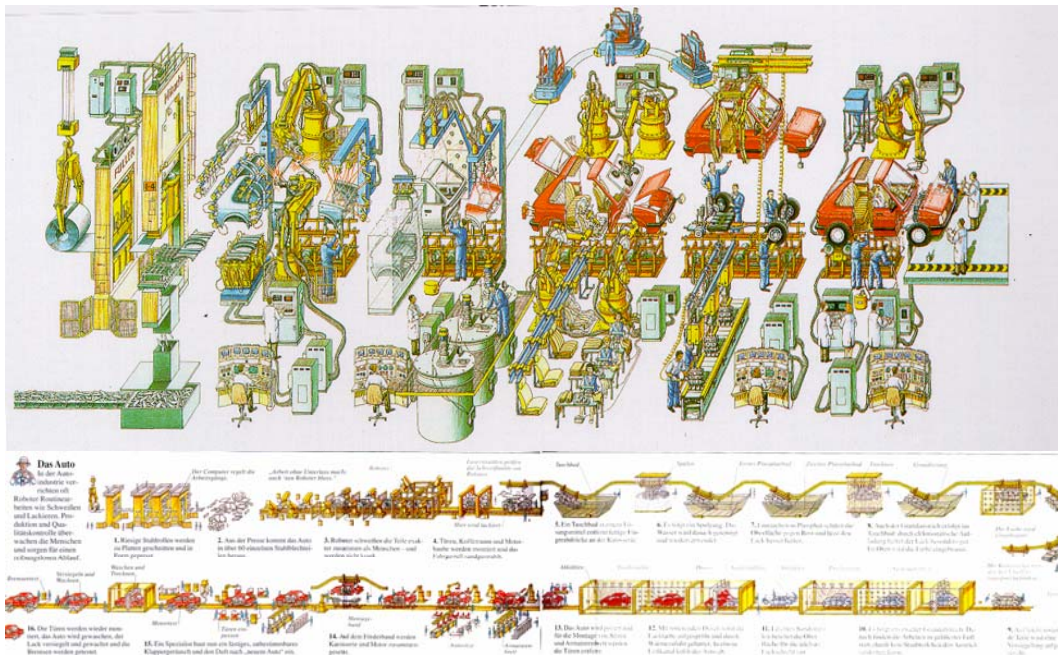


Bild 188 Vorbild Fertigungsstraße im Fahrzeugbau

Die Entwicklungsprozesse im Bauwesen und insbesondere im Holzhausbau können von den Prozessen der Produktentwicklung im Fahrzeugbau Gedankenanstöße erhalten. Obwohl im direkten Vergleich die Unterschiede der beiden Industriezweige bei den Stückzahlen ins Auge stehen, sind Strukturen und Prinzipien in den einzelnen Entwicklungsfeldern durchaus übertragbar.

Kundenorientierung in Forschung, Vorentwicklung und Produktentwicklung

Die Kundenorientierung schafft die Begehrlichkeit eines Produktes, einer Marke. Im Fahrzeugbau, wie in der gesamten Konsumgüterindustrie, gibt es Zielfelder, in denen sich anzustrebende Kriterien wiederfinden. Unabdingbar vom Kunden geforderte und nicht zur Profilierung im Wettbewerb geeignete Basiszielfelder können dabei abgegrenzt werden von Feldern, in denen eine Differenzierung gegenüber anderen Produkten herausgearbeitet werden kann und muss. Was wollen wir erreichen? Was wollen die Kunden? Diese Fragen und die Antworten darauf sollten bei jeder Entwicklung im Blickfeld sein.

Im Automobilbau wollen und fordern die Kunden in der Regeln Qualität und Sicherheit zu einem guten Preis. Diese Kriterien sind zu Basisanforderungen der Verbraucher geworden. Beim Bauen sind es Komfort, Qualität und Preissicherheit. Differenzierungen können und müssen über Felder wie Komfort, Fahrspaß, Design und Innovationen erarbeitet werden. Hierbei wird besondere Sorgfalt darauf verwendet, die Bedeutung für den Kunden nicht aus den Augen zu verlieren, nicht am Kunden „vorbei zu entwickeln.“ Die Wettbewerbssituation zum Zeitpunkt der späteren Vermarktung muss zielsicher vorausgesehen werden.

Alle Beteiligten sind gefordert, nicht einfach nur Neues zu entwickeln, sondern möglichst neue Werte zu schaffen, die dem Zeitgeist vorauslaufen, zu bestimmen was morgen „in“ ist. Eine intensive Trendbeobachtung und das Messen am Besten (Benchmarking) sind eine von allen Mitarbeitern permanent wahrzunehmende Aufgabe. Während diese Aufgaben im Automobilbau in spezialisierten Abteilungen der Konzernstrukturen für die internationalen Märkte äußerst professionell wahrgenommen werden, findet das Messen am Besten im Bauen meist nur regional oder gar am Nachbarn statt. Der Immobilienmarkt ist eben immer noch der Markt der tausend Märkte. Differenzierungen im Markt erfolgen auch durch eine klare Orientierung an angestrebten Marktsegmenten. Die Frage lautet weniger: Was macht der Wettbewerb? , sondern: Was macht der Wettbewerb nicht? In welchen Feldern sind Kundenwünsche unerfüllt? Ziel sollte es sein, den Sektor herauszukristallisieren, der als neue Produktsubstanz vom Markt „aufgesogen“ wird und damit auch wirtschaftlichen Erfolg verspricht. Die sich wandelnden Zielgruppen der Bevölkerung, die eigentlich angesprochen werden sollen, spielen bei dieser Identifizierung künftiger Produkte eine wichtige Rolle.

Kundenorientierung besteht außerdem in der Festigung einer kommunizierbaren Unternehmenskultur. Auf den globalen Märkten der Automobilkonzerne mit ihren immer ähnlicheren und immer kurzlebigeren Produkten besteht ein Bedürfnis nach starken Marken. Marken als Symbole und Zeichen, die Orientierung geben und für Qualität stehen. Wachstum kommt nicht durch ein gutes Produkt alleine, sondern erfordert auch ein starkes Unternehmensimage. Seit Jahrzehnten begleitet BMW der Leitspruch „Freude am Fahren“. Dies ist ein gutes Beispiel dafür, dass sich der Produkterfolg nicht nur aus nüchterner Technik, sondern auch aus emotionalen Erwartungen begründet. In dem Umfeld, in dem ein Unternehmen wachsen und gedeihen will, ist es auf Akzeptanz angewiesen, von Kunden und Mitarbeitern, von Politik und Gesellschaft, von Medien und Finanzwelt.

Zeitliche Strukturierung des Entwicklungsprozesses

Es ist verständlich, dass ein so komplexer Ablauf wie die Entwicklung eines Fahrzeuges sehr detaillierter Einzelprojektpläne bedarf. In den vergangenen Jahren wurden intensive Diskussionen geführt, nachdem die Produktentwicklungszeiten der deutschen Industrie offensichtlich dem Wettbewerbsumfeld hinterher hinkten. Eine drastische Parallelisierung von Abläufen konnte hier erhebliche Fortschritte bringen. Der Zeitpunkt der Produktklarheit (gewusst was) bis zur Serienverfügbarkeit ist auf annähernd zwei Jahre geschrumpft. Allerdings war hierzu die Qualität der frühen Phase, die Zieldefinition, wieder mehr ins Blickfeld zu rücken.

Fahrzeuge unterliegen einem Lebenszyklus. Dieser bestimmt sich letztlich aus der Rentabilität des Gesamtfahrzeugs im Laufe seiner Vermarktung. Die Wettbewerbsfähigkeit und Attraktivität bestimmen die Produktions-Stückzahl. Ein Schlüsselfaktor für den wirtschaftlichen Erfolg der Automobilindustrie ist die Tatsache, dass man diese Lebenszyklen klar vorausplant. Dadurch wird sichergestellt, dass man sich aus „alternden“ Produkten konsequent zurückzieht und den Platz, wie auch die Köpfe der Mitarbeiter, freimacht für neue Ideen und Produkte.

Komplexen Projekten liegt ein allgemein gültiger Ablauf zu Grunde. Es wird mit allen Projektbeteiligten im Unternehmen vereinbart, wie der Weg von einer Idee zu Bauteilen

oder Systemen beschriftet wird, die die Anforderungen hinsichtlich Funktion, Qualität, und Kosten erfüllen. Diese Prozesse werden kontinuierlich hinterfragt:

- Was tun wir heute?
- Wie wollen wir morgen arbeiten?

Ein Forschungs-Zeitraum von bis zu zwei Jahrzehnten kann der Produktklarheit vorausgehen. Eine Zeit, in der ein Unternehmen Kompetenzen für Schlüsseltechnologien der nächsten Generation erarbeitet.

Entsprechend der Zielvisionen müssen für ein neu zu entwickelndes Produkt die technischen Forderungen konkretisiert werden. Für Forderungen, die noch nicht mit konzeptreifen technischen Lösungen hinterlegt sind, werden Vorentwicklungsprojekte angestoßen. Deren Ergebnisse, wie die Summe schon existierender Produktkonzepte für einzelne Komponenten, bilden die Basis für die Komposition eines Gesamtkonzeptes. Bis zu diesem Zeitpunkt sind die Kernkompetenzen des Entwicklers gefordert, während im weiteren Verlauf sukzessive externe Partner über Zielvereinbarungen und Lastenhefte definierte Aufgaben übernehmen können.

Industrieübergreifende Prinzipien in der Entwicklung

Erfolgreiche Unternehmen werden geprägt durch den Fokus auf "Ziele, Prozesse und Menschen". Neue Organisationsmodelle, noch effektivere und effizientere Abläufe orientieren sich daran. Eine hohe Veränderungsbereitschaft, Agilität, das eingehen kalkulierbarer Risiken, eine hohe Lernbereitschaft und eine ständige konstruktive Unruhe ist ihr Kennzeichen.

Die Produktentwicklung konzentriert sich auf Stärken und wettbewerbskritische Technologien, auf Technologien mit der größten Hebelwirkung auf den Markterfolg. Beherrschen andere diese Technologien besser als wir, so sollen diese auch extern weiterentwickelt werden.

Aus den bisherigen Betrachtungen der Produkte und Entwicklungsprozesse ergeben sich Anregungen, die (zumindest aus Sicht eines Automobilingenieurs) Leitbilder für den Holzhausbau darstellen können.⁶⁰

⁶⁰ vgl. Vortrag BMW Fahrzeugtürenentwicklung, Dipl. Ing. Weichenrieder, Rosenheimer Holzbautage

3.4 Definition notwendiger Entwicklungsprozesse im Fertigbau

Architektur und Bauwesen einerseits und Automobilbau andererseits bieten genügend Ansätze, um sich durch gegenseitige innovative Impulse für die Zukunft zu wappnen. In den folgenden Kapiteln wird versucht, die Zielsetzungen und Thesen aus der Produktentwicklung im Fahrzeugbau durch Innovationen in der Fertigungs- und Montagetechnik, auf den Fertighausbau zu übertragen. Ausgehend vom Stand der Industrialisierung und Automatisierung im Fertigbau, wie in den vorigen Kapiteln beschrieben, wird eine mögliche weiterführende Entwicklung in der Produkt- und in der Produktionstechnik aufzuzeigen. Dazu werden in Analogie zum Fahrzeugbau drei Ziele mit neuen Leitbildern für den zukünftigen Fertigbau definiert.

Ziel 1: Kundenorientierung durch Schaffen einer Marke

Die Kundenorientierung durch die Begehrlichkeit eines Produktes, einer Marke schaffen.

- Basisanforderungen für den Verbraucher definieren: Produktklarheit schaffen und für Qualität und Preissicherheit sorgen
- Differenzierungen können und müssen über Felder wie Komfort, Design, Ökologie und Innovationen erarbeitet werden.
- Innovationen in Produkten, also Erfindungen die auch im Markt realisiert werden, honorieren die Kunden

Ziel 2: Technische Anforderungen definieren

Neben Zielvisionen müssen für ein neu zu entwickelndes Produkt die technischen Forderungen konkretisiert werden. Für Forderungen, die noch nicht mit konzeptreifen technischen Lösungen hinterlegt sind, werden Vorentwicklungsprojekte angestoßen.

Existierende Produktkonzepte für einzelne Komponenten bilden die Basis für die Komposition eines Gesamtkonzeptes.

Interdisziplinärer Erfahrungsaustausch und Zusammenarbeit als Schlüsselqualifikation erfolgreicher Unternehmer. Die Vielfalt und der Aufwand neuer Technologien können nicht von einzelnen Herstellern getragen werden.

Teilziele:

- Gewerkeintegration, höherer Integrationsgrad der Systeme untereinander und in den Bauteilen
- freiere Möglichkeiten in der Raumgestaltung, Aufteilung, Umgestaltung und Ausstattung, mobiles Innenwandssystem
- durch maßlich anspruchsvolle Lösungen Wertigkeiten bilden, funktionsfertige Bauteile
- hoher Vorfertigungsgrad, sinnvolle Gebäudeautomation, hohe Durchdringung mit elektrischen Energie- und Signalnetzwerken
- kompakte, zentralisierte Technik mit hohem Standardisierungsgrad

Ziel 3: Weg von einer Idee zu Bauteilen oder Systemen bezüglich Funktion, Qualität, und Kosten kontinuierlich hinterfragen

Anfänglich sollen alle Kernkompetenzen des Entwicklers genutzt werden, während im weiteren Verlauf sukzessive externe Partner über Zielvereinbarungen und Lastenhefte definierte Aufgaben übernehmen.

Die Produktentwicklung konzentriert sich auf Stärken und wettbewerbskritische Technologien, auf Technologien mit der größten Hebelwirkung auf den Markterfolg. Beherrschen andere diese Technologien besser, so sollen diese auch extern weiterentwickelt werden.

Eine qualitative Differenzierung im Wettbewerbsumfeld ist nur zu erreichen, wenn Erwartungen übererfüllt werden, wenn der Kunde positiv überrascht wird.

Teilziele:

- Innovation in den Entwicklungs- und Produktionsprozessen zu schaffen, heißt effizienter werden, also, mehr Leistung bei gleichem Aufwand zu erbringen oder gleiche Leistung bei geringerem Aufwand durch wirksamere Abläufe zu realisieren
- Fertigung, dort wo keine kundenwertige Differenzierung stattfindet, Individualisierung nur an sichtbaren „Oberflächen“
- Kostensenkung durchführen nicht nur über Normteile, sondern durch die firmenübergreifende Verwendung gleicher Teile, bei Elementen die nicht als Produktdifferenzierungsmerkmal für den Kunden wichtig sind, z.B. Schnellverbinder
- komplexe Materialflüsse beherrschen lernen und streng durchorganisierte kurze Montagezeiten realisieren
- die Käufer vom Herstellprozess der Produkte entlasten
- Unikate nur im Luxussegment realisieren
- Entwicklungs- und Produktionsinvestitionen auf hohe Stückzahlen bei geringen Produktkosten optimieren
- Produkt-Kostenklarheit für den Endkunden schaffen und ihm kalkulierbare Betriebskosten bieten
- Generalverantwortung für Produktgewährleistung übernehmen, keine Aufsplitterung
- Qualität beim einzelnen Produkt und in den Prozessen realisieren

3.5 Entwicklung eines Schnellverbinders als Schlüsseltechnologie für den Holz-Systembau

3.5.1 Entwicklungsschritte hin zum Prototypenbau

Aufgabenstellung / Zieldefinition

Beim fertigungsgerechten Bauen ist der montagegerechte Entwurf von Gebäuden und Bauteilen entscheidend für die Machbarkeit schlechthin. Die beim konventionellen Bauen durch Gewerketrennung bedingte sequentielle Fertigung führt zu sehr langen Bauzeiten und einem immens hohen Koordinierungsaufwand der vielen Einzelgewerke. Beim rationellen Bauen entfällt dies durch Gewerkeintegration. Die montagegerechte Planung ermöglicht die parallele, automatisierte Fertigung bei hohem Vorfertigungsgrad und schneller Montage im Holzhausbau.

Bei der Erstellung eines Gebäudes werden zwei Drittel der Produktionszeit für Montageaufgaben verwandt. Aus diesem Grund kann die Effektivität durch den Entwurf von montagefreundlichen und speziell für die automatische Montage geeigneten Bauteilen am stärksten erhöht werden. Die Bauteilstandardisierung und die richtige Füge­technologie spielen dabei eine entscheidende Rolle.

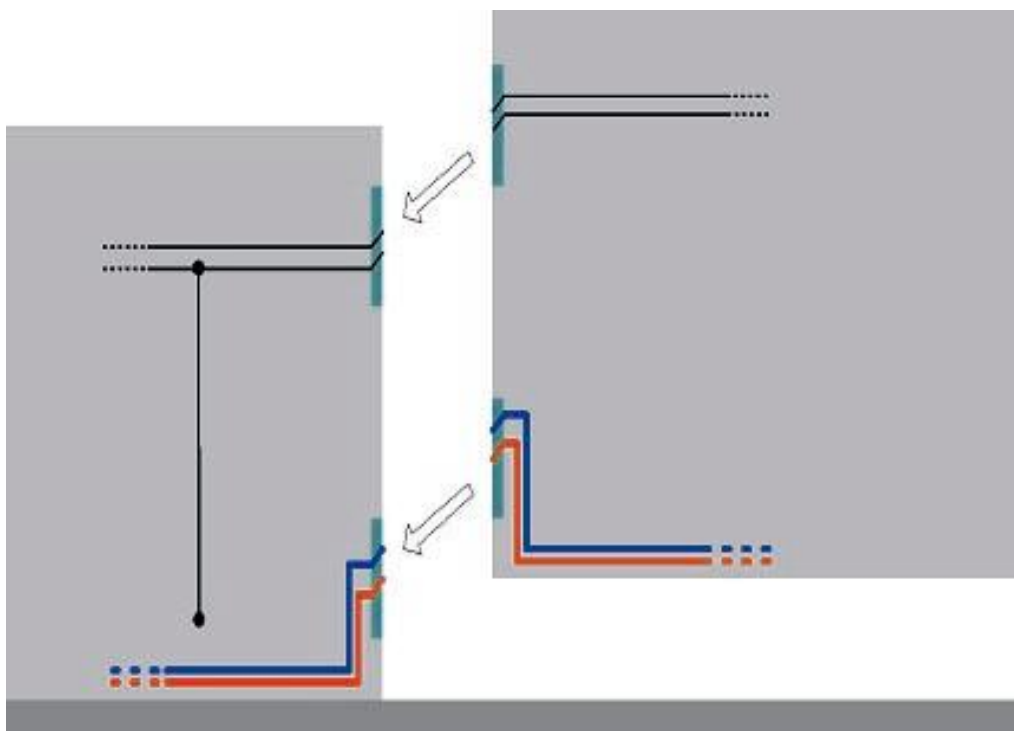


Bild 189 Prinzipdarstellung der Verbindungstechnik mit steckerfertigen Schnellverbindern

Vorgehensweise

In der Entwicklungsphase wurden die favorisierten Entwicklungsrichtungen aus der Ideenfindung entsprechend den Kriterien wie sie in der Analyse bestehender Systeme eingesetzt wurden, weiter untersucht. Die Kriterien waren Anforderungen an die Positionierung, Justierung und Fixierung im Zusammenhang mit den eingesetzten Montagehilfsmitteln. Ebenso stellte sich die Frage der zerstörungsfreien Lösbarkeit und die damit verbundene Wiederverwendbarkeit. Auch die Möglichkeiten der Gewerkeintegration bei dem jeweiligen System stellt eine wesentliche Anforderung im Bezug auf die spätere Realisierbarkeit dar.

Systematisch wurde daran gearbeitet, alle Anforderungen an das System in die möglichen Ansätze zu integrieren. So entstanden früher als geplant erste Systemverbinder und die daraus entwickelten Prototypen. Im Frühjahr 2001 konnten auf der Bau-Messe in München erste Verbinder, in Wand- und Deckenelemente eingebaut, der Fachwelt präsentiert werden.

Durch die frühzeitige intensive Zusammenarbeit mit den im Projekt beteiligten externen Industriepartnern konnte relativ schnell mit der Entwicklung des Verbindersystems begonnen werden. Zur anwendungsnahen Entwicklung der modulartig wechselbaren Steckverbindungen wurden spezialisierte Industriepartner eingebunden.

So entwickelt die Fa. Wieland Electric bereits Steckersysteme nach unseren geometrischen Vorgaben. Es werden wechselbare Modulstecker für Strom, Daten, TV und Bussysteme entwickelt. Die Firma Rectus (Steckersysteme für flüssige und gasförmige Medien) arbeitete intensiv an der Entwicklung der Schnellkupplungen für Trink- und Heizwasserleitungen. Die Fa. Ebert, Instanova arbeitete an der Entwicklung der vorkonfektionierten Elektroleitungssysteme. Mit der Firma WEDA realisierten wir unterschiedliche Prototypen der Schnellverbinder, die wir in die Versuchswände der Partnerfirmen aus dem Holzbau einbauen konnten. Somit konnten erste 1 : 1 Füge- und Belastungsversuche gefahren werden.

Um die Schnellverbindertechnik in einem 1 : 1 Gebäude testen zu können, entstand bereits Mitte des Jahres 2001 die Idee ein 24-Stunden-Haus zu planen. Anhand der Planung des „Einsteinhauses“ habe ich gemeinsam mit Studenten des 5. Semesters ein Gebäude geplant, das mit Schnellverbindern in weniger als 24 Stunden realisierbar sein soll. Für den speziellen Anwendungsfall musste die Gestaltung der Bauteile und die gewählte Fügetechnologie aufs sorgfältigste aufeinander abgestimmt sein. Kompliziertes Design, das bedeutet eine passive Selbstzentrierung von Bauteilen, erleichtert wesentlich die Justierung von Komponenten. Auch das geschickte Verwenden von Symmetrien bzw. gewollten Asymmetrien begünstigt die schnelle Erfassung und Orientierung von Teilen.

Darüber hinaus bedarf es verbesserter oder neuer Fügetechniken. Denkbar sind hier Bauteile und Systeme, die, analog zur Möbelindustrie, saubere, dauerhafte, einfach handhabbare und wieder lösbare Verbindungen zulassen, z.B. „Schnellverschlüsse“ mit Schnapp-, Klapp-, Keil- oder Klemmmechanismus etc. In einem Vorentwicklungsprojekt wurden derartige Verbindungen analysiert, entwickelt und als Prototypen getestet.



Bild 190-191 erste Prototypen der Schnellverbinder hergestellt im Stereolithographie und Vakuumgussverfahren

Grundsätzliches zum Rapid Prototyping und zur Prototypenentwicklung

Die neue Technologie des Rapid Prototyping wird im Maschinen- und Fahrzeugbau erfolgreich eingesetzt und ist aus den Fertigungsprozessen nicht mehr wegzudenken. Anders verhält es sich im Bauwesen. Die Computertechnologie spielt heute eine wichtige Rolle im Industriedesign und hat zu erheblichen Verkürzungen der Entwicklungszeiten beigetragen. So werden CAD-Zeichnungen computergesteuert in dreidimensionale Modelle umgesetzt. Traditionelle handwerkliche Verfahren des Modellbaus werden durch computergesteuerte Verfahren zur Herstellung von Modellen aus Wachs, Kunststoffen und Metall ersetzt.

Rapid Prototyping bedeutet übersetzt soviel wie „Schnelle Prototypenherstellung“. Immer kürzere Produktzyklen und eine wachsende Variantenvielfalt zwingen den Modellbau zu weiteren Technologiesprüngen. Der bis dahin bekannte Modellbau bekam im Zusammenhang mit der neuen Technologie der Modellherstellung die Bezeichnung „Klassischer Modellbau“ oder „Traditioneller Modellbau“.

Der Klassische Modellbau arbeitet mit allen bekannten Verfahren, die bis zum Aufkommen des Rapid Prototyping verwendet worden sind und noch immer verwendet werden. Dazu gehören unter anderem Verfahren wie Hochgeschwindigkeitsfräsen³, Fräsen und Schleifen. Eine Gemeinsamkeit dieser Verfahren ist, dass die Modelle und Formen aus dem vollen Material herausgearbeitet werden, also durch Materialabtrag entstehen.

Rapid Prototyping hat im Modellbau eine Sonderrolle eingenommen, da durch den Einsatz dieser neuen Technologie dreidimensionale Modelle ohne Formen und Werkzeuge hergestellt werden können. Die Verfahren sind eigentlich 2½D-Verfahren, da die Konturierung der Modelle durch schichtweise Aushärtung oder Verfestigung des Baumaterials erfolgt. Die dritte Dimension, der Zuwachs in der Höhe, wird über den

Materialauftrag hergestellt. Es befinden sich Verfahren in der Entwicklung, die zumindest in der Theorie voll 3D-fähig und nicht an die schichtweise Modellgenerierung gebunden sind. Dazu gehören Verfahren wie zum Beispiel das Laser Auftragsschweißen oder das Laser Chemical Vapor Deposition Verfahren. Die generative Modellherstellung unterscheidet sich wesentlich vom Klassischen Modellbau und ist das eigentliche Merkmal des Rapid Prototyping. In der Fachsprache wird deshalb oft der Begriff „Generierende Verfahren“ als Synonym für die Rapid Prototyping Technologie verwendet.

Die Wahl zwischen Verfahren des Klassischen Modellbaus und des Rapid Prototyping fällt leicht, wenn man den Ursprung und die Entstehung betrachtet. Das Rapid Prototyping ist aus der Notwendigkeit entstanden, die vorhandenen dreidimensionalen CAD-Daten ohne Umwege in ein physisches Modell umwandeln zu können. Im Klassischen Modellbau wird seit jeher nach zweidimensionalen Daten gefertigt, die entweder in Form von Hand- oder CAD-Zeichnungen vorliegen. Die Folgerung für die Wahl der geeigneten Bautechnologie ist daher einfach. Sind 2D-Daten die Grundlage, so wird der traditionelle Modellbau mit der Modell-Herstellung beauftragt. Bilden 3D-CAD-Daten in digitaler Form die Ausgangsbasis, so ist das Rapid Prototyping die richtige Wahl.

Klassische Modellerstellung zur Überprüfung der Produktidee

Um die ersten Musterbauteile der Schnellverbinderidee herzustellen, wurden Modelle nach 2-D Zeichnungen erstellt, indem nach den Zeichnungsmaßen die Daten für eine 3-D Hochgeschwindigkeitsfräsmaschine programmiert wurden.

Die ersten Musterteile wurden daher noch aus einem massiven Kunststoffblock gefräst. Die Teile wurden in Ihrer Geometrie so gewählt, dass am Markt vorhandene Steckersysteme der Firma Wieland aus Bamberg eingeclipst werden konnten. Für den selben Bauraum wurden Stecker entwickelt, die für Trink- oder Heizwasserleitungen geeignet sind.

Mit diesen einfachen Modellen konnte die Grundidee der Schnellverbindertechnologie bereits gut getestet werden. Die Ursprungsidee war, dass ein mechanisch verbindendes Bauteil, ähnlich einem Beschlag, einen Bauraum für die Aufnahme unterschiedlicher Medienstecker bietet. Vor allem für die wirtschaftliche Fertigung in Serie ist dies nicht unbedeutend, da die Werkzeugkosten sonst für jede Systemvariante neu anfallen würden und dies eine Markteinführung erschweren würde. Dieses Prinzip konnte bis zur heutigen Version des marktreifen Steckers der Fa. Fischer beibehalten werden. Die Firma Wieland, die durch ihre passenden Produkte zum späteren Entwicklungspartner wurde, ist bis heute Entwicklungs- und Kooperationspartner im Entwicklungsteam der Schnellverbindertechnologie.

In der folgenden Abbildung sieht man im Hintergrund das Steckerpaar eines Seriensteckers der Fa. Wieland und im Vordergrund die Eigenentwicklung als Adaption zur Verbindung der Wasserleitungen. Dabei wurden in die Rohrauslässe 3/8 Zoll Gewinde geschnitten, um Wasserleitungen anzuschließen. Die Steckverbindungen dichteten durch einfache O-Ringe ab.

3.5.2 Bildfolgen zu den Prototypen, Vorserienmodellen und Musterwänden

Bildfolge Entwicklung Prototyp 1

Juni 2000

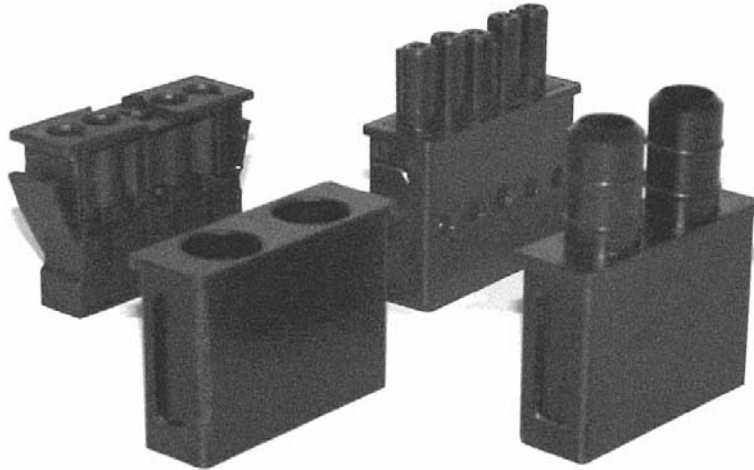


Bild 192. erste Prototypenstecker, aus Kunststoff gefräst

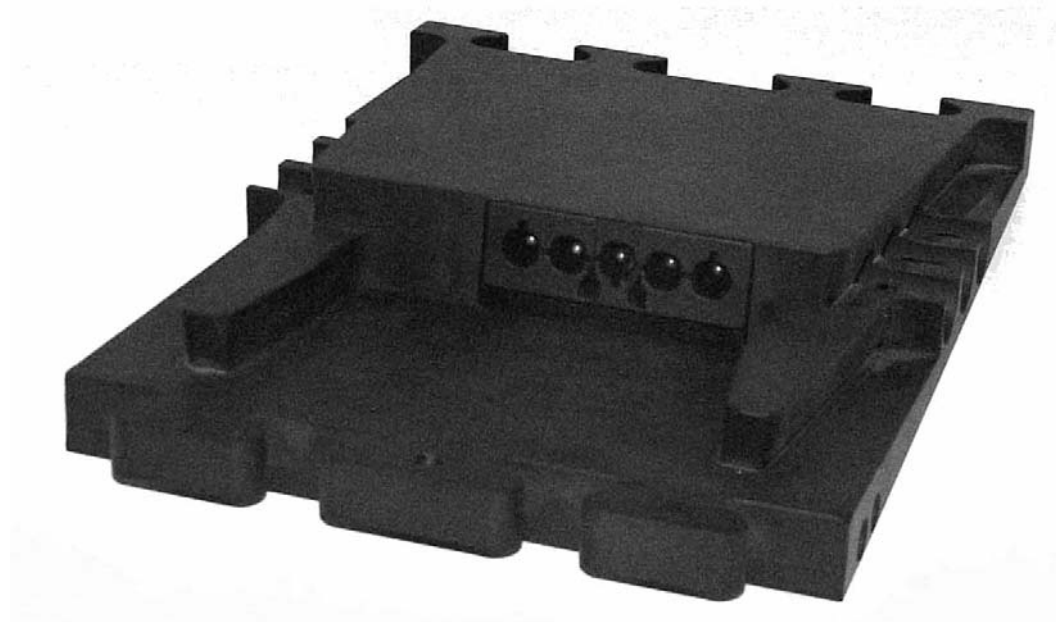


Bild 193 erstes Modell einer Schnellverbinderhälfte mit eingesetztem Serienstecker der Fa. Wieland Electric aus Bamberg, hier Basisbuchsenteil mit 5-poligem Elektrostecker



Bild 194 erstes Modell einer Schnellverbinderhälfte mit eingesetztem Serienstecker der Fa. Wieland Electric aus Bamberg, hier Basissteckerteil mit 5-poligem Elektrostecker

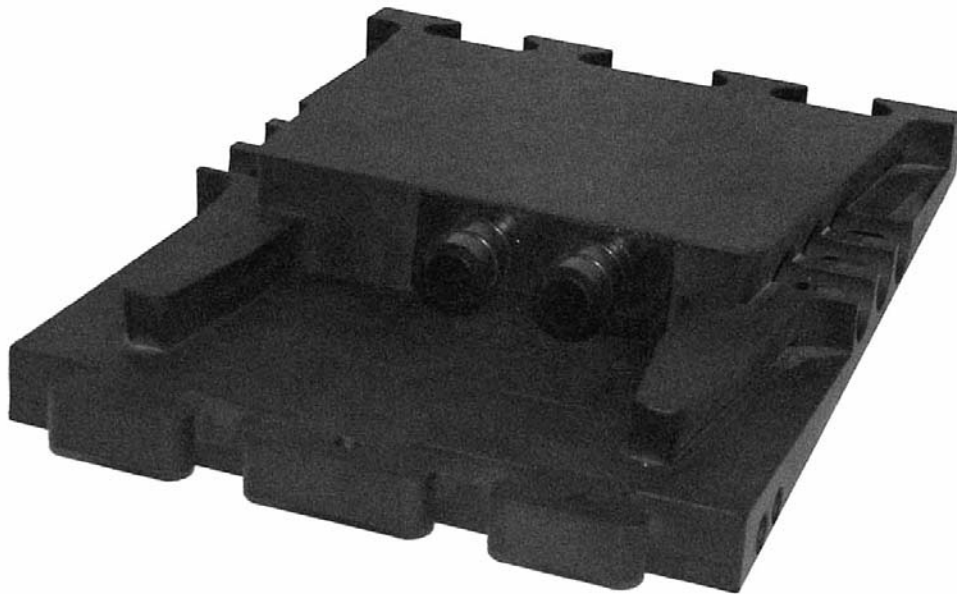


Bild 195 erstes Modell einer Schnellverbinderhälfte mit eingesetztem Adapterstecker für Wasserleitungen
Hier Basissteckerteil mit zwei Leitungssteckern für Heizungs- Vor- und Rücklauf

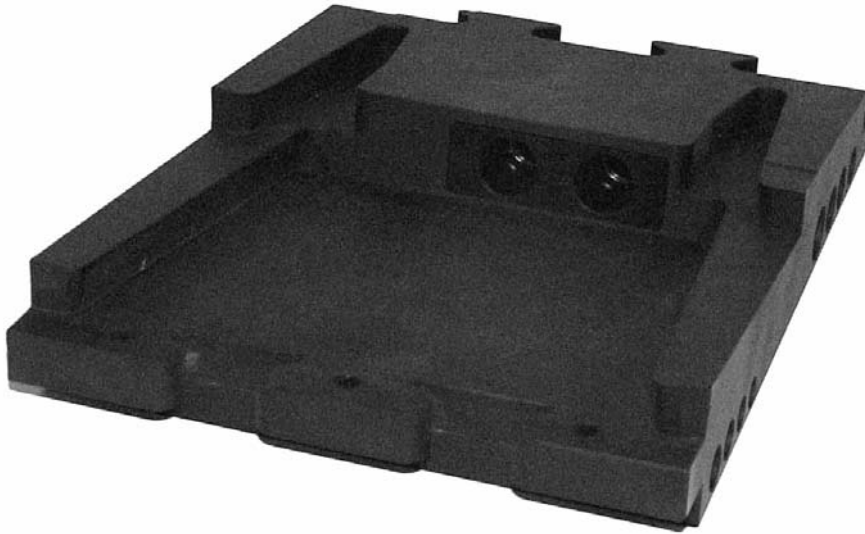


Bild 196 erstes Modell einer Schnellverbinderhälfte mit eingesetztem Adapterstecker für Wasserleitungen, hier Basissteckerteil mit zwei Leitungssteckern für Heizungs- Vor und Rücklauf

An die Basisverbinder wurden bereits puzzleähnliche Zapfen und Ausnehmungen gefräst, mit denen die Teile maßgenau aneinandergesetzt werden konnten. Das stabilisiert die Verbinder untereinander und ermöglicht beliebige Erweiterungen von einem maßlich definierten Punkt.

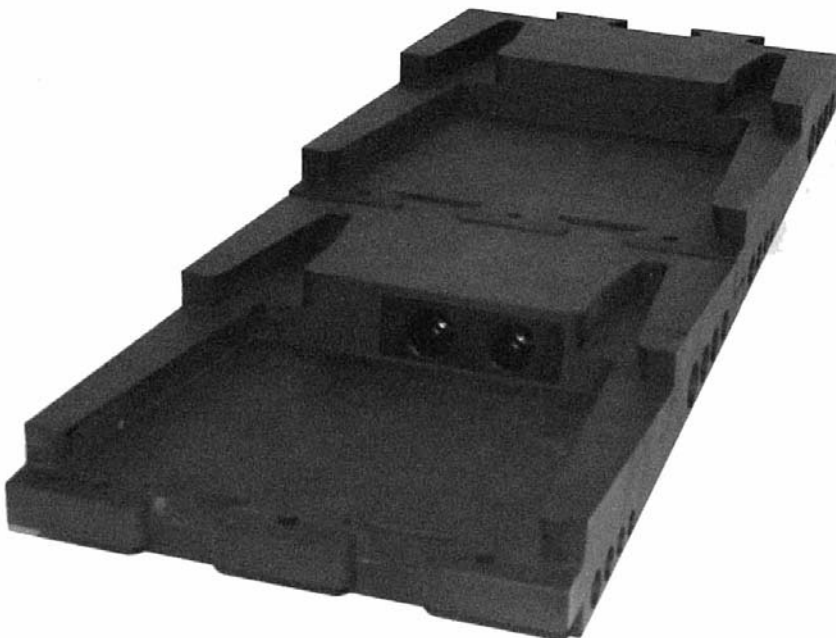


Bild 197 über Puzzleverschluss gekoppeltes Schnellverbinderpaar

Weiterführende Modellstudien und Prototypenentwicklung im Rapid Prototyping

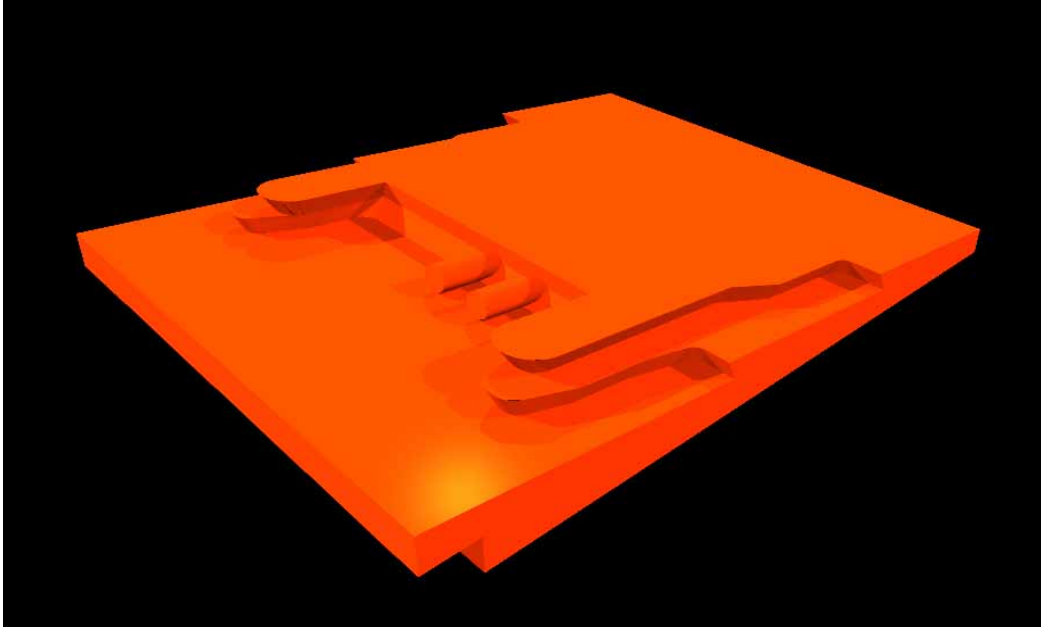


Bild 198 erste 3-D Zeichnungen im Archicad (Architektursoftware) wurden nach 2-D-Zeichnungen in 3-D-Daten umgewandelt.

Eine nachträgliche Umwandlung von 2D-Daten in 3D-CAD-Daten ist sehr aufwendig und daher nicht sinnvoll. In umgekehrter Richtung gilt derselbe Grundsatz. Sind 3D-CAD-Daten vorhanden, ist die Umwandlung in zweidimensionale Schnitte oder Zeichnungen nicht sinnvoll, weil dies immer mit einem Informationsverlust verbunden ist.

Da für die anfänglichen Entwicklungen bereits 2-D-Zeichnungen vorlagen, wurden alle weiterführenden Änderungen bereits in 3-D durchgeführt. Somit waren die Voraussetzungen für die weitere Produktentwicklung in 3-D geschaffen. Da anfänglich noch mit CAD Programmen für Architektur Anwendungen gearbeitet wurde, mussten die Daten wiederum konvertiert und teilweise neu erstellt werden.

Die dreidimensionalen CAD-Daten aus dem Computer wurden durch eine hersteller-spezifische Software aufbereitet, in Schichten zerlegt und von den Prototypen in dreidimensionale, physische Modelle umgesetzt.

Bildfolge Entwicklung Prototyp 2

August 2000

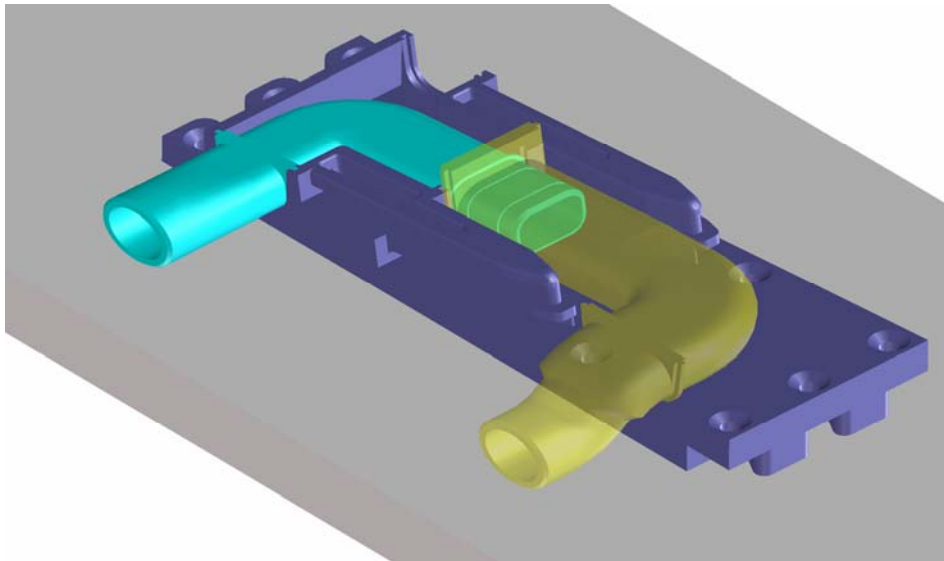


Bild 199 Weiterentwicklung durch Reduktion auf einen möglichst großen Wasserstecker und Verschmälerung der Stecker von 200 mm auf 70 mm

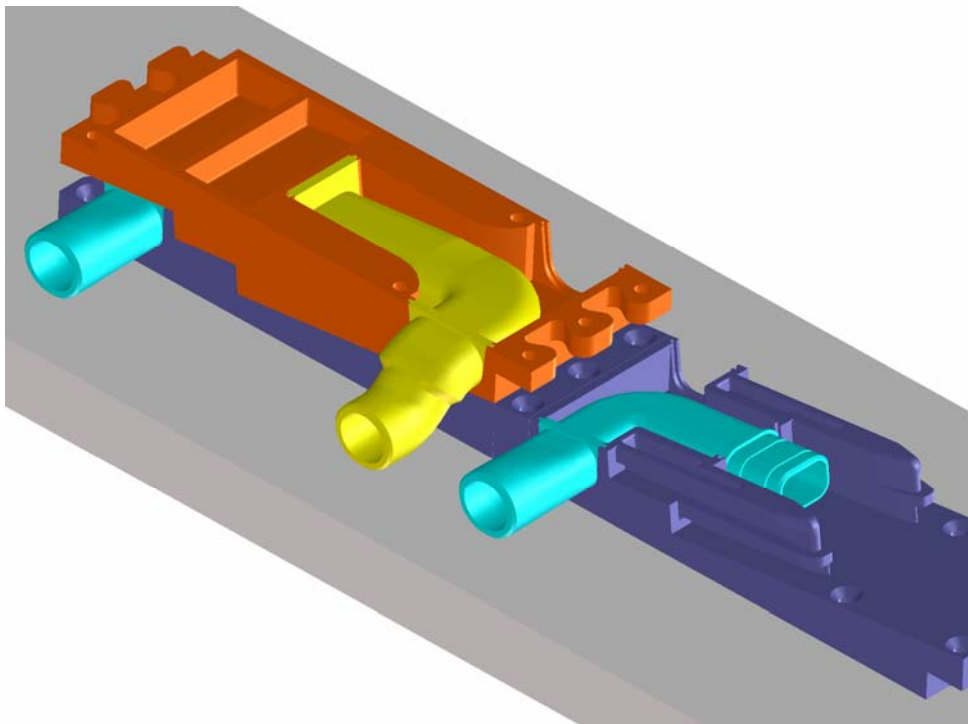


Bild 200 Weiterentwicklung durch Koppelbarkeit und Baugleichheit von Buchse und Stecker in Breite und Höhe

Zeichnungen wurden in SOLID-DESIGN (Maschinenbau-Software) erstellt

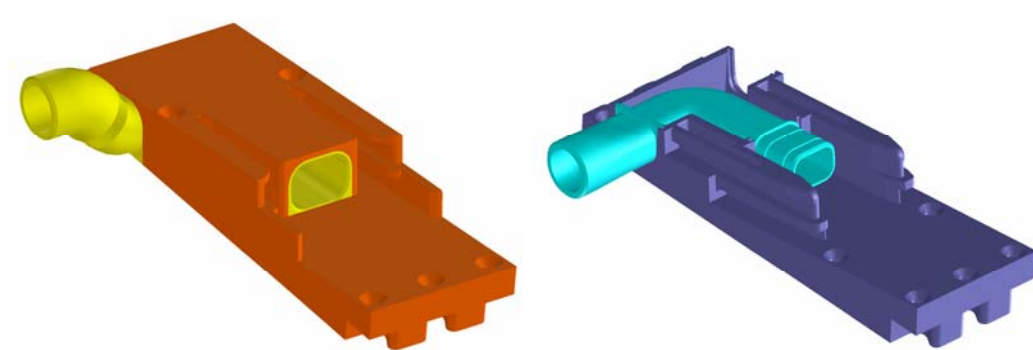


Bild 201 Wasserbuchse und Wasserstecker mit möglichst flachem Querschnitt

Problematisch stellte sich hierbei aber noch die O-Ring Dichtung dar. Die Stecker waren auf Serienstecker aus der Elektroindustrie abgestimmt. In einer weiterführenden Stufe wurden die Wasserverbindungen daher rund gewählt und die Elektrostecker erstmals angepasst.

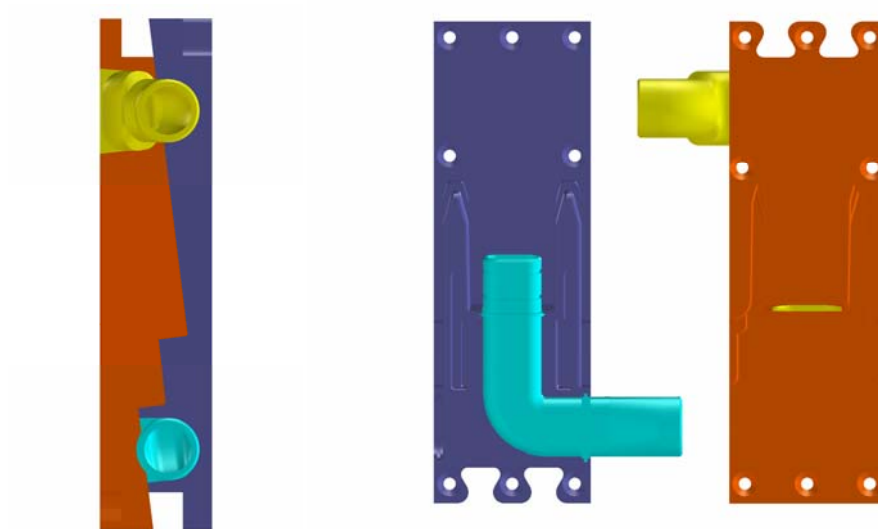


Bild 202 Durch die Verkröpfung der Anschlussstutzen konnte die Vermittlung der Öffnungsachsen erreicht werden.

Bildfolge Entwicklung Prototyp 3:

Oktober 2000

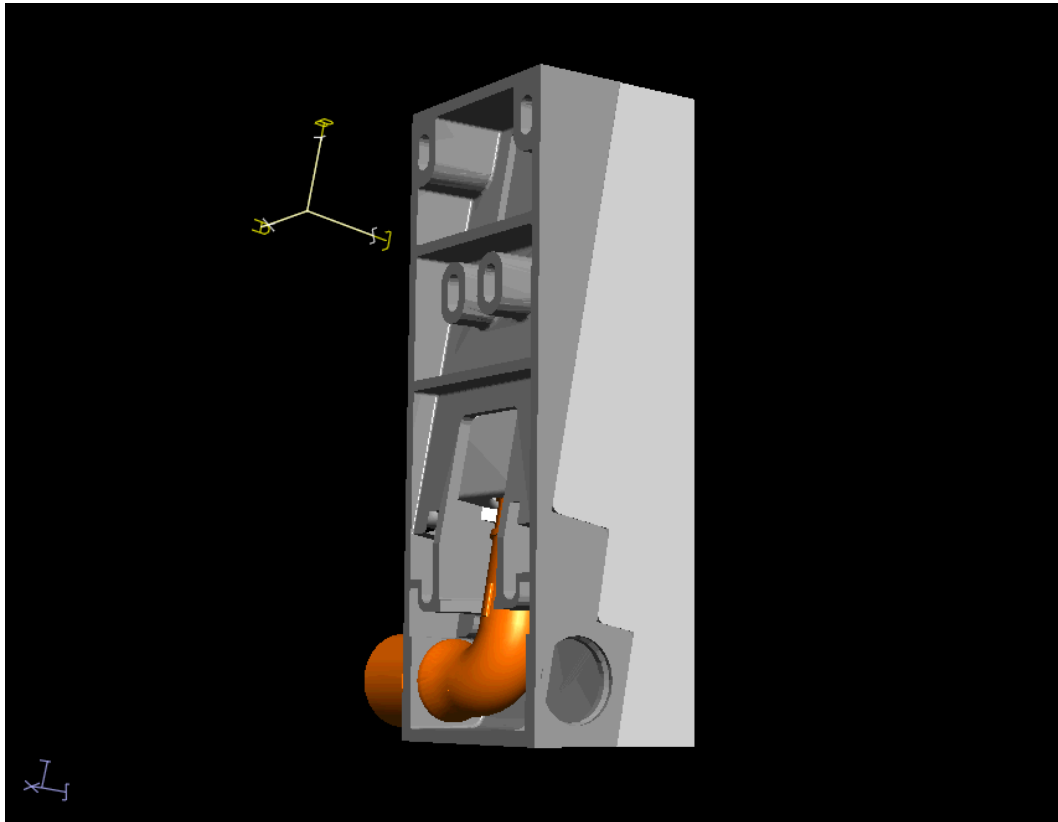


Bild 203 Verbinderentwicklung minimiert auf die Maße 200 x 70 mm, Steckerteil mit Öffnungen in 3 Auslassrichtungen

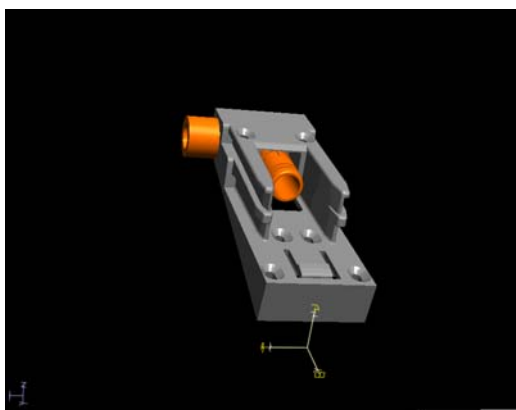


Bild 204 Schnellverbinderhälfte (Steckerteil)

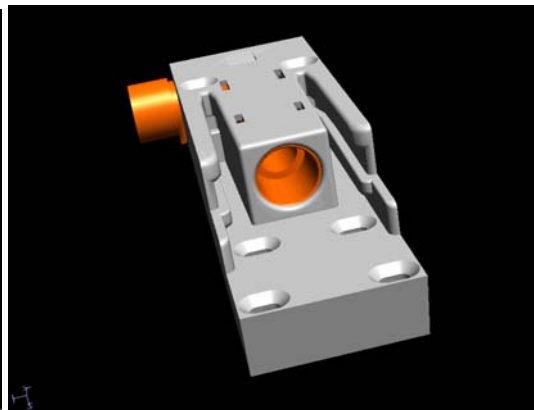


Bild 205 Schnellverbinderhälfte (Buchsenteil)

Januar 2001

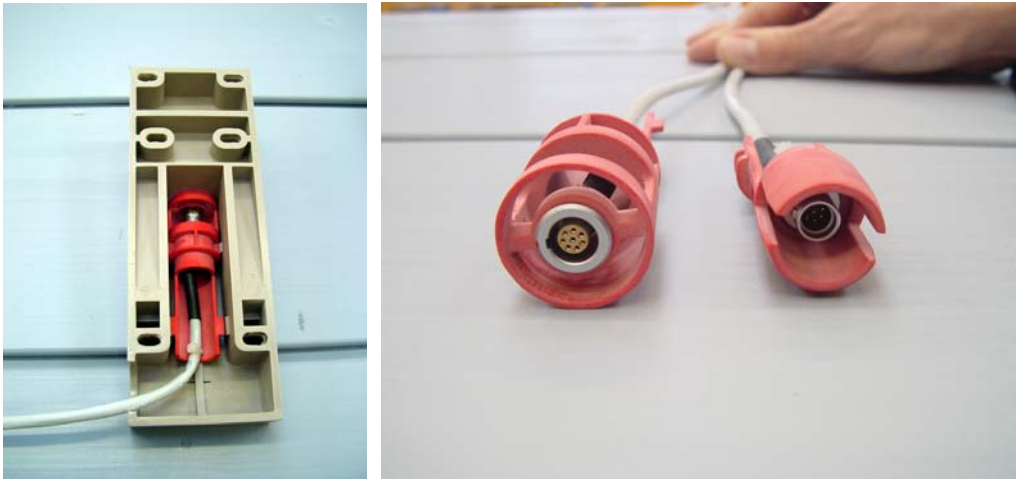


Bild 206-207 Unterseite mit eingeklipstem Stecker für Computerleitungen, Datenstecker



Bild 208 Datenstecker im Prototypengehäuse

Bildfolge Entwicklung Prototyp 4:

Januar 2002

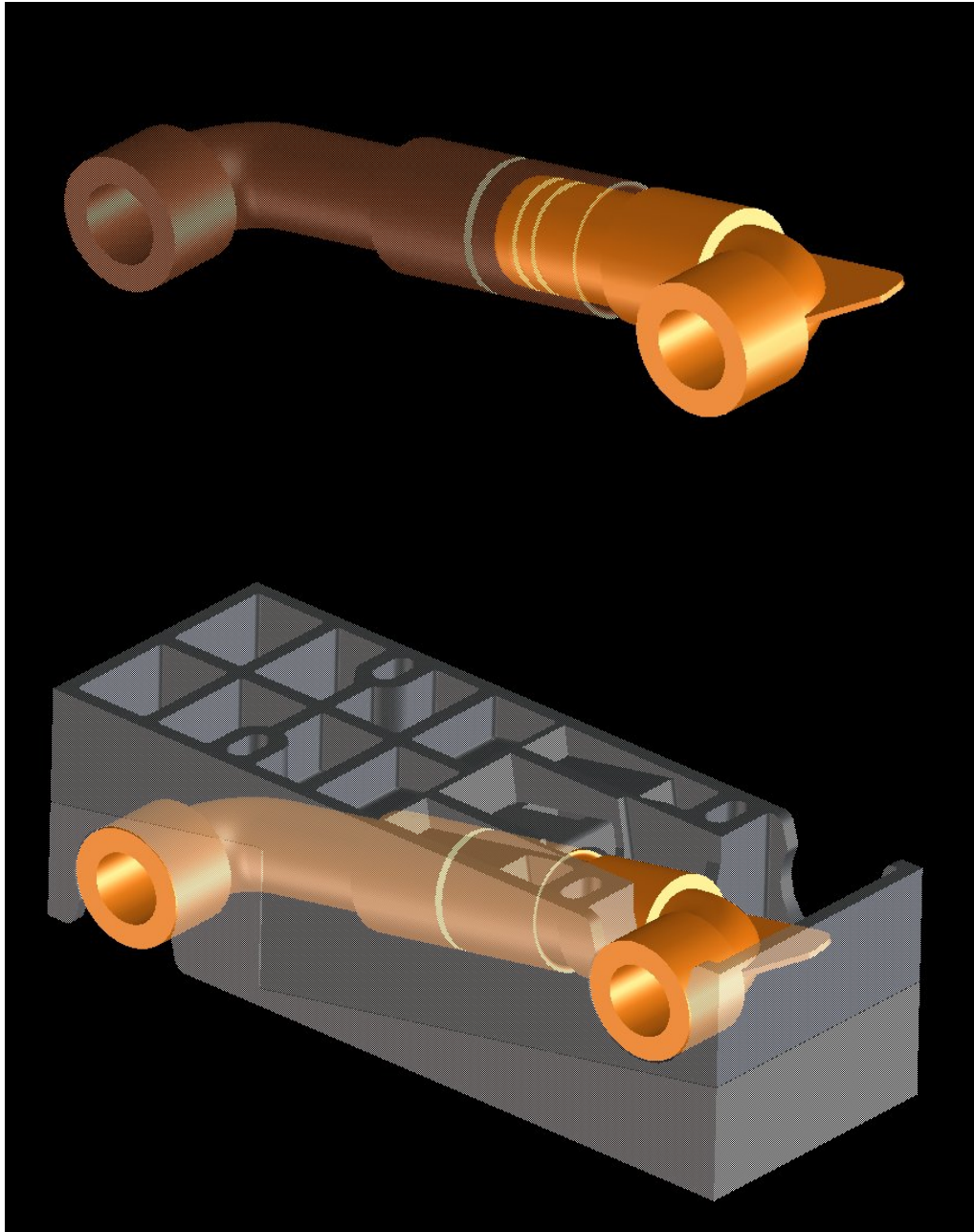


Bild 209 Schnellverbinder mit integriertem Wasserstecker

3-D Ansicht des zusammengeführten Steckerpaares; Auslassachsen liegen beide mittig: wichtige Voraussetzung für gespiegelten Einbau. Exakte Positionierung und Rückschlagsicherung (für Druckschläge bis 30 bar) durch Einclipsen des Auslassstutzens in das Verbindergehäuse.

Wechselseitiger und gespiegelter Einbau in 3 Richtungen mit einfachem Stecker möglich

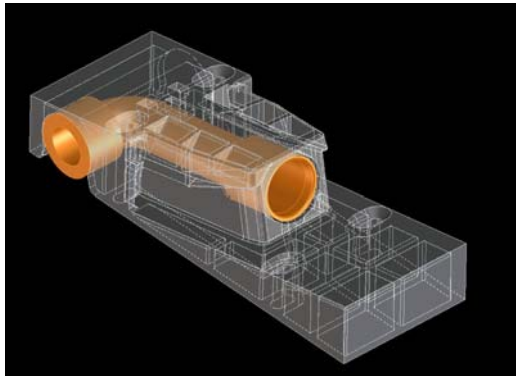


Bild 210 Wassersteckerteil

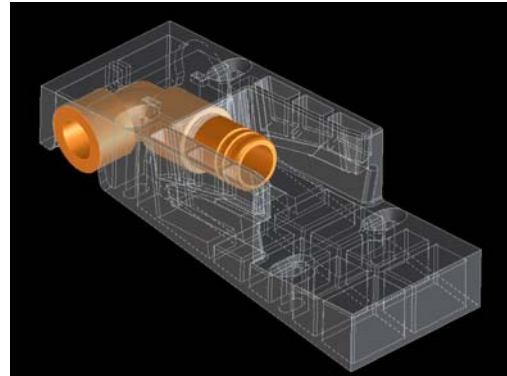


Bild 211 Wasserbuchseiteil

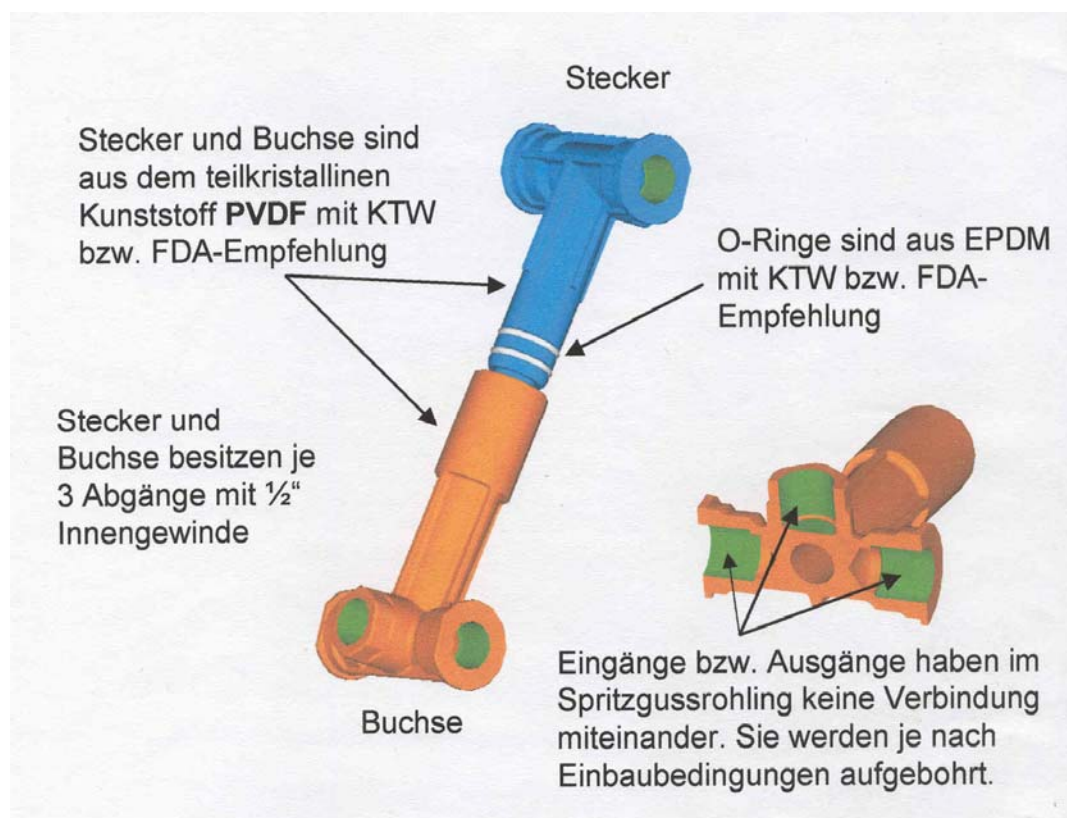


Bild 212 Weiterentwicklungen der Wasserverbinder durch Entwicklungskooperation Munitec-Fischerwerke – Rectus

Planung und Bau erster Musterwände

Baumesse 2001

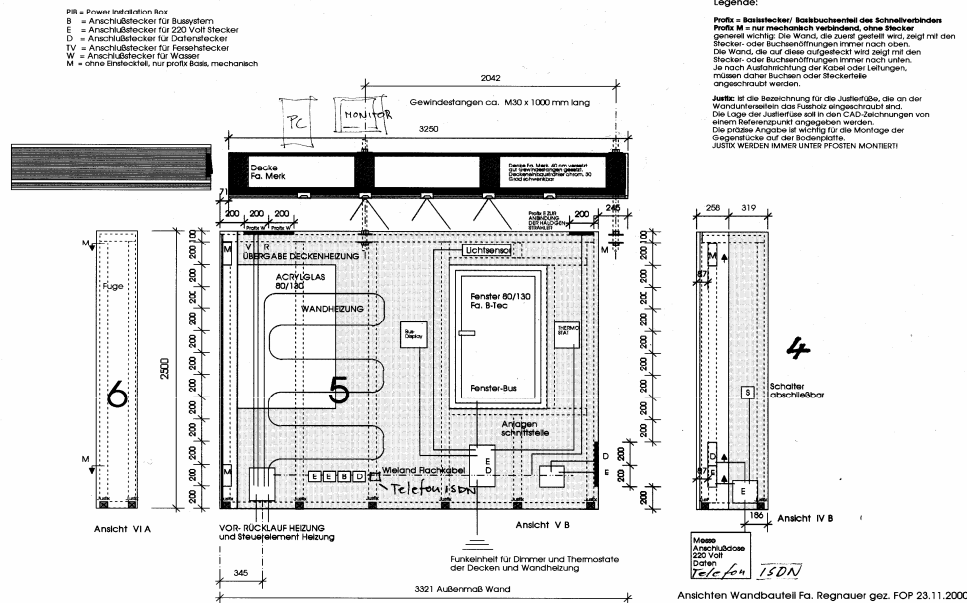


Bild 213 erste Prototypenwand auf der Baumesse München 2001

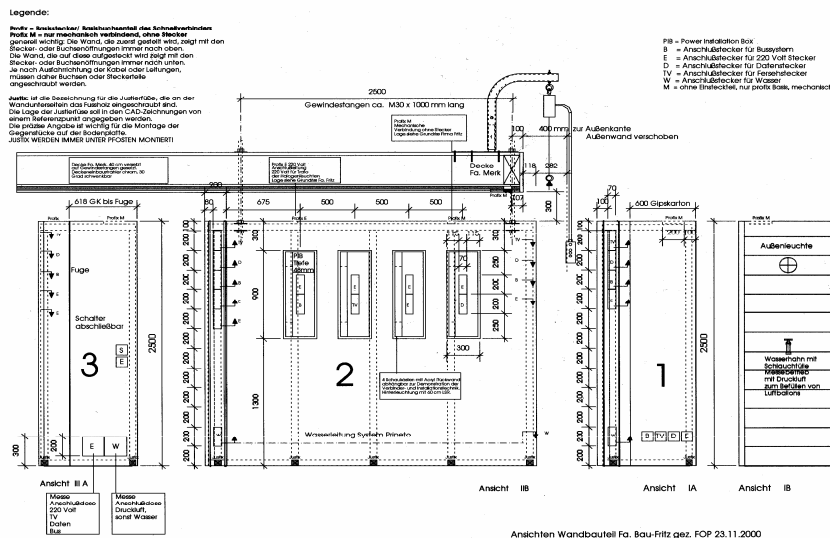


Bild 214

Erste Prototypenwand mit eingebauten Steckern für Wasser, Strom und Datenbus



Bild 215 Steckerseite Musterwand



Bild 216 Buchsenseite Musterwand

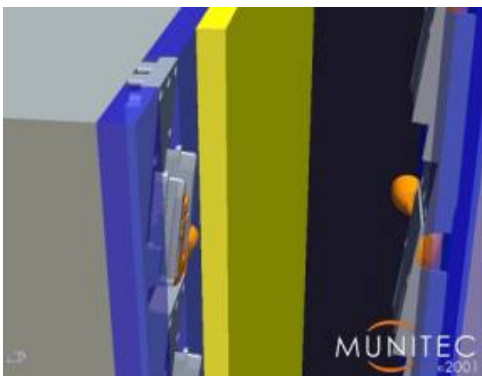


Bild 217 Animation einer Wandmontage mit Simulationssoftware Ansysim

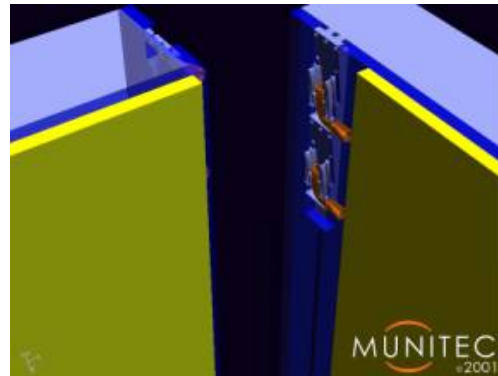




Bild 218 Prototypenwände im Versuch und zur Präsentation beim Innovationstag der Firma Merk Holzbau in Aichach



Bild 219 Installation erster Versuchswände der Firmen Bau-Fritz, Merk Holzbau und Regnauer Fertighäuser



Bild 220 Präsentation der ersten Prototypen in einer Versuchswand auf der Baumesse München 2001



Bild 221 Versuchswand der Firma Bau-Fritz auf der Baumesse München 2001

Bildfolge Entwicklung Vorserienmodell 1:

Januar 2003

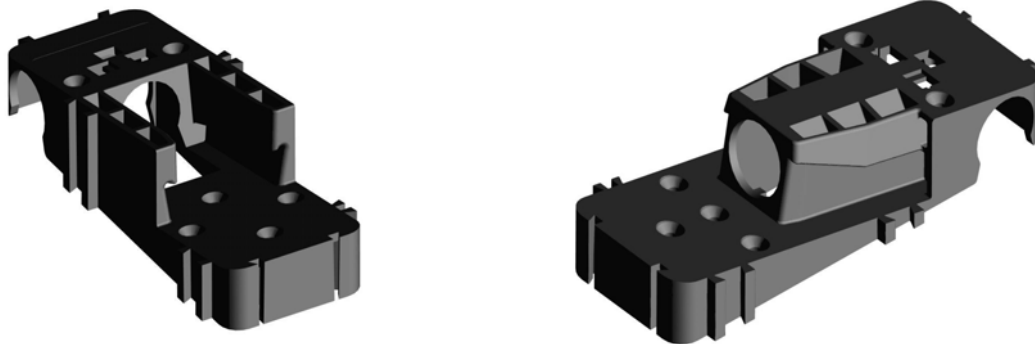


Bild 222 Basisstecker und Basisbuchse, Grundgehäuse der Firma Fischer als Vorserienmodell

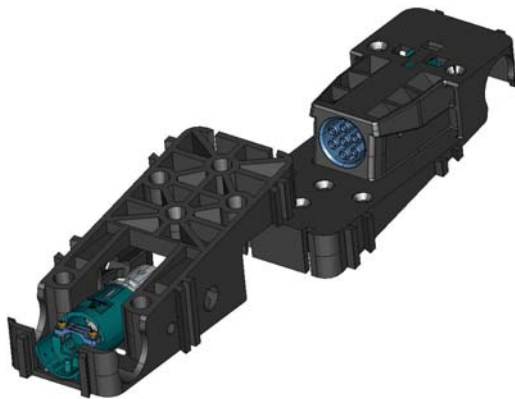


Bild 223 Steckergehäuse mit eingebautem Stecker für Elektroleitungen der Fa. Wieland

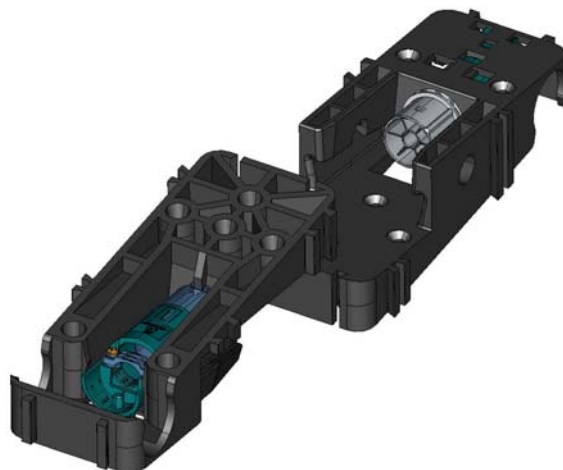


Bild 224 Unterseite Steckergehäuse mit eingebautem Stecker für Elektroleitungen

Simulation und Erprobung von Wand- und Deckeneinbausituationen in Modellstudien und Musterbauteilen



Bild 225



Bild 226



Bild 227



Bild 228



Bild 229



Bild 230

Bilder 225-230 1:10 Modellstudie bei der Firma Fischerwerke in Kooperation mit Weberhaus. Das Projektteam der Firma Fischer: Herr Finkbeiner Herr Daily und Herr Fischer.

Bildfolge Vorfertigung im Werk von Vorserienmodell 2:



Bild 231



Bild 232



Bild 233



Bild 234



Bild 235



Bild 236

Bild 231-236 Einbau aller Elektroinstallationen mit vorkonfektionierten Steckern und Kabeln durch die Firma Wieland bei Weberhaus. Oben: Schnellverbinder an Deckenstirn montiert

Bildfolge Versuchsbaustelle “Winter“ Klimatest Vorserienmodell 2: März 2004



Bild 237



Bild 238



Bild 239



Bild 240

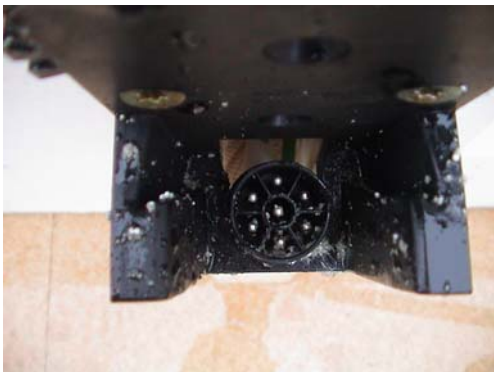


Bild 241



Bild 242

Alle Wände waren komplett installiert. Trotz der harten winterlichen Bedingungen verlief die Montage reibungslos und zügig.

Bildfolge Versuchsbaustelle “Bussysteme“ Vorserienmodell 2:

Juni 2004



Bild 243



Bild 244



Bild 245

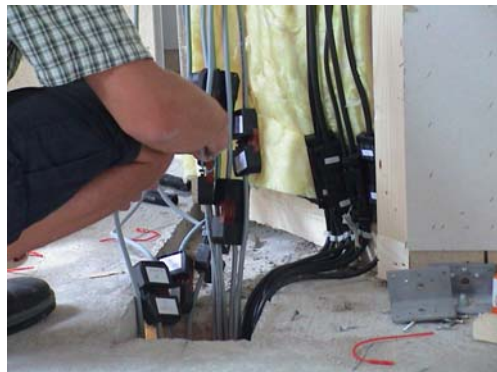


Bild 246



Bild 247

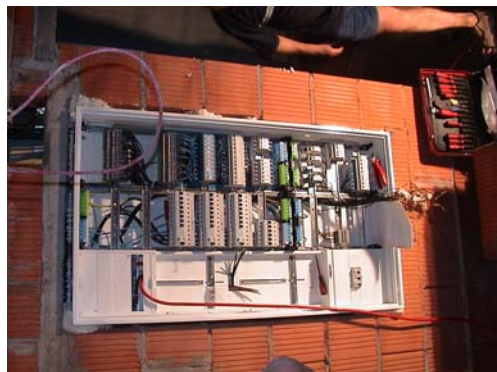


Bild 248

Vollausgestattetes Haus mit Elektroinstallation und Bustechnik im gesamten Haus. Durch die zentrale Verteilung kommt es zu großen Kabelmengen und -Wegen. Bei einer etagenweisen Verteilung mit Ringführung können diese auf wenige Übergabestellen reduziert werden. Es fehlen hier noch die Systemlösungen im Keller, wo noch konventionell gearbeitet wurde.

3.6 Zielvision 1: Optimierung der Montageprozesse auf der Baustelle

Um den Stand der Technik in der Montagebauweise bei Fertighausunternehmen analysieren und bewerten zu können, wurde exemplarisch eine **detaillierte Montageanalyse** bei einem Hersteller durchgeführt. Im Sinne der Zielsetzung 2 aus Kapitel 3.4 werden für die unterschiedlichen technischen Entwicklungsmöglichkeiten die technischen Anforderungen definiert. Wie zuvor im Zielkatalog beschrieben, werden hier für ein neu zu entwickelndes Produkt die technischen Forderungen für alle Bauteile im System konkretisiert.

Für Forderungen, die noch nicht mit konzeptreifen technischen Lösungen hinterlegt sind, werden Entwicklungsmöglichkeiten aufgezeigt und Vorentwicklungsprojekte mit Kompetenzpartnern aus der Industrie angestoßen.

Existierende Produktkonzepte für einzelne Komponenten bilden die Basis für die Komposition eines Gesamtkonzeptes. Somit werden bestehende Systeme am Markt genau analysiert und auf die Modifikation oder Einbindung in das Gesamtsystem hin untersucht.

Bei jeder der nachfolgenden Bauteil- und Montage- bzw. Fertigungsanalyse werden die bereits genannten Teilziele des Ziels 2 verfolgt :

- Gewerkeintegration, höherer Integrationsgrad der Systeme untereinander und in den Bauteilen.
- freiere Möglichkeiten in der Raumgestaltung, Aufteilung, Umgestaltung und Ausstattung, mobiles Innenwandssystem
- durch maßlich anspruchsvolle Lösungen werden Wertigkeiten gebildet, funktionsfertige Bauteile
- hoher Vorfertigungsgrad, sinnvolle Gebäudeautomation, hohe Durchdringung mit elektrischen Energie- und Signalnetzwerken
- kompakte, zentralisierte Technik mit hohem Standardisierungsgrad

Zwar unterscheiden sich die Fertigbauunternehmen im Detail und auch im Vorfertigungsgrad, jedoch zeigen die Untersuchungen auf verschiedenen Montagebaustellen, dass der erreichte Stand bei der Montage auf der Baustelle bei den modernsten Betrieben nur unwesentlich voneinander abweicht.

3.6.1 Montagezeitendiagramm und Bildfolge zum Aufbau eines Fertighauses

Das Montagezeitendiagramm verdeutlicht, in welcher zeitlichen Relation die einzelnen Montagearbeiten zueinander stehen.

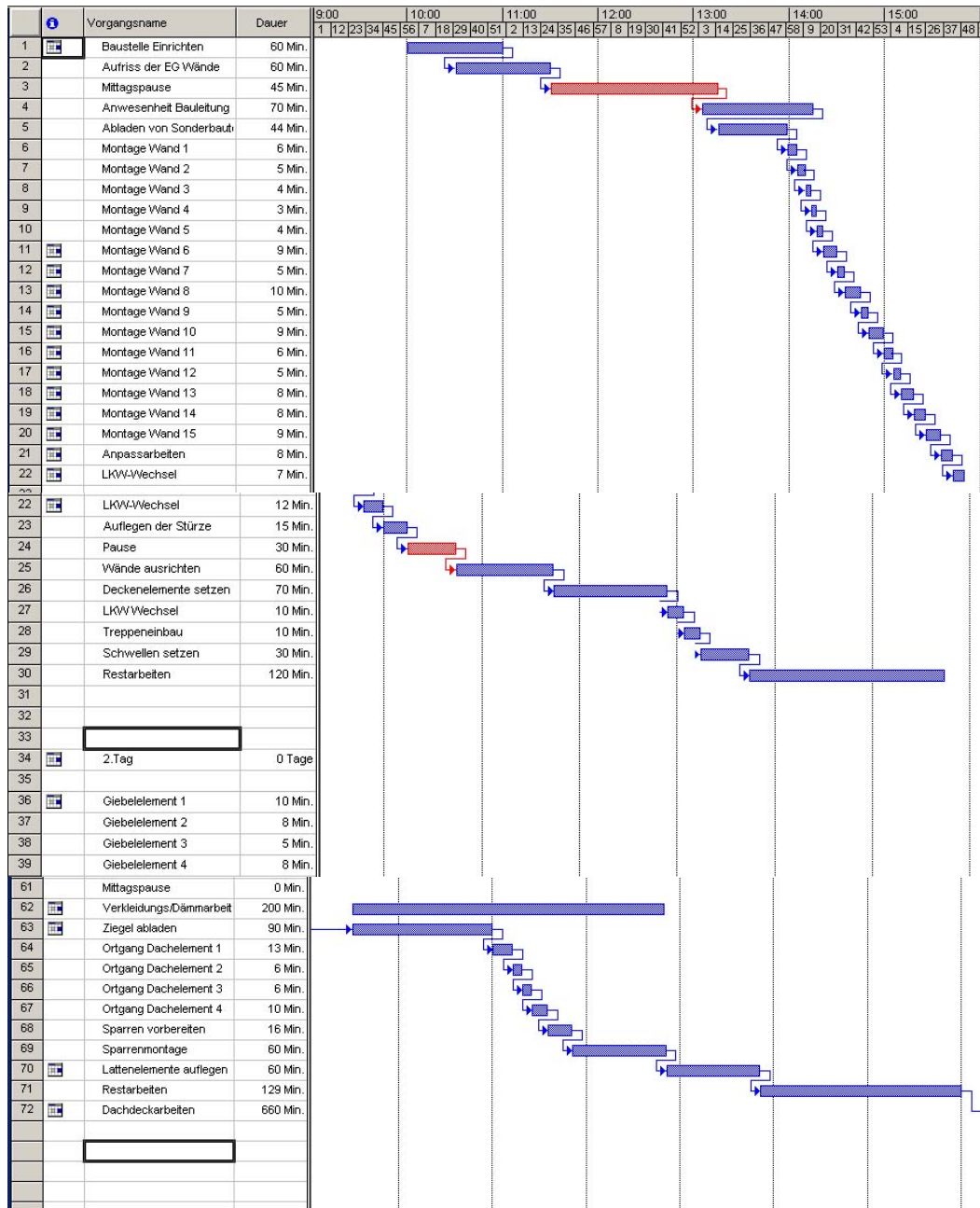


Bild 249 Zeitmessung Montage Platz-Haus

Anhand der folgenden Bildfolge eines Bauablaufs werden im Anschluss 3 Leistungsphasen analysiert und bewertet. Aus den Beobachtungen werden Maßnahmen für zukünftige Verbesserungen abgeleitet, die zu einem insgesamt höheren Vorfertigungsgrad führen sollen.



Bild 250 Anlieferung der Erdgeschosswände



Bild 251 Positionierung Kran, entladen LKW 1



Bild 252 Stellen der ersten Erdgeschosswände



Bild 253 4 Arbeiter werden benötigt für Positionieren



Bild 254 Justieren und Fixieren der Wände



Bild 255 Ausrichten der Erdgeschossaußenwände



Bild 256 Justieren der Innenwände zueinander



Bild 257 Ausrichten und Fixieren der Innenwände



Bild 258 Legen der ersten Deckenelemente Element 1



Bild 259 Wartezeiten während der Fixierung von



Bild 260 Abschrauben der Deckenelemente



Bild 261 Einsetzen der Fertigterrasse in Aussparungen



Bild 262 Setzen der ersten Giebelelemente



Bild 263 Setzen der Kniestöcke



Bild 264 Stellen des Gerüsts zur Dachmontage



Bild 265 teilinstallierte Giebelelemente



Bild 266 Setzen von Sonderteilen zum Vordach



Bild 267 Fixieren der vorgefertigten Dachelemente



Bild 268 Stellen von Sonderbauteilen



Bild 269 Zwischenlagern der Dachdämmstoffe



Bild 270 Zwischenlagern der Ziegel



Bild 271 Schließen der Dachfläche



Bild 272 Fixieren der Dachelemente



Bild 273 Anpassarbeiten im Firstbereich

3.6.2 Potentialanalyse Leistungsphase 1: “Baustelle Einmessen und Einrichten“



Bild 273



Bild 274



Bild 275

Das Einrichten der Baustelle beginnt mit dem Entladen des Montagewagens. Alle Werkzeuge und Hilfsmittel zum Einmessen des Gebäudeaufrisses werden auf der Kellerdecke abgestellt. Mit dem Nivelliergerät wird der höchste Punkt der Kellerdecke ermittelt. Von diesem Punkt aus werden weitere Punkte eingemessen und die Auflagerpunkte mittels Hölzchen hergestellt. Der Keller wird nochmals vermessen.

Alle Wände und Innenwände werden nach Plan eingemessen und mit der Schlagschnur aufgerissen. Die Genauigkeit der Kellerdecke wird mit ± 5 mm vorgegeben.

Nach dem Aufreißen werden alle weiteren Montagehilfen abgeladen. Schrauben werden mit Unterlegscheiben versehen und verschiedene Passhölzer vorbereitet. Je nach Baustelle und Entfernung werden die Einmessarbeiten auch schon am Vortag durch den Bauleiter erbracht, der auch die Kellerdecke abnimmt.

Entwicklungsansätze zur Optimierung der Arbeitsprozesse in der Leistungsphase 1: “Baustelle Einmessen und Einrichten“

Das Einrichten der Baustelle benötigt im Vergleich zu anderen Arbeitsgängen, wie etwa dem Stellen der Wände sehr viel Zeit. Bedingt durch die Vorgehensweise, ist die Oberkante der Kellerdecke jedoch meistens die Schnittstelle zwischen den Gewerken und damit auch zwischen den Genauigkeiten.

Wollte man diese Abhängigkeiten und damit den Zeitaufwand ab Oberkante Fertiggeller stark reduzieren, so könnte dies durch den Einsatz von Fertigdecken bereits ab Oberkante Kellerwand erreicht werden. Dies hätte folgende Vorteile:

- Aufnahme maßlicher Differenzen zwischen Kellerwandoberseite und Fertigteilkellerdecke. Auftretende Abweichungen können im Stoßbereich sowohl von der Kellerinnenseite als auch außen am Gebäudesockel sehr gut aufgefangen werden.
- Die Fertigdeckenelemente sind maßgenau auf die darauffolgende EG-Wandmontage abgestimmt. Das Abstellen und Montieren auf einer fertigen Holzelementdecke erleichtert das positionieren und maßgenaue Befestigen der Wandelemente. Durch den Einsatz neuentwickelter Justier- und Fixierhilfen, wird das Abschrauben mit Stahlwinkeln auf die Kellerdecke eingespart.
- Die Decke ist bereits wärmedämmend gegenüber den Kellerräumen ausgeführt. Estrichlegearbeiten und damit verbundene Wartezeiten entfallen. Konsequente Trennung zwischen Erdberührenden Bauteilen und Elementen der Wohnräume.
- höhere Wertschöpfung für den Haushersteller
- höhere Maßhaltigkeit, EG Wände können bereits auf den Fertigdeckenelementen im Werk aufgerissen, bzw. Montagehilfen angebracht werden.
- weniger Montage und Hilfswerkzeug notwendig, das den Bauablauf bei beengten Verhältnissen und Schlechtwettereinbruch stark beeinträchtigen kann
- Zielsetzung: werkzeugarme Baustelle

3.6.3 Potentialanalyse Leistungsphase 2: „Wandmontage“



Bild 276



Bild 277



Bild 278



Bild 278



Bild 279



Bild 280

Montage der Erdgeschosswände mit Überstand auf Unterlagen und Mörtelbett. Nachjustieren ist nur mit Kran bzw. Stemmeisen möglich. Zusätzliche sichtbare Bodenverankerung gegen Windlasten wird angedübelt. Wandecken werden verschraubt, dann mit Folie verschlossen und erst später mit Gipskarton verkleidet.

Nachdem alle Sonderelemente wie Balken, Stützstreben, Kleinteile und Sonderelemente abgeladen sind (Abladezeit 30 - 45 min.), beginnt die Wandmontage im Erdgeschoss.

Von den in der Regel 4 - 5 köpfigen Montagetrupps sind 2 - 3 Personen für das Positionieren der Wände verantwortlich. 1 - 2 Personen mischen Quellmörtel an und tragen diesen im Wandsockelbereich auf. Das Positionieren der Wände benötigt mit 5- 10 Minuten pro Wand verhältnismäßig wenig Zeit. Um eine Wand in der Höhenlage zu korrigieren wird das Element angehoben und entsprechend unterfüttert.

Bedingt durch den geringen Vorfertigungsgrad bei der Ausbildung von Decken mit Estrichen, können die Wände mit herkömmlichen Stahlwinkeln unterschiedlichster Ausführung gegen den Fußboden geschraubt werden. Diese statische Verbindung sichert die Wände gegen Abheben bei Sogwirkung und gegen die einwirkenden Windlasten in Form von Horizontalkräften.

Die Wände großer Länge haben zudem die Neigung zu bauchen. Bevor die Wände also endgültig fest mit dem Boden verschraubt werden, müssen gerade ausgerichtet werden. Das Ausrichten, Abbohren, Dübeln und Verschrauben der Wände in einem 150 m² Haus kann 1 - 2 Monteure bis zu 5 Stunden binden.

Direkt nach dem Stellen der Wände werden diese über Öffnungen am letzten Pfosten über Eck verschraubt. Dazu wird in der Regel die letzte Gipskartonplatte ganz oder teilweise offen gelassen, um mit dem Winkelschrauber über Eck abzuschrauben. Bei einigen Herstellern erfolgt das auch von außen. Dies hat aber den Nachteil, dass auch von außen geschraubt werden muss, was ohne Gerüst, welches bei der Montage stören würde, bereits im EG schwierig wird. Zudem werden Wandecken offen gelassen, um das Verbinden von Zugdrähten oder Leerrohren für die Elektroinstallation zu ermöglichen. Das Verkleiden der Wandecken sowie das Verkleben der Dampfsperrfolien erfordert mehrere Mannstunden.

3.6.3.1 Neuentwickelte Justier-, Zentrier- und Fixiereinrichtung

Weitere Verbesserungen und Einsparmöglichkeiten bei der Wandmontage können durch den Einsatz eines Justier- und Zentrierfußes mit Fixierfunktion erreicht werden. Hierzu wurde eine Konstruktion entwickelt, die auf die Anforderungen beim Montagebau abgestimmt wurde. Das nachfolgend vorgestellte Bauteil ist aus Stahl und kann je nach Lastanfall dimensioniert werden.

Mit dem Absetzen der Wände kann durch Einrasten des Justierfußes die Decke mit der Wand verbunden werden. Das Stellrad in Form eines Haken- oder Zahnrades ermöglicht das Ausrichten der Wand bei gleichzeitigem Fixieren durch Einrasten der Wände. Das heißt, der Justierfuß kann sowohl Soglasten als auch horizontale Windlasten aufnehmen. Die Aufnahmen werden auf oder in der Deckenplatte eingelassen und dort in der Flucht befestigt. Die Verrastöffnung in der Sockelplatte ist einige Zentimeter lang, so dass in Einfahrriechung, also längs der Wand ausreichend Toleranzen vorhanden sind. Entlang der Deckenstirn sind alle Sockelplatten im gleichen Randabstand befestigt. Dadurch sind die Wände sofort nach dem Einrasten positioniert und müssen nicht mehr auf Bauchigkeit überprüft werden.

Die vertikale Verstellmöglichkeit ermöglicht ein Feinjustieren, um eine sehr hohe Passgenauigkeit der Deckenelemente zu garantieren. Der schmale Zwischenraum unter der Wand kann nachträglich unterlegt oder ausgeschäumt werden, bzw. wird direkt durch umlaufende Gummidichtungen wie in der Zeichnung angedeutet, ausgefüllt. Durch Links- oder Rechtsdrehung mit einem flachen Hakenschlüssel kann das Wandelement angehoben bzw. abgesenkt werden.

Sollte ein Element falsch montiert sein und muss wieder entfernt werden, so kann mit der Schraubeinrichtung so weit zurückgefahren werden, bis die Verbinderhälften an der Wand nicht mehr ineinander greifen. In dieser Stellung kann das Wandelement durch leichtes Verschieben in die Freistellung der Sockelplatte geführt und abgehoben werden.

Stahl- bzw. Stahlblechausführung einer Justier- und Fixiereinrichtung

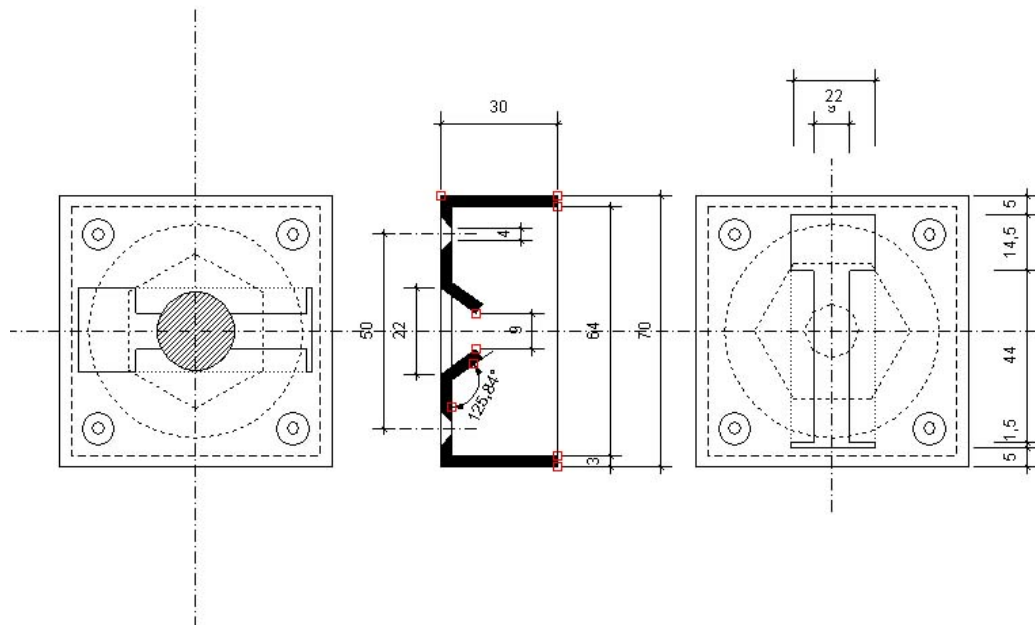


Bild 281 Aufnahmeteil

Die Abbildung zeigt das Aufnahmeteil zum Einbau in die Bodenplatte bzw. auf der Geschossdecke. Es dient zur Zentrierung des Dornes, der im Wandbauteil unterseitig eingebaut ist. Das Langloch mit der großen Öffnung ermöglicht das Ausfahren bei Fehlmontagen.

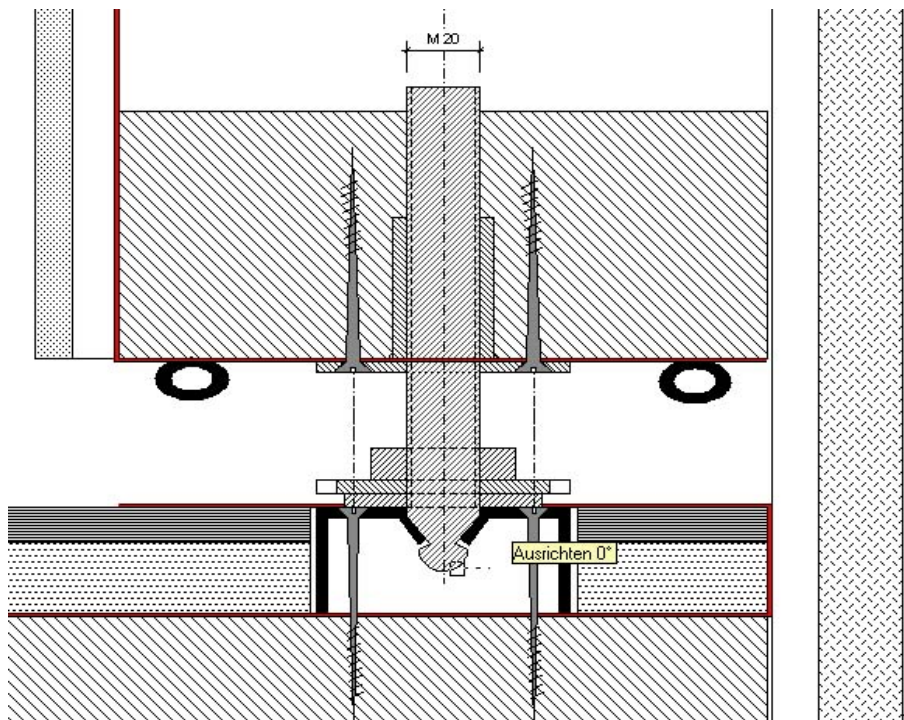


Bild 282 Schnitt und Grundriss eines Konstruktionsvorschlags zur Herstellung eines Justierfußes aus Stahl

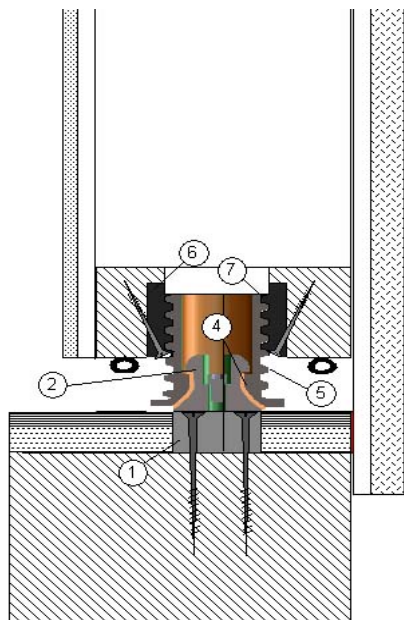


Bild 283 Lösung mit 3-teiliger Kunststofflösung

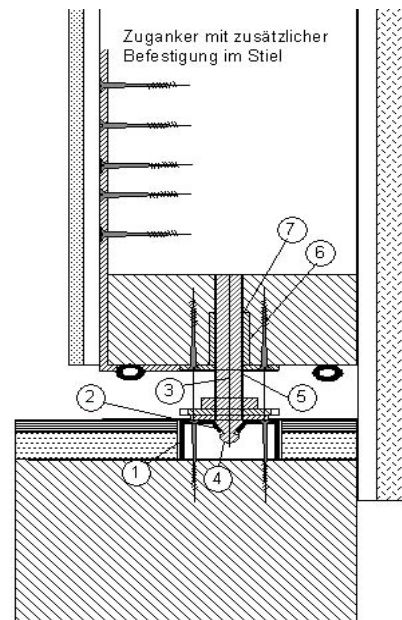


Bild 284 Einbausituation mit Zuganker am Pfosten

Justier- und Fixiereinrichtung in Kunststoff-, Stahl- bzw. Aluminiumguss



Bild 285 links: Schnitt durch alle 3 Teile in verrastetem Zustand

Bild 286 rechts: Aufsicht auf Mutterteil, Spindelteil, Rastkopf und Hakenschlüssel



Bild 287 Prototypen erster Justiereinrichtungen für Innenwände aus 2-Komponentenkunststoff

Neuentwicklung einer automatischen Justierhilfe

In der folgenden Abbildung wird die Entwicklung einer automatischen Justierhilfe erläutert. In dem zwischen Wandunterseite und Deckenoberfläche verbleibenden Spalt von bis zu einem Zentimeter kann anstelle eines von Hand betriebenen Hakenschlüssels eine automatische Justierhilfe verwendet werden. Die Justierhilfe ist so aufgebaut, dass zwischen 2 dünnen Stahlplatten mindestens 3 Zahnräder geführt und gelagert sind. Die Übersetzung sollte so gewählt sein, dass die Kraft eines Akkuschraubers reicht, um die Spindel der Justiereinrichtung zu drehen. Durch die flach ineinandergreifenden Zahnräder wird der Weg von der Schrauberachse bis zur Spindelachse überbrückt, so dass die Spindel mit ihrem Zahnkranz auch unter tiefen Außenwänden erreicht wird. Damit die Zahnräder kräftig ineinandergreifen, drückt der Monteur mit seinem Schuh gegen das Übersetzungsgehäuse und verhindert dadurch ein Überspringen der Zähne. Wird eine Wand hoch geschraubt, so würde das treibende Zahnrad abrutschen. Dies verhindert das Zahnradgehäuse, indem es das angetriebene Zahnrad an der Spindel mit den zwei Lagerblechen überschiebt.

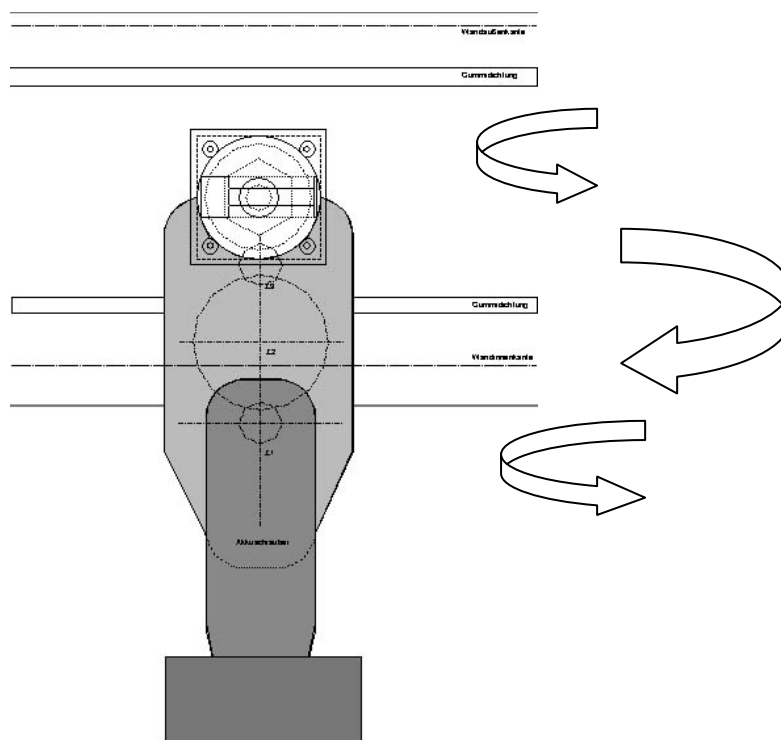


Bild 288 Akkuschrauber mit Übersetzung zur automatischen Höhenjustierung von Fertigteilwänden

3.6.3.2 Optimierung von Montagevorgängen mit Schnellverbindern

Wie bereits dargestellt, ermöglicht der Einsatz der Schnellverbinder die 100 %-ige Vorfertigung von Wänden im Werk.

Um die Verbindertechnologie optimal einsetzen zu können, empfiehlt sich eine hersteller-unabhängige Einbauweise, die folgende systembedingten Gesetzmäßigkeiten berücksichtigt:

Anhängen der Wandbauteile

Um das Beschädigen einzelner Verbinder beim Setzen der Wände zu vermeiden, sollte bereits im Werk darauf geachtet werden, dass Wandbauteile mit einer Länge von über 2 Metern unbedingt an 2 Punkten aufgehängt werden müssen. Bereits ein leichtes Verhaken kann sonst dazu führen, dass die Wand abkippt und der bereits eingehängte Verbinder beschädigt wird.

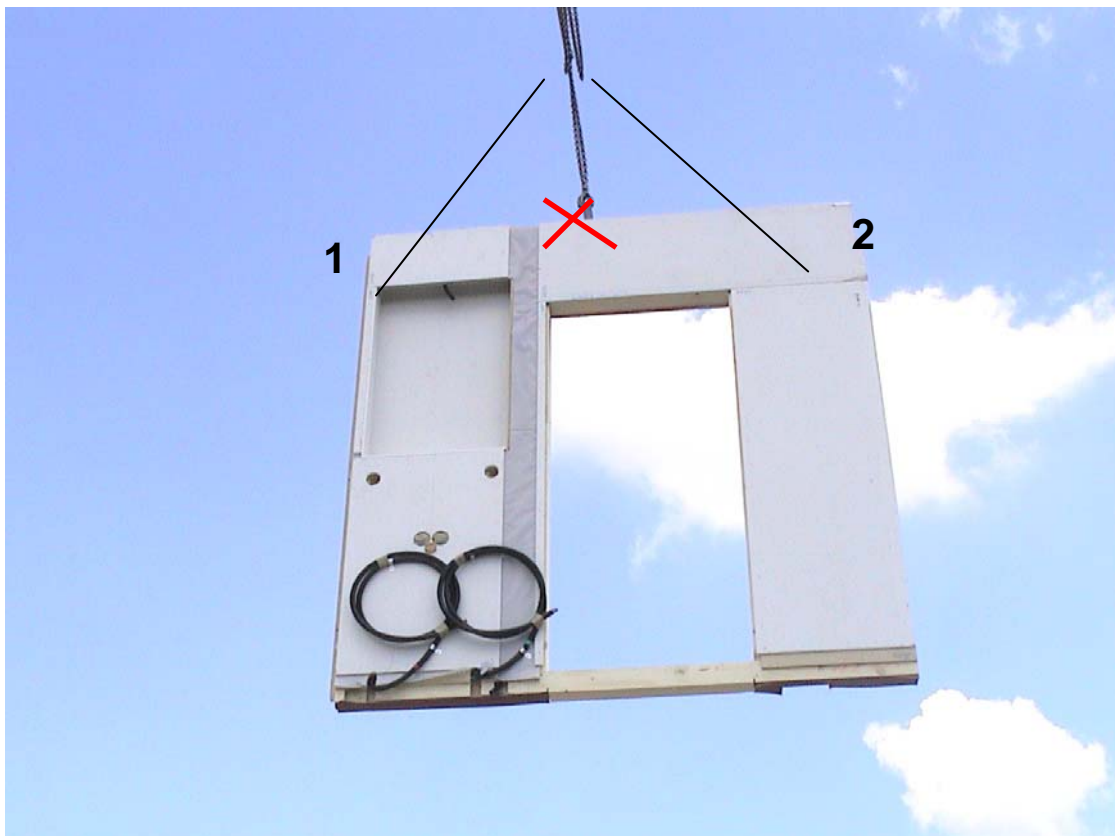


Bild 289 wichtige Voraussetzung zur schnellen Montage ist das kipp sichere Anhängen immer an 2 Punkten

Anfahren der Wandbauteile

Beim Anfahren der Wände ist darauf zu achten, dass die Verbinderhälften in der richtigen Höhenlage zueinander stehen. Stehen die Verbinder zu hoch zueinander, so können sie auflaufen. Ein Einfahren wird so nicht möglich und bei weiterem Absenken der Wand springt der Verbinder herunter, wobei er beschädigt werden könnte. Stehen die Verbinder zu tief zueinander, so können sie nicht mehr ineinandergreifen.

Um das störungsfreie Einfahren zu ermöglichen, muss daher ein der Verbindergeometrie angepasstes Anfahrmaß ermittelt werden, welches derzeit zwischen 7 und 12 Zentimetern beträgt.



Bild 290 Überfahren der Verbinder bei mehr als 13 cm, Unterfahren der Verbinder bei weniger als 7 cm Höhendifferenz

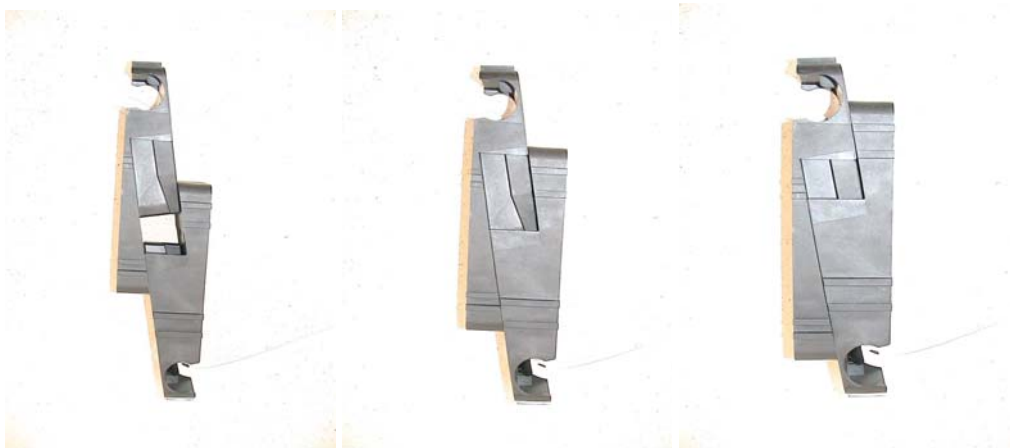


Bild 291 die Optimalposition der Verbinder beim Anfahren ist 7 – 12 cm Höhendifferenz

3.6.3.3 Neuentwicklung von Schwerlastverbindern

Die ersten Montageversuche mit großen Wandelementen zeigten, dass die Beschädigung der Verbinder aus Kunststoff nur mit großer Sorgfalt oder der entsprechenden Routine vermieden werden kann. Auch bei korrektem Anhängen und Anfahren ist es nicht ausgeschlossen, dass die Baustellenumstände oder auch Wind und Wetter zu erschwerten Einbausituationen führen.

Aus diesem Grund wurden die Montagevorgänge genauer analysiert und auch in der Simulation nachgestellt. Die Finite Elemente Berechnung bei den Fischerwerken zeigte ein Versagen der Verbinder am Übergangspunkt zwischen den beiden Führungen und dem Gehäusekörper.



Bild 292



Bild 293



Bild 294



Bild 295



Bild 296



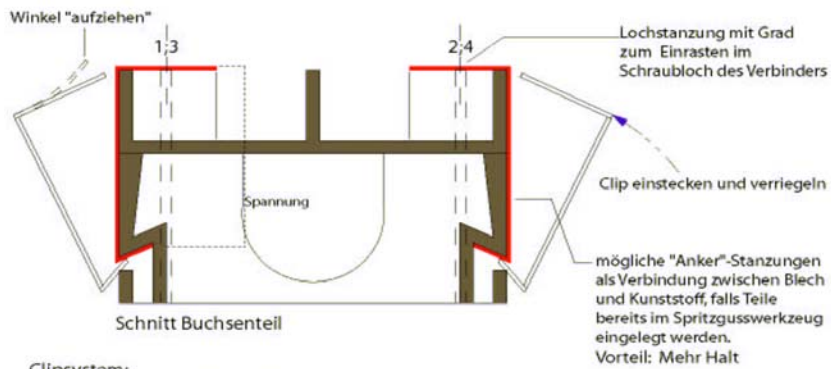
Bild 297

Um diese Schwachpunkte zu beseitigen, habe ich unterschiedliche eigene Lösungsansätze verfolgt, die in den folgenden Abschnitten vorgestellt werden.

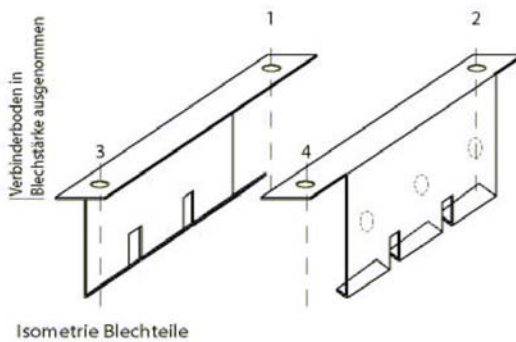
1. Ansatz : Verstärkungsbleche zur Aufnahme höherer Zuglasten und zur Aufnahme von Momenten durch Verdrehen beim Anfahren

Die Idee der Verstärkung ist sehr einfach. Ein Spritzgussteil aus Kunststoff soll in seiner Geometrie möglichst wenig verändert werden, aber dennoch im Bedarfsfall mehr Belastung aufnehmen können als sonstige Verbinder. Dies sollte auch zutreffen, wenn der Verbinder in unterschiedlichen Breiten z.B. für das Führen von Abwasser, benötigt würde. Als einfache Lösung bot sich daher das Verstärken der Schwachpunkte mit Bewehrungsblechen an, die im Bedarfsfall zusätzlich angelegt werden können.

Problemlösung gegen Einreißen bei Stoßlast 1. Buchsenteil



Clipsystem:
Federstahlbleche von unten in
ausgenommene Schlitzte
eingesetzt oder mit Anker in
Spritzgussform eingelegt;
verschraubt



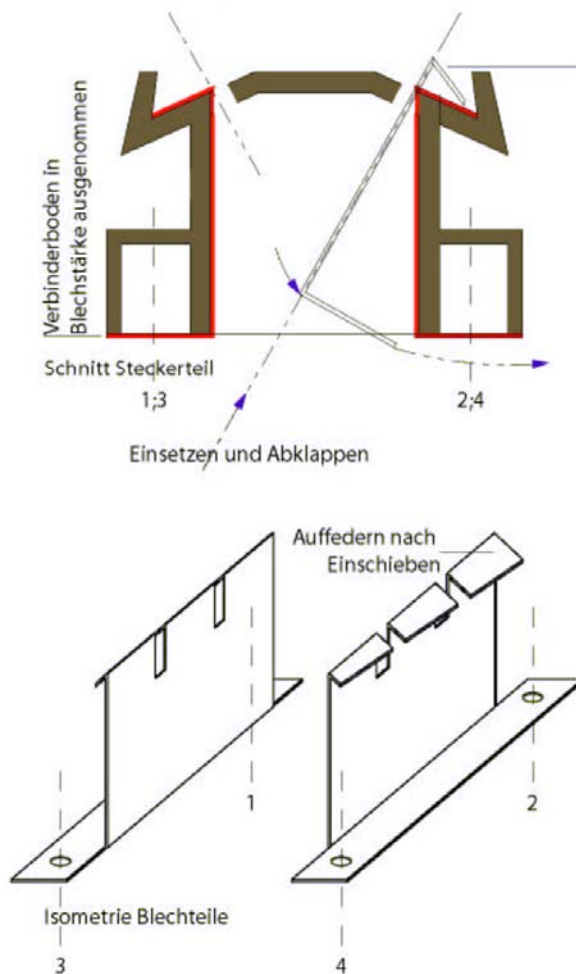
- Vorteile:**
- + wirtschaftliche Lösung
 - + minimale Veränderung
 - + maximale Verbesserung
 - + einfache Stanzformteile
 - + nachrüstbar bei höheren Belastungen
 - + formstabiler Federstahl
 - + Federstahlbleche dämpfen Anpralldruck
- +++ identische Blechformteile
auch bei breiteren
Schnellverbindern für
Leerrohre Abwasser

Bild 298

Problemlösung gegen Einreißen bei Stoßlast

2. Steckerteil

- höhere Biegesteifigkeit
- höhere Auszugswerte
- preiswertes Zusatzmodul zur bedarfsweisen Nachrüstung an Basisverbindern



Clipsystem:
Federstahlbleche von unten in ausgenommene Schlitze eingesetzt und nach abklappen mit Verbinder Verschraubt

Weitere Vorteile:

- + keine Wärmebrücken (vgl. Umfassungsblech)
- + keine Verbreiterung des Verbinders (70 mm)
- + mehrere Blechstärken möglich bei identischem Verbinder
- + schwer demontierbar (Gewährleistung)
- + einfach montierbar
- + geringe Materialstärke
-> direkte Kräfteinleitung
- + minimale Veränderung
maximale Verbesserung
- +++ identische Blechformteile auch bei breiteren Schnellverbindern für Leerrohre Abwasser

Bild 299

Problemlösung zur Aufnahme von Verdrehungen:

Vorteile:

- + Sockel verschiebbar
 - + Verbinder schwenkbar
- => Beweglichkeit in alle Richtungen

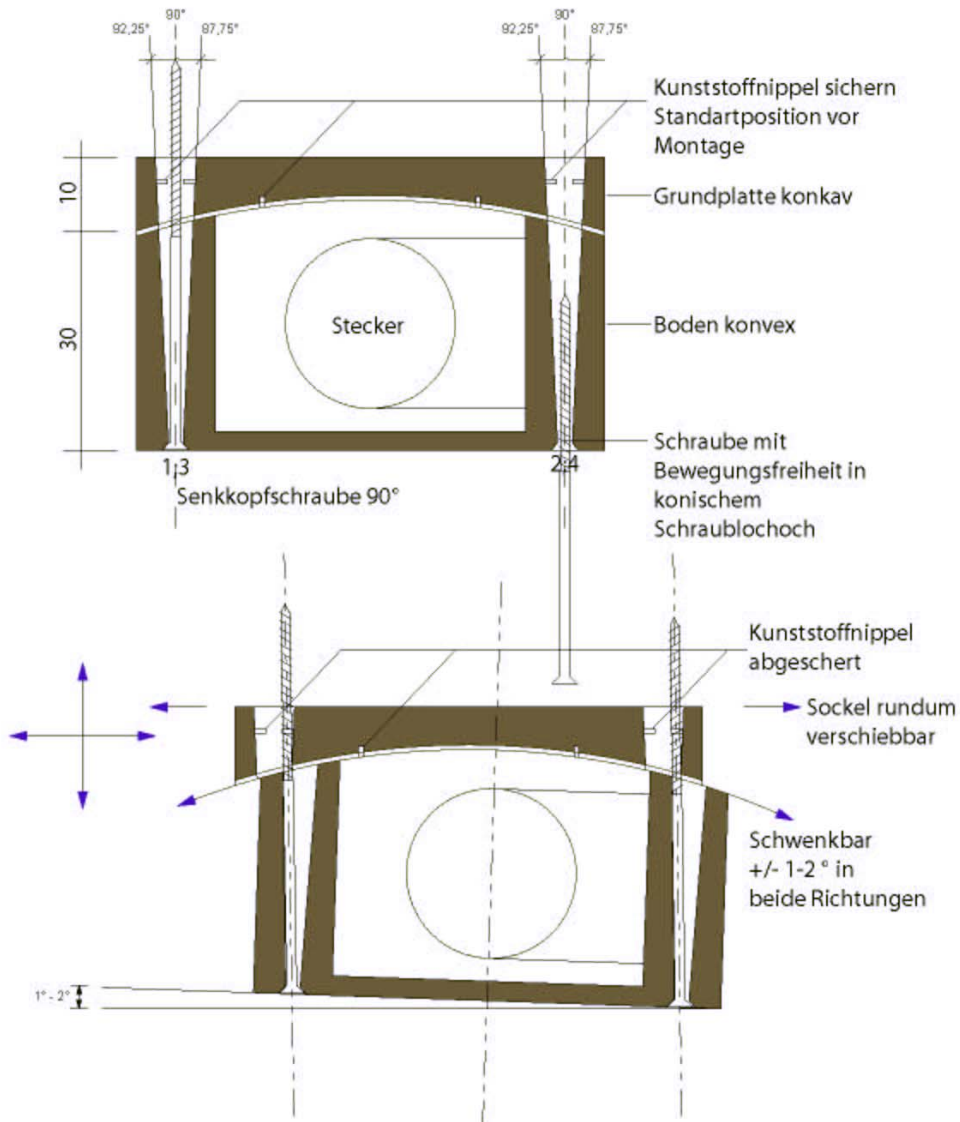


Bild 300

2. Ansatz : Hochlastverbinder zur Aufnahme der dynamischen Anfahrlasten

Beim Einfahren von Wand und Deckenbauteilen entstehen durch die hohen Wandlasten erhebliche Kräfte und dynamische Lasten. Um diese Lastspitzen aufzufangen und um die Kunststoffverbinder vor Beschädigung zu schützen, können sogenannte Hochlastverbinder eingesetzt werden. Idealerweise sollten diese Verbinder folgende Eigenschaften aufweisen:

1. hohe Stabilität und Steifigkeit bei gleichzeitiger Elastizität, zur Aufnahme von Stoß- und Verdrehlasten, also Momenten
2. Möglichkeiten zum Toleranzausgleich im Bauraum zwischen den zu verbindenden Bauteilen
3. gleiche oder ähnliche Baugröße und Einfahrrichtung bzw. Einfahrwinkel.
4. Eingreifen der Hochlastverbinder zur Vorzentrierung vor dem Berühren der Kunststoffverbinder
5. einfache und günstige Herstellbarkeit auch im Hinblick auf eine Massenfertigung

Die nachfolgenden Grafiken stammen aus einer Entwicklung für den Einsatz bei Betonfertigteilen. Da im Betonfertigteilbau erheblich höhere Lasten auftreten, sollte es möglich sein, solche Verbindungsmittel bei Bedarf auch im Holzfertigbau einsetzen zu können.

Das Hochlastverbindungselement besteht aus einer Steckerplatte und einer dazu passenden Aufnahmeplatte. Beide Platten sind vom Material her integral ausgebildet, d.h. entweder sind die Platten z.B. gegossen oder aus einem Vollmaterial gefräst. Die Steckerplatte hat einen plattenförmigen Basiskörper mit einem verstärkten bzw. verdickten Endabschnitt. Von diesem Endabschnitt erstreckt sich eine Materialzunge in Richtung des entgegengesetzten Endabschnitts. Die Materialzunge ist von dem Basiskörper beabstandet und über einen schmalen, mittigen Steg mit dem Basiskörper verbunden. In dem Basiskörper und dem Steg können Befestigungslöcher vorgesehen werden, die Kräfte direkt dort ins Bauteil ableiten, wo sie auftreten.

Das dazugehörige Gegenstück, die Aufnahmeplatte hat ebenfalls einen Basiskörper mit Befestigungslöchern. Die Steckerplatte und die Aufnahmeplatte sind maßlich so auf den Kunststoffverbinder abgestimmt, dass die Gesamtlänge (200 mm), die Breite (70 mm) und die vier Befestigungslöcher exakt übereinstimmen. Auch der Einfahrwinkel wurde mit 10° so gewählt, dass es zu keinen Zwängungen kommen kann.

Aufgrund der Eigenschaft, dass der Hochlastverbinder in seinem Basiskörper keine Stecker für Elektro- oder Wasserverbindungen aufnehmen können muss, konnte die Geometrie so ausgebildet werden, dass der Hochlastverbinder um ca. 40 mm vor den Kunststoffverbindern eingreift. Damit wird durch ihn vorzentriert und es werden alle dynamischen Lasten übernommen.

Die Wände drängen beim Einfahren durch ihre hohe Last senkrecht nach unten und werden durch die Schrägstellung der Materialzunge und der Aufnahme zueinander gezogen, d.h. die Wände verkeilen sich durch ihr Eigengewicht selbsttätig. Um den absolut steifen Gussteilen dennoch eine gewisse Elastizität zu verleihen, könnten die Befestigungslöcher beispielsweise als Sacklochsenkungen mit Gummiringeinlage ausgebildet sein. Dadurch sitzen die Befestigungsschrauben sowohl längs als auch quer zur Einfahrriechung im Gummisockel und können Stoßlasten beim Anfahren puffern sowie bleibende Spannungen, die durch maßliche Abweichungen im Bauraum bedingt sind, ausgleichen.

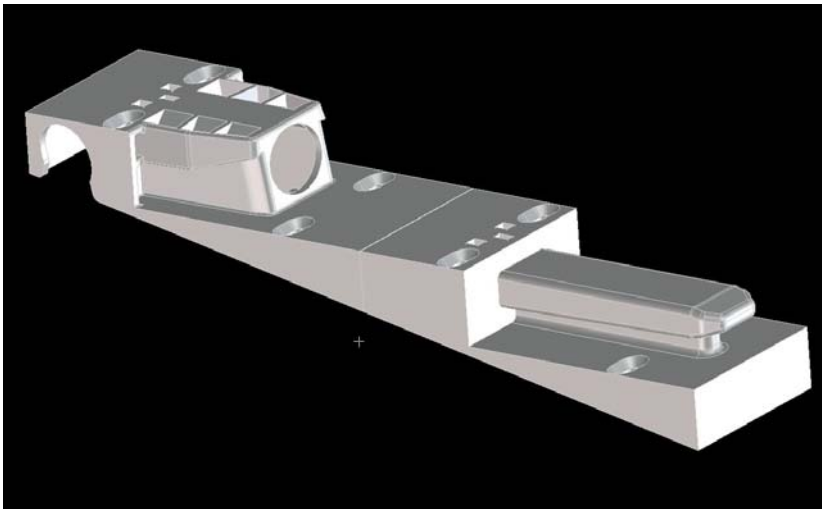


Bild 301 Steckerteil (vorne) aus Stahlguss kombiniert mit baugleichem Kunststoffsteckverbinder (hinten) zur Aufnahme von Mediensteckern

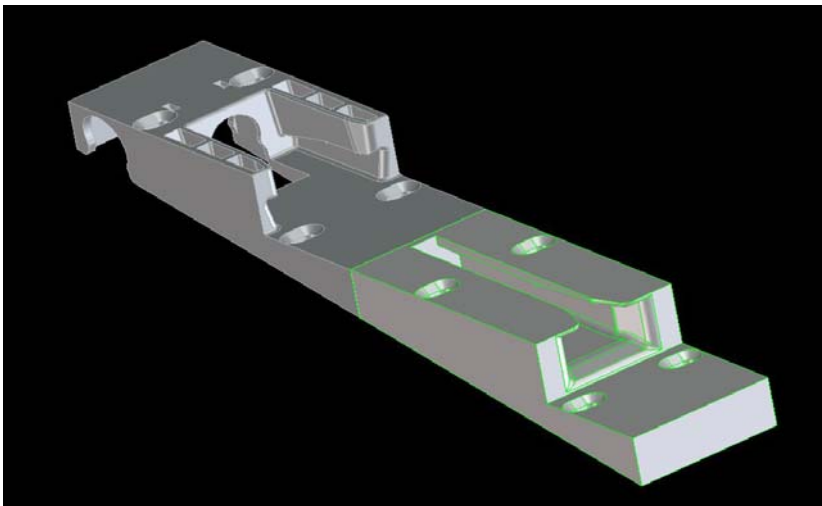


Bild 302 Aufnahmeteil aus Stahlguss (vorne) kombiniert mit baugleichem Kunststoffsteckverbinder zur Aufnahme von Mediensteckern (hinten)

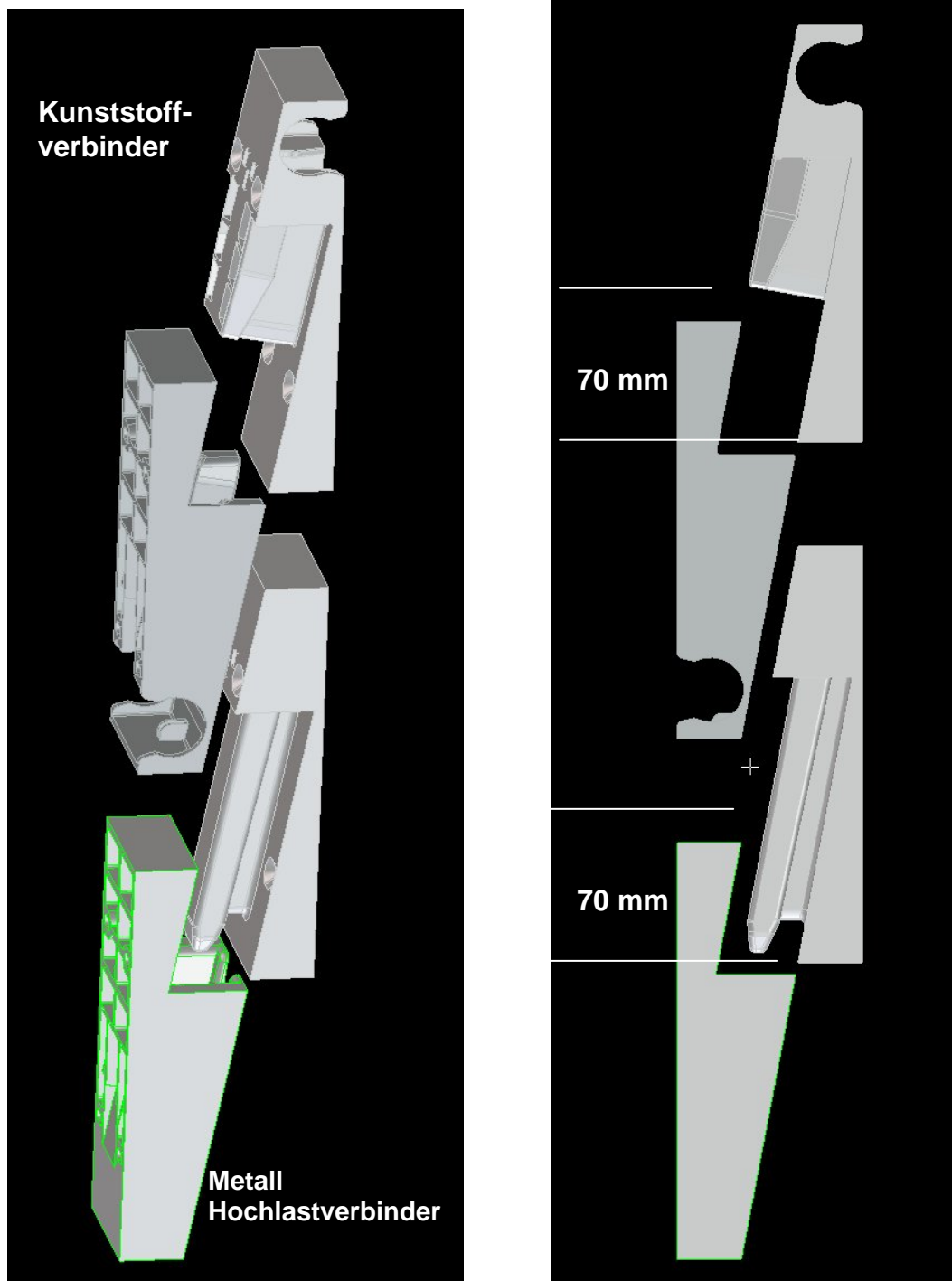


Bild 303 Darstellung der Einfahrposition mit sichtbarem Überschieben des Hochlastverbinders um ca. 70 mm zur Vorzentrierung vor dem Einfahren der Kunststoffverbinder

Prototyp 2: Hochlastverbinder aus speziellem Stahlguss

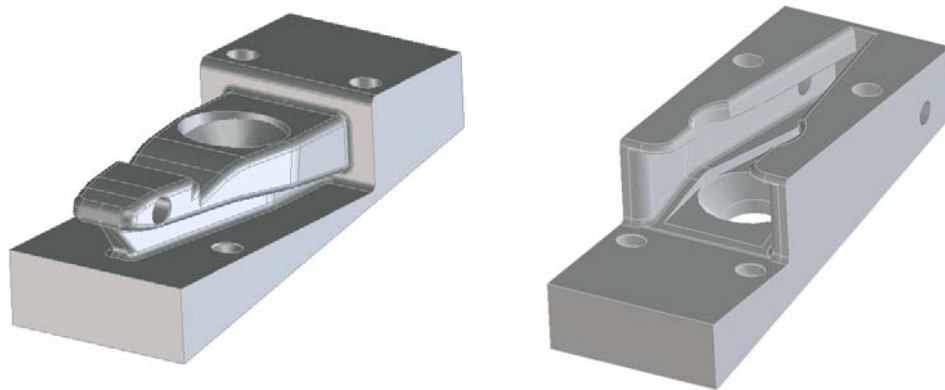


Bild 304 Steckerteil aus bruchsicherem Sphäroguss, Mittelaufnahme für zentrale Fixierung mit großer Schraubung

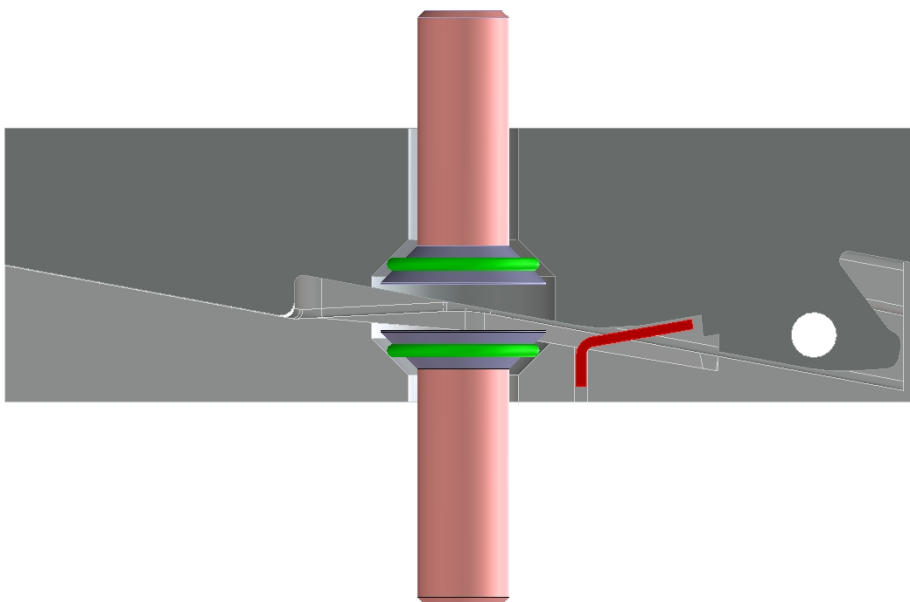


Bild 305 Oberteil / Steckerteil eingefahren in Unterteil / Buchsenteil. In der Mittelachse wurden hier zwei gegenüberliegende Aufnahmebohrungen vorgesehen, die die Aufnahme einer großformatigen Verschraubung zulassen.

Damit sind diese Hochlastverbinder auch zum Schraubanschluss an die Stahlbewehrungsseisen im Betonbau geeignet. Die in der Abbildung rot dargestellte Blechfeder dient zur Verrastung und macht die Verbindung bei Bedarf (statische Erfordernisse) unlösbar. Ferner bietet eine durchgängige Bohrung mit 10 mm Durchmesser, in der Abbildung als weiße Kreisfläche dargestellt, die Möglichkeit für eine lösbare Verriegelung oder Feder-Stiftsicherung. Somit kann der Verbinder direkt mit einer großen Holzschraube bzw. mit einer M 20 Senkkopfschraube, wie hier abgebildet, in den Holzpfosten der Wand bzw. in den Bewehrungsstab im Betonbau eingeschraubt und befestigt werden. Damit ist ein Hochlastverbinder entstanden, der im Holz- und Massivbau gleichermaßen einsetzbar ist.

Die Idee der Hochlastverbinder wurde hierzu insofern weiterentwickelt, dass bei diesem Prototyp auch die Verriegelungsfunktion und eine dauerelastische Zentrierung konstruiert wurden. Im Bild sieht man dazu, wie die Senkkopfschrauben auf einem 3 mm Dichtring anliegen. Bei Stoßlasten hat die Verbinderanordnung so noch die Möglichkeit gewisse Verschiebungen aufzunehmen. Ferner dient die Gummilagerung zur Erhöhung der Lagetoleranzen. Die Verbinder lassen sich dadurch auch in Richtung der Zugbeanspruchung, also senkrecht zur Einfahrriechung, noch verschieben, ohne dabei die Bauteile vom Zug zu entlasten. Dies ist besonders für das Kriechen im Betonbau wichtig. Somit könnten Oberflächenrisse vermieden werden, da die Spannungen in der bedingt dauerelastischen Eckverbindung aufgenommen werden können.

Durch das ebenfalls in der Abbildung sichtbare Einsetzen eines Blechbügels in die schlitzförmige Aussparung der unteren Verbinderhälfte kann die Verbinderpaarung unlösbar gemacht werden. Beim Einfahren des Steckers in die Buchse wird der Bügel nach unten gedrückt. Nach Erreichen der Raststellung ist das Ausfahren nicht mehr möglich. Sollen die Teile wieder lösbar zueinander gesichert werden, kann durch die Bohrung in beiden Teilen ein Sicherungsstift geschoben werden, der bei Bedarf wieder entfernt werden kann. Die Teile sind dann wieder lösbar.

Dieser Verbinder kann baugleich für den Holzbau und den Betonbau eingesetzt werden. Dabei hat der Hochlastverbinder aus Stahlguss die gleichen Bohrungsmaße wie der Kunststoffverbinder und ist spiegelverkehrt und damit unverwechselbar einsetzbar. Auch in punkto Winddichtigkeit entstehen hier keine Durchlässe.

Die im folgenden Foto abgebildeten Schwerlastverbinder für den Holzbau bieten im Moment noch keine Aufnahme für große Verschraubungen. Zudem steht die Schraubachse schräg zur Wand, was Bewehrungsanschlüsse erschwert.



Bild 306 Zum Vergleich: Schwerlastverbinder für den Holzbau, Blick in den Stoßbereich

3.6.4 Potentialanalyse Leistungsphase 3: Deckenmontage

Nachfolgend werden in Anlehnung an eine Studie von Prof. Holz aus Rosenheim die in Deutschland im wesentlichen verwendeten Deckensysteme erläutert. Nach der Studie werden in Deutschland zur Zeit zwar viele verschiedene und sehr innovative Holzdeckenkonstruktionen verwendet, die konstruktiven Mittel zur Reduzierung der Schallübertragung (Luft- und Trittschall) sind jedoch im Prinzip bei jeder Deckenkonstruktion gleich. Neben einer Rohdecke, die als tragendes Bauteil sämtliche statische Funktionen übernimmt, wird ein schwimmender Estrich (als Nass- oder Trockenestrich) eingesetzt. Die Unterseite der Decke wird in der Regel mit Gipsbauplatten auf einer Querlattung verkleidet. Bei Wohnungstrenndecken wird diese Unterdecke häufig federnd ausgeführt. Falls besondere Anforderungen an die Trittschalldämmung gestellt werden, wird noch eine zusätzliche Rohdeckenbeschwerung auf die Rohdecke aufgebracht.

Resultierend aus den einzelnen Deckensystemen wird die **integrierte Verbundelementdecke** entwickelt, die sowohl steckerfertige Installationen für Heizung und Elektro enthält, als auch die Schallschutzanforderungen aus dem Trittschall erfüllt.

3.6.4.1 Analyse der einzelnen Deckensysteme:

Holzbalkendecke

Als Standard-Rohdecke wird in Deutschland nach wie vor die klassische Holzbalkendecke eingesetzt. Querschnitt und Abstand der Holzbalken werden zwar durch die statischen Anforderungen festgelegt, es können allerdings bei geänderten Querschnitten und Balkenabständen auch Änderungen in der Schalldämmung auftreten.

Als obere Beplankung kommen Verlegespanplatten, Nut- und Federschalung oder OSB Platten zum Einsatz. Die Effekte der unterschiedlichen Beplankungsmaterialien auf die Trittschalldämmung sind mit Unterschieden von bis zu 2 dB eher gering. Größere Bedeutung für die Schalldämmung hat die Wahl einer Unterdecke. Es ist hier zu unterscheiden zwischen den offenen und geschlossenen Holzbalkendecken, sowie zwischen starr, d.h. über Lattung, montierten und federnd, d.h. über Federschienen oder vergleichbaren Profilen, aufgehängten Unterdecken. Die schalltechnischen Gewinne betragen bei einer starr montierten Unterdecke ca. 15 dB und bei einer federnd aufgehängten Unterdecke sogar ca. 25 dB, jeweils im Vergleich zu einer ansonsten gleichen offenen Holzbalkendecke.

Brettstapeldecke

Als zweite Standard-Rohdecke hat sich in Deutschland in den letzten Jahren die Brettstapeldecke etabliert. Die Dicke der Brettstapeldecke wird durch die Statik vorgegeben, wobei für schalltechnische Belange eine Mindestdicke von 120 mm von Vorteil ist. Bei einem Vergleich von genagelten und verleimten Brettstapeldecken besitzen genagelte Decken eine geringfügig höhere Schalldämmung. Der Unterschied in der Trittschalldämmung beträgt ca. 2 dB bei vollständigem Deckenaufbau mit Estrich. Eine Verbesserung der Trittschalldämmung durch eine abgehängte Unterdecke ist bei Brettstapeldecken bei weitem nicht so effektiv wie bei Holzbalkendecken. Die Verbesserung in der Trittschalldämmung liegt bei maximal 4 dB – aufgrund des geringeren Schalenabstands.

Methoden zur Trittschalldämmung:

Die schalltechnische Wirkung eines schwimmenden Estrichs hängt von verschiedenen Faktoren ab, im besonderen sind hier zu nennen :

- flächenbezogene Masse der Estrichplatte
- Weichheit der Trittschalldämmplatte
- Schwingungsdämpfung in der Estrichplatte

Die Einsatzgebiete sowie die Vor- und Nachteile der in Deutschland gebräuchlichsten Systeme werden aufgezeigt.

Rohdeckenbeschwerung

Zwar sind Holzdecken als typische Leichtbauelemente zu betrachten, allerdings ist es in einigen Fällen, wie z.B. bei offenen Holzbalkendecken oder bei erhöhten Trittschallanforderungen, notwendig, zur Erhöhung der Trittschalldämmung diese Deckensysteme zusätzlich zu beschweren. Als Beschwerungen haben sich zwei verschiedene Systeme bewährt :

- Plattenbeschwerungen: z.B. Betonplatten, die Platten dürfen nicht zu großformatig sein, maximal 30 × 30 cm, und müssen mit der Unterlage verklebt oder in ein Sandbett gelegt werden.

- Schüttungen: Als Schüttgut wird typischerweise Quarzsand, Kalksplitt, Kies oder bei besonders hohen Anforderungen auch Barytsand eingesetzt.

Die erreichbare Verbesserung der Trittschalldämmung hängt von dem Flächengewicht der eingebrachten Beschwerung ab, d.h. von der Rohdichte der Platten bzw. Schüttung, sowie von der Plattendicke bzw. Höhe der Schüttung. Außerdem ist zu beachten, dass die schalltechnische Wirkung noch vom Deckentyp (offene oder geschlossene Holzbalkendecke, Brettstapeldecke) abhängt. Tendenziell lässt sich mit Schüttungen bei gleichem Flächengewicht eine größere Verbesserung der Trittschalldämmung erzielen als mit Plattenbeschwerungen.

Weichfedernde Bodenbeläge

Weichfedernde Gehbeläge, z.B. Teppiche, können die Trittschalldämmung von Holzdecken noch zusätzlich verbessern. Das Trittschallverbesserungsmaß eines Teppichs auf einer Holzdecke ist allerdings deutlich niedriger als bei demselben Teppich auf einer Massivdecke.

Die trittschalldämpfende Wirkung von weichfedernden Gehbelägen sollte bei der Planung des Holzdeckenaufbaus nicht mitberücksichtigt werden, da in Teilbereichen der meisten Wohnungen auch harte Gehbeläge, z.B. Fliesen, eingesetzt werden, die keine Verbesserung der Trittschalldämmung ergeben. Außerdem ist zu beachten, dass für den Nachweis der Mindestanforderungen im Trittschallschutz nach DIN 4109 weichfedernde Bodenbeläge nicht herangezogen werden dürfen. Die Luftschalldämmung der Holzdecke wird durch Bodenbeläge nicht verbessert.

Deckenmontagesysteme

Ähnlich den vorab vorgestellten Konstruktionen werden im Holzfertigbau unterschiedlichste, elementierte Deckensysteme verwendet. Bedingt durch die meist erst auf der Baustelle vorgenommene Elektroinstallation werden die Elemente meist als veredelte Rohelemente ausgeliefert. Je nach Hersteller sind dabei bereits Dämmstoffe oder Schüttgut zur Verbesserung des Schallschutzes in die Elemente eingebracht oder diese Materialien werden erst vor Ort integriert. In den wenigsten Fällen werden allerdings Elemente ausgeliefert, die bereits mit ober- und unterseitig fertigen Oberflächen hergestellt sind.

Bei der Montage werden die Deckenelemente im Stoßbereich verschraubt. Sind unterseitig fertige Oberflächen verlangt, werden Stöße in der Regel mit Nut- und Federlösungen ausgeführt. Elektroverkabelungen werden in der Regel in der Estrichebene bzw. in der Trittschalldämmung verlegt, so dass Leitungen von einem zentralen Punkt aus zu den einzelnen Wandstücken verlaufen. Estrichlösungen werden häufig als Nassestriche eingebracht, was zu langen Trockenzeiten führt. Vor allem dann, wenn Parkettoberflächen erwünscht sind. Heizestriche erfordern zudem die Koordination mit einem weiteren Gewerk auf der Baustelle. Während das Einbringen und Abschrauben der Deckenelemente nur einige Stunden beansprucht, erfordert die gesamte Fertigstellung der Bodenbeläge aufgrund von Trockenzeiten oft mehrere Wochen.



Bild 307 Lignotrenddecke mit Aussparung für Zugdraht Deckenelement



Bild 308 Aufsicht auf ein verfülltes Lignotrend



Bild 309 unterseitig fertige Holzdecke



Bild 310 Anschlüsse an Wand und Sturzbereichs

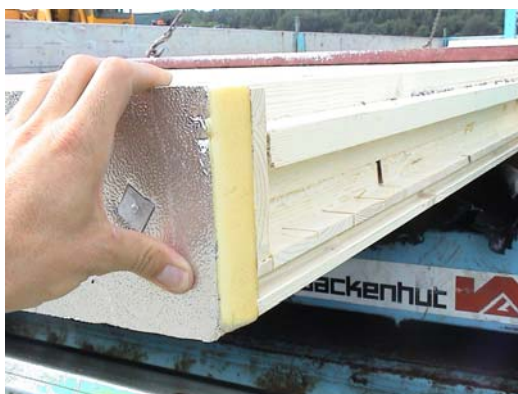


Bild 311 Deckenstoß mit Nut- und Federanschluss



Bild 312 Abschrauben der Deckenelemente

Entwicklungsmöglichkeiten

Wollte man diese Montageprozesse deutlich beschleunigen, so sollten Deckenelemente als Fertigdeckenelemente inkl. der Heiz- bzw. Elektroverteilung hergestellt und fertig angeliefert werden. Das hätte zur Folge, dass bereits in der Herstellung alle Leitungen an Übergabestellen zu den Wandelementen geführt werden. Durch die ebenfalls fertiggestellte Fußbodenoberfläche müssen Lösungen entwickelt werden, wie zwischen Deckenelement und der nachfolgend aufgestellten Obergeschosswand ein luft- bzw. dampfdichter Anschluss hergestellt werden kann. Derselbe Punkt entsteht an der Wandoberseite der Erdgeschosswand. Grundsätzlich hängt die Lösung der Fugenproblematik mit der Lage der Decke zusammen. Die untenstehende Abbildung zeigt Decken-Wand Anschlussprinzipien, wie sie im Holzfertigbau üblich sind.

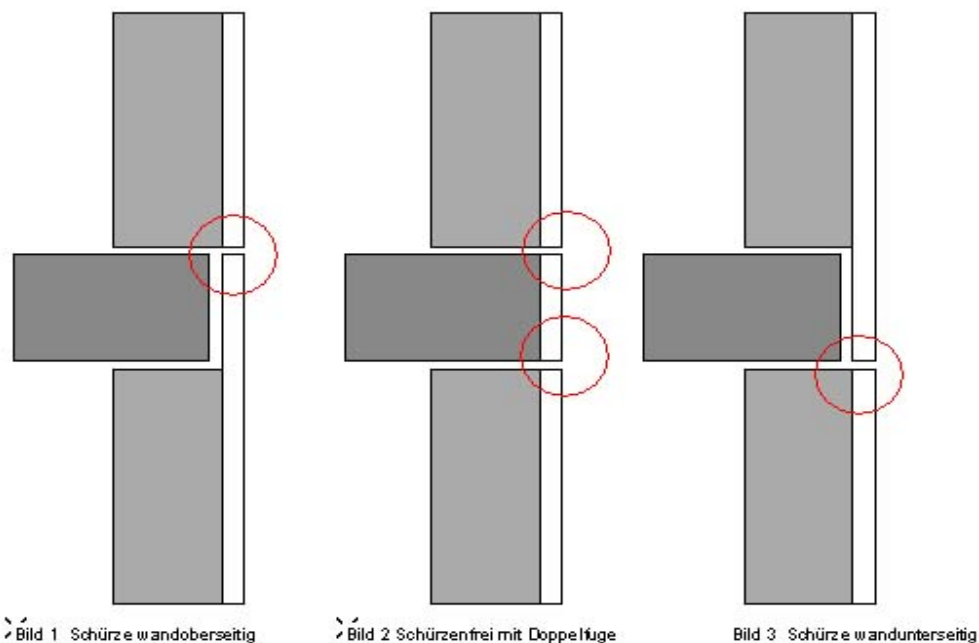


Bild 312

Bei Bild 1 wird die Schürze der EG-Wand länger geführt, um den Deckenspiegel zu überdecken. Bei dieser Einbausituation kann die Decke nur von oben abgesenkt und danach auf den EG-Wänden befestigt werden. Ein Einfahren in Schnellverbinder zwischen Decke und EG-Wand ist daher nur eingeschränkt möglich.

Bild 2 zeigt eine Deckeneinbausituation, bei der die Deckenstirn an der Außenhaut des Gebäudes sichtbar bleibt. Das Einfahren von Deckenelementen ist sowohl horizontal als auch vertikal möglich. Nachteil dieser Lösung ist, dass 2 Fugen entlang der Geschossdecke entstehen.

Bild 3 zeigt die Situation mit verlängerter Schürze an der Obergeschosswand. Bei dieser Lösung kann die Decke von oben aufgelegt oder auf den EG-Wänden in zwei Richtungen eingefahren werden. Das ermöglicht das Einfahren mit Schnellverbindern längs und quer zu den Außenwänden, wodurch sowohl Anschlüsse zwischen Decke und Wand, als auch Anschlüsse zwischen zwei oder mehreren Deckenelementen realisiert werden können. Dies erfolgt durch horizontales Ineinanderfahren der Deckenelemente.

Nachteil solcher Lösungen ist, dass die Wandelemente des Obergeschosses beim Transport auf Distanzklötzen stehen müssen, um ein Beschädigen der Schürze zu verhindern. Nach der Montage der Obergeschosswände sind allerdings alle Stöße der Deckenelemente unsichtbar überdeckt. Die horizontale Fuge zwischen OG und EG Wand kann dabei auch so überschoben werden, dass der direkte Durchgang für Wind und Feuchtigkeit durch den Versatz unterbrochen wird.

3.6.4.2 Entwicklung einer “Integrierten Verbundelementdecke“

Ein neuentwickeltes Deckensystem soll es ermöglichen 100 %-ig vorgefertigte Bauteile herzustellen. Unter Nutzung der Schnellverbindertechnologie soll ein Deckensystem erprobt werden, das gegenüber den herkömmlichen Deckensystemen die vollständige Integration aller Gewerke bereits in der Vorfertigung ermöglicht.

Idealerweise besteht die tragende Deckenkonstruktion aus einer Massivholzplatte, die zum Beispiel im Brettstapelverfahren oder als Nagelsystem hergestellt werden kann. Gegenüber Balkendecken hat das den Vorteil, dass die Elemente eine gute Speicherwirkung haben und vor allem können Vorsprünge, Rücksprünge und Aussparungen hergestellt werden, ohne Wechselhölzer zu benötigen.

Die Masse der Elemente kommt dem Schallschutz zwischen den Geschossen zu gute. Um eine durchlaufend trittschalldämmende Wirkung zu erzielen, wird eine Weichfaserplatte aufgelegt. Auf diese Platte werden vorgefräste Verbundplatten aus Faserzementplatten oder Spanplatten gelegt, die bereits alle Heizleitungen integriert haben, wie auf der linken Seite der folgenden Abbildung dargestellt. Diese Elementdecken können mit modernen Multifunktionsanlagen maßgenau hergestellt werden. Solche Anlagen können fräsen, bohren, sägen und nageln.

Die Montage der Verbundelementdecke ist auf der rechten Seite der folgenden Abbildung dargestellt. Dabei kommen Schnellverbinder für die Heizleitungen zum Einsatz.

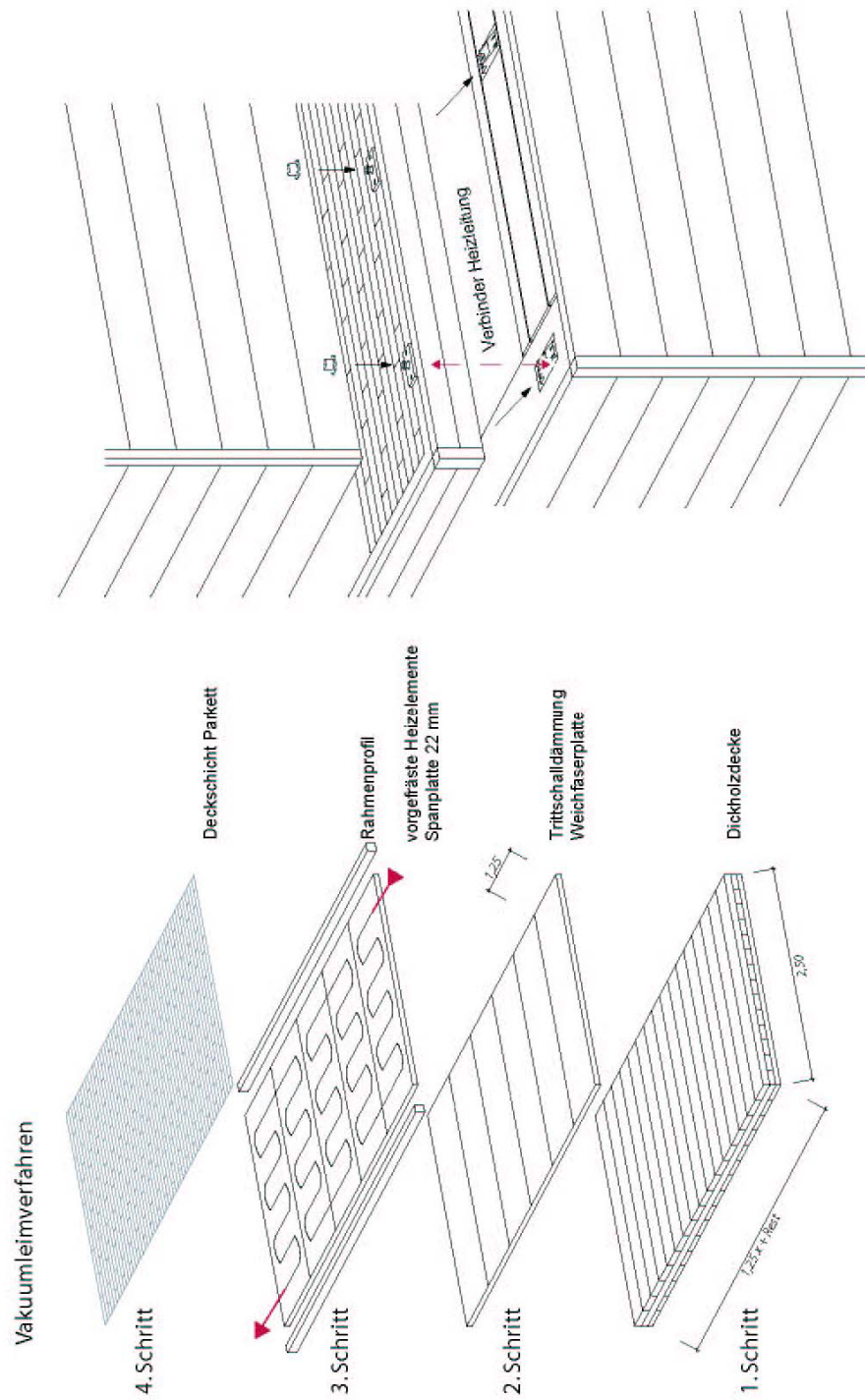


Bild 313

Deckenverbindingssystem “horizontal“ mit Schnellverbindern

Das nachfolgend dargestellte Montageprinzip zeigt die Montage von Deckenelementen mittels Schnellverbindern in horizontaler Anordnung. Das Einfahren der Deckenelemente erfolgt beginnend mit einem Randelement, welches parallel zu einer Außenwand eingefahren wird. Dieses erste Element kann dabei sowohl in der Längswand, als auch in der quer zur Einfahrriichtung verlaufenden stirnseitigen Wandoberseite, Verbinder enthalten. Dadurch können an bis zu drei Seiten des Elementes Verbinder mit Ver- und Entsorgungsleitungen liegen.

Die weiteren Elemente werden nacheinander so aufgelegt, dass die Verbinderhälften aufeinander liegen und durch eine Horizontalbewegung ineinander fahren. Hierbei ist zu beachten, dass die Decke um den Einfahrweg von ca. 70 mm kleiner sein muss als das Wandaußenmaß, wenn EG-Wände mit obenseitig überstehender Schürze verwendet werden.

Der Vorteil des horizontalen Einfahrens liegt darin, dass die Deckenelemente auch in Deckenmitte über die Verbinder so aneinandergelassen werden, dass sie bei Biegebeanspruchung gemeinsam beansprucht werden. Dies gewährleistet einen sauberen Abschluss am Elementstoß zueinander. Die Kräfte zur horizontalen Schubbewegung müssen dabei so groß sein, dass die Elemente bis zum Anschlag ineinander fahren. Gegenüber dem vertikalen Stecken hat dies den Nachteil, dass die Eigenlasten der Elemente aufgrund der Reibung zwischen den Auflagerpunkten dem Gleiten entgegenwirken. In einem praktischen Versuch muss dieses Verhalten überprüft werden.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil gegenüber dem vertikalen Einfahren besteht darin, dass jedes Element Verbinder zu den umlaufenden Wandoberseiten aufnehmen kann. Dies ist besonders dann von Vorteil, wenn in den Elementen Heizschlaufen integriert sind, die jeweils an den Elementenden Verbinder für den Heizungsvor- bzw. Rücklauf benötigen.

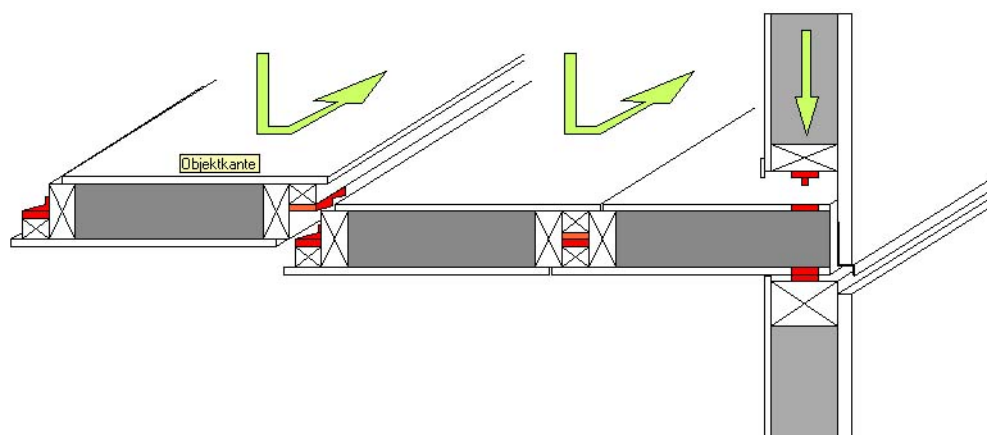


Bild 314
Deckenverbindingssystem “horizontal“ mit Schnellverbindern für Ver- und Entsorgungsleitungen
Wand-Decke-Decke

Deckenverbindingssystem “vertikal“ mit Schnellverbindern

Das hier dargestellte Montageprinzip zeigt die Montage von Deckenelementen mittels Schnellverbindern in vertikaler Anordnung. Das Einfahren der Deckenelemente erfolgt beginnend mit einem Randelement, welches parallel zu einer Außenwand horizontal eingefahren wird.

Wie beim Deckenverbindingssystem „horizontal“ kann das Element dabei sowohl in der Längswand, als auch in der quer zur Einfahrriichtung verlaufenden stirnseitigen Wandoberseite, Verbinder enthalten. Dadurch können an bis zu drei Seiten des Elementes Verbinder mit Ver- und Entsorgungsleitungen liegen.

Die weiteren Elemente werden nacheinander montiert, indem die Verbinderhälften am Kran hängend so aneinander liegen, dass der Idealabstand von ca. 70 mm erreicht wird. Durch das Absenken der Elemente fahren die Verbinder ineinander. Die Eigenlast der Elemente unterstützt hierbei das Aneinanderpressen der Elemente, was zu einem guten Verbund der Deckenelemente führt.

Der Nachteil des vertikalen Einfahrens könnte darin liegen, dass die Deckenelemente, die bis zu 2,50 m breit sind, nur auf einer Seite auf dem nächsten Element aufliegen. Wird ein Deckenelement auf der nicht aufliegenden Seite stärker belastet, so kann sich dieses Element unter der Last stärker durchbiegen. Dies kann zu sichtbaren Versätzen an den Stossfugen führen. Eine Abhilfe könnte hier das nachträgliche Verschrauben der Elemente untereinander sein. Diese Lösung entspricht allerdings nicht dem angestrebten Systemgedanken, fertige Oberflächen an der Ober- und Unterseite zu ermöglichen.

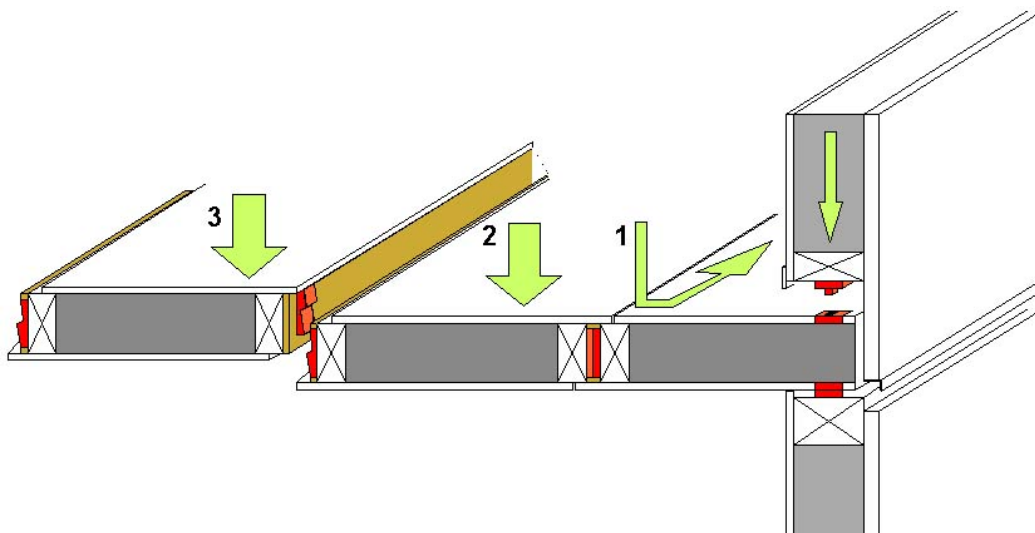


Bild 315 Deckenverbindingssystem “vertikal“ mit Schnellverbindern für Ver- und Entsorgungsleitungen Wand-Decke-Decke

Deckenverbindingssystem „vertikal und horizontal“ mit Schnellverbindern

Dieses Montageprinzip ermöglicht die Montage von Deckenelementen mittels Schnellverbindern in horizontaler und vertikaler Anordnung. Das Einfahren der Deckenelemente erfolgt beginnend mit einem Randelement, das parallel zu einer Außenwand horizontal eingefahren wird.

Auch bei diesem Verbindungssystem kann das erste Element kann in der Längswand, wie auch in der quer zur Einfahrriichtung verlaufenden stirnseitigen Wandoberseite, Verbinder enthalten. Wiederum können an bis zu drei Seiten des Elementes Verbinder mit Ver- und Entsorgungsleitungen liegen.

Die weiteren Elemente werden so montiert, wie beim Deckenverbindingssystem „vertikal“.

Sollen nicht alle Leitungen nur von Deckenelement zu Deckenelement verbunden werden, so können Zwischenelemente auch horizontal eingefahren werden. Dadurch sind wiederum Verbindungen von der Wand in das Deckenelement möglich.

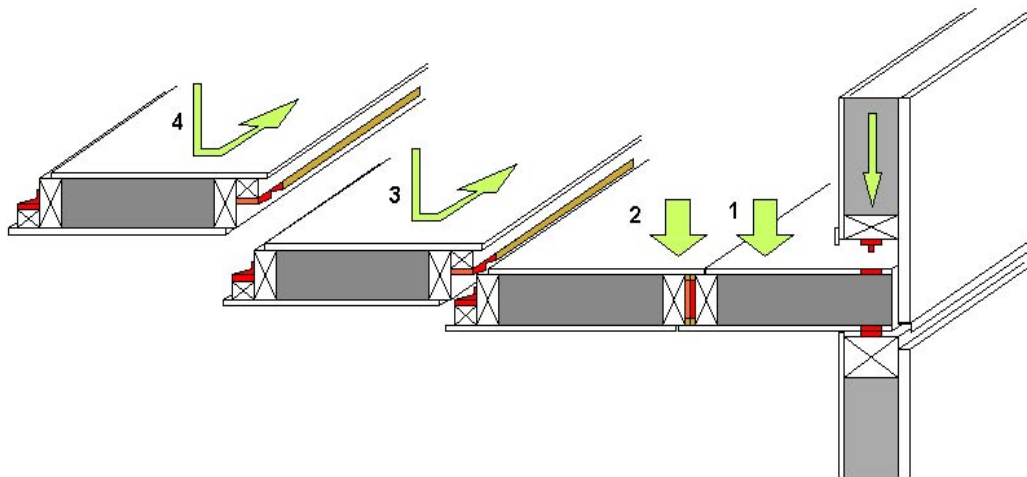


Bild 316 Deckenverbindingssystem „vertikal und horizontal“

Installationszonen in der “integrierten Verbundelementdecke“

Das Schaubild zeigt die Anordnung der einzelnen Installationszonen in den integrierten Deckenelementen. So kann hier die gesamte Versorgung der Deckenelemente über eine Verbindung der Deckenelemente zu den Wandelementen erfolgen. In den Wandelementen des darunter liegenden Geschosses verlaufen die Versorgungsleitungen für die Fußbodenheizung im Sturzbereich der Wände. Das bedeutet, die Heizleitungen für den Erdgeschoss Fußboden verlaufen im Sturzbereich der Kellerwände. Die Heizleitungen für den OG Fußboden verlaufen im Sturzbereich der EG Wände.

Das hat den Vorteil, dass die Leitungen nicht durch Tür- oder Fensteröffnungen gestört werden. Zudem kann der Vorlauf für ein Deckenelement getrennt vom Rücklaufanschluss liegen. Werden zusätzlich Heizkörper wandhängend angeschlossen, können diese ebenfalls vom Sturzbereich angefahren werden.

Ist die Installation von Versorgungsleitungen im Sturzbereich des Keller, EG, oder OG generell nicht möglich oder nicht erwünscht, so kann mit dem Deckensystem auch so verteilt werden, dass die Heiz- und Stromverteilung nicht ringförmig sondern zentral und damit netzförmig erfolgt.

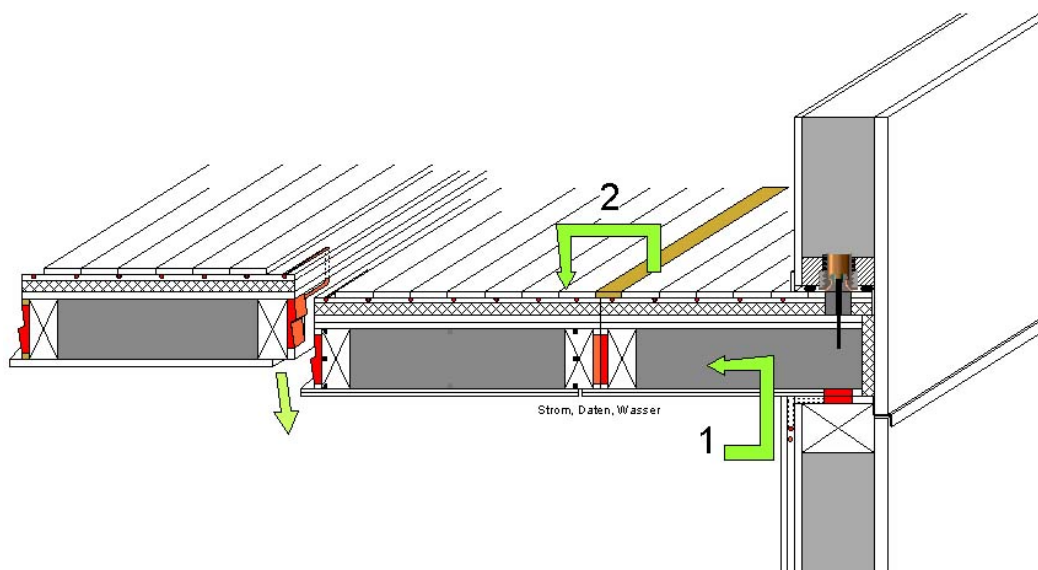


Bild 317 Installationszonen in den Deckenelementen

Deckenverbindingssystem “ horizontal“ mit Nut und Federprinzip

Bei diesem Deckenmontageprinzip kann mit allen Deckenelementen horizontal eingefahren werden, wobei die Elemente untereinander keine Medienverbindungen haben, sondern nur formschlüssige Nut- und Federverbindungen. Das hat den Vorteil, dass alle Elemente direkt von den Wandoberseiten an die Medienverbinder angeschlossen werden. Ähnlich der zuvor erwähnten horizontalen Einfahrmethode entstehen hier keine unterschiedlichen Durchbiegungen unter den Deckenelementseiten.

Während bei der vorherigen Lösung das erste Element für die Medienübertragung von Wand zur Decke geeignet ist, und alle anderen sowohl untereinander aber auch zur Wand verbunden sein können, ist hier eine Verbindung untereinander nicht möglich. Das hat zur Folge, dass sich auch maßliche Abweichungen von Element zu Element addieren können. Ein restloses Einfahren muss hier also gewährleistet sein. Erschwert wird dies auch durch die auftretenden Reibungskräfte im Endzustand des Einfahrens zwischen Deckenunterseite und Auflagerfläche auf der Wandoberseite. Zu beachten ist generell, dass die an den Stößen eingesetzten Federn mit dem Winkel der Verbinder zueinander in die ausgenommenen Nuten einlaufen.

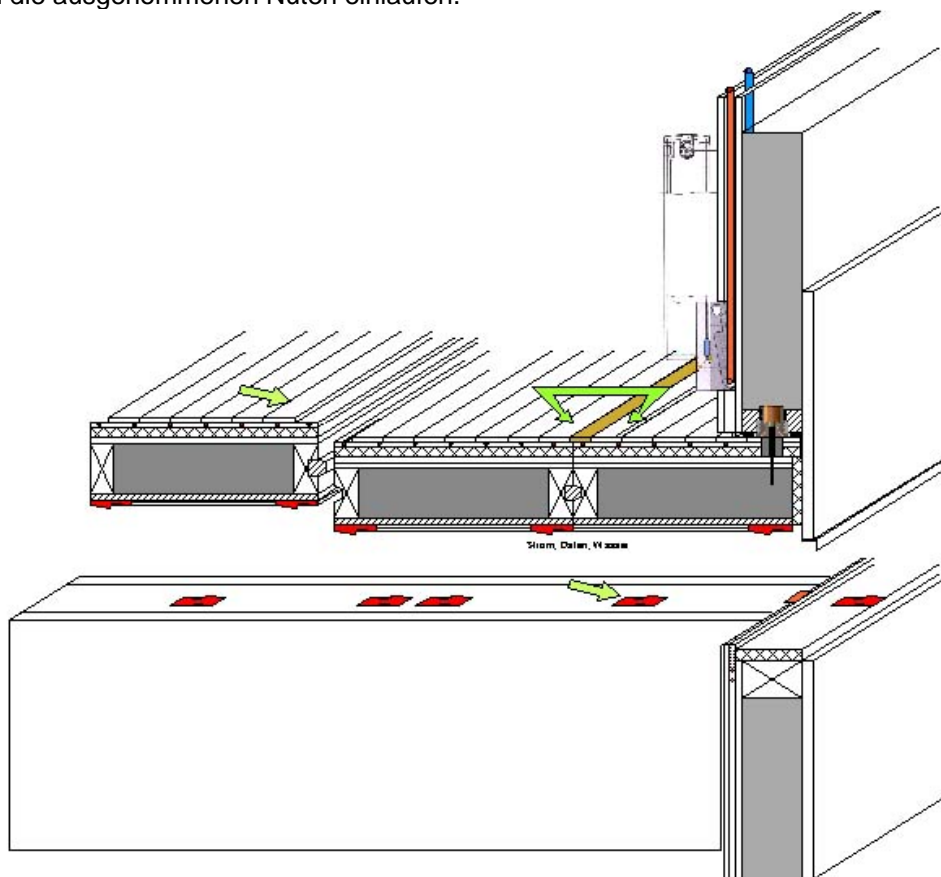


Bild 318

Bildfolge zur Deckenmontage bei Testhäusern mit Schnellverbindern:



Bild 319



Bild 320



Bild 321



Bild 322



Bild 323



Bild 324



Bild 325



Bild 326

3.7 Modifikation und Adaption der Entwicklungen für den Einsatz der Schnellverbindertechnologie im Fertiggellerbau bzw. Massivbau

Der Fertiggellerbau bietet in Ergänzung zum Fertighaus ähnliche Vorteile, wie fester Preis, fester Fertigstellungstermin, kurze Bauzeit und nur einen Ansprechpartner. Wände und Decken werden aus vorgefertigten Elementen montiert. Mitunter haben spezielle Entwicklungen zu firmentypischen Bausystemen geführt. Diese reichen vom klassischen Vollmontage-Keller mit bis zu wandgroßen Fertigteilen aus Beton, Leichtbeton oder Porenbeton bis hin zu Hohlwänden aus Betonplatten als verlorene Schalung und dazu passenden Deckensystemen, die gemeinsam mit Beton verfüllt werden. Fenster, Türen und Leitungsschächte sind werkseitig bereits berücksichtigt. Putzkanten entfallen, da die Decken glatt und malerfertig sind.

Fertiggeller sind in verschiedenen zementgebundenen Baustoffen erhältlich. Auch im Kellerbau will man durch Systeme erreichen, den Vorfertigungsgrad im Werk so zu steigern, dass die Montagezeiten auf der Baustelle stark reduziert werden können.

Um noch mehr Zeit einzusparen, stellt sich auch im Fertiggellerbau die Aufgabe, die Gewerke Elektro, Heizung und Sanitär, möglichst weit in die Bauteilfertigung im Werk zu integrieren.

Möglichkeiten der Gewerkeintegration für Kellerelemente



Bild 327 Fertigungsstraße für die Liegendelementfertigung

Für die Herstellung von Kellerelementen stehen grundsätzlich zwei Verfahren zur Verfügung. Die liegende Fertigung und die stehende Fertigung von Wand- und Deckenelementen. Die Elemente werden dabei entweder als Vollplatten hergestellt oder als zweischalige Systeme, die auf der Baustelle ausbetoniert werden. Für die Vorfertigung im Werk eignen sich daher Vollplattensysteme oder Sandwichelemente besser als Verbundlösungen.



Bild 328 stehende Vollplattenfertigung **Bild 329** Filigranelement in der Liegendfertigung

Bei beiden Verfahren können bereits im Werk Leerdosen für die Elektroinstallation vorgesehen werden. Dabei werden auf einem Schaltisch, meist aus Stahl, die Positionen der Dosen angezeichnet. Dies geschieht entweder manuell oder durch einen sogenannten Plotter, der nach den Vorgaben aus der CAD-Planung die genauen Punkte kennzeichnet. An der jeweiligen Stelle wird dann mit einer Klebepistole Heißkleber aufgebracht. Die Installationsdose wird auf diesen Kleber gedrückt und sitzt damit auf der glatten, raumseitigen Fläche.

Derzeitige Schalungsroboter wie zum Beispiel die der Fa. Weckenmann, sind in der Lage Schalungssteine auf einen magnetischen Schalungstisch zu positionieren, wonach dann die Begrenzungen für das Wand- oder Deckenelement aufgeclipst werden. Mit solchen Schalungsrobotern können Betonfertigteile bereits millimetergenau hergestellt werden.

Denkbar wäre es, Greifarme so zu konstruieren, dass auch die Leerdosen damit sehr präzise gesetzt werden können. Auch das Markieren von Befestigungshilfen für Wasser- oder Abwasserrohre wäre so möglich und würde eine höhere Genauigkeit beim Positionieren ermöglichen. Die Liegendfertigung stellt hier im Moment die geeignetste Bauweise für eine präzise und wirtschaftliche Fertigung von Vollplatten dar. Auch das Einbringen des Betons kann hier mit größerer Sorgfalt erfolgen, als bei der Stehendfertigung, wo bedingt durch die Wandhöhe der Betondruck und die Wucht beim Befüllen ungünstige Auswirkungen haben können. Positiv ist bei der Liegendfertigung ebenfalls, dass Einbauteile einfach auf den Tisch gelegt und befestigt werden können, da der Arbeiter den Schaltisch als Arbeitsfläche benutzt. Durch die automatisierte Anordnung der umfassenden Schalungselemente ist eine winkeltreue Ausbildung der

Wand ebenfalls garantiert. Nachteilig bei der liegenden Fertigung ist die Oberflächenqualität auf der herstellungsgemäß nur durch Abziehen und Scheiben geglätteten Oberseite.

Eine mögliche Variante dazu wäre das zweischalige Wandelement mit werkseitiger Verfüllung. Dabei könnten Leichtbetone oder andere wärmedämmende Mischstoffe eingesetzt werden. Die erforderliche Schalung an den Stirnseiten könnte gleichzeitig die präzise Befestigungsleiste für die Befestigungselemente werden. Ein Ausführungsbeispiel wird in den folgenden Kapiteln dargestellt.

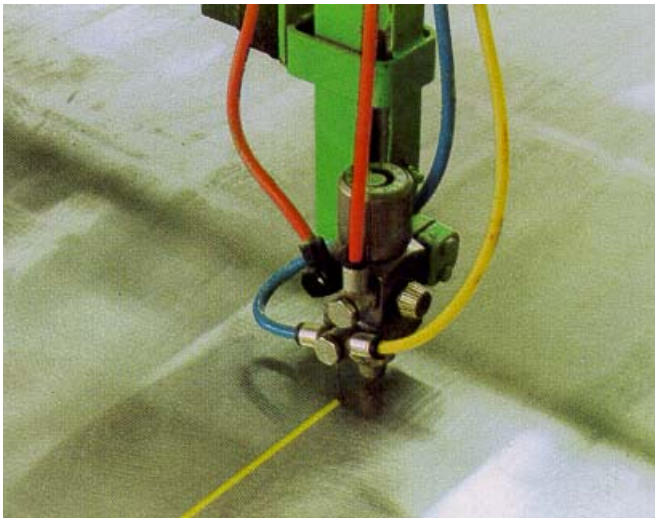


Bild 330 Plotter markiert Installationszonen auf dem Schaltisch

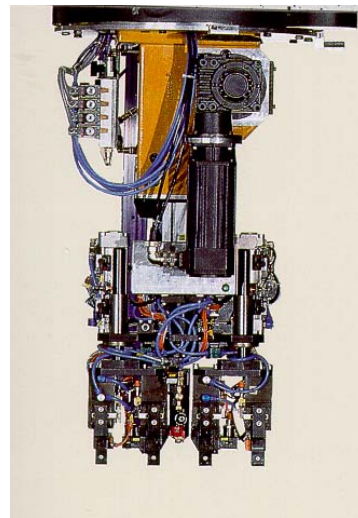


Bild 331 Magnetgreiferarm

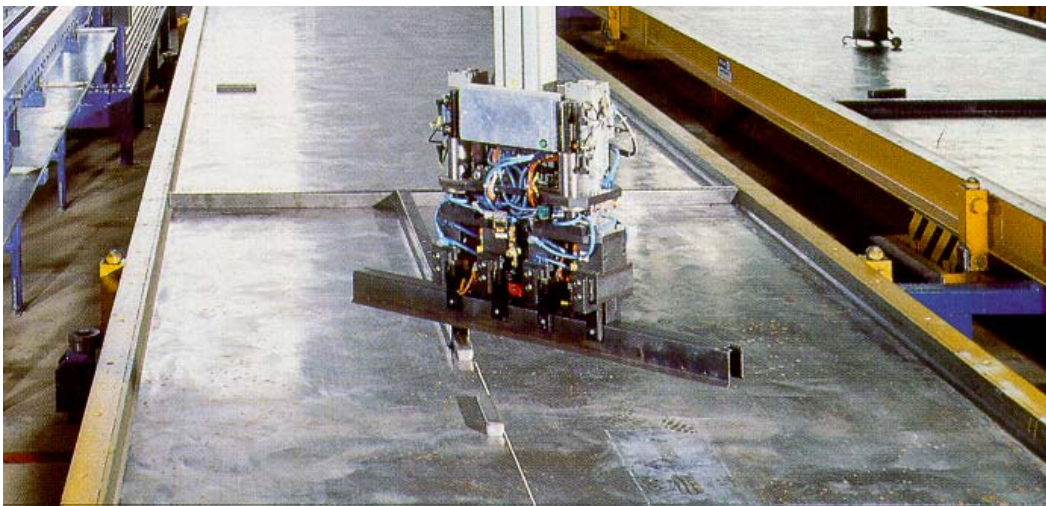


Bild 332 Magnetgreifer beim Setzen der Stahlschalungen auf vorplatzierte Magnethalter

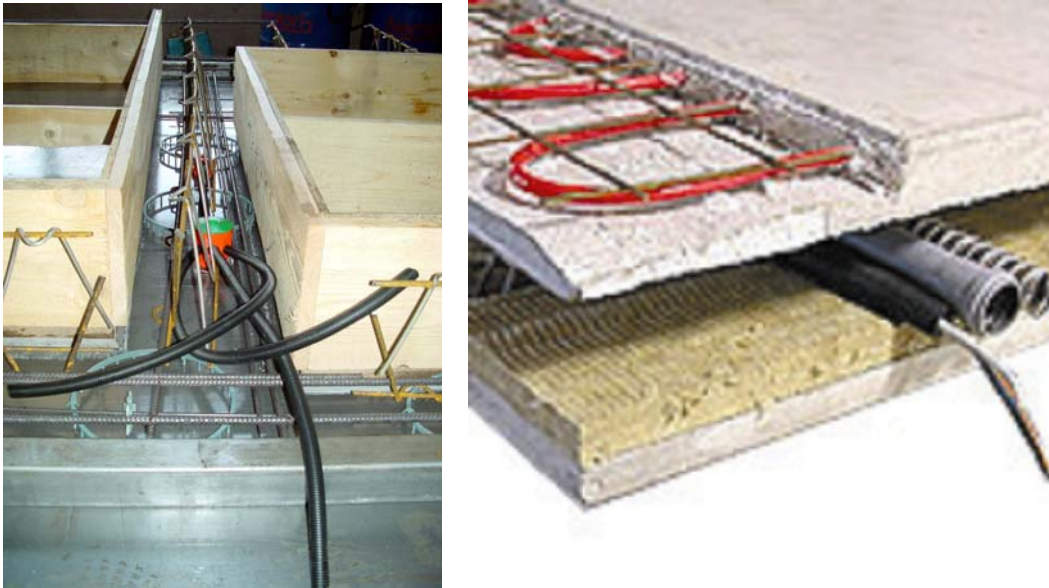


Bild 333 Installation über Leerrohre im Betonfertigteilbau. Es können bereits Elektroleerrohre und Heizleitungen bzw. Trinkwasserleitungen eingelegt werden. Auch im Betonbau werden vereinzelt Installationsdecken entwickelt. Rechts: ein Beispiel der Firma Wohn-Ton in Dessau

Bei der Untersuchung verschiedener Fertigteilwerke kann übereinstimmend festgestellt werden, dass die Arbeiter bei der Integration von Installationen und Leitungen bzw. Leerrohren an ihre Grenzen kommen. Dies erklärt sich dadurch, dass, bedingt durch den hohen Kostendruck am Bau, überwiegend angeleitete oder gering qualifizierte Arbeiter an den Betonierstationen eingesetzt werden. Nicht zuletzt deshalb, weil die Masse der gefertigten Bauteile aus geometrisch einfachen und nicht installierten Bauteilen besteht.

Um die Gewerkeintegration auch im Fertiggellerbau zu realisieren, ist es daher erforderlich, etwaige Systeme oder Hilfssysteme zu entwickeln, so dass die Anforderungen an die Qualifikation der Arbeiter nicht zu hoch sind bzw. sich auf einen qualifizierten Arbeiter in der Nachbearbeitung beziehen.

Anschlüsse und Verbindungsmittel im Fertiggellerbau

Im folgenden Abschnitt werden die derzeit üblichen Verbindungsmittel im Betonfertigteilbau dargestellt. Die nachfolgenden Systembilder zeigen im Betonbau übliche Verbindungen zur Verbindung von Vollplatten. Diese Anschlusselemente werden aber auch im Ortbetonbau eingesetzt, um Verbindungen von Fertigteilen zu Ortbetonelementen oder zwischen Bauabschnitten zu realisieren. Das Prinzip erfolgt, wie die Zeichnungen zeigen, durch das Einlegen eines Schlaufenkörpers an den Stirnseiten der Wand für Stumpfstoße oder in der Wandfläche. Nach dem Betonieren der Vollplatten werden die Anschlussschlaufen freigelegt, indem die Abdeckung des Schlaufenkörpers entfernt wird. Die Stahlschlaufen werden übereinandergelegt und durch einen Bewehrungsstab, der von oben in die Wand gesteckt wird, zusammen gehalten. Nach dem Ausbetonieren der wandhohen Aussparung sind die Wände kraftschlüssig miteinander verbunden.

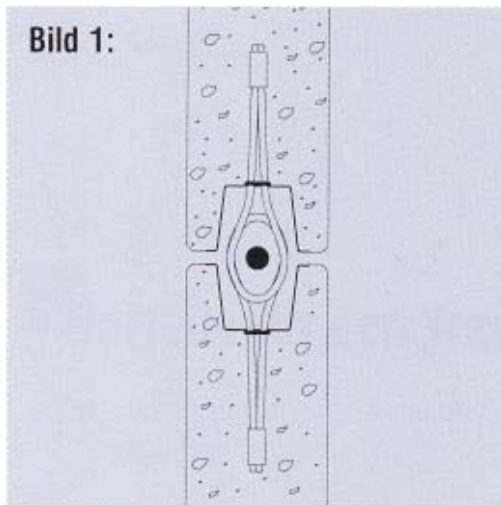


Bild 1: Stumpfstoß von zwei Wänden

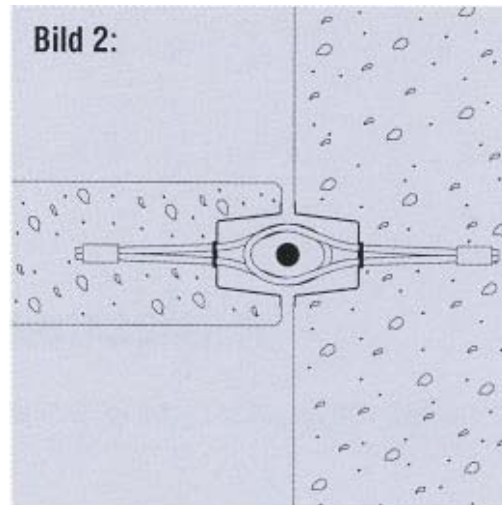
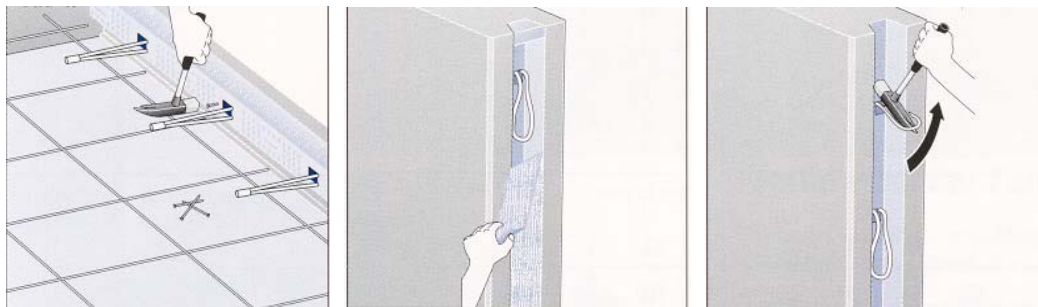


Bild 2: Wandanschluß



Bildfolge 334

Für Integrationslösungen von Elektroleitungen in Vollplatten wurden Lösungen wie unten abgebildet entwickelt. Hierbei werden die Leerrohre meist von den Wänden in die Decke oder den Boden geführt, um dort mit vorhandenen Systemen verbunden zu werden. Um solche Verbindungen von Wand zu Boden herzustellen, werden heutzutage in der Regel die Leerrohre in der Decke einbetoniert und treten an den Stellen der Wände aus. Die Leerrohre werden dann mit den weiterführenden Rohren in den aufgehenden Wandbauteilen verbunden. Die Wandsysteme sind hierbei meist zweiseitig und werden nach dem Aneinanderstellen ausbetoniert. Bei diesem Verfahren ist es äußerst wichtig, dass alle Leerrohrverbindungen in den Bauteilen zuverlässig ineinander gesteckt werden und dem Betoniervorgang Stand halten. Das hier abgebildete Verfahren erfordert zudem Wandhalter mit Stützstreben.

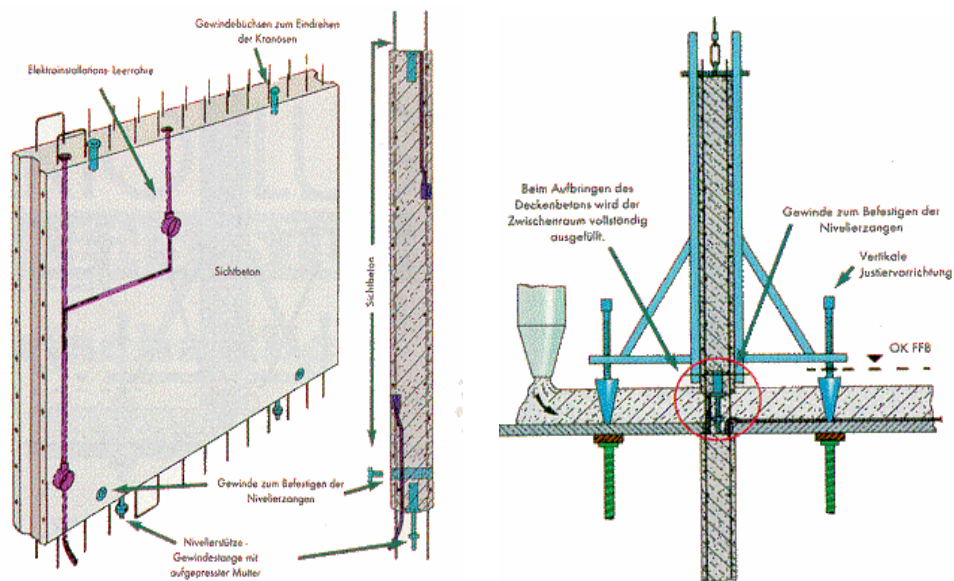


Bild 335

3.7.1 Vorgaben für die Entwicklung eines steckfertigen Fertiggellersystems

Zur Entwicklung eines steckbaren Schnellbaukellers soll hier ein Lastenheft erstellt werden, das die einzelnen Anforderungen an das System stellt. Der Einsatz von Schnellverbindern soll es ermöglichen, den Bau von Fertiggellerteilen ebenso wie im Holzbau in kürzester Zeit, steckerfertig zu realisieren.

Für die Entwicklung von Verbindungen gelten grundsätzlich andere Gesetzmäßigkeiten wie im Holzbau. Während im Holzbau die gesamte Wandkonstruktion fertiggestellt und zudem auf Maßhaltigkeit überprüft werden kann, muss das Ergebnis nach dem Aushärtetvorgang von Beton millimetergenau passen. Nacharbeiten durch einfaches Schleifen, Sägen oder Hobeln, wie im Holzbau, ist nicht möglich. Die Befestigung des Schnellverbinders an den Betonfertigteilen erfordert ebenfalls ein Umdenken. Während die unterschiedlichen Verbinder im Holzbau einfach an die Stirnseite der Wände oder auf die Wandfläche geschraubt werden können, stellt sich das Befestigen im Betonbau schwieriger dar. Die Befestigung durch nachträgliches Andübeln ist zwar denkbar, jedoch kann schon durch den Verlauf eines Bohrlochs die Befestigung nicht zuverlässig sein oder maßlich stark abweichen.

Um die großen und tonnenschweren Bauteile miteinander zu verbinden bedarf es ähnlich den bekannten Lösungen auch einer Verbindung mit der Stahlbewehrung. Die Verbinder selbst müssen die höheren Lasten tragen können, weshalb der Einsatz von Hochlastverbindern geeignete Lösungen bieten könnte.

Die Arbeitsumgebung im Betonfertigteilverk, die Situation an den Arbeitstischen selbst und die Qualifikation des Personals erlauben es nicht, Elektrokabel mitsamt den fertigen

Steckern bereits beim Betoniervorgang in die Schalung einzulegen. Es müssen schwere Eisenmatten eingelegt und Aussparungen freigeschnitten werden. Auch die Geometrie der Verbinder ermöglicht es nicht, diese schon vor dem Ausbetonieren in die fertige Position zu bringen. Die schwalbenschwanzförmigen Verbindungsteile des Verbinders stehen über die Mittelachse des Verbinderpaares hervor, was dazu führt, dass die Stahlschalungen Aussparungen aufweisen müssten.

Lastenheft Schnellbaukeller:

- oberflächenfertige Wand und Bodenplatten
- einfache und wirtschaftliche Montagehilfen
- einfaches Integrieren der Installationen in der Vorfertigung
- Einbausystem sollte auf Betoniervorgang abgestimmt sein und nach Möglichkeit mit dort üblichen Befestigungs- bzw. Montagethoden übereinstimmen.
- Verbindungsmittel müssen sowohl die höhere Präzision einhalten können und dennoch hohe Lasten tragen können.
- Verbindungsmittel sollten den statischen Verbund unter den Massivelementen erfüllen

3.7.2 Konstruktionsvariante mit speziellen Schalelementen

Moderne Betonfertigteilverke verfügen in der Regel über sogenannte Schalungsroboter, wie verhergehend beschrieben. Diese Automaten setzen Magnethalter millimetergenau auf den Schaltisch. Im nächsten Arbeitsschritt werden die Schalelemente aus einem Magazin gegriffen. Die Schalelemente sind in unterschiedlichen Längen und Höhen verfügbar. Durch einfaches Aufstecken auf die Magnethalter werden sie genau positioniert.

Eine Lösung für die maßhaltige Integration der Schnellverbinderplätze besteht darin, die standardisierten Randabschalungen aus Stahl durch aufgeschweißte Installationsbuchsen aus Stahl zu umzuformen. Die speziell angefertigten Schalelemente aus Stahlblech werden mit dem Schalungsroboter auf die Magnete gesteckt. Dabei sind die Schalelemente bereits mit Bohrungen versehen, die den Befestigungslöchern der Schnellverbinder entsprechen. Zusätzlich werden im Schalelement große Löcher für das Durchstecken der Leerrohre vorgesehen.

Da nicht alle Leerrohre die gleichen Durchmesser haben, wird ein Steckdeckel aus Kunststoff eingesteckt, dessen Rückseite unterschiedliche Durchmesser ermöglicht. Löcher die nicht belegt werden, können ebenfalls mit dem Steckdeckel versehen werden. So wird verhindert, dass über die verbleibenden Öffnungen Beton in den Bauraum für die Schnellverbinder läuft.

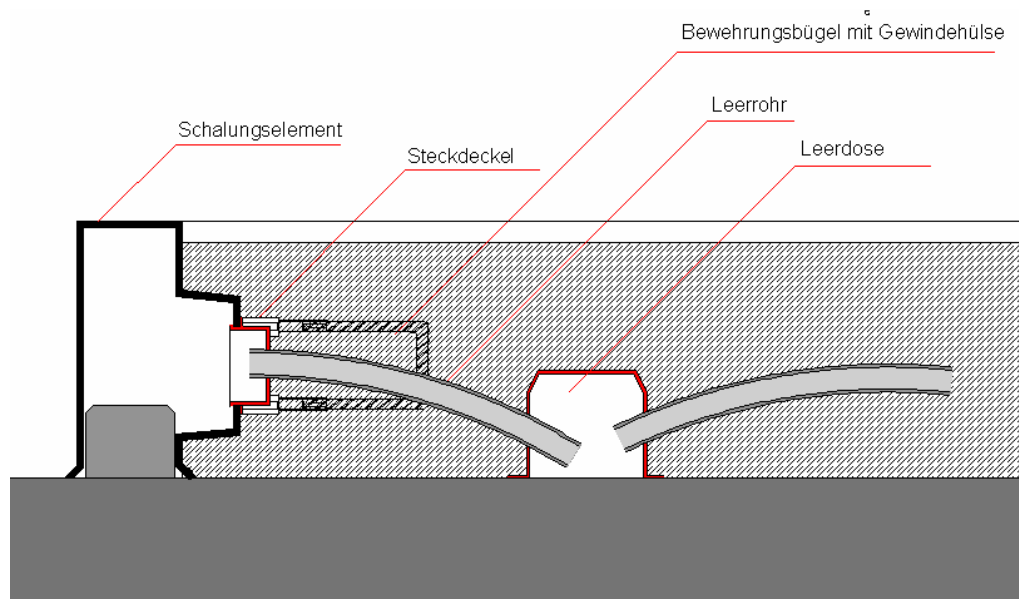


Bild 336 Prinzipskizze zur Entwicklung einer Montagevorrichtung zum Einsatz der Schnellverbindertechnologie im Betonbau

Je nach Bestückung der Wand mit Schnellverbindern für Strom, Wasser oder lastabtragenden Verbindern, werden in die zur Befestigung ausgesparten Löcher im Schalblech unterschiedliche Stopfen gesteckt. Zur Befestigung eines Hochlastverbinders an der Wandober- und unterseite werden Schraubhülsen aus Stahl befestigt, die über einen angeschweißten Bewehrungsstahl die Zugkräfte in die Bewehrungsebene leiten. Zur Befestigung von Schnellverbindern aus Kunststoff werden einfache Gewindehülsen in die Löcher gesteckt. Diese Hülsen sind so geformt, dass sie einfach in die Löcher gesteckt werden können. Durch eine spezielle Geometrie wird ein kraftschlüssiger Verbund im Betonteil erreicht. Sind im Schalelement Löcher vorgesehen, die nicht benutzt werden, so können diese durch Blindstopfen oder durch einfaches Abkleben verschlossen werden. Bei der Ausformung der Schalungselemente ist darauf zu achten, das durch eine gewisse Neigung der Flanken ein Ausformen nach dem Abbinden des Betons leicht möglich ist.

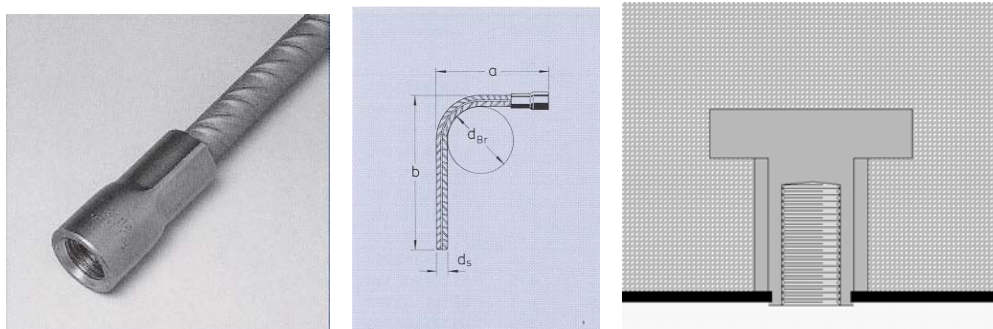


Bild 337 Vorgefertigte Schraubanschlüsse zur kraftschlüssigen Verbindung mit der Betonbewehrung

Für den Anschluss von Innenwänden an eine Außenwand kann ein Sonderschalelement gekantet werden, das ebenfalls vom Greifer des Schalroboters gegriffen werden kann. Hierzu reicht eine Aufkantung oder ein angeschweißter Bügel als Greifhilfe. Das Schalelement wird wie das Randelement auf die Magnethalter gesteckt. Die Bauhöhe des Schalelementes entspricht wiederum dem erforderlichen Bauraum für die Verbinderanordnung.

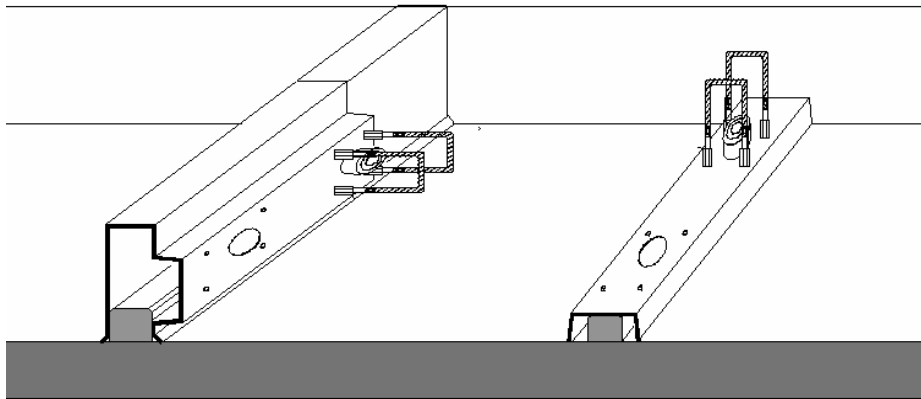


Bild 338 Schaltisch mit Sonderschalelement zur Verbinderaufnahme

Durch diese Vorgehensweise können auch die Aussparungen hergestellt werden, die beim Wandeckenanschluss auf der Wandfläche als Gegenüber der stirnseitigen Aussparung benötigt werden. Alle Schalelemente können so millimetergenau nach den immer gleichen Vorgaben und von den immer gleichen Referenzpunkten an der Wandober- und Unterseite angebracht werden. Zur Positionierung von Verbindern auf der Wandoberseite könnten steckbare Winkelschalstücke hergestellt werden, die so einen Bauraum für Justier- oder Fixiereinrichtungen erzeugen.

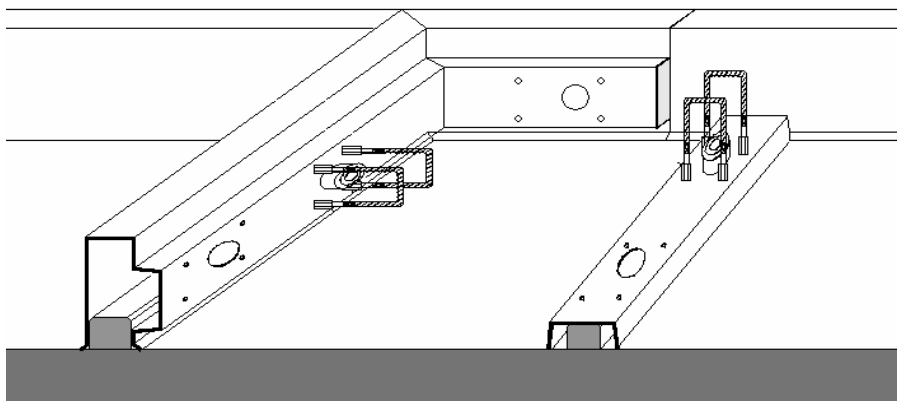


Bild 339 Schaltisch mit Sonderschalelement zur Verbinderaufnahme, Eckmodul und Innenwandanschluss

3.7.2 Konstruktionsvariante mit dem Einsatz von modularen Schalungsbuchsen aus Kunststoff oder Metall

Neben der oben beschriebenen Möglichkeit der Stahlschalungselemente mit vorgefertigten Aussparungen für die Verbinderbauräume wird hier eine weitere Möglichkeit dargestellt, die auch in der weniger automatisierten Fertigung einsetzbar ist. Um die Bauräume für den Verbindereinbau zu schaffen, können ebenso modulare Platzhalter in Form von Buchsen verwendet werden. Das Prinzip folgt dem derzeit üblichen Stand im Fertigteilbau, Leerdosen dort auf die Schalung aufzubringen, wo später Installationsdosen für die Wandverkabelung benötigt werden.

Die Einbaubuchse kann an beliebiger Stelle der Wand eingebaut werden. Die Buchsen können sowohl bei der liegenden Fertigung als auch bei der stehenden Fertigung eingesetzt werden. Werden mehrere Verbinder in Folge benötigt, so können die Buchsen über eine “Puzzlekopplung“ aneinandergereiht werden. Das funktioniert an den Stirnseiten der Wände gleichermaßen wie an der Wandoberfläche, beispielsweise zum Anschluss von Innenwänden an Außenwände.

Die Buchsenlösung hat gegenüber der Lösung mit vorgefertigten Stahlschalungen den Vorteil, dass keine Pass- oder Zwischenstücke erforderlich werden, wenn sich z.B. die Wandhöhe ändert. Auch beliebige Winkel an Giebel- oder Sonderelementen sind so möglich. Die Einbaubuchsen sind dabei so ausgebildet, dass der Bauraum für den Verbinder mit 3 cm Tiefe entsteht.

Auf der Unterseite der Buchse befindet sich eine runde Vertiefung, aus deren Rückfläche unterschiedliche Durchmesser durch Herausdrücken entfernt werden können. Durch die Öffnungen in der Buchse können dann unterschiedliche Leerrohrquerschnitte für Elektro-, Daten-, Heiz- und Trinkwasserleitungen eingeführt werden. Zur Befestigung der Schnellverbinder sind an der Buchsenrückseite Stutzen angespritzt, die ein Innengewinde aus Kunststoff oder Metall haben. Werden nur Kunststoffschnellverbinder angeschraubt, sind diese Gewinde für die Auszugskräfte ausreichend.

Um in der Einbaubuchse Hochlastverbinder aus Stahl- oder Stahlguss einzubringen wird der Anschluss an die Bewehrungsseisen erforderlich. Dazu werden Stahlgewindebuchsen mit angeschweißten Bewehrungsbügeln einfach von hinten auf die Kunststoffstutzen aufgesteckt. Die Verbinder werden in diesem Fall mit längeren Schrauben befestigt, die sich einfach durch den dünnen Kunststoffboden der angespritzten Gewindestutzen schrauben lassen, um dann in den aufgesteckten Stahlgewindehülsen zu greifen. So können die Zuglasten aus dem Verbinder direkt in die Bewehrungsstäbe weitergeleitet werden. In Belastungsversuchen sollte erprobt werden, wie hoch solche Anschlüsse belastet werden können.

Zum Einbau der Buchsen wird auf den breiten Flansch der Buchse Heißkleber aufgetragen und die Buchsen werden auf den Schalungstisch bzw. an die Schalungswände geklebt. Nach dem Abbinden des Betons können die Kabel und Leitungen eingezogen und an die Verbinder angeschlossen werden.

Werden die Einbaubuchsen bei allen Wand- oder Deckenelementen immer an der Wandober- und unterseite beginnend eingebaut, so sind maßliche Verschiebungen

weitgehend ausgeschlossen. Weichen die Höhenmaße der Elemente voneinander ab, so sollten alle Elemente von einer Bezugskante aus eingebaut werden.

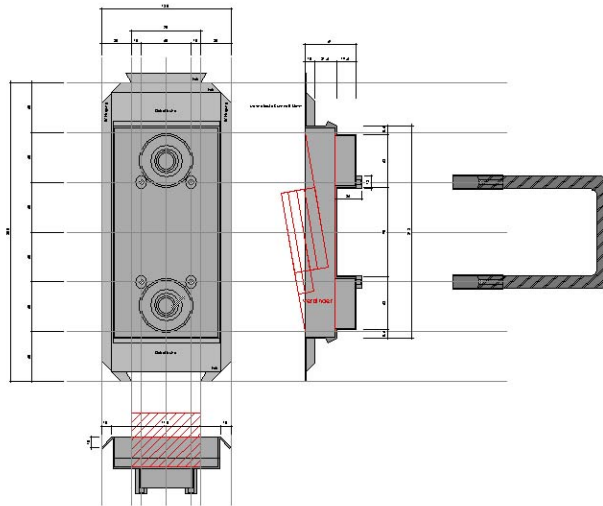


Bild 340 Schnittzeichnung der Einbaubuchse mit aufsteckbarem Bewehrungsbügel

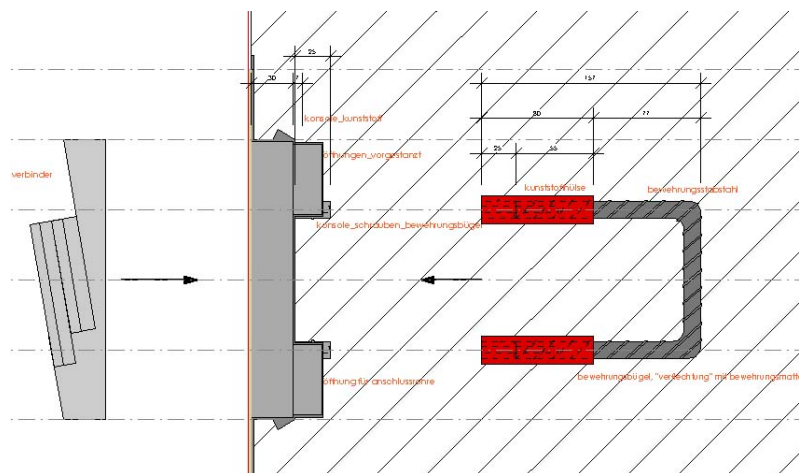


Bild 341 Einbausystematik des Verbinders mit Einbaubuchse und Bewehrungsbügel

3.7.4 Entwicklung von Prototypen zur Erprobung der Systemkomponenten

3D-Datenmodell vom Prototyp 1:

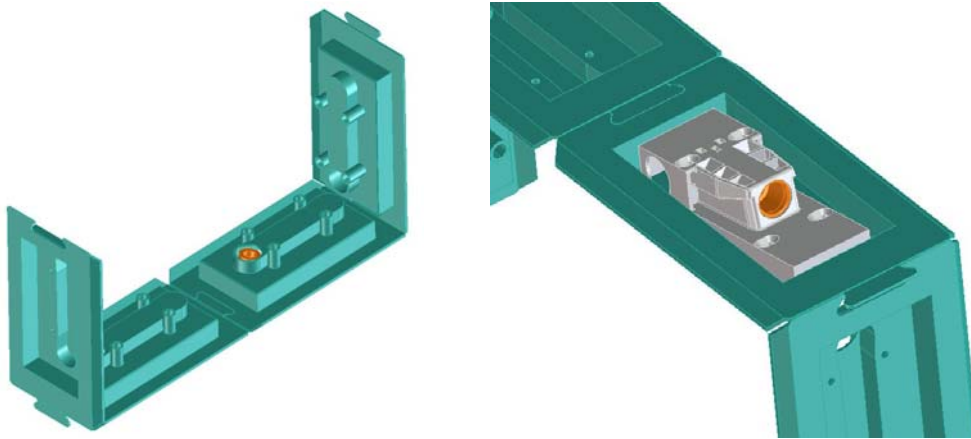


Bild 342 Isometrie modularer Einbaubuchsen, die über Puzzleverschlüsse addierbar und aneinandersteckbar sind; Einbausituation eines Schnellverbinders bei Ecklösung

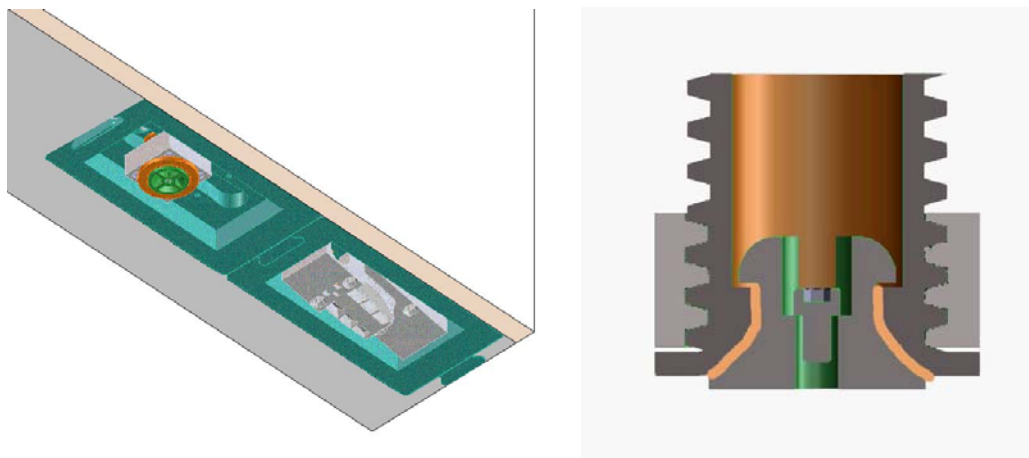


Bild 343 links: Verbinder an der Wandunterseite und eingebautes Justierelement

Bild 344 rechts: Justiereinheit in Aluminium zur Höhenverstellung der Elemente

3D- Datenmodell vom Prototyp 2:

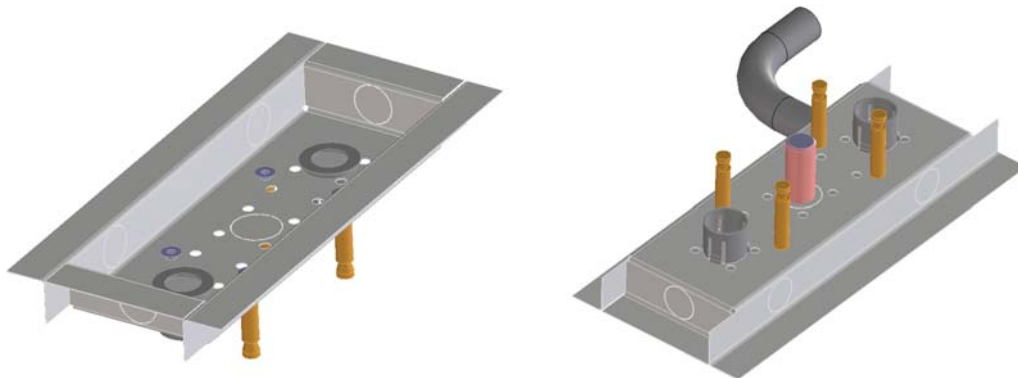


Bild 345 Abbildung einer ersten Einlegebuchse zur Aufnahme der unterschiedlichen Verbindungselemente. Einbaubuchsen aus Stahlblech, als verlorene Platzhalter verbleiben diese nach dem Ausbetonieren in der Wand. An den Buchsen werden Leerrohre und Gewindehülsen befestigt.

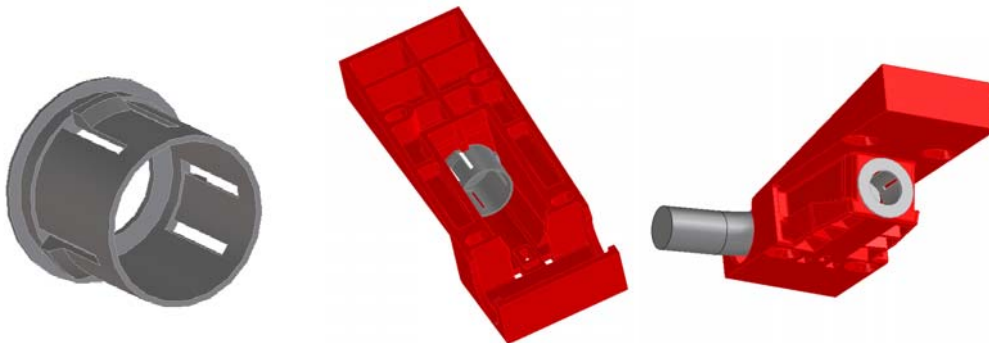


Bild 346 Die Grafik zeigt eine hierzu entwickelte Fixierhülse, die zum Fixieren von Leerrohren sowohl in der Betonbuchse, als auch im Schnellverbinder geeignet ist.



Bild 347 Prototyp der Fixierhilfe in Schnellverbinder eingebaut ermöglicht Leerrohr-System

Bilddokumentation vom Bau eines Prototypenmodells im Maßstab 1:1

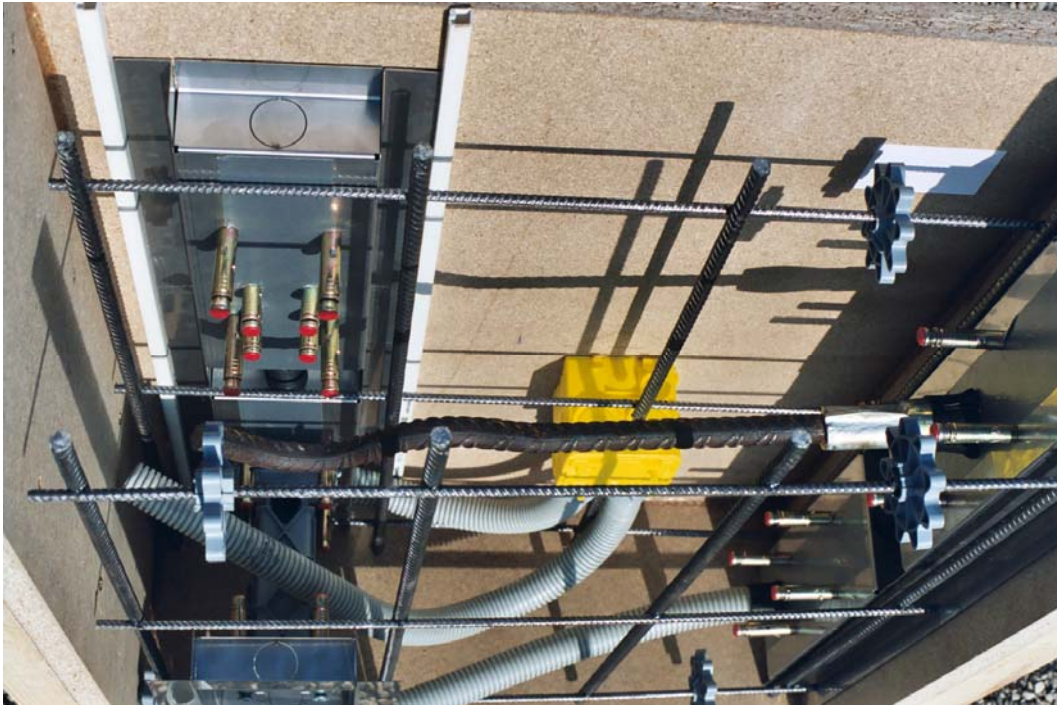


Bild 348 Schalungskasten mit übereinander platzierten Einlegebuchsen. In die lasergeschnittenen Blechbuchsen können an beliebiger Stelle Anschlüsse für Leerrohre, Bewehrungsstähle oder Gewindehülsen vorgenommen werden.

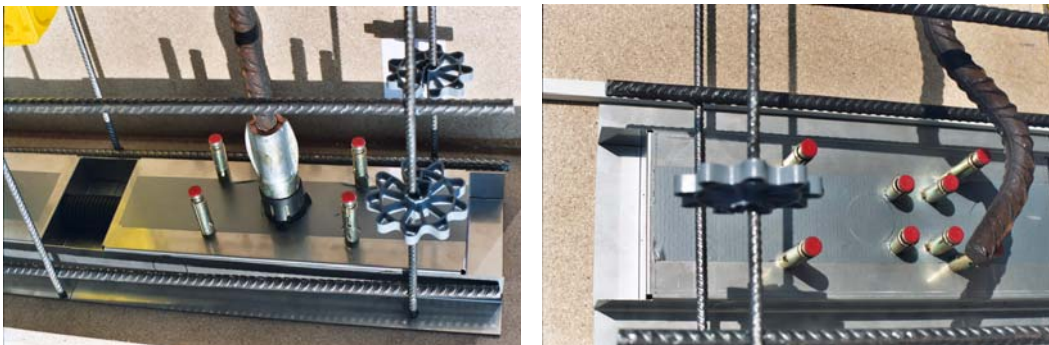


Bild 349 Anschluss Bewehrungsstahl mit M 22 Gewindehülse sowie 4 Fischer Hochlastdübeln M 6 zur Aufnahme der Schnellverbinder bzw. der Hochlastverbinder. Die Fixierhülse ist so konstruiert, dass sie auch zur Aufnahme des Bewehrungsdornes in der Blechbuchse dient.

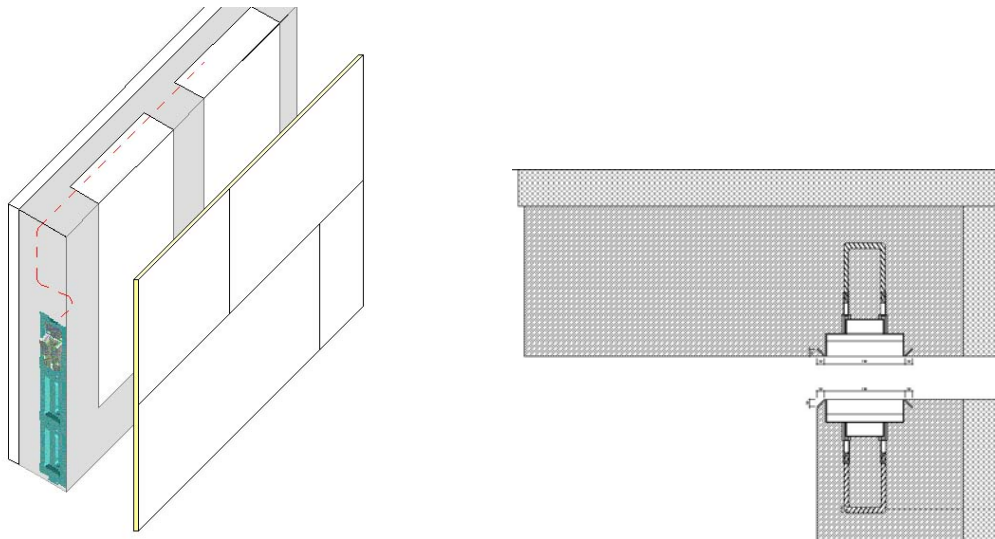


Bild 350 Einbausituation in den Modellbauteilen als Wandaußenecke



Bild 351 Einsatz herkömmlicher Distanzhalter (Fa. Kaiser) bei Gegenüberlage von Einlegebuchsen



Bild 352



Bild 353



Bild 354 Betonmodelle nach dem Ausschalen, oben rechts: Schwerlastverschraubung und Leerrohreinleitung



Modell mit eingebauten anschlussfertigen Schnellverbindern für Elektro und mit Lastverbindern

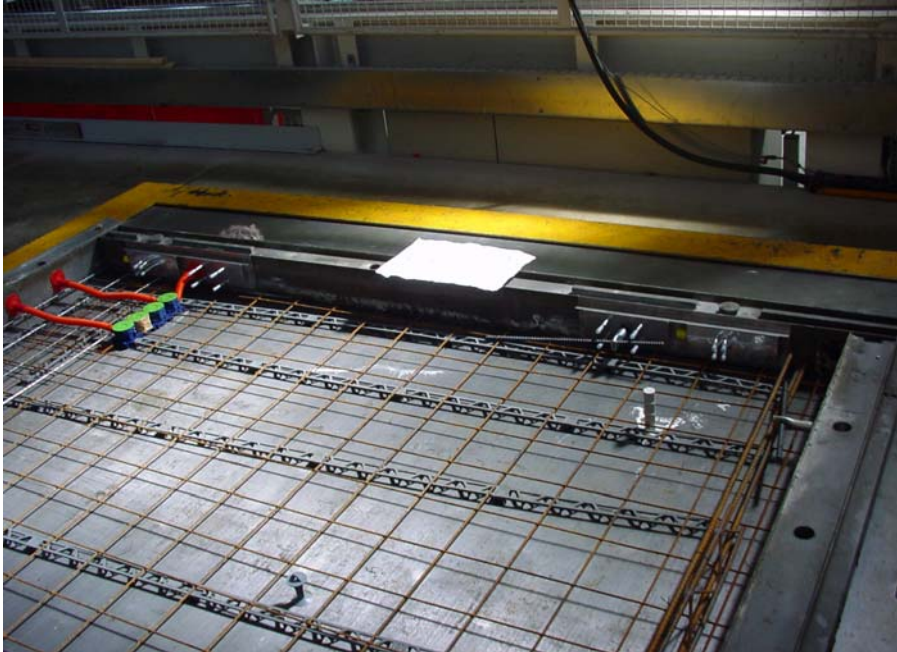


Bild 355 erste Prototypenfertigung im 1:1 Großversuch, Einbauen der Platzhalter in der Schalung



Bild 356 erste Prototypenfertigung im 1:1 Großversuch, Bewehrungsanschluss



Bild 357-358 Hochlastverbinder in Einlegebuchen zur Vorzentrierung in Vollbetonwand eingebaut



Bild 359-360 Juni 2004, erste Montageversuche mit Betonelementen im Kemmler Innovationshaus in Tübingen



Bild 361-362 problemloses Einfahren der tonnenschweren Wandelemente, präzise Fugenausbildung



Bild 363 Anschlussfertige Installationen. Die Wandoberflächen könnten in diesem Fall bereits malerfertig sein

Zielvision 2: Standardisierung und Kostenreduktion in der Installationstechnik

Wie bereits in Kapitel 2 erwähnt, ist es bisher nur in geringem Umfang geglückt, die kostenintensiven Montagezeiten der Haustechnik, mit ihren Bereichen Sanitär-, Heizungs-, Klima- und Elektroinstallation zu verkürzen. Diese Gewerke erfordern aufgrund ihres geringen Vorfertigungsgrades ein hohes Maß an Handarbeit durch den Facharbeiter vor Ort. Die Ausbauarbeiten nehmen daher im Bauablauf den größten Zeit- und Koordinierungsaufwand in Anspruch. Qualität, Systematik und Zeitaufwand der Ausführung hängen in großem Maße von der Qualifikation und Geschicklichkeit des Monteurs ab. Hinzu kommt die wachsende Komplexität gebäudetechnischer Anlagen durch die Einbindung von Solar- und Lüftungstechnik, den Einbau intelligenter Heizungen sowie die steigenden Ansprüche der Kunden. Die daraus entstehenden Gewerkeverflechtungen bewirken einen hohen Abstimmungsbedarf.

Um weitere Kostenreduzierung durch die Vorfertigung zu erzielen, ist es erforderlich, die im Bereich der Elementfertigung gewonnen Erkenntnisse auf die Gewerke der Haustechnik zu übertragen. Speziell im Fertigbau ist es an der Zeit, Althergebrachtes neu zu überdenken. Ganz typisch für diese Bauweise ist die Elementierung von Bauteilen. Geht es um die Installation, wird jedoch noch immer raumweise gedacht. Dabei wäre es durchaus sinnvoll, gerade die Elektroinstallation elementweise zu konzeptionieren, um einfachere Strukturen und eine leichtere Einbindung in die Elemente zu erreichen.⁶¹

Ein Katalog mit Standardlösungen für Leitungsdurchbrüche und -verzugstrassen ermöglicht eine bessere Einplanung der Installation in die Elementfertigung. Hinzu kommt eine Reduzierung der Montagezeiten, da der ausführende Handwerker genaue Vorgaben erhält, wo und wie die Leitungsführung vorzunehmen ist. Die erforderlichen Baustellenarbeiten können schneller und mit höherer Qualität durchgeführt werden.

Ähnlich wie im Abbundbereich sind bei den Programmen zur Haustechnikplanung in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht worden. Wie im Holzbau ist man in der Lage, über den reinen Positionsplan hinaus Stücklisten zu erstellen, Leitungslängen zu ermitteln, Funktionskontrollen durchzuführen und vieles mehr. Daraus ergibt sich, analog zum Zukauf abgebundener Konstruktionshölzer, die Möglichkeit, objektbezogen, vorkonfektioniert, elektrische Kabel und Wasserleitungen oder passend bestückte Verteilerkästen einzukaufen.

Am Anfang erfordert die Einführung derartiger Maßnahmen qualifiziertes Personal sowie einen erhöhten Planungsaufwand, verursacht also Mehrkosten. Dies wird jedoch durch eine im weiteren Verlauf vereinfachte, systematisierte Planung und Arbeitsvorbereitung mehr als kompensiert. In den nachfolgenden Kapiteln werden dazu mögliche Systemansätze dargestellt.

⁶¹ vgl. Michael Eiber, Prof. Dr. Bernhard Schwarz FH-Rosenheim

3.8.1 Elektroinstallationssysteme:

Analyse moderner Elektroinstallationssysteme für die Vorfertigung

Die Elektroinstallationsarbeiten im Fertigbau und Holzfertigbau werden überwiegend auf der Baustelle ausgeführt. Zwar werden im Werk bereits Zugdrähte und Leerrohre integriert, um jedoch die gesamte Leitungsführung bereits im Werk zu erbringen sind unterschiedliche Voraussetzungen noch nicht erfüllt. Nachteile bei der herkömmlichen Installation sind: Die Installationsführung mittels Zugdrähten in den Fertigwänden erfordert große Sorgfalt, damit beim Nachziehen von Leitungen die Dampfsperffolie nicht beschädigt wird. Durch Beschädigung tritt eine Verschlechterung der Dampfdichtigkeit der Gebäudehülle ein, welche in vielen Fällen zu Schwitzwasserbildung aufgrund der Taupunktverschiebung in der Konstruktion führt. Ferner bedeutet eine Beschädigung der Dampfsperreebene auch eine Beeinträchtigung der Winddichtigkeit. Die Leitungsführung erfolgt aufgrund der Zugdrahtführung nicht immer orthogonal und damit im Sinne der DIN 18015, was zur Folge haben kann, dass dem Benutzer bei nachträglichen Installationen oder bei Nagel- oder Schraubverbindungen in der Wand die Lage der Leitungen nicht bekannt ist und dadurch die Gefahr von Beschädigungen ausgeht.

Anforderungen aus der DIN 18015 - Installationszonen

Die Anordnung der elektrischen Leitungen wird in der DIN 18015 geregelt. Diese Norm gilt für die Anordnung von unsichtbar verlegten Leitungen sowie Auslässen, Schaltern und Steckdosen elektrischer Anlagen, die nach DIN 18015-1 geplant werden. Sie gilt nicht für sichtbar verlegte Leitungen, wie Aufputz-Installationen und Installationskanalsysteme. Diese Norm hat den Zweck, die Anordnung von unsichtbar verlegten elektrischen Leitungen auf bestimmte festgelegte Zonen zu beschränken, um bei der Montage anderer Leitungen, z.B. für Gas, Wasser oder Heizung, oder bei sonstigen nachträglichen Arbeiten an den Wänden die Gefahr einer Beschädigung der elektrischen Leitungen einzuschränken. Die Installationszonen gliedern sich wie folgt auf:

Waagerechte Installationszonen (ZW), 30 cm breit

- ZW-o: obere waagerechte Installationszone von 15 bis 45 cm unter der fertigen Deckenfläche
- ZW-u: untere waagerechte Installationszone von 15 bis 45 cm über der fertigen Fußbodenfläche
- mittlere waagerechte Installationszone von 90 bis 120 cm über der fertigen Fußbodenfläche

Die mittlere waagerechte Installationszone (ZW-m) wird nur für Räume festgelegt, in denen Arbeitsflächen an den Wänden vorgesehen sind, z.B. Küchen.

Senkrechte Installationszonen (ZS), 20 cm breit

- ZS-t: senkrechte Installationszonen an Türen von 10 bis 30 cm neben den Rohbaukanten
- ZS-f: senkrechte Installationszonen an Fenstern von 10 bis 30 cm neben den Rohbaukanten

- ZS-e: senkrechte Installationszonen an Wandecken von 10 bis 30 cm neben den Rohbauecken

Die senkrechten Installationszonen reichen jeweils von der Deckenunterkante bis zur Fußbodenoberkante. Für Fenster, zweiflügelige Türen und Wandecken werden die senkrechten Installationszonen beidseitig, für einflügelige Türen jedoch nur an der Schlossseite festgelegt.

Für Fußboden- und Deckenflächen werden keine Installationszonen festgelegt.

Die elektrischen Leitungen sind innerhalb der in Abschnitt 3 festgelegten Installationszonen anzuordnen, soweit diese Norm keine Ausnahmen zulässt, dabei ist die Lage mit folgenden Maßen zu bevorzugen (Vorzugsmaße):

in waagerechten Installationszonen:

- ZW-o: 30 cm unter der fertigen Deckenfläche,
- ZW-u: 30 cm über der fertigen Fußbodenfläche,
- ZW-m: 100 cm über der fertigen Fußbodenfläche;

in senkrechten Installationszonen: 15 cm neben den Rohbaukanten bzw. -ecken.

Für die Anordnung der Leitungen im Fußboden und an Deckenflächen gilt DIN 18015-1.

Auslässe, Schalter, Steckdosen

Schalter sind vorzugsweise neben den Türen in senkrechten Installationszonen so anzuordnen, dass die Mitte des obersten Schalters nicht mehr als 105 cm über der fertigen Fußbodenfläche liegt. Steckdosen und Schalter über Arbeitsflächen an Wänden sollen innerhalb der mittleren waagerechten Installationszone in einer Vorzugshöhe von 115 cm über der fertigen Fußbodenfläche angeordnet werden. Der Anschluss von Auslässen, Schaltern und Steckdosen, die notwendigerweise außerhalb der Installationszonen angeordnet werden müssen, ist mit senkrecht geführten Stickleitungen aus der nächstgelegenen waagerechten Installationszone vorzunehmen.

Ausnahmen

Von den festgelegten Installationszonen *darf nur in Fertigbauteilen abgewichen werden*. Dies gilt nur unter der Voraussetzung, dass eine Überdeckung der Leitungen von mindestens 6 cm sichergestellt ist oder die Leitungen in ausreichend großen Hohlräumen so verlegt sind, dass sie gegebenenfalls ausweichen können. Diese Ausnahmeregelung stellt eine wichtige Voraussetzung zur Entwicklung vorgefertigter Installationen im Werk dar.

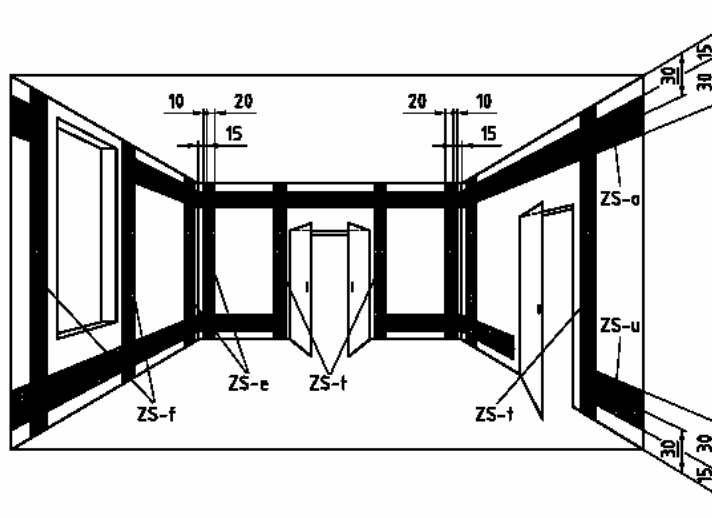


Bild 364 Installationszonen und Vorzugsmaße (unterstrichen) für Räume ohne Arbeitsflächen an Wänden. Sofern Wandfläche in ausreichendem Maße zur Verfügung steht, läuft die obere waagerechte Installationszone über dem Fenster durch (siehe Bild 2)

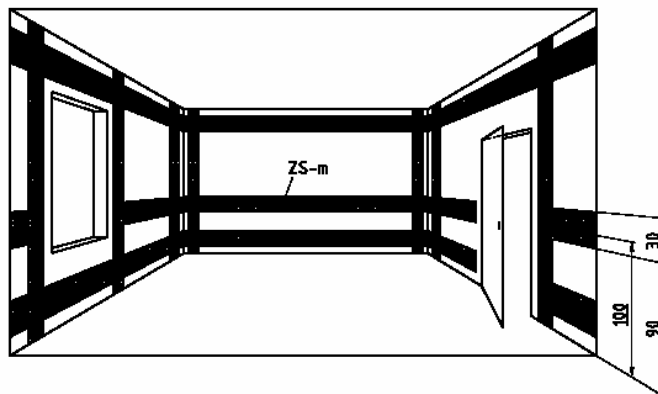


Bild 365 Installationszonen und Vorzugsmaße (unterstrichen) für Räume mit Arbeitsflächen an Wänden, z.B. Küchen

3.7.2.1 Herkömmliche Leitungsverteilung und Bus-Systeme in Verbindung mit der Schnellverbindertechnologie

Die herkömmlichen Elektroverteilungen im Wohnungsbau sind die zentrale oder die geschossweise Elektroverteilung, wobei im Einfamilienhausbau die zentrale Verteilung überwiegt. Das führt dazu, dass alle Leitungen von einem zentralen Ursprungsort, in der Regel dem Hauptverteiler, zu den einzelnen Räumen geführt werden. Dabei werden alle Leitungen erst durch die Wände anderer Räume geführt, bis Sie den eigentlichen „Zielraum“ erreichen. Das hat zur Folge, dass große Kabellängen entstehen können.

Zudem müssten zum Einsatz der Schnellverbindertechnologie an jeder Schnittstelle unter den Bauteilen mehrere Schnellverbinder eingesetzt werden, um die Stromübertragung zu ermöglichen, was die Anzahl und damit die Kosten für die Verbindungstechnik unnötig erhöht.

Sinnvoll erscheint hier die Anwendung der Bustechnik, wodurch die eigentliche Versorgungsleitung von der Steuerleitung getrennt ist. Die Installationskosten für Bus-Systeme und deren Komponenten sind jedoch nicht als wirtschaftlicher Lösungsvorschlag für die Masse der Fertigbauten zu sehen. Die Mehrkosten für Bussysteme gegenüber konventionellen Installationssystemen werden erst bei zunehmender Ausstattung und einem höheren Standard spürbar geringer.

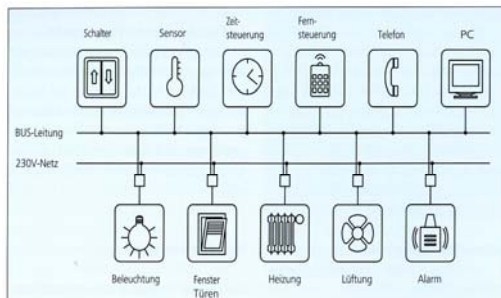


Bild 30 Prinzip der Bustechnik. Die eigentlichen Versorgungsleitungen und die Steuerleitungen sind getrennte Systeme. Dadurch lässt sich z.B. frei bestimmen welcher Schalter welche Funktion auslöst.

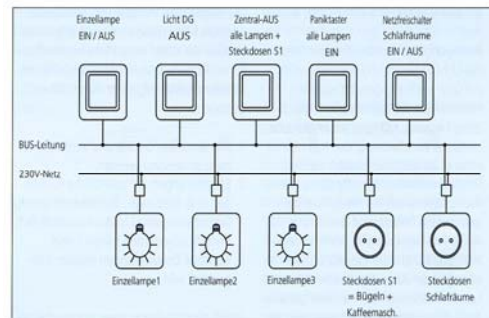


Bild 31 Basisausstattung eines Bussystems für ein Einfamilienhaus.

Bild 366-367

Kosten-Nutzen-Bewertung von Bussystemen und Gebäudeautomation im Wohnungsbau

Um die Möglichkeiten einer breiteren Umsetzung der Bustechnologie und Gebäudeautomation im Wohnungsbau auszuloten, wurde im Rahmen einer Studie des BMAU ein Kosten-Nutzen Vergleich von Bustechnik mit konventioneller Installationstechnik unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Martin H. Brillinger durchgeführt: Hieraus sollen einige Daten und Grafiken erläutern, in welchen Fällen die Bustechnik bei herkömmlichen Gebäuden und Montagekonzepten kostendämpfend wirken kann.

Bei Einfamilienhäusern gibt es in der Bundesrepublik zahlreiche Beispiele, bei denen die Elektroinstallation mit Bustechnik ausgeführt worden ist, meist im gehobenen Bereich. Im Geschosswohnungsbau wurden im Laufe der Untersuchungen nur wenige Beispiele bekannt, bei denen die Bustechnik in den Wohnungen installiert wurde. Die Gebäudeautomation beschränkt sich hier meist auf die Leittechnik für zentrale Einrichtungen wie Steuerung der Heizzentralen oder die Gebäudesicherung.

Es wurden 3 verschiedene, den Wohnungsbau repräsentierende, Mustergebäude entwickelt, um einen aussagekräftigen Vergleich zu erhalten. Den 3 Mustergebäuden wurden 3 zunehmende Ausstattungsstandards zugrunde gelegt. Einfamilienhaus und Doppelhaushälfte wurden komplett mit Bustechnik ausgestattet, beim Geschosswohnungsbau nur die Wohnung.

Die Ermittlung der Investitionskosten erfolgte in den drei Kostengruppen Verteilung, Installationsgeräte und Leitungen. Die Kosten der Verteilung nehmen mit dem

Ausstattungsstandard bei Bus und konventioneller Lösung mehr oder minder gleichermaßen zu, was sich aus dem zunehmenden Platzbedarf der Bauteile in der Verteilung erklärt. Die Kosten der Installationsgeräte sind in der Ausstattungsvariante 1 bei allen Gebäudetypen für die Buslösung wesentlich höher, bei Ausstattungsvariante 2 und 3 wird der Unterschied relativ gesehen geringer. Die Kostengruppe der Leitungen zeigt erwartungsgemäß mit steigendem Ausstattungsstandard einen wachsenden Kostenunterschied zwischen der konventionellen und der Buslösung, da die benötigten Leitungslängen konventionell immer höher werden als beim Bus.

Beim Einsatz der Schnellverbindertechnologie würden auch die Kosten für die einzelnen Verbinder mit zunehmender Leitungsanzahl rapide zunehmen. Erwartungsgemäß würde sich also auch hier ein Bussystem früher rechnen als bei konventioneller Installations- und Montageweise.

Betrachtet man die gesamten Kosten der Mustergebäude, so erscheinen die Mehrkosten des Buses in der Ausstattungsvariante 1 (Grundausrüstung) mit einer Größenordnung von 0,6 - 1,2 % der Gesamtkosten am Gebäude gering. Gravierender sind die Kostensteigerungen, die sich aus der Erhöhung des Ausstattungsstandards ergeben, unabhängig von der Ausführung in Bustechnik oder als konventionelle Lösung. Sie betragen beim Beispiel des Geschosswohnungsbaus ca. 7 %, bei der Doppelhaushälfte ca. 6 % und beim Einfamilienhaus ca. 3,5 % der gesamten Baukosten bei Erweiterung des Ausstattungsstandards von Variante 1 zu Variante 3.

Fazit der Studie ist, dass die gehobenen Ausstattungsstandards in einem breiteren Umsetzungsmaßstab nur für den gehobenen Wohnungsbau in Betracht kommt. Unter dem Aspekt des kostengünstigen Bauens ist die Businstallation in einer Grundausrüstung mit der Option einer zukünftigen Flexibilität und des späteren Ausbaus empfehlenswert. Dies gilt umso mehr, als bei elektrischen Installationen im Wohnungsbau von einer „Lebensdauer“ von ca. 50 Jahren ausgegangen wird. Insofern ist es von großer Bedeutung, hier eine zukunftsfähige Technologie einzubauen.

3.7.2.2 Unterverteilersysteme zur Vorkonfektionierung von Elektroinstallationen

Gerade der Gedanke an eine spätere Nachrüstbarkeit und die damit verbundenen Möglichkeiten für den Bewohner, sein gewähltes Elektroinstallationssystem zu erweitern bzw. zu verändern, sollte daher im Mittelpunkt der Entwicklungen stehen. Könnte man also diese Forderungen mit einer Minimalausstattung verbinden, die auch noch zukunfts- bzw. busfähig wäre, so würde ein optimales Elektroinstallationssystem entstehen, welches sich nun auch noch für die Vorkonfektionierung im Werk hervorragend eignen könnte. Hierzu wurden verschiedene Systeme untersucht und auf ihre Eignung hin bewertet.

System Instanova

Die Vorkonfektionierung einbaufertiger Kabelsätze wurde bereits durch ein System der Firma Instanova aus Frankfurt erprobt. Bei diesem System werden die Daten aus der Planung des Architekten mit den Planungsdaten des Installateurs so verbunden, dass eine dafür entwickelte Software die tatsächlichen Kabellängen errechnet. Dies erfolgt DIN

gerecht und bauteilübergreifend. So werden auch Längen von Kabeln errechnet, die über mehrere Bauteile verlaufen.

Diese Software müsste entsprechend den erforderlichen Überlängen zum Anschluss der Elektro-Schnellverbinder modifiziert werden. Die errechneten Kabellängen werden an einen Kabelautomaten weitergeleitet, der die Kabel mit einer Raumbezeichnung und Nummer bedruckt und danach ablängt. Ein Kabelende wird mit einem codierten und dadurch verwechslungsfreien Stecker versehen. Auf der anderen Kabelseite wird bereits in der Vorfertigung der Stecker des Schnellverbindereinsatzes angeschlossen.

Die codierten Stecker werden in einer sogenannten PIB (Power Installation Box) zusammengefasst. In der PIB werden über Metallstreifen unterschiedliche Schaltungen innerhalb der Wand hergestellt. Durch die wandweise Zusammenführung an zentraler Stelle in einer PIB, wird es möglich, mit nur wenigen Schnittstellen von Bauteil zu Bauteil auszukommen, was Anschlussstellen und damit mögliche Fehlerquellen ebenso spart wie die Kosten der jeweiligen Anschlussstellen. Ein weiterer sehr großer Vorteil der Lösung besteht darin, dass durch die codierten und daher verwechslungsfreien Stecker, eine Installation selbst durch Nichtelektriker möglich wird. Das ist gerade dann wichtig, wenn an einem Bearbeitungstisch mehrere unterschiedliche Tätigkeiten von einer Person ausgeführt werden können.

Zur Nachinstallation erfordert das System erweiterbare Steckplätze und das aufwendige Nachziehen von Leitungen in der geschlossenen Vorwand. Busanwendungen sind hier generell möglich, verändern allerdings weitgehend die Leitungsführung bzw. erfordern andere Kabel.

Die durchgängige Datenhaltung des abgestimmten Systemes erlaubt eine exakte Dokumentation der gesamten Leitungsführung. Automatisch generiert das System Wandabwicklungspläne, die für spätere Änderungen und Erweiterungen hilfreich sind.

System Woertz:

Das Prinzip der Woertz-Flachkabelsysteme besteht darin, dass auf ein Flachkabel spezielle Anschlussdosen mit "isolationsthroughdringenden Klemmvorrichtungen" aufgebracht werden. Diese Klemmvorrichtungen bestehen aus Spitzschrauben, welche beim Eindrehen die Isolation des Kabels durchstechen und den Kontakt zu den einzelnen Leitern herstellen. Die anzuschließenden Abgangsleiter kontaktieren dann ihrerseits die Spitzschrauben und werden somit stromführend. Die Hauptleitung, d.h. das Flachkabel, muss bei diesem Vorgang weder abisoliert noch getrennt werden, und die Anschlussdosen können an jedem beliebigen Ort auf das Kabel aufgebracht werden.

Die folgenden zwei Abbildungen veranschaulichen dieses Prinzip am Beispiel eines ecobus combi-Kabels.



Bild 368 Woertz Piercingtechnik

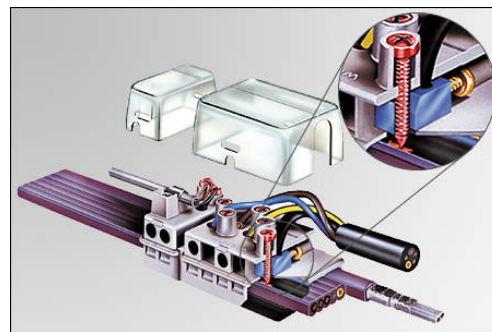


Bild 369 Abb. Woertz Piercing-Prinzip

Entwicklung der Flachkabeltechnik

Das erste dieser Systeme wurde von Woertz Ende der 60er-Jahre entwickelt. Es besteht aus einem Präzisionskabel mit speziell angepassten Flachkabel Dosen und wurde sofort patentiert und unter dem Produktnamen "technofil" auf den Schweizer Markt gebracht.



Bild 370



Bild 371

Das ursprüngliche technofil-Flachkabel besteht aus fünf isolierten Kupferleitern, die in einem Isoliermantel zu einer Einheit gegossen sind. Für die Verbindung zwischen Kabel und Apparaten werden spezielle, aufschiebende Dosen verwendet. Diese Dosen enthalten Spitzschrauben, die beim Eindrehen die Isolation des Kabels durchdringen und somit den Kontakt mit den elektrischen Leitern herstellen, ohne dass das Flachkabel abisoliert oder getrennt werden muss.

Bei dieser völlig neuen Art von Anschlusstechnik war und ist bis heute höchste Präzision erforderlich, insbesondere bei der Ader-Positionierung innerhalb des Mantels. Seit seiner Markteinführung in der Schweiz am Anfang der 70er-Jahre hat sich das Flachkabel-Installationssystem technofil als äußerst zuverlässig erwiesen. Tausende von Kilometern Flachkabel sind in teilweise extremen Umgebungsbedingungen verlegt worden. In diesen bestehenden Installationen ist nach Herstellerangabe bisher kein einziges nennenswertes Problem aufgetreten!

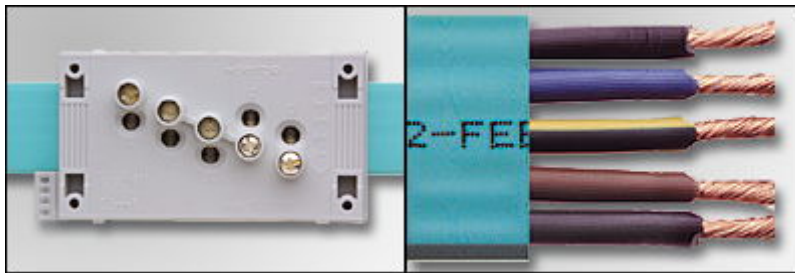


Bild 372 Weiterentwicklung technofil

Vorteile der Flachkabeltechnik für die Vorfertigung:

Flexibilität

Mit den speziellen Flachkabel Dosen können problemlos abisolierfreie Anschlüsse an jeder beliebigen Stelle des Kabels erstellt werden. Die Apparate können äußerst leicht verschoben und entfernt werden. Zusätzliche Apparate sind einfach installierbar, ohne dass die Installation außer Betrieb gesetzt werden muss.

Sicherheit

Der Kontakt zu den Leitern wird mittels Spitzschrauben hergestellt, die den Kabelmantel durchbohren. Der Abgang wird somit immer kontaktiert; allein die Phase kann falsch gewählt werden. Dies bewirkt, dass die Inbetriebnahme der Installation weniger aufwändig wird, und dass beim Auftreten von Problemen die Fehlersuche schneller und einfacher erfolgt.

Zeitersparnis

Mit Flachkabeln sind genaue Positionszeichnungen unnötig - auf der Baustelle können die Apparate beliebig, d.h. bis sie sich am optimalen Platz befinden, versetzt werden. Die Installation kann besser strukturiert werden; man kann z.B. "modular" planen. Bei den meisten Flachkabelsystemen kann die Einspeisung an einem beliebigen Punkt längs des Kabels erfolgen.

Nachrüstbarkeit

Auch wenn bei der Erstinstallation eines Gebäudes noch keine Bus-Steuerung vorgesehen ist, kann sich dies in den folgenden Jahren der Nutzung schnell ändern. Daher ist es sinnvoll, bereits von Anfang an das Gebäude mit dem ecobus-System zu installieren, selbst wenn die Busleiter des Kabels vorerst ungenutzt bleiben; die nachträgliche Einrichtung eines Bussystems ist dann äußerst einfach und nur mit minimalem Aufwand und Kosten verbunden.

Kosteneinsparungen

Die Erfahrungen mit Flachkabeln haben nach Herstellerangaben gezeigt, dass aufgrund der obigen Vorteile eine beträchtliche Kosteneinsparung von bis zu 30 % - vor allem auch bei Betrachtung über die gesamte Lebensdauer einer Installation - realisiert werden kann. Trotz höherer Materialpreise gegenüber konventioneller Installation ergeben sich vorrangig aus der Zeitersparnis und der späteren Flexibilität für den Bauherrn, den Planer und den Installateur beachtenswerte Kostenreduktionen.

System Gesis von Wieland:

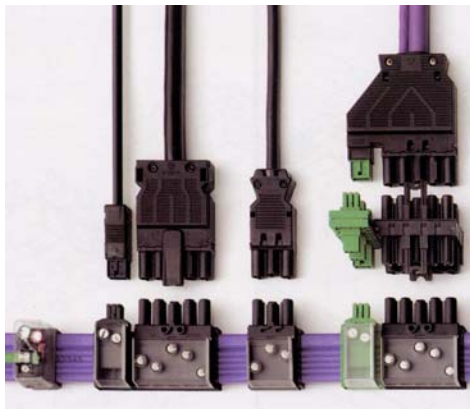


Bild 373

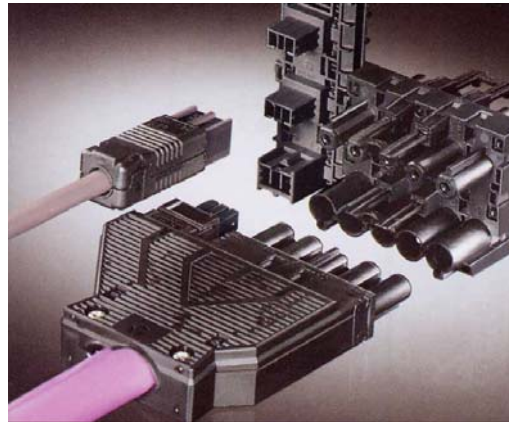


Bild 374

Die Firma Wieland Electric aus Bamberg bietet mit “Gesis“ ein System an, das derzeit vor allem im Büro- und Gewerbebau dazu dient, Installationen durch einfache Stecktechnik vorkonfektionierbar und damit auch veränderbar zu machen. Bedingt durch den überwiegend gewerblichen Einsatz ist das System so konzipiert, dass es meist in Installationskanälen und Schächten verlegt wird. Mit einem 7-adrigen Flachbandkabel, das aus dem Hause Woertz stammt, bestehend aus 5 stromführenden Adern für Netzstrom und 2 Adern für Niederspannung der Bustechnik, können auf einer Kabelstrecke nahezu unbegrenzte Steckmöglichkeiten erreicht werden.

Die sogenannte Piercingtechnik ermöglicht das einfache Anklemmen von Stromabnehmern direkt auf der Leitung. Im Vergleich zu Woertz werden hier als Abgang auf das Rundkabel überwiegend Steckkupplungen verwendet.

Im Wohnungsbau hat sich dieses System bisher nur wenig verbreitet, da die Komponenten und Steckverbindungen nach VDE DIN 100 zugänglich sein müssen. Das Flachbandkabel und die Steckerkomponenten sind auch aus Kostengründen im Wohnungsbau wenig verbreitet. Am häufigsten wird dieses System daher in höherwertig ausgestatteten Bereichen meist mit Bus-Funktion angewendet. Die Piercingtechnik, auf der das Gesis-System basiert, bildet jedoch die Ausgangsüberlegung für eine Weiterentwicklung, die “Piercingdose“, wie sie in den folgenden Kapiteln erläutert wird.

3.7.2.3 Entwicklung einer Piercingdose als Element eines standardisierten Elektroinstallationssystems

Zielsetzung bei der Entwicklung eines Installationssystems

Die Vorkonfektionierung von Elektroinstallationen, wie dies bei der Massenfertigung im Automobilbau möglich ist, könnte auch im Wohnungsbau in Teilen realisiert werden, wenn dadurch die Individualität der Hauslösungen und damit auch der Installationen nicht oder nur wenig eingeschränkt wird. Wichtigste Voraussetzung für eine starke Marktdurchsetzung von vorkonfektionierten Elektroinstallationen ist neben Kostenneutralität gegenüber der konventionellen Installation die Beibehaltung der

Flexibilität und damit der Entscheidungsfreiheit für den Bauherren. Während bei der konventionellen Elektroinstallation Änderungen noch während der Baustellenmontage einfließen können, erscheint dies bei vorkonfektionierten Installationen im Werk schwer realisierbar. Für die Auswahl eines optimalen und flexiblen Installationsprinzips standen also mehrere Anforderungen im Vordergrund:

1. Abnahmestellen an beliebiger Stelle in den Installationszonen nach DIN 18015
2. konventionelle Elektroinstallation oder die Anwendung von Bussystemen bei nur geringen Änderungen
3. Zugänglichkeit der Abnahmestellen
4. einfachste Nachinstallation
5. Abnahmestelle geeignet zur Installation von Schalter-, Steckdosenanschluss oder nur als Unterverteilerpunkt
6. Installationstiefe mind. 60 mm oder 80 mm für Buskomponenten
7. definierter Kabelverlauf in allen Wänden ermöglicht Standardisierung und Systematisierung.
8. einfaches Grundinstallationsprinzip soll automatisierte Fertigung und Vorkonfektionierung ermöglichen.

Die Entwicklung der Piercingdose geht somit auf die Zielvision der Entwicklung eines standardisierten Elektroinstallationssystems mit einer hohen Flexibilität für den Nutzer zurück.

Bei bekannten Anschlüssen an Flachbandkabeln wird das Flachbandkabel durch Aufsetzen von Gegenhaltern in Form von anschraubbaren Abdeckkappen oder formschlüssigen Verriegelungsschiebern gegen gehalten. Von der Firma Wieland-Electric in Bamberg sind einige Anmeldungen bekannt, die alle nach dem selben System funktionieren. So wird hier ein Gegenhalter hinter das Flachbandkabel formschlüssig als zusätzliches Teil manuell eingeschoben.

Von diesem kabellosen Kontaktabnehmer mittels sogenannter “Piercing-Schrauben“ wird dann über eine Steckverbindung bestehend aus Stecker und Kupplung das entsprechende Kabel zum Verbraucher angeschlossen. Diese Lösungen sind fast ausschließlich für den Einsatz im Bürobau konzeptioniert und dort vorzugsweise im Brüstungskanal und im Hohlraumboden anzutreffen.

Im Wohnungsbau und in Fertighäusern sind solche Systeme nicht möglich, da Steckverbindungen nach VDE nicht unzugänglich in Wand- oder Deckenelementen aufbewahrt werden dürfen. Das System erfordert aber geradezu die Zugänglichkeit, da der Gegenhalter nur zu entfernen ist, wenn das Kabel gedreht werden kann bzw. genügend Platz vorhanden ist, um das Kabel zu greifen. Zum Anschluss von Steckdosen und Schaltern im Brüstungskanal wird daher unverständlicherweise auch dieses System verwendet, obwohl der Verbraucher bzw. die Steckdose direkt vor dem Anschlusssteil sitzen könnte. Eine Steckerlösung wäre hier nicht erforderlich.

Gerade die Zugänglichkeit von solchen Anschlussstellen im Brüstungskanal und in Leichtbauwänden wie im Holzhausbau oder im Bürotrennwandbau erfordern ein System, bei dem das Flachbandkabel selbst über eine nur dosengroße Bohrung sicher aufgenommen und zum fehlerfreien Anschluss durch sogenanntes “piercen“ arretiert werden kann.

Diese Anforderung gelingt durch das selbstzentrierende Arretieren des Flachbandkabels in einer Abzweigdose. Diese Erfindung wurde bereits zum Patent angemeldet und soll mit dazu beitragen, mögliche Realisierungspotentiale im Holzfertigbau zu erhöhen. Dazu entwickelt die Munitec GmbH das System gemeinsam mit spezialisierten Herstellern, um es in späteren Musterhäusern zu erproben.

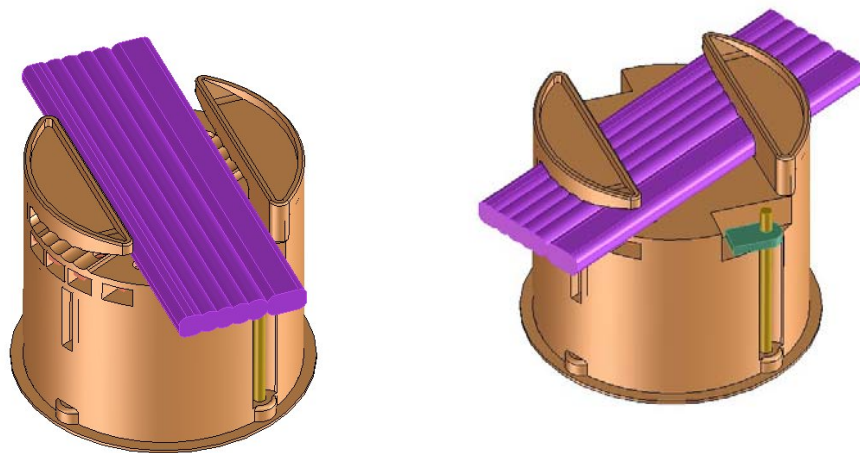


Bild 375 Prototypen der Piercingdose, durch verdrehen um 60 Grad greift der Halter hinter das Kabel und erzeugt den Gegendruck, so dass das Kabel an beliebiger Stelle gepierct werden kann.

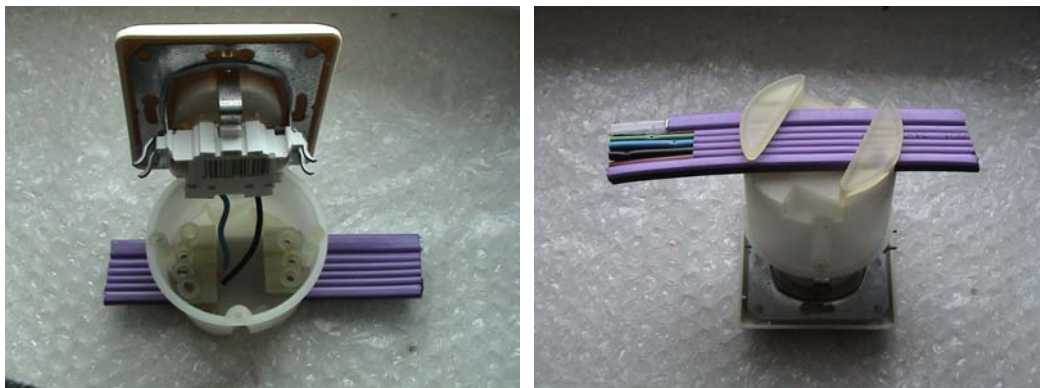


Bild 376-377 links: Blick in die Piercingdose auf die 7 Anschlussklemmen, mit Piercingschrauben bestückt
rechts: Blick auf den Dosenboden, nach dem Eindrehen bilden 2 Haltearme den Gegendruck beim Piercen des Kabels

Das Gehäuse der Piercingdose unterscheidet sich von üblichen Verteilerdosen dadurch, dass es an seiner Unterseite so gestaltet ist, dass sich das Kabel beim Einstecken der Dose in einen kanalartigen Zwischenraum zwischen den Zentriergreifern fügen. Durch eine Drehbewegung wird das Kabel zwischen Dosenboden und den Zentriergreifern eingeklemmt und arretiert dort bei Erreichen der Endstellung durch die dem Kabel entsprechende formschlüssige Ausbildung des Dosenbodens und der Zentriergreifer. Die Zentriergreifer wirken lagesichernd gegen weitere Drehbewegungen und als Gegenhalter beim Einschrauben der im Dosenboden integrierten “Piercingschrauben“. Das Kabel kann also entgegen allen bekannten Lösungen einhändige Montage mittels Drehbewegung gefunden, zentriert und fixiert werden. Die Wandöffnung oder die Bohrung im Kabelkanal braucht dazu nicht größer zu sein als der Dosedurchmesser. Die Lage des Kabels selbst muss dazu in keiner Form verändert werden.

Die Installationsdose ist erfindungsgemäß gleichzeitig Stromabnehmer und Bauraum zur Aufnahme üblicher Steckdosen und Schalter. Mit dem Eindrehen der Piercingschrauben wird gleichzeitig auch das Kabel vom Abnehmer zum Verbraucher angeschlossen. Dies könnte jedoch auch durch eine unabhängig von der Schraubbewegung erfolgende Befestigung geleistet werden.

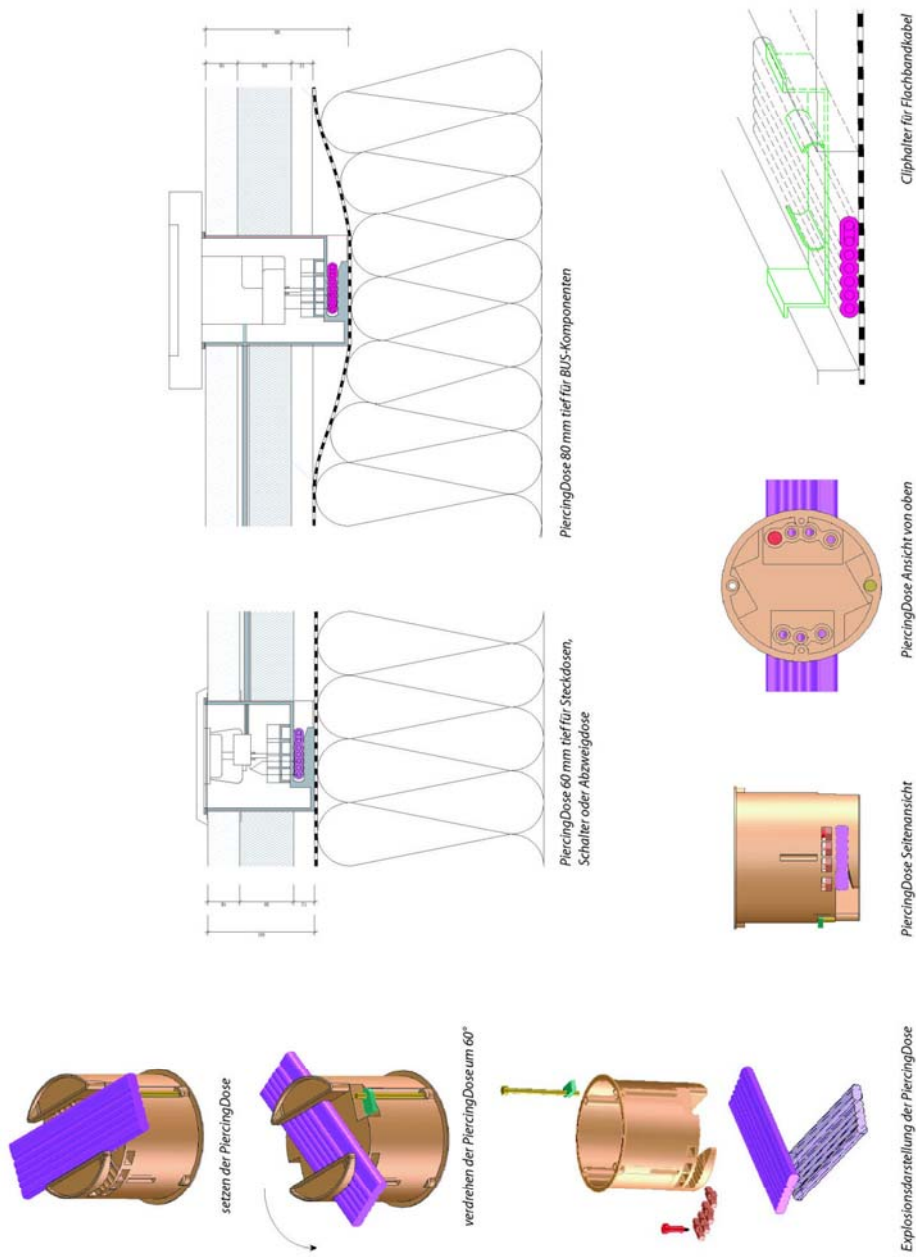
Für vorinstallierte Kabelkanäle, Bürotrennwände und Ständerwände im Fertigbau aber auch für Massivwände könnte die „Piercingdose“ die Möglichkeit bringen, an einer beliebigen Stelle über dem Kabel nachzurüsten, wobei die herzustellende Öffnung genau auf den Dosedurchmesser passt und durch übliche Abdeckplatten von Steckdosen und Schaltern abgedeckt ist. Die Dose und damit die Anschlussstelle ist so jederzeit zugänglich und kann nach dem Lösen der “Piercingschrauben“ durch Gegendrehen, bei Überwinden der Klemmkraft, wieder gelöst werden. Das Kabel selbst wird dadurch nur an der Stelle der Klemmschraube leicht beschädigt aber verliert nicht seine Funktion.

Einbau und Lage der Piercingdose in den Installationszonen

Wie aus der DIN 18015 bereits im vorhergehenden Kapitel beschrieben beschränken sich die Installationszonen auf definierte Bereiche. Ausnahmen gibt es nur bei Fertigbauteilen, und wenn die Tiefe der Leitungen mindestens 60 mm hinter der Wandoberfläche verläuft. Ebenfalls gelten diese Einschränkungen im Badbereich in den Schutzbereichen 0- 2 der DIN VDE 0100 Teil 701 hinter Badeinrichtungen, Nassbereichen u.ä. Im Hinblick auf die angestrebten Ringverteilungskonzepte kann bei einer Installationstiefe von 60 mm auch hinter diesen Zonen verfahren werden.

Bedingt durch die VDE Richtlinie, die für die Schnellverbindertechnologie unter Mitarbeit der Munitec GmbH erarbeitet wurde, müssen die Kabelenden im Elektrostecker verkrümpt und damit kabelfertig vorkonfektioniert sein. Schraubverbindungen am Stecker sind nicht zulässig. Aus dieser Vorgabe entsteht der Zwang, das gesamte Kabelsystem auftragsbezogen im Werk des Steckerherstellers vorzufertigen und damit alle Kabellängen auf das Objekt abgestimmt herzustellen. Eine günstigere und flexiblere Alternative dazu wird nach der folgenden Abbildung beschrieben.

Einbau und Lage der Piercingdose in den Installationszonen:



Projekt "Innovativer Holzbau" - Installationssystem - PiercingDose - Frank Prochliner - Martin Doyal 04/2003

Bild 378

Alternativ zum genannten Vorgehen, das gesamte Kabelsystem auftragsbezogen vorzufertigen, und damit alle Kabellängen auf das Objekt abgestimmt herzustellen, können die Elektrostecker bereits im Werk anschlussfertig hergestellt werden, und die Kabellänge kann standardisiert werden. Somit wird an jeder Übergabestelle von Wand zu Wand eine Installationsdose benötigt, in der das Standardkabel an das Wandsystem angeschlossen wird. An dieser Stelle könnte mittels einer Piercingdose vom Flachbandkabel auf ein Standardkabel das zum Stecker führt gewechselt werden. Tritt am Schnellverbinder eine Kontaktstörung auf, so kann von dieser Stelle aus über die Wandecke ein sogenannter “Bypass“ hergestellt werden.

Die Lage der Piercingdose ist daher so gewählt, dass die Ringleitung in einer Ausnehmung der innenseitigen Beplankung verläuft. Damit liegt sie 60 mm tief aber noch vor der Dampfsperrefolie, wie auf der linken Seite der vorangehenden Abbildung dargestellt. Damit werden im gesamten Wandbereich keinerlei Durchdringungen notwendig, was zu einer Verbesserung der Luftdichtigkeit führt.

Werden Bussysteme eingesetzt, so ist eine größere Dosentiefe, siehe rechts Seite der vorangehenden Abbildung, von ca. 80 mm erforderlich. Beim Einstecken der Piercingdose wird das weiche Flachbandkabel einfach nach hinten in die Dämmebene gedrückt. In der Ausnehmung der innenseitigen Beplankung könnten einfache Kunststoffbügel, sogenannte “Cliphalter“ dazu dienen, das Kabel immer in der Mittelposition der Plattenausnehmung zu halten, wie vorangehend rechts unten abgebildet.

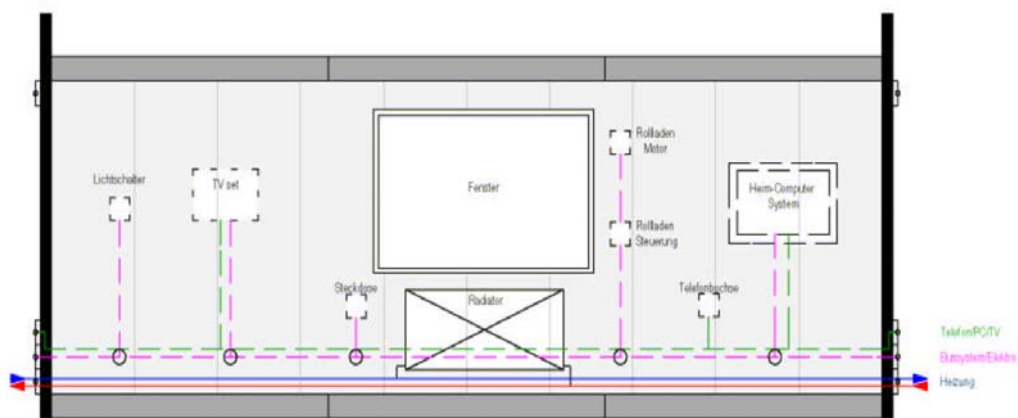
Konzeption unterschiedlicher Installationsprinzipien

Variante 1:

Variante 1 zeigt die Ringverteilung von Elektro-, Bus- und Datenleitungen sowie von den Heizringleitungen im Sockelbereich. Diese Lösung bietet den Vorteil, dass mit dem System der Heizleitungen nie das System der Elektroleitungen gekreuzt werden muss. Somit können Radiatoren oder andere wandhängende Heizkörper zum Andocken sehr gut eingebunden und auch entlüftet werden. Durch die Lage der Wasserführung unterhalb der Stromverbindungen besteht auch im Schadensfall, bei Wasseraustritt in der Gebäudeecke, keine Kurzschlussgefahr.

Zusätzlich erforderliche Steckdosenauslässe können hier sehr einfach in der vorgehend beschriebenen Weise hergestellt werden, was dem Bauherren viel Flexibilität verleiht. Wird keine Steckdose benötigt, kann die Piercingdose als Abzweigdose mit Deckel verwendet werden.

Nachteilig bei dem System ist, dass Türöffnungen für Terrasse oder Eingangstüre sowie raumhohe Fenstertüren das Führen im Ring stören.



Projekt "Innovativer Holzsystembau" - Varianten Elektroverteilung - Variante I Radiatorenheizg., Elektroverteilung unten - Munitec 04/2003

Bild 379

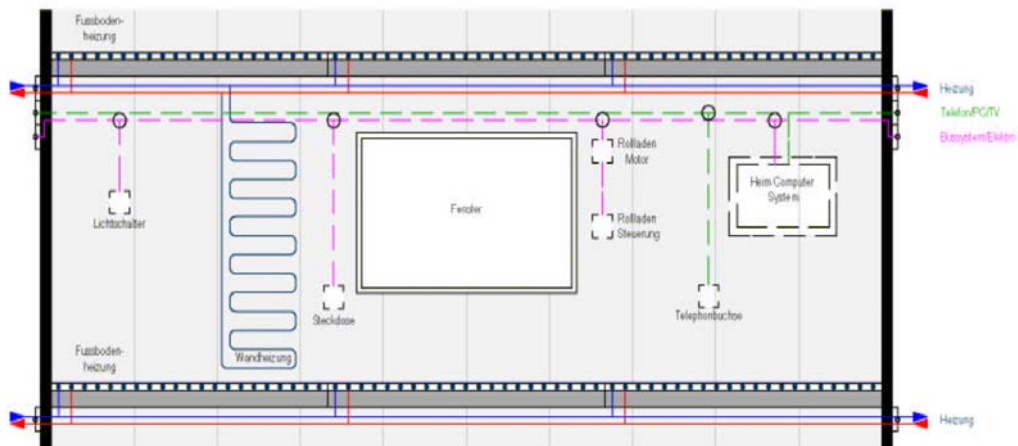
Variante 2:

Variante 2 zeigt die Ringverteilung von Elektro-, Bus-, Datenleitungen sowie von den Heizringleitungen im Sturzbereich.

Diese Lösung hat gegenüber der Variante 1 den Vorteil, dass die Ringleitung ohne Störung durch Türen oder Fenster erfolgen kann. Zudem können über die oberliegende Heizringleitung die Deckenelemente als Fußbodenheizung angefahren werden.

Von Nachteil ist bei dieser Variante, dass mit dem System der Heizleitungen das System der Elektroleitungen gekreuzt werden muss. Somit können Radiatoren oder andere wandhängende Heizkörper zum Andocken zwar eingebunden aber nur über zusätzliche, in der Wand eingebaute Ventile entlüftet werden.

Durch die Lage der Wasserführung oberhalb der Stromverbindungen kann im Schadensfall bei Wasseraustritt in der Gebäudeecke Gefahr entstehen. Zusätzlich erforderliche Steckdosenauslässe können hier nicht in der vorgehend beschriebenen Weise hergestellt werden, was weniger Flexibilität bedeutet. Wird keine Steckdose benötigt, kann die Piercingdose als Abzweigdose mit Deckel hergestellt werden und von oben nach unten angefahren werden.



Projekt "Innovativer Holzsystembau" - Varianten Elektroverteilung - Variante II Wandheizg., Elektroverteilung oben - Munitec 04/2003

Bild 380

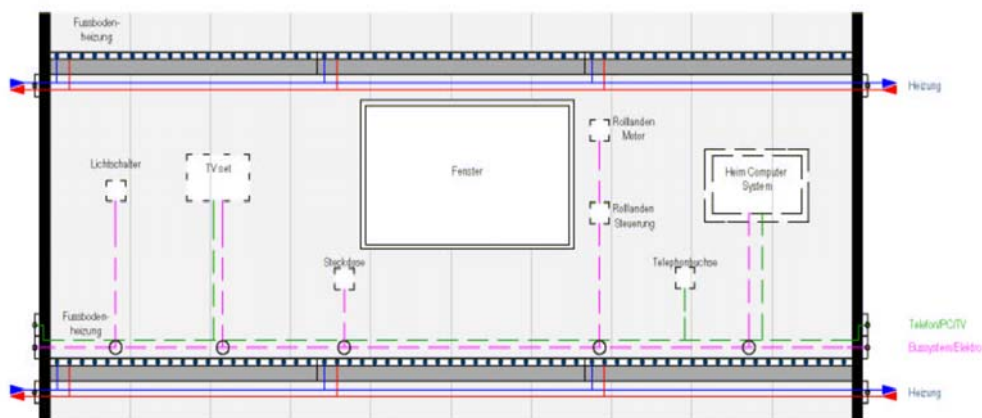
Variante 3:

Variante 3 zeigt die Ringverteilung von Elektro-, Bus-, Datenleitungen im Sockelbereich sowie von den Heizringleitungen im Sturzbereich.

Diese Lösung hat gegenüber den Varianten 1 und 2 den Vorteil, dass die Ringleitung der Heizung ohne Störung durch Türen oder Fenster erfolgen kann. Zudem können über die oberliegende Heizringleitung die Deckenelemente als Fußbodenheizung angefahren werden. Die Lösung bietet zudem den Vorteil wie Lösung 1, dass mit dem System der Heizleitungen nie das System der Elektroleitungen gekreuzt werden muss. Somit können Radiatoren oder andere wandhängende Heizkörper zum Andocken sehr gut eingebunden werden. Sie müssen aber über zusätzliche in der Wand eingebaute Ventile entlüftet werden.

Zusätzlich erforderliche Steckdosenauslässe können hier in der vorgehend beschriebenen Weise hergestellt werden, was dem Bauherren viel Flexibilität verleiht. Wird keine Steckdose benötigt, kann die Piercingdose als Abzweigdose mit Deckel hergestellt werden und von unten nach oben Schalter oder Verbraucher anfahren.

Allerdings kann, wie bei Variante 2, durch die Lage der Wasserführung oberhalb der Stromverbindungen im Schadensfall bei Wasseraustritt in der Gebäudeecke Schaden entstehen.



Projekt "Innovativer Holzsystembau" - Varianten Elektroverteilung - Variante III Fußbodenheizg., Elektroverteilung unten Munitec 04/2003

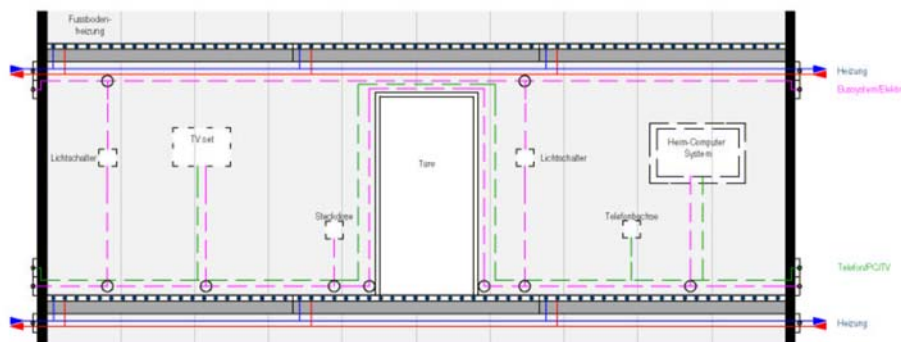
Bild 381

Variante 4:

Variante 4 zeigt eine Weiterentwicklung der Lösung 3. Durch eine zweite Flachbandleitung, die im Sturzbereich im Ring verlegt wird, kann die untere Leitung im Sockel die Versorgungsfunktion übernehmen, während die Flachbandleitung im Sturzbereich die Steuerfunktionen übernimmt. Durch die Anzahl der Leitungen können unterschiedliche Stromkreise unterschiedlich abgesichert werden. Leitungen zu Schalterdosen oder zu Wandleuchten werden mit herkömmlichen Leitungen von den Piercingdosen abgehen, die auf der Funktionsleitung oder auf der Versorgungsleitung gepierct sind.

Ein wesentlicher Vorteil besteht darin, dass bei gleicher Leitungsausstattung sowohl ein Bussystem gewählt werden kann als auch eine Standardinstallation möglich ist. Dies ermöglicht es, eine von Kundenwünschen unabhängige Grundinstallation zu standardisieren. Im Bereich von Türen wird die Sockelleitung über das Türelement überbrückt. Vor und nach einer Tür wird dabei jeweils mit einer Piercingdose vom Flachbandkabel zum runden Kabel gewechselt. Über die oberliegende Heizringleitung können die Deckenelemente der Fußbodenheizung angefahren werden. Bei der Fußbodenheizung ist auch eine generelle Verbindung von Decken- zu Deckenelement möglich, so dass von den Heizleitungen keine Gefahr durch Kreuzungen mit Elektroleitungen ausgeht.

Zusätzlich erforderliche Steckdosenauslässe können hier in der vorgehend beschriebenen Weise hergestellt werden, was dem Bauherren viel Flexibilität verleiht. Wird keine Steckdose benötigt, kann die Piercingdose als Abzweigdose mit Deckel hergestellt werden und von unten nach oben Schalter oder Verbraucher anfahren.



Projekt "Innovativer Holzsystembau" - Varianten Elektroverteilung - Variante IV Fußbodenheizung, Elektroverteilung über Türe - Munitec 04/2003

Bild 382

Voraussetzungen für die Vorkonfektionierung der Elektroinstallationen

Um die Elektroinstallation bei Fertighäusern schrittweise in die Vorfertigung zu überführen sind mehrere Voraussetzungen erforderlich:

1. Reduktion der Anschlussstellen und der Leitungsanzahl unter den Wandbauteilen, zur Reduktion der Schnittstellen.
2. Vereinfachung der Installationssysteme auf die Reduktion von Schaltfunktionen auf einzelne Räume oder Wandbauteile durch dezentrale Unterverteilung.
3. Wenn möglich sollte die Energieversorgung von den Steuer- und Schaltfunktionen getrennt werden.
4. Wahl der Leitungs- und Installationssysteme so treffen, dass spätere Nachinstallationen möglich sind, ohne die vorhandene Installation und Wandflächen zu zerstören.
5. Leitungsführung sollte vom Kern ab immer im gleichen System erfolgen. Flexibilität möglichst nur auf die spezifischen Kundenbedürfnisse reduzieren.
6. Wichtig ist die genaue Vorplanung und Dokumentation der Leitungsverläufe in den Bauteilen. Bedruckte Kabel schließen Fehlinstallationen aus.

Mögliche Kosteneinsparung durch vereinfachte Installation im Werk

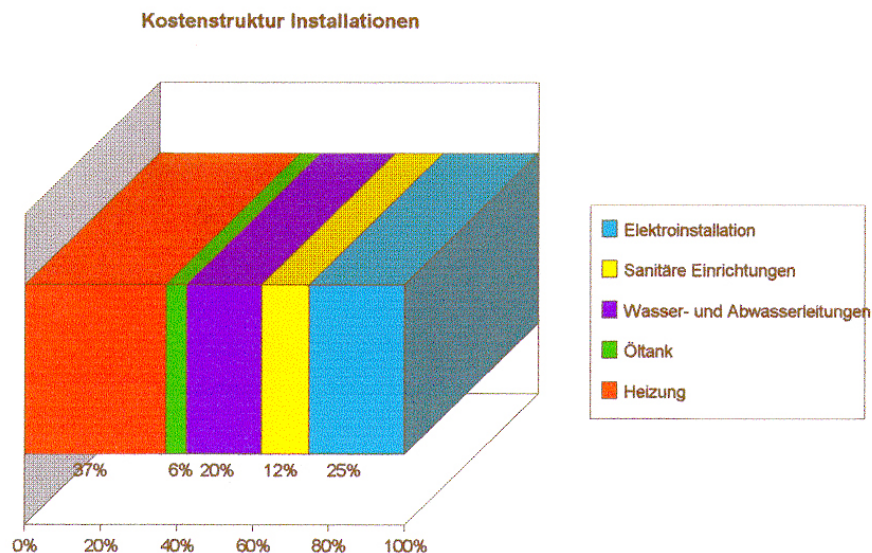


Bild 383

	konventionell	home 24	Begründung
Planung, Zeichnung, Projektierung	230,00 €	282,00 €	Erhöhter Planungsaufwand durch genaue Festlegung der Installationsdetails
Material	802,00 €	1.086,84 €	Mehrkosten Leitungsbedruckung, Zusatzstecker
Vorkonfektionierung im Fertigungszentrum		308,82 €	Kosten für die Vorkonfektionierung
Vorfertigung beim Fertighaushersteller		910,10 €	Kosten für die Vorkonfektionierung beim Haushersteller
Montage Baustelle	1.776,23 €		bei 100 %-iger Vorinstallation
Summe	2.809,29 €	2.588,01 €	Schätzung Instanova / Elektro Ebert Frankfurt
Summe Sanitär und Elektro gesamt	12.70,29 €	9.144,01 €	

Bild 384

Die obenstehende Tabelle zeigt die Kostenstruktur der Installationen in Wohnbauten. Dabei werden die Kosten bei konventioneller Bauweise mit denen bei einer Bauweise nach dem System „Homes (24)“ verglichen. Die Elektroinstallation mit einem Anteil von 25 % der gesamten Installationen deckt sich mit Berechnungen, die von der Munitec GmbH in Kooperation mit Ingenieuren der Haustechnik und der Elektrotechnik erstellt wurden.

Die Kosteneinsparungen im Bereich der Elektroinstallationen berücksichtigen hierbei noch nicht die zusätzlichen Kosten für die Schnellverbinder.

Um die Gesamteinspareffekte bei Vorkonfektionierung der gesamten Installationen im Werk zu erhalten, müssen auch alle anderen Montagearbeiten berücksichtigt werden. Hierzu wurde die Kostenschätzung in Kapitel 3.10 erstellt.

3.7.3 Sanitärinstallationssysteme – Installationskerne

Inhalt dieses Kapitels ist die Beschreibung von Installationskernen, nach ihren Bauformen und Installationsprinzipien. Vor diesem Hintergrund wird ein neuentwickelter sog. Kombikern vorgestellt und das Prinzip der Anbaumodule im Bad- und Küchenbereich verdeutlicht. Abschließend wird auf die Integration unterschiedlicher Heizsysteme und auf die Anforderungen der Lüftungstechnik eingegangen.

3.8.2.1 Konstruktionsprinzipien und Bauformen von Installationskernen

Im Holzfertigbau haben sich unterschiedliche Ansätze entwickelt, die Installationen bereits im Werk zu integrieren. Fast alle Systeme versuchen auf die sich individuell verändernden Anforderungen durch variierende Kundenwünsche zu reagieren. Der zentrale Installationskern geht davon aus, dass ein geschossübergreifender Schacht, der

bereits im Werk mit allen Leitungen, Rohren, Haltevorrichtungen und Montageelementen ausgestattet ist, zur Verteilung der Medien in den Geschossen dienen soll.

Im eingebauten Zustand erfüllt der Installationskern zwei Funktionen:

Er ist geschossübergreifender Installationsschacht und gleichzeitig eine leichte Innenwand. Die Höhe solcher Kerne liegt bei zweigeschossigen Bauten zwischen 6 und 7 Metern.

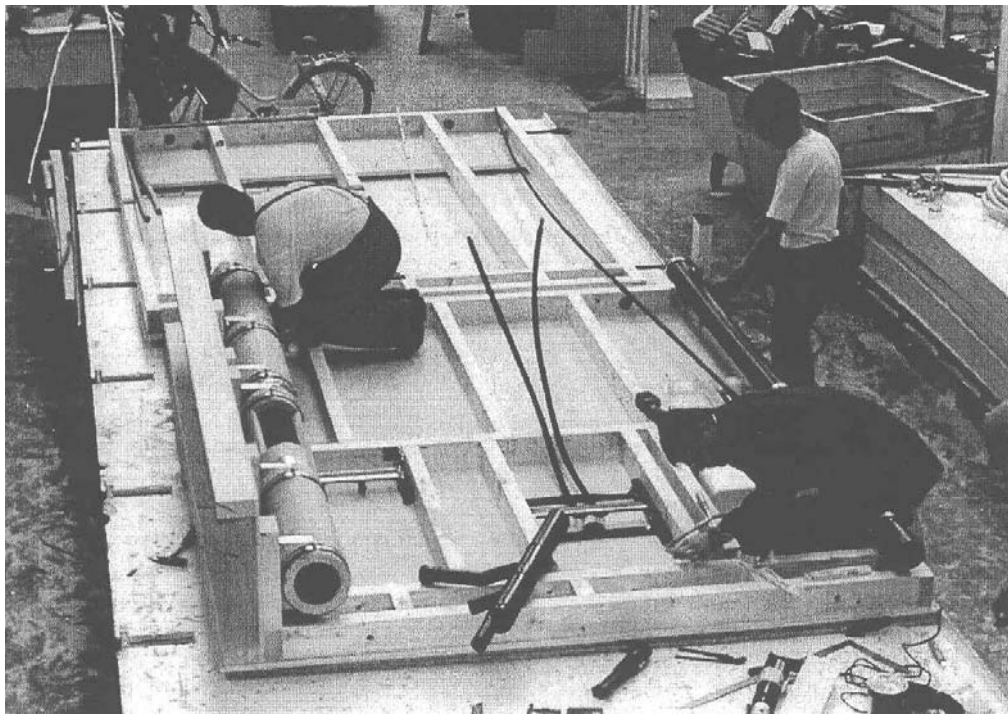


Bild 385 Prototypenbau eines vorgefertigten Installationskerns Quelle: FH Rosenheim

Das Prinzip der zentralen Installationskerne ist es, alle Komponenten wie Abwasserrohre, Abgas- Kamin- oder Lüftungsrohre zusammen mit Einbauten im Kern wie z.B. Spülkästen, Warmwasserbereiter und Warmwasserspeicher zu integrieren. Übliche Installationskerne erreichen eine Dicke von 250 bis 350 Millimetern. Voraussetzung für den Einsatz dieser Installationskerne ist ein angepasster Grundriss. Die Anordnung der Räume mit Installationsbedarf also Küche, Bad und WC an diesem Kern liegen.

Mit der Zielsetzung dieser Installationskerne, alle Komponenten in ein wandähnliches Bauteil zu integrieren, entsteht die Schwierigkeit der individuellen Umgestaltung von Installationszonen. In den folgenden Abbildungen aus einem Forschungsbericht von Prof. Schwarz der FH-Rosenheim werden diese variablen Bereiche als Installationsspielräume dargestellt.

Bedingt durch das Einräumen von Bereichen, die zu mehr Flexibilität führen sollen, fällt auf, dass die Installationskerne bei voller Vorfertigung und voller Ausstattung zunehmend breit werden. Bei den dargestellten Bauvarianten ist zu erkennen, dass nur bei der

Minimalausführung mit Einbauten, die sich auf die Verteilung der Rohrsysteme beschränken, mit kleinen Baugrößen zu rechnen ist.

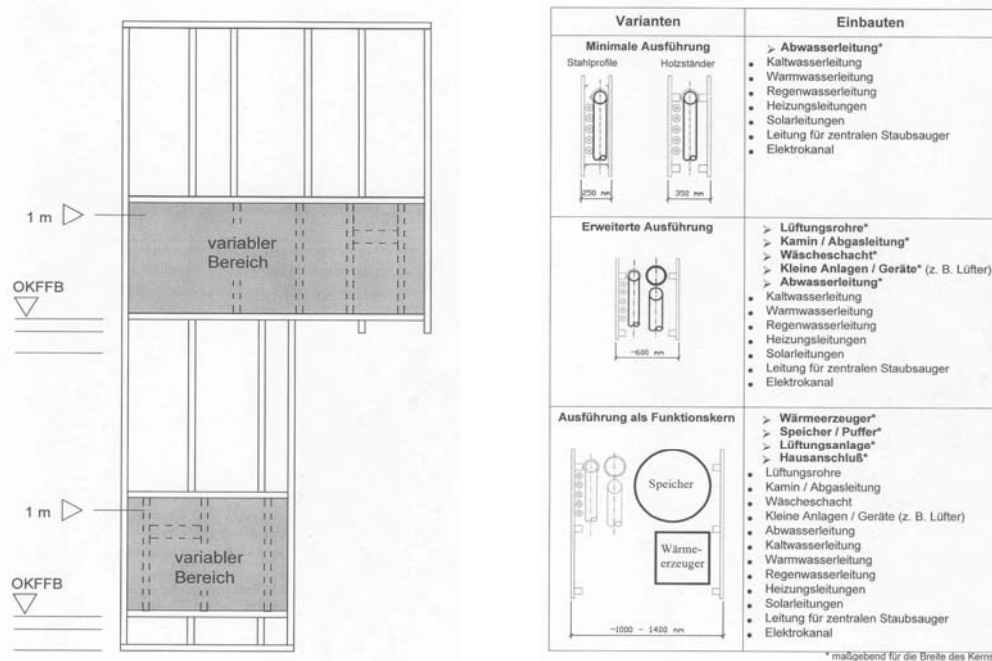


Bild 386
 variable Installationsbereiche: Minimalkern, erweiterter Kern, Funktionskern
 Quelle: FH Rosenheim Prof. Schwarz

Fazit:

Die Vollausrüstung und damit das Erreichen eines maximalen Vorfertigungsgrades im Werk bedingt eine zunehmende Unflexibilität bzw. zunehmende Veränderungen und damit einen geringeren Standardisierungsgrad.

Im Hinblick auf die Konstruktionsweise von Installationskernen können grundsätzlich zwei Installationsprinzipien unterschieden werden.

Die Inwandinstallation:

Hier werden alle Leitungen zur Ver- und Entsorgung unter den Geschossen im Zwischenraum einer Innenwand geführt. Das hat den Vorteil des einfachen Wandaufbaus. Die Wand erfüllt gleichzeitig Raumtrennungsfunktion, Tragfunktion und Installationsführung. Dies führt aber zu erhöhtem Aufwand, um Schallschutzanforderungen unter Aufenthaltsräumen in einer Wohnung und zwischen Wohnungen auf unterschiedlichen Geschossen zu erfüllen. Bereits erwähnt wurde der Nachteil der geringen Flexibilität bei der Ausführung als Funktionskern. Horizontal geteilte Inwandinstallationskerne erfordern zusätzlichen Kopplungsaufwand im Deckenbereich.

Die Vorwandinstallation:

Bei der Vorwandinstallation werden alle Leitungen zur Ver- und Entsorgung sowie Installationselemente für Waschtisch und WC vor der Trennwand angeordnet. Die Vorwandinstallation kann dabei wie eine konventionelle Aufputzmontage auf die Trennwand montiert, gedämmt und verkleidet werden oder als fertiges Element vor der Trennwand eingestellt werden. Die Vorwand kann als raumhohes oder halbhohe Element ausgeführt werden. Beim Befestigen der Installationen auf der Trennwand muss verstärkt Wert auf die Schallentkoppelung der Bauteile gelegt werden.

Vorteil der Konstruktion ist demnach, dass der Schallschutz der bestehenden Trennwand nicht durch Installationen beeinträchtigt wird. Nachteil ist der aufwendige Doppelwandaufbau, die dadurch verursachten höheren Kosten und der Verlust von Wohnfläche.

Konstruktionsanalyse des vorgefertigten Installationskernes

Der in einem Forschungsprojekt der Fachhochschule Rosenheim unter der Leitung von Prof. Schwarz vorgestellte Konstruktionsaufbau stellt einen Versuch dar, den Inwandinstallationskern in verschiedener Hinsicht zu optimieren. Durch einen schichtigen Aufbau in 3 Funktionsschichten wird erreicht, dass die unterschiedlichen Anforderungen an die Einbauteile, Installationselemente und Rohrsysteme erfüllt werden.

So erfüllt die erste Funktionsschicht die geschossübergreifende Führung von Rohrleitungen zur Ver- und Entsorgung auf der raumseitigen Beplankung. Die zweite Funktionsschicht in der Mittelzone ermöglicht die Installation und den Querverzug größerer Rohrquerschnitte für Abwasser, Lüftungsrohre, Abgas- bzw. Kaminrohre. In der dritten Funktionsschicht zwischen den Ständern der badseitigen Beplankung sind die Montageelemente für die Sanitärgegenstände eingebaut. Die Funktionsschichten sind in der nachfolgenden Grafik dargestellt.

Analyse:

Der dreischichtige Aufbau ermöglicht zwar eine weitgehend störungsfreie Installationsführung, lässt aber nur bedingt Varianten zu, bei denen es nicht zu Überschneidungen und Komplikationen kommt. Durch die unterschiedlichen Ausstattungsanforderungen an einen Schacht im Vergleich von Keller-, Erdgeschoss und Obergeschoss entstehen unterschiedliche Schachtbreiten, was den Bau, den Transport und die Montage erschwert. Wird zum Beispiel im EG mehr Installationsbreite benötigt als im OG so muss der Kern im OG überdimensioniert werden.

Zwar bietet die vorgeschlagene variable Zone Flexibilität, jedoch können die eingebauten Querriegel einem erhöhten Platzbedarf für größere vertikale Rohrdurchmesser nicht gerecht werden.

Die Abstände der eingebauten Ständer auf der Badseite müssen sich nach den Einbaubreiten der entsprechenden Produkte richten und sollten zugleich mit den Plattenbreiten der Beplankung korrespondieren.

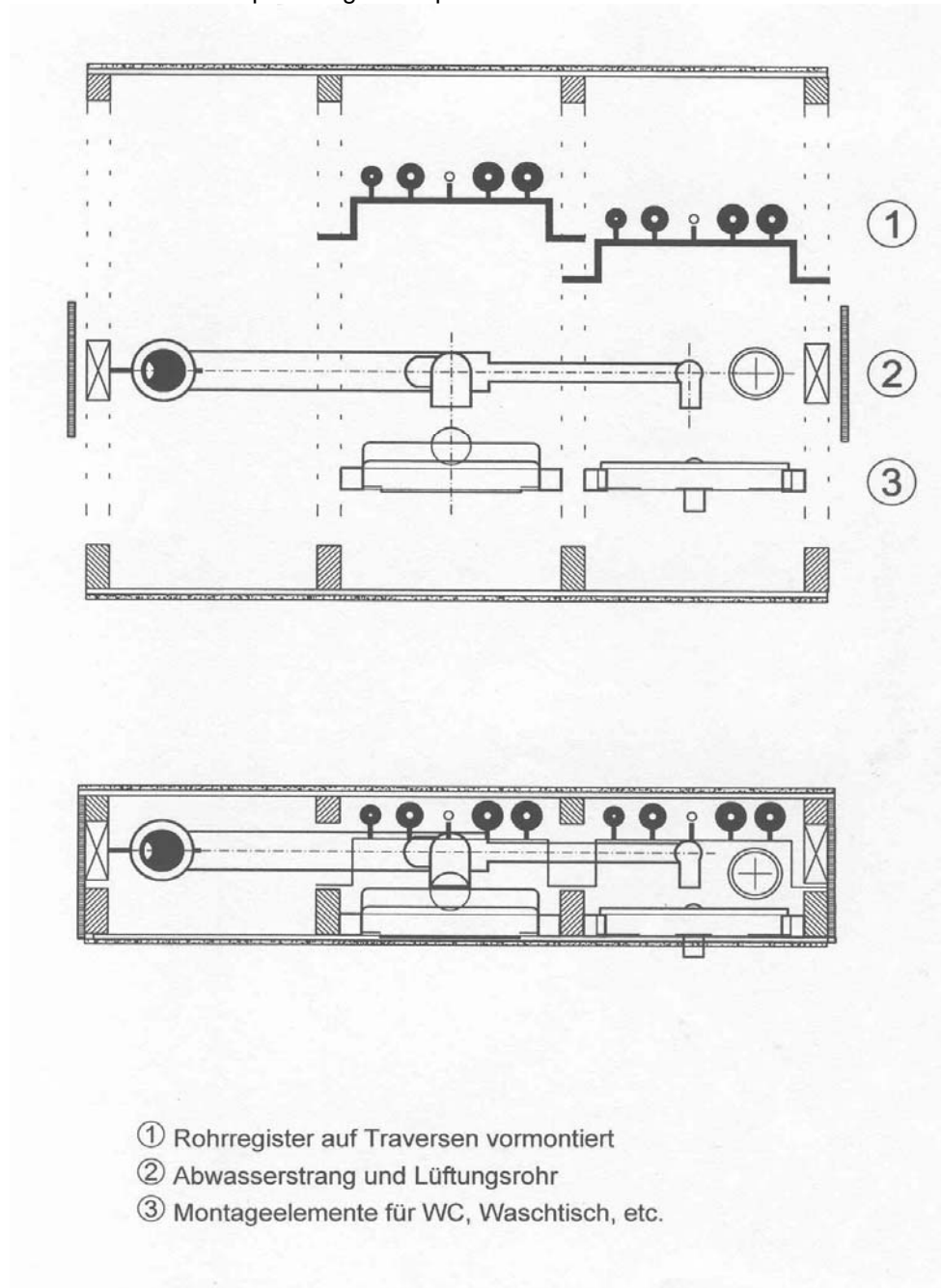


Bild 387
 Schnittdarstellung einer Installationskernschichtung

Quelle: FH Rosenheim Prof. Schwarz

Durch die eingelegten Verbindungsstreifen zwischen den Pfosten der vorderen und der hinteren Schale verschlechtert sich der Schallschutz des Installationskerns als Trennwand.

Sollen, wie angedacht, auf beiden Seiten, also bad- und raumseitig Installationselemente angebracht werden, so mischt sich Funktionsschicht 1 mit Funktionsschicht 3. Zwangspunkte sind nicht auszuschließen.

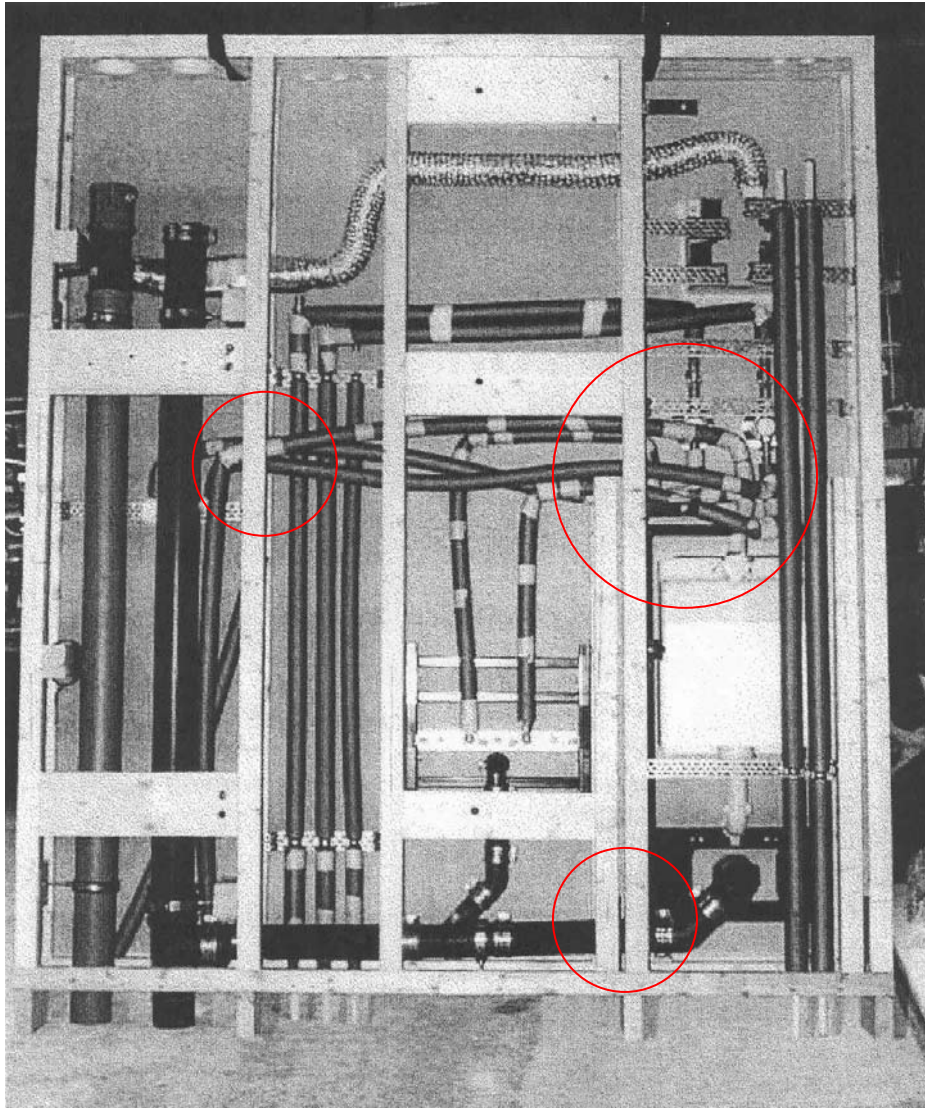


Bild 388
beengte Platzverhältnisse im Installationsschacht, viele Durchdringungen und Anpassarbeiten

Die Einbaumaße von Installationsmodulen schränken die Konstruktionsfreiheit innerhalb des Kerns ein.



Bild 389
Installationsmodule

Fazit:

Der dreischichtige Installationskernaufbau stellt zwar eine befriedigende Lösung dar, kann aber im Hinblick auf eine hohe Flexibilität bei größtmöglicher Standardisierung und bei hohen Schallschutzanforderungen kaum zu einer 100 %-igen Werksfertigung führen. Zwar werden bei der Installation im Kern gegenüber der konventionellen Installation nicht zentraler Sanitäreinrichtungen Leitungswege eingespart, jedoch erscheint der Vorplanungsaufwand zu hoch und die damit verbundenen Einsparungen beim Material noch zu gering. Abgeleitet aus dieser Analyse soll in einem Lastenheft das Anforderungsprofil für die Entwicklung eines Standardinstallationsmoduls entwickelt werden.

3.8.2.2 Neuentwicklung eines modularen Kombikerns

Durch die Schnellverbindertechnologie ergeben sich neue Möglichkeiten zur Entwicklung eines Installationsschachtensystems, welches der angestrebten Standardisierung in der automatisierten Vorfertigung gerecht werden könnte.

Aus der Analyse erprobter Installationsschachtentwicklungen mit anschließenden

schalltechnischen Untersuchungen können Erkenntnisse abgeleitet werden, aus denen ein Lastenheft für zukünftige Entwicklungen generiert werden kann. Wie die Praxis zeigt konnten sich trotz vieler Bemühungen und hervorragender Einzelentwicklungen noch keine durchgängigen Installationssysteme etablieren, die den Anforderungen an die rationalisierte Fertighausmontage gerecht werden.

Dies liegt an den für das Bauwesen systemimmanenten Faktoren:

- weitgehende Einzelfertigung durch geforderte Flexibilität
- Gewerketrennung
- Schnittstellenproblematik
- Trennung der Fertigungsprozesse Fertigteilwerk - Baustelle
- mangelnde Kostentransparenz über den Gesamtfertigungsprozess

Definition des Lastenheftes

Ausgehend vom Stand der Technik in den einzelnen Firmen im Fertigbau, die auch im Rahmen dieser Studie besucht und analysiert wurden, soll das Lastenheft dazu dienen, einen Installationsschacht zu entwickeln, der abgesehen von den technischen Möglichkeiten in den Betrieben auch die logistische Abwicklung berücksichtigt. Die Herstellung eines vollinstallierten Installationskernes im Fertigteilwerk ist schon aufgrund der gewerkeübergreifenden Koordination für kleinere und mittlere Fertigbaubetriebe schwer realisierbar.

Es soll deshalb ein System entwickelt werden, das durch Kooperation einzelner Gewerke untereinander oder durch einen spezialisierten Hersteller hergestellt wird und für eine breitere Anwendung im Hausbau geeignet ist.

Folgende Zielsetzungen sollen zum Inhalt des Lastenheftes werden:

- Höchstmaß an Standardisierung der Kerninstallationen
- Höchstmaß an Flexibilität für den Kunden
- Höchstmaß an Vorfertigung im Werk oder beim Subunternehmen
- Standardisierung der Kerninstallationen
- Standardisierung der Schnittstellen

Das Installationsprinzip des Kombikerns

Kombination aus Basismodul und Anbaumodul

Die Grundanforderungen an die technische Ausstattung lassen sich für fast alle Einfamilienhäuser auf eine Basisinstallation zurückführen. Das System besteht aus Ver- und Entsorgung unterschiedlicher Leitungen mit unterschiedlichen Medien. Diese Leitungen werden im Basismodul in der Vertikalen geführt und zusammengefasst. Das Basismodul integriert den Hausanschluss und die Zentralverteilung bis zu den

Übergabestellen in den Geschossen. An den Übergabestellen befinden sich standardisierte Schnittstellen, die alle Medien an die Anbaumodule weiterleiten. Anbaumodule sind alle Elemente, in denen die Medien Strom, Gas oder Wasser geführt werden. Dazu zählen Wand-, Dach- und Deckenelemente, sowie Badezimmermodule, Küchenmodule, Heiztechnik, Lüftungs- und Klimatechnik.

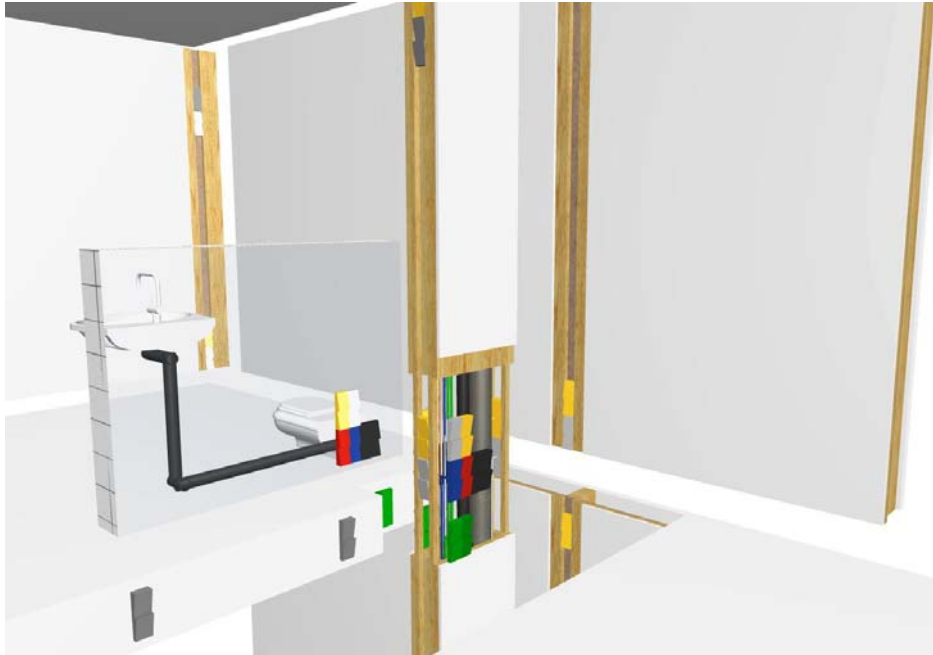


Bild 389
Prinzipdarstellung eines Kombikerns mit andockbarer Sanitäreinheit

Basismodul

Das Basismodul besteht aus einem mehrgeschossigen Schacht, in den alle erforderlichen Rohr- und Leitungssysteme integriert sind. Dabei ist anzustreben, dass die Leitungssysteme möglichst stoßfrei verlegt werden, um die Verbindungsstellen im Schacht auf ein Minimum zu reduzieren.

Deshalb sollen Leitungen für jedes Geschoss verlegt werden. Leitungen für Warmwasserinstallationen liegen beieinander wie Leitungen für Trinkwasser oder Heizleitungen.

Im Basismodul selbst sollen keine Pfosten und Riegel eingebaut werden, um den Verlauf der Leitungen in keinsten Weise zu stören und flexibel zu halten. Das Basismodul bzw. der Basiskern ist in der folgenden Grafik dargestellt. Als Anbaumodul ist darin exemplarisch ein Waschtisch eingezeichnet. Außerdem ist die andockbare Heiztechnik zu sehen, auf die in Kapitel 3.8.1.4 näher eingegangen wird

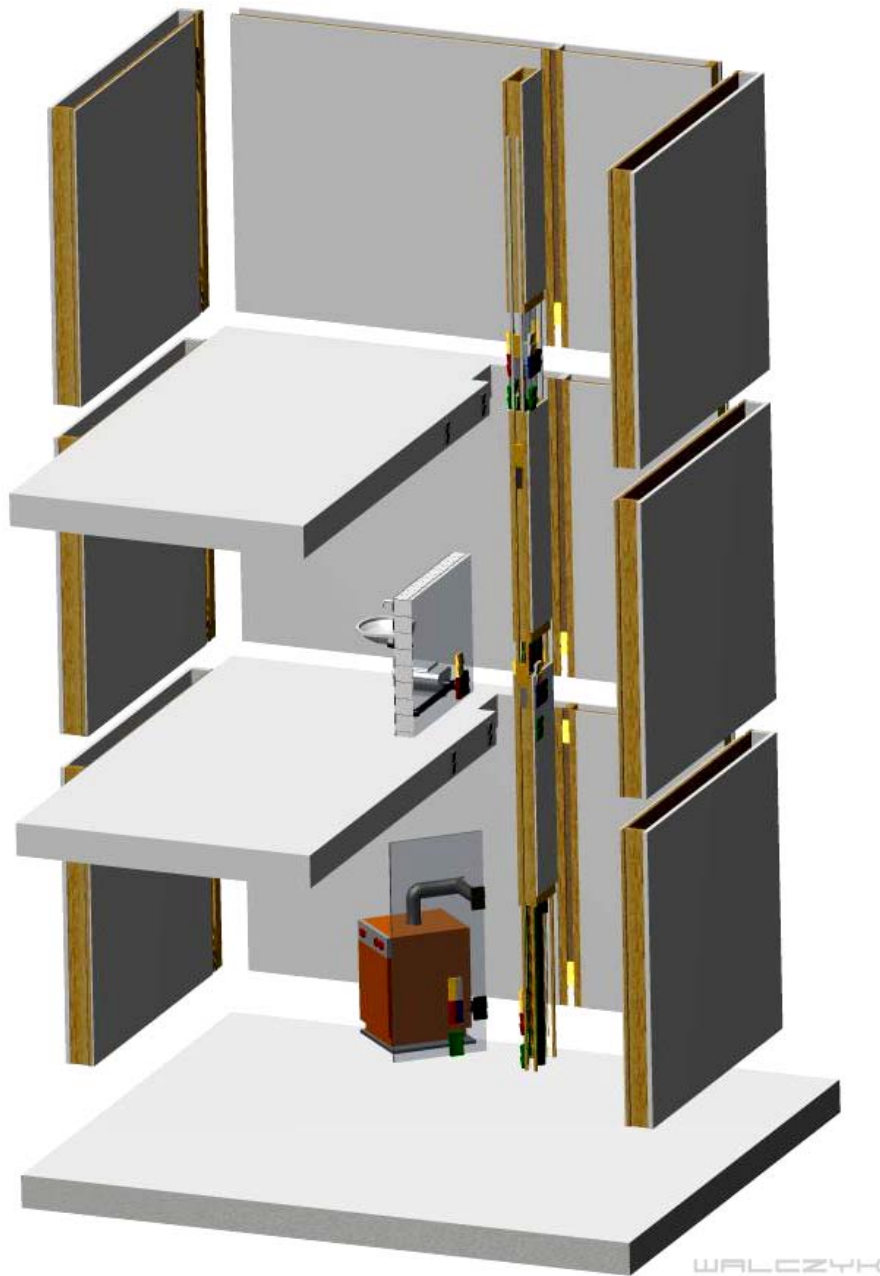


Bild 390 Basiskern mit Anbaumodul Waschtisch, Deckenheizungsanschluss, andockbarer Heiztechnik

Prinzipskizze des Kombikerns als Grundrissdarstellung. Kombischacht kann gespiegelt eingebaut werden.

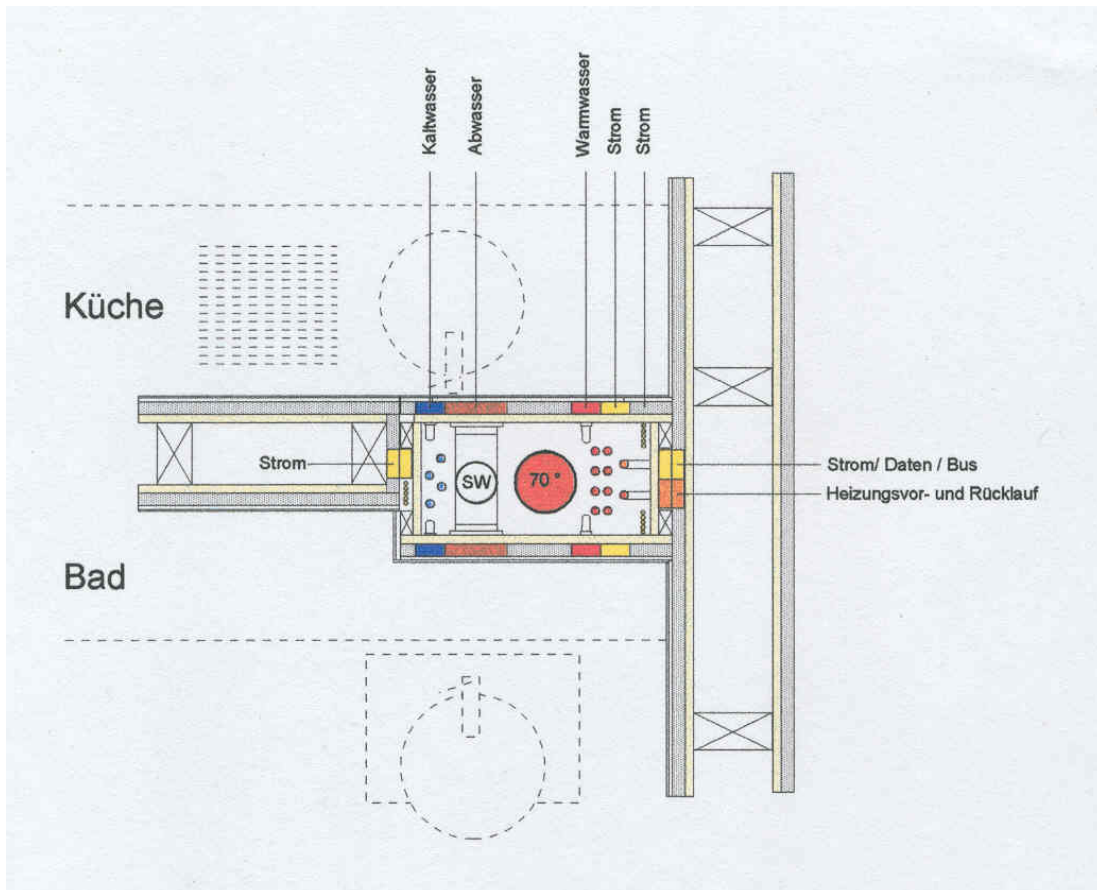


Bild 391

Leitungsführung Trink und Heizwasser

Es ist ein Prinzip angedacht, bei dem alle Rohrleitungen frei in dem Kern verlaufen, ohne die Kernwände zu berühren. So sollen die Leitungen durchgehend vom Hauptverteiler bis zur jeweiligen Verbinderschnittstelle geführt werden.

Alternativ dazu ist es ebenso möglich die Leitungen auf Geschossebene durch Abzweige zu teilen. Der höhere Montageaufwand für Verbindungsstücke wird den zusätzlichen Materialkosten für längere Leitungswege bei einer Einzelversorgung gegenübergestellt.

Das Führen in Einzelleitungen hat zusätzlich den Vorteil, dass die Leitungen sehr einfach von der Rolle abzulängen sind und lediglich in den offenen Schacht eingelegt werden. Mit

einfachen Abstandshaltern aus Schaumstoff werden die Leitungen zu einem Bündel vereint. Diese Bündel werden je nach Medium zusammengestellt, d.h. alle Warmwasserleitungen, Vor- und Rücklauf der Heizleitungen und die Zirkulationsleitungen werden zusammen geführt. Damit werden Wärmeverluste absolut minimiert. Bedenkt man, dass der Einsatz von Dämmschläuchen fast die selben Kosten verursacht, wie die Rohrleitung selbst, wäre hierdurch ein großes Einsparpotential gegeben. Rohrdämmsysteme für Warmwasserleitungen haben nach Aussage einer Studie der FH Rosenheim in manchen Fällen Amortisationszeiten von mehreren hundert Jahren.

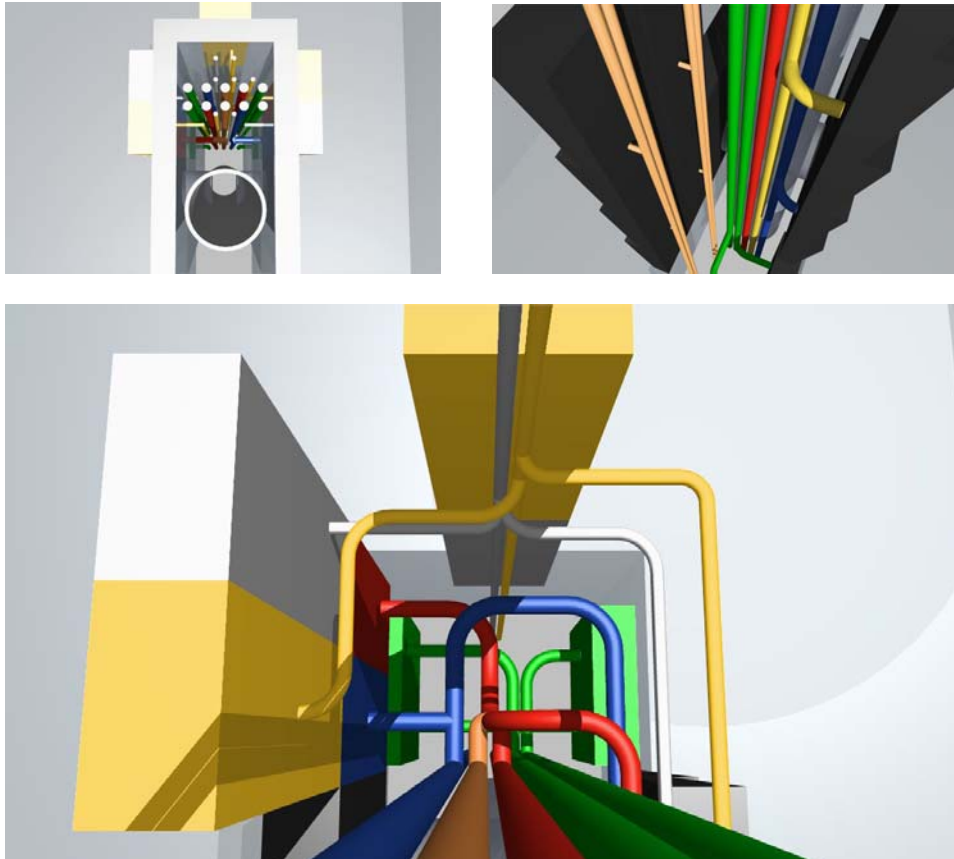


Bild 392 Prinzipdarstellung Schachtquerschnitt zeigt Rohrführung zu den verschiedenen Andockstellen.

Zirkulationsleitungen

Für Zirkulationsleitungen könnten neuartige “Inliner Zirkulationssysteme“ verwendet werden, was wiederum Verbindungsstellen und Schwachstellen im Schacht reduziert. Die bisherige Anforderung aus den DVGW Arbeitsblättern W 551 und W 552 wonach 3 Liter auslaufen dürfen bis Warmwasser ansteht, werden in der neuen europäischen Norm prEN 806-2 erstmals neu geregelt. Demnach dürfen 30 Sekunden nach dem Öffnen nicht

weniger als 50 Grad erreicht werden. Bisher wurden solche Zirkulationssysteme konventionell über parallel verlegte Zirkulationsleitungen ausgeführt.

Obwohl die Zirkulationsleitungen nach der Energieeinsparverordnung gedämmt werden, sind deren Wärmeverluste fast genauso hoch wie die der Warmwasserleitungen und tragen deshalb erheblich zu den Gesamtwärmeverlusten bei. Bei den Inliner-Zirkulationsleitungen werden die Zirkulationsleitungen als Inliner im Warmwasserrohr geführt. In einem Testgebäude sollte untersucht werden, ob die allein durch die Bündelung der Warmwasserrohre erreichte Wärmeverlustreduzierung ausreicht, um ganz auf eine Zirkulationsleitung verzichten zu können.

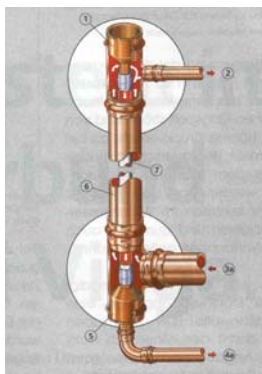


Bild 393 Inliner Zirkulation VIEGA

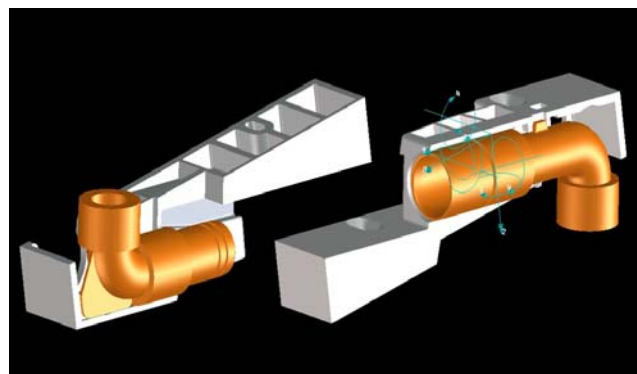


Bild 394 Schnitt durch Schnellverbinder mit Wasserstecker

Verbindungstechnik am Kombikern

Im Basismodul werden die Einzelleitungen an den Hauptverteiler angeschlossen. Dieser Hauptverteiler sitzt in einer Installationsnische im Kellergeschoss, so dass die Anschlusspunkte zugänglich und reversibel bleiben. An den Verbindungsstellen zu den Übergabestellen an die Anbaumodule werden die Einzelleitungen durch die Schachtwand geführt und mit Überlänge abgeschnitten. So ist es möglich, den Kern vollständig zu installieren und nach dem Schließen der letzten Schachtwand mit der Endmontage der Schnellverbinder einzsätze zu beginnen.

Hierzu wurde der Wassersteckereinsatz so weiterentwickelt, dass Anschlüsse sowohl nach hinten ins Basismodul als auch zur Seite hin vorgenommen werden können. Die Enden der unterbrechungsfrei eingelegten Kunststoff-Metall Verbundrohre werden mit Gewindefittings versehen, die in die oben abgebildeten Steckereinsätze eingeschraubt werden.

Vor dem Befüllen des Basismoduls mit wärme- und schalldämmendem Schüttgut wird das Gesamtsystem auf Dichtigkeit geprüft. Die Einsatzstecker müssen in dem Schnellverbindergehäuse so eingesetzt und lagegesichert werden, dass auch Druckschläge und Temperaturwechsel vom System aufgenommen werden können. Die Schnellverbinder werden auf der Außenseite der Schachtwände an die vorbestimmte Position geschraubt. Die erforderliche Überlänge der Leitungen wird dabei in den Kern zurückgeschoben.

Elektroinstallationen im Schacht

Die Anforderungen an Elektroinstallationen im Schacht sind aus der VDE 0100 Teil 701 abzuleiten. Diese Norm regelt auch die Installation in Bädern, also in Wandzonen in denen Nassbereiche mit Elektroinstallationen in Verbindung kommen können. Die unterschiedlichen Installationszonen im Bad sind in Kapitel 3.8.1 bereits ausführlich dargestellt. Grundsätzlich gilt, dass für leitende Bauteile in der Sanitärinstallation ein Potentialausgleich geschaffen wird.

Die Elektroinstallationen im Kombikern sind derart konzipiert, dass im Sockelbereich des Basismoduls, also im Keller, eine zentrale, zugängliche Hauptverteilung installiert ist. Diese Hauptverteilung beinhaltet die Übergabestelle des Hausanschlusses mit der Zählereinheit. Von dort werden pro Geschoss mindestens 2 sogenannte Versorgungsleitungen angefahren. Hierbei handelt es sich um 7-adrige Leitungen, die im jeweiligen Geschoss mittels der Schnellverbinder vom Basismodul an das Außenwandelement übergeben werden. Dort werden die Kabel auf ein Flachbandsystem übergeben, welches Versorgungs- und Steuerfunktion hat bzw. busfähig ist. Die weitere Verteilung wurde bereits im Kapitel Elektroinstallationssysteme erläutert. Durch die Kombination aus Basismodul und Anbaumodul können alle Leitungen so geführt werden, dass sie außerhalb des Schutzbereiches nach VDE 0100 Teil701 angeordnet sind.

Für den Anschluss von bis zu 7-adrigen Leitungen wurde in Entwicklungskooperation der Firmen Wieland und Fischerwerke ein Elektrostecker weiterentwickelt, der die Anforderungen nach den VDE Normen erfüllt und darüber hinaus den Gegebenheiten des Baustelleneinsatzes gerecht wird.

Anpassung der Verbinder an geltende VDE Normen

Es wurde bereits 2001 ein Arbeitskreis Schnellverbinder beim VDE in Frankfurt eingerichtet, der die geltende Normung an die zukünftigen Anforderungen unter Einsatz der Schnellverbindertechnologie, hier EIF für Elektro Installations- Verbinder genannt, anpasst.

Das 40 Seiten starke Dokument wurde von der Arbeitsgruppe WG6 von IEC/TC 23 in mehreren Arbeitssitzungen ausgearbeitet und ins Englische übersetzt, um allgemeine Anforderungen und Prüfmethode für EIF für eine dauerhafte Verbindung festzulegen. Im folgenden werden einige Auszüge zu den wichtigsten Anforderungen dargestellt.

Anforderungen der VDE an die Verbindungsstellen mit Schnellverbindern

“Der elektrische Installationsverbinder für Fertigbauteile (EIF) muss in einer Zwangsführung derart angebracht werden, dass keine mechanische Spannungen auf die Kontakte ausgeübt werden. Der Verbinder muss derart schwimmend gelagert sein, um vorhandene Toleranzen der Zwangsführung auszugleichen.

Die Zwangsführung muss ausreichend Platz aufweisen, dass der minimale Biegeradius des Kabels in keinem Fall unterschritten wird.

Elektrische Installationsverbinder sind im bestimmungsgemäßen Gebrauch nicht zugänglich.

Diese Norm gilt für elektrische Installationsverbinder für Fertigbauteile mit einer Bemessungsspannung bis einschließlich AC 500 V und Leitern mit einem Nennquerschnitt bis einschließlich 16 mm² bei dauerhafter Verbindung, welche für elektrische Installationen in Gebäuden gelten.

Elektrische Installationsverbinder für Fertigbauteile nach dieser Norm sind vorgesehen für den Einbau in mechanischen Rastverbindungen von Zwischenwänden in Fertighausbauten, die die elektrische Installation bereits fabrikfertig vormontiert enthalten“.

Definition der Anschlussart:

Ebenfalls wurde eine gewisse Anschlussart definiert, um Fehlmontagen auf der Baustelle oder im Werk auszuschließen. Die folgenden Auszüge aus der erarbeiteten VDE-Norm sollen Hintergründe verdeutlichen, die zu der vorliegenden Weiterentwicklung der Stecker geführt haben:

„EIF müssen mit gelöteten, geschweißten, oder gecrimpten gleichwertig wirksamen Mitteln versehen sein. Beim Löten müssen Mittel vorgesehen sein, die den Leiter unabhängig vom Lot in ihrer Lage halten.

Kontakte müssen zuverlässig befestigt sein und müssen eine ausreichende mechanische Festigkeit aufweisen. Sie dürfen sich nicht ohne Werkzeug entfernen lassen.

Der EIF muss wie im bestimmungsgemäßen Gebrauch montiert werden, wobei alle Kontakte installiert sind. Jede(s) Zubehörteil oder Abdeckung, das/die für das Befestigungssystem der Kontakte nicht unbedingt erforderlich sind, können gelöst oder entfernt werden.

Die Gehäuse von EIF müssen die Anschlussklemme und das Ende des Leitungsmantels vollständig umschließen. Es muss möglich sein, jeden Leiter so anzuordnen, dass seine Isolierung nicht mit spannungsführenden Teilen anderer Polarität in Berührung kommen kann.



Bild 395 Entwicklungsstand Elektrostecker nach Einarbeitung der VDE Vorgaben

Anforderungen an Abwassersysteme im Kombikern

Die gängigen Abwasserrohrsysteme unterscheiden sich im wesentlichen durch den Werkstoff, die Verbindungstechnik sowie der Befestigungsart. Bei den Werkstoffen unterscheidet man in Gusseisen, SML (Super Metallit) und in Kunststoffe.

Als Verbindungssysteme unter den Rohren ist das Stecksystem, das Schnellverbindersystem und das Schweißsystem bekannt.

Die gängigsten Rohrsysteme im Abwasser innerhalb des Gebäudes sind die sogenannten HT-Rohre (hot water tubes). Hier haben sich folgende Kunststoffe durchgesetzt:

- Polyethylen hoher Dichte (PE-HD)
- Polypropylen (PP)
- Polyvinylchlorid (PVC)
- mineralisch beschwerte Kunststoffe

Rohre aus Gusseisen haben bedingt durch ihre höhere Masse bessere schalltechnische Eigenschaften und eignen sich daher vor allem für mehrgeschossige Bauten. Gussrohre sind zudem der Baustoffklasse A1 zugeordnet und daher auch für Bereiche mit Brandschutzanforderungen geeignet.

Stahlrohre haben sich aufgrund verschiedener nachteiliger Eigenschaften nicht im 1- bis 2-geschossigen Wohnungsbau durchsetzen können.

Die Stahlrohre lassen sich mit muffenlosen Spannverbindern verbinden. Das Ablängen und Verarbeiten der Rohre ist schwer und durch den damit verbundenen Funkenflug für die Verarbeitung Holzbaubetrieb nicht geeignet.

Kunststoffrohre können wie bereits erwähnt mit Stecksystemen, Spannverbindern und durch Schweißverbindungen verbunden werden. Zudem gibt es mittlerweile mineralisch beschwerte Kunststoffrohre, deren Schallverhalten sogar besser sein kann, als bei Gussrohren.

Für den Einsatz im Kombikern ist es von besonderer Bedeutung, das Kunststoffrohre als vorgefertigte geschweißte oder gesteckte Stränge angeliefert oder vorbereitet werden können. Das Ziel, mit dem Kombikern ein weitgehend standardisiertes Basismodul zu entwickeln, dessen Innenleben zu einem hohen Grad identisch ist setzt solche Techniken voraus. Wollte die Wartungsfreie und Verbindungsarme Rohrführung auch im Abwasserbereich realisiert werden, so wären geschweißte PP Rohrverbindungen anzustreben.

Darüber hinaus ist es heute möglich auch die Abgase der Heizanlage über Kunststoffrohre abzuführen. Ein Sicherheitsthermostat regelt hierbei ein mögliches Überhitzen. So werden PP Kunststoffrohre für Abgastemperaturen bis 110 ° C eingesetzt.

3.8.2.3 Prinzip der Anbaumodule im Bad- und Küchenbereich



Bild 396

Das Prinzip des Kombikerns ist es, durch Kombination eines oder mehrerer Basismodule die Verteilung vorzunehmen und an diesen Basismodulen unterschiedlichste Anbaumodule anzudocken. Die Schnittstellen dabei sind immer gleich ausgebildet und können alle Medien übertragen. Die Anbaumodule variieren von einfachen Waschtischen bis hin zu vollinstallierten Dusch- oder Badewannenmöbeln oder Küchen.

Das hat den Vorteil, die Standardisierung so weit realisieren zu können, dass ein nahezu beliebiger Austausch von Anbaumodulen möglich ist. Ein Haushersteller kann also an dieselbe Andockstelle unterschiedlichste Badezimmerkombinationen andocken, ohne die Basisinstallationen verändern zu müssen.

Das bietet ganz neue Möglichkeiten für Subunternehmer und Zulieferer. Beginnend bei der Ausstattung von Musterzentren können hier schneller und flexibler Kundenwünsche eingebaut und verkauft werden.

Die Komponenten selbst, die im Bemusterungszentrum aufwendig eingebaut werden, sind die Elemente, die auch ins Gebäude kommen. Das trägt dazu bei, dass Angebote in der Kundenberatung ständig aktualisiert werden können. Für spezialisierte

Subunternehmen bietet das die Chance, ihre individuell unterschiedlichen Produkte mit einer identischen Schnittstelle zu versehen, die in jedem dieser Systemhäuser passt. Auch kleinere Handwerksbetriebe können sich durch die Anfertigung von individuellen Badezimmerlösungen zum Partner großer Fertigbaubetriebe machen, da die Anschlussstelle definiert und die Terminierung unabhängig vom Hausbau ist. Ganze Badezimmer- oder Kücheneinrichtungen können bereits kurz nach Auftragseingang hergestellt und am Tag der Montage vom Fertighausbetrieb selbst eingebaut werden. Es handelt sich um Elemente, die entweder schon oberflächenfertige Produkte der Sanitärindustrie sind oder individuelle Elemente bzw. vorgefertigte Rohlinge, die je nach Kundenwunsch oberflächenfertig hergestellt und andockt werden können.

Analyse von Anbaumodulen und Vorwandssystemen:

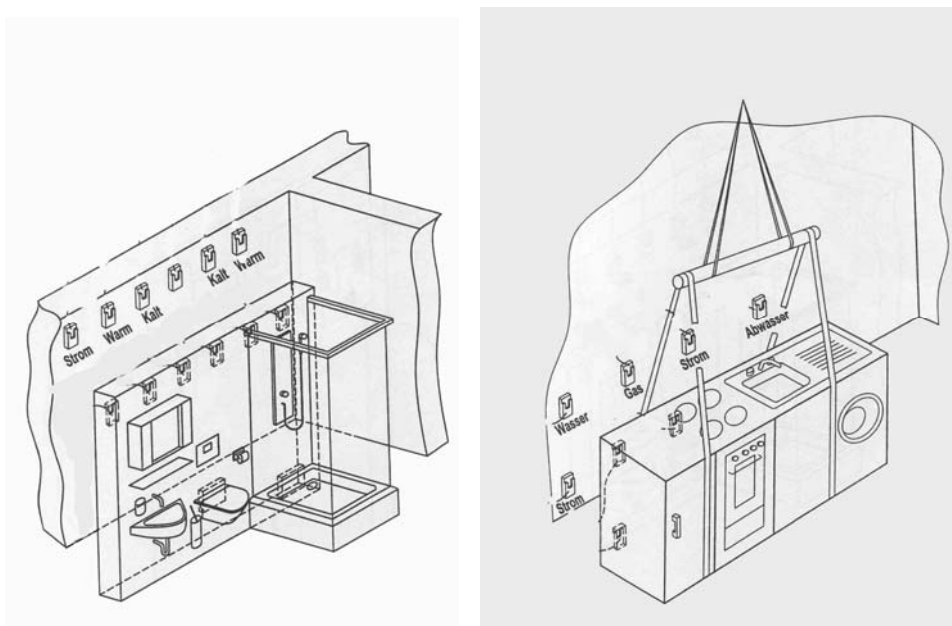


Bild 397 Prinzipskizzen aus der Patentschrift für andockbare Vorwandelemente im Badezimmer und von vorgefertigten Küchenelementen

Im folgenden Teil werden vorgefertigte Modulsysteme vorgestellt, deren Ausstattungsgrad sich zur andockfertigen Systembauweise eignen würde. Bei der Suche nach solchen Systemen ist auffallend, das die Ausstattungsgegenstände mit erhöhten technischen Anforderungen wie etwa moderne Dusch- oder Badewannen weitestgehend vorgefertigt erhältlich sind, da hier der Montagaaufwand und auch die Komplexität der Montage auf der Baustelle die übliche Handwerkerqualifikationen übersteigen würde. Einige der recherchierten und dargestellten Lösungen sind vollständig anschlussfertig. In Kombination mit einer Trägerplatte für unterschiedliche Schnellverbinder könnten solche Module gebrauchsfertig an den Kombikern andockt werden.

Systemanalyse von Vorwandssystemen

Die Sanitärinstallation unterliegt einem ständigen Wandel. Nicht nur Modeerscheinungen bei der Sanitärkeramik oder den Armaturen sind hierfür verantwortlich, auch die Technik hinter den Fliesen hat sich in den letzten Jahrzehnten weiterentwickelt. Die früher übliche sichtbare Verlegung oder das Einstemmen und Einmauern der Installationsrohre sollte zumindest im Wohnbereich komplett der Vergangenheit angehören. In dieser Analysephase sollen die Möglichkeiten von modernen Vorwandssystemen aufgezeigt werden. In Verbindung mit der Schnellverbindertechnik werden diese meist modularen Systeme zu fertigen Komplettlösungen konfiguriert, die dann auf der Montagebaustelle anschlussfertig im jeweiligen Raum eingebaut werden können.

Bei den Trockenbausystemen unterscheidet man zwischen Einzelmodulsystemen und Sanitärwandssystemen. Während der Installateur bei den Einzelmodulsystemen nur das entsprechende Haltegerüst für WC oder Waschtisch montiert, erstellt er bei den Sanitärwandssystemen eine komplette Vorwand.

Die von der Vorwandtechnik einfachste Variante ist die Befestigung von Leitungen, Armaturen und Halterungen direkt auf der Wand. Davor wird eine zweite Wand befestigt, aus der dann wiederum nur die Anschlüsse hervorschauen. Diese Variante verzichtet auf einen Gerüstaufbau, was zwar unter Umständen die Maßnahme verbilligt, aber eventuell mehr Unwägbarkeiten mit sich bringt (Genauigkeit, Flexibilität).

Werden Objekte direkt an einer Wand montiert, dann übertragen sich z.B. Wassereinlauf- und -ablaufgeräusche auf das gesamte Gebäude. Vorwandinstallationssysteme verhindern diese Geräuschübertragung nicht, aber sie verringern sie unter Umständen erheblich. Denn die vor der Wand liegende Installation vermindert die Wandkontakte, und der mit Dämmstoffen versehene Zwischenraum wirkt als Schall- und Wärmeisolierung.

Durch die Schnellverbindertechnologie bietet sich bei allen Systemen eine einheitliche Koppelstelle zwischen Wand und Anbaumodul, die auch schalltechnisch zur Optimierung genutzt werden kann.

Die wichtigsten Punkte des Schallschutzes sind für den Installateur in der DIN 4109 geregelt. In dieser Norm wird unter anderem der maximal zulässige Schalldruckpegel für Installationsgeräusche auf 30 dB(A) vorgeschrieben. Ein Installationsgeräusch, z.B. die Toilettenspülung, darf in einem schutzbedürftigen Raum der Nachbarwohnung keine Geräusche verursachen, die lauter als 30 dB(A) sind. Schon kleine Mörtelbrücken zwischen einer Abwasserleitung und dem Baukörper können zur Überschreitung führen. Gerade Vorwandinstallationen, die später durch den Maurer abgemauert werden, sind problematisch.

Mit der Erstellung der gesamten Vorwand bis zur verfliesungsfähigen Oberfläche kann der Installateur seinen Umsatz und seinen Gewinn steigern. Zudem hat der Bauherr noch Kostenvorteile. Durch die bessere Trennung der einzelnen Gewerke (Rohbau und Haustechnik) hat der Architekt oder Fachplaner eindeutige Ansprechpartner und weniger Koordinationsaufwand bei der Bauleitung. Die vielen Vorteile der Vorwandssysteme führen

dazu, dass dieser Bereich mehr und mehr die herkömmliche ausgemauerte Variante ersetzt. Diese Vorteile können noch gesteigert werden, wenn die Arbeiten auf der Baustelle sich tatsächlich nur noch auf das Andocken der Module beschränken.

Beispiele für Einzelmodulsysteme:



Bild 398 Rohlinge ohne Beplankung Badezimmer Anbaumodul

Beispiele für Sanitärwandsysteme



Bild 399 halbhohe vorgefertigte Systeme

Bild 400 raumhohe Systeme

Sanitärbausteine aus PUR

PUR Sanitärbausteine werden aus FCKW-freiem, hochwertigen Polyurethan-Integral-Hartschaum gefertigt, sind geräuscharm, wärmegeklämt, Schwitzwasser isolierend und zum direkten Befliesen geeignet.

Beispiele für anschlussfertige Sanitärwandmodule und Raummodule

Solche modularen Vorwandsysteme wurden entwickelt, um kleinteilige Nasszellen für den Hotel- und Pflegeheimbedarf zu ermöglichen, die hoch standardisiert und leicht sind.

Das hat den Vorteil der zeitlichen Unabhängigkeit vom Baufortschritt gegenüber Raumzellen, die immer vor dem Betonieren der nächsten Geschossdecke eingebaut werden müssen. Die Anschlüsse zu den Rohrleitungen werden in allen Fällen über den Boden oder die angrenzende Wand geführt. Dadurch entsteht eine Entkoppelung, die auch in schalltechnischer Hinsicht positiv ist.



Bild 401 anschlussfertige Raummodule aus glasfaserverstärktem Kunststoff

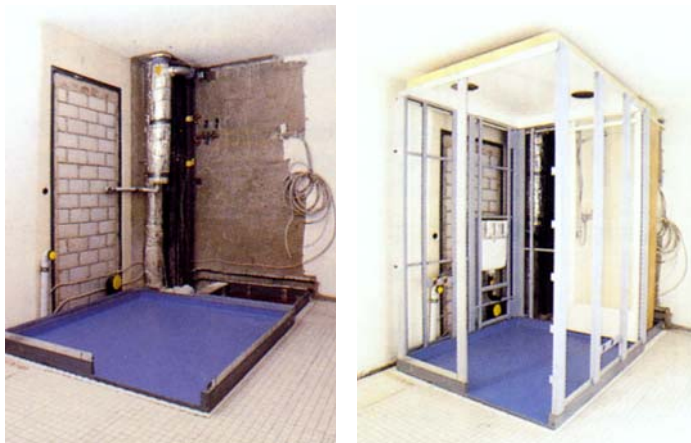


Bild 402 anschlussfertige Wandmodule als Stahlrahmenkonstruktion



Bild 403 elementierte Raumzelle aus Leichtbetonelementen



Bild 404 anschlussfertige Raummodule aus PUR- Blechpanelen



Bild 405 oberflächen- und anschlussfertige Raumzellen aus Beton

Bewertung der Analyse Vorwandssysteme

Um die Voraussetzungen für Vorwandssysteme im Hinblick auf eine durchgängige Gewerkeintegration in der Vorfertigung zu schaffen, wurden zunächst die unterschiedlichen Vorwandssysteme analysiert. Dies erfolgte durch den Besuch von Fachmessen und der Nacharbeiten der Produktinformationen. Ferner wurden neue Ideen und Konzepte direkt mit den Mitarbeitern der Entwicklungsabteilungen der Firmen besprochen und auch die Fertigung einzelner Firmen (Geberit, Viega, Keramag, Friatec)

besichtigt. Die Entwicklungen in den Firmen zeigen den Weg der Produktentwicklung in Abhängigkeit von den Gegebenheiten auf der Baustelle. So wurden durch die kontinuierlich steigenden Lohn- und Lohnnebenkosten Systeme wirtschaftlicher, deren Lohnkostenanteil deutlich verringert werden konnte. Dadurch sinkt die Wertschöpfung im Bereich der Löhne, steigert sich aber im Handel mit teureren Systembauteilen. So erklärt sich, dass sich die Systeme auch bei den Handwerksbetrieben durchgesetzt haben.

Unterstützt wird diese Entwicklung durch den Mangel an erfahrenen und qualifizierten Arbeitskräften in diesen Gewerken. Die gesamte Produktentwicklung war und ist also darauf ausgerichtet, die Arbeit auf der Baustelle durch Systeme einfacher und schneller zu machen. Der relativ hohe Materialkostenanteil relativiert sich dadurch.

Entwicklungsmöglichkeiten für steckfertig, andockbare Vorwandmodule und Küchenelemente

Mit der Schnellverbindertechnologie könnten diese Prozesse noch weiter optimiert werden. Seither ist es dem Installateur nicht möglich, die gesamte Arbeit in der Vorfertigung durchzuführen. Aus diesem Grund bietet die Industrie bisher nur wenige Komplettlösungen an. Die sequentielle gewerkeweise Fertigung folgt noch immer den traditionellen Abläufen: Vormontage – Oberflächen herstellen – Objekte montieren und anschließen.

Mit dem Schnellverbinder können all diese Arbeitsschritte im Werk verrichtet werden, wodurch eine Standardisierung und Optimierung der Fertigung möglich wird, ohne dass hier eine hohe Qualifikation notwendig ist. Ein wesentlicher Vorteil hierbei ist, dass neben den sinkenden Lohnkosten auch die direkten Materialkosten sinken, da auf einfache Holzständer und Plattenlösungen zurückgegriffen werden kann. Durch das Einsetzen einfacher Einzelmodule können relativ preisgünstige Komponenten verbaut werden. Zusätzliche Materialkosten für die Schnellverbindertechnologie können so aufgefangen werden. Ferner entfallen durch die Werksfertigung die sogenannten unproduktiven Zeiten auf der Baustelle und auf dem Weg zur Baustelle.

Für diese Analyse wurden die Systeme folgender Firmen untersucht: Geberit AG, GF+ Schwab Sanitärtechnik, VIEGA, Mepa, Friatec, Velta, Rehau, Rövekamp Sanitärfertigteile, Grumbach Sanitärmodule, Hutter Sanitär, SÜBA, Kemmler, Cadolto. Mit einigen wurden bereits weiterführende Gespräche und Kontakte zur möglichen Entwicklungskooperation aufgenommen.

3.8.2.4 Integration unterschiedlicher Heizsysteme und Anforderungen der Lüftungstechnik

Um die Integrationsfähigkeit von Heizsystemen im Allgemeinen zu untersuchen, werden die Systeme nachfolgend auf ihre Besonderheiten bzw. auf ihre Verbreitung und Marktrelevanz hin untersucht. Ferner werden Anforderungen an die Schachtführung bzw. Brandschutzanforderungen analysiert.

Noch in den achtziger Jahren wurden mit dem Begriff "Heiztechnik" Ölkessel und Gaskessel, sowie Feststoffkessel und Fernwärmeanbindung assoziiert. Innerhalb von gut

einem Jahrzehnt hat sich einiges verändert. Auf der einen Seite hat sich die "klassische Heiztechnik" deutlich weiterentwickelt. Zwei wichtige Beispiele sind die Einführung der Brennwerttechnik in die ausgereifte Serienfertigung, sowie die Weiterentwicklung der Kraft-Wärme-Kopplung hin zu ausgereiften kleinen Blockheizkraftwerken (BHKW's), die inzwischen auch im gewerblichen- und Mehrfamilienhausbereich sinnvoll eingesetzt werden können, um Wärme und Strom kostengünstig vor Ort zu produzieren.

Einige innovative Hersteller bieten inzwischen gerade für den Einfamilienhausbereich konzipierte wandhängende Ölunits an, die trotz ihrer kompakten Abmessungen die Warmwasserbereitung, wahlweise über einen integrierten Plattenwärmetauscher oder Anschluss an einen Speicher, sowie die komplette Versorgung des Gebäudes mit Heizenergie übernehmen.

Alle modernen Systeme werden heutzutage außentemperaturgeführt, was bedeutet, dass die Vorlauftemperatur des Heizkreises so gering wie möglich gehalten wird, um Wärmeverluste zu minimieren. Bei sinkenden Außentemperaturen wird dann die Vorlauftemperatur entsprechend der installierten Heizkörperfläche erhöht, so dass die benötigte Heizleistung erbracht werden kann.

Brennwertgeräte arbeiten im Vergleich zu normalen Heizkesseln effizienter und emissionsärmer. Der wichtigste Unterschied gegenüber einem "normalen" Heizkessel besteht darin, dass das im Gas enthaltene Wasser in einer Kondensationskammer von der gasförmigen Phase zurück in die flüssige Phase überführt wird durch Reduzierung der Abgastemperatur. Bei dieser Phasenänderung wird die Kondensationswärme frei. Statt durch den Schornstein zu entweichen kann diese zusätzliche Energiemenge nun dem Heizungssystem zugeführt werden. Durch diesen Kondensationsprozess fällt zusätzlich Kondenswasser an, das bis zu einer Heizleistung von 25 kW in der Regel direkt über das öffentliche Kanalisationsnetz abgeführt wird.

Die niederen Abgastemperaturen kommen der Andockfähigkeit von Heizgeräten entgegen, da die Temperaturen 90 Grad nicht überschreiten können, wenn die speziellen Verbinder aus PP oder EPDF Materialien hergestellt werden. Bei den Abgassystemen ist zu beachten, dass in den modernen Rohr in Rohr Systemen gleichzeitig Abgas und Zuluft strömen, was für die Verbindungsstelle ebenfalls gelten muss.

Anforderungen an den zentralen Installationsschacht im Hinblick auf die Kombination von Heizzentrale, Installationsführung und Lüftungsleitungen

In Abhängigkeit der gewählten Heiztechnik werden sich die Anforderungen an den zentralen Installationsschacht als Kombischacht ändern. Grundsätzlich ist bei der Auswahl der brandschutztechnischen Maßnahmen die Unterscheidung in Lüftungs- und Installationsschacht maßgebend.

Aufgrund der Forderung, dass in Lüftungsschächten zusammen mit Lüftungsleitungen nur nichtbrennbare Wasserleitungen mit Temperaturen bis max. 110° C installiert werden dürfen, ist bei der im Wohnungsbau üblichen Mischinstallation eine Trennung von Lüftungsschacht und Installationsschacht erforderlich. Diese Trennung lässt sich durch den Einbau einer klassifizierten Trennwand im Schacht oder den Einbau eines systemgeprüften Lüftungsrohres erreichen. Nachdem der Lüftungsschacht vom

Installationsschacht getrennt ist, müssen die verbleibenden Ver- und Entsorgungsleitungen im Installationsschacht entsprechend den Forderungen der DIN 4102 Teil 11 geschützt werden.

Die neuen Installationstechniken für den Geschossbau, wie Register- und Vorwandssysteme, weisen den Weg zum Kombischacht, d.h. Integration der Ab-, Frischwasser- und Lüftungsleitungen. Die Ausführung von Kombischächten ohne Querschnittsbegrenzungen ist realisierbar; zudem wurde eine Minimierung des Platzbedarfes erreicht.

Normen und Richtlinien der Lüftungstechnik

Folgende Normen und Regelwerke für die Lüftungstechnik sowie Richtlinien für den Brandschutz sind verbindlich zu beachten:

- DIN 1946, T. 6. Raumluftechnische Anlagen, Lüftung von Wohnungen
- DIN 18017, T. 3. Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster mit Ventilatoren
- DIN 4109. Schallschutz im Hochbau
- VDI-Richtlinie 2081. Geräuscherzeugung und Lärminderung in raumluftechnischen Anlagen
- Bauaufsichtliche Richtlinien „Lüftung“ der ARGEBAU, „Arbeitsgemeinschaft der für das Bau- und Siedlungswesen zuständigen Minister der Länder“ über fensterlose Küchen, Bäder und Toilettenräume

Brandschutz – Normen und Richtlinien der Lüftungstechnik

In Lüftungsanlagen müssen zur Erfüllung des Brandschutzes die Definitionen der Normen und Richtlinien beachtet werden. Dies sind:

- a) Landesbauordnungen (LBO/BO) der Bundesländer
- b) Durchführungsverordnung (DVO) zu einzelnen §§ / Art. der LBO/BO
- c) Rechtsverordnungen (RVO) und Richtlinien für Bauten besonderer Art und Nutzung
- d) Eingeführte Technische Baubestimmungen (ETB), anerkannte Regeln der Technik (DIN-Normen)

Schutz der Rohrleitungen gegen Brandübertragung

Installationsschächte aus geprüften Baustoffen mit Feuerwiderstandsdauer bzw. Schachtkonstruktion mit Prüfung.

Verlegung der Leitungen unter Putz.

Ummantelung freiliegender Rohrleitungen mit geprüften Dämm- oder Baustoffen.

Geprüfte Rohrabschottungen, eingebaut an der Durchdringungsstelle, z.B. Decke, an die Brandschutz-Anforderungen gestellt sind.

Installationsschächte im Sinne des Brandschutzes sind vom übrigen Baukörper getrennt oder auf den Geschossdecken aufgesetzte Bauteile, die im Bereich der Geschossdecken abgeschottet sind. Unterschieden werden:

Installationsschächte nur für nicht brennbare Installation,
Installationsschächte für beliebige Installation und
Elektroinstallationsschächte

Brandschutz bei Lüftungsanlagen nach DIN 18017

Die zuvor erwähnten Brandschutzbestimmungen müssen erfüllt werden.

Die Abluft von Bad, WC und Küche kann nach DIN 18017, T.3. in eine gemeinsame Hauptleitung geführt werden. Bei Küchen darf nur die Grund- und nicht die Stoßlüftung in die Hauptleitung angebunden werden. Kombination von Bad / WC und Küchengrundlüftung an eine gemeinsame Hauptleitung darf nur mit Absperrvorrichtungen nach DIN 18017 mit Kücheneignung erfolgen. Abluftleitungen von Dunstabzugshauben aus Wohnküchen dürfen nur miteinander verbunden werden, wenn mit Zentrallüfter und Dunstabzugshauben ohne eigenen Motor entlüftet wird.

Herkömmliche Ausführung – Klassifizierte Schächte

Lüftungsschacht

Schachtwand DIN 4102-4 / F 30-90,

nicht brennbare Leitung,

Absperrvorrichtung K 30-/K 90-18017, Z-41.3... bzw. Lüftergehäuse mit Brandschutz, Schachtquerschnitt max. 1000 cm², max. 2 Geräte pro Geschoss

Kombischacht

Schachtwand DIN 4102-4 oder DIN 4102-6, F 30-90, L 30-90,

nicht brennbare Leitungen

Absperrvorrichtung K 30-/K 90-18017, Z-41.3... bzw. Lüftergehäuse mit Brandschutz, Schachtquerschnitt: beliebig, Lüftungsleitung max. 1000 cm² Querschnitt, Deckenverguss

Kombischacht

Schachtwand DIN 4102-4, **brennbare und nicht brennbare Leitungen**, Lüftungsleitung nach DIN 18017. Schachtquerschnitt: beliebig, Trennsteg F 30-90 zwischen

Lüftungsleitung und brennbaren Leitungen,

Absperrvorrichtung K 30-/K 90-18017, Z-41.3... bzw. Lüftergehäuse mit Brandschutz, Lüftungsleitung max. 1000 cm² Querschnitt, ohne Deckenverguss

Entwicklung einer multifunktionalen Anschlussplatte zum Verbinden von großen Querschnitten für Abgase, Abluft sowie für Kondens- und Abwasser

Um das Andocken von Anbaumodulen oder von Brenneinheiten an das Basismodul, also den Installationskern, auch für große Querschnitte zu ermöglichen, wurde von der Munitec GmbH eine multifunktionale Verbindungsvorrichtung entwickelt, durch unterschiedliche Rohrdurchmesser direkt verbunden werden können.

Zielsetzung bei der Entwicklung des Prototypen für Rohrverbindungen war es, verschiedene Medien und Durchmesser mit einem standardisierten Bauteil zu verbinden.

Da diese Verbinder gleichzeitig und mit gleicher Neigung zueinander wie die Schnellverbinder für Strom, Gas und Wasser einfahren müssen, war es erforderlich, die Bauteillänge des Verbinders von 200 mm und die Dicke von 30 mm beizubehalten. Der größte mögliche Durchmesser bei dieser Prototypenentwicklung liegt daher bei 100 mm. Dieser Durchmesser reicht für übliche Abwasserverbindungen aus. Werden kleinere Durchmesser benötigt, wie etwa 70 mm oder 50 mm für Duschen und Waschbeckenabläufe, so können die inneren Ringe mit einem Ausstemmwerkzeug herausgebrochen werden. Für das Abwasser, das durch Kondensat bei Brennwertkesseln entsteht, können ebenfalls kleinere Durchmesser gewählt werden. Auch für größere Zulauföffnungen aus dem Pelletspeicher können diese Verbinder geeignet sein. Zuströmleitungen für Frischluft können dabei mit ausbrechbaren Öffnungen zwischen den Ringquerschnitten realisiert werden. So könnten damit auch moderne Rohr-in-Rohr-Systeme erprobt werden.

Die Dichtringebene bleibt dabei an der selben Stelle auf dem Durchmesser von 110 mm. Beim Ineinanderfahren der Verbinderhälften entsteht ein gleichmäßiger Druck auf den Dichtring. Gewisse Toleranzen bis 5 mm in der Längenschiebung können dabei aufgenommen werden. Der Anpressdruck bleibt durch das kontinuierlich anstehende Eigengewicht der Aufhängung konstant.

Wichtige Zielsetzung bei der Entwicklung war es, ein standardisiertes Bauteil für unterschiedliche Medien zu entwickeln, um die stückzahlabhängigen Entwicklungskosten für Sonderverbinder gering zu halten. Neben unterschiedlichen Abwasserarten und damit verbundenen Durchmessern, ist das System auch geeignet, um Rohrverbindungen von Abgasen bei Niedertemperatur-Brennwertkesseln zu verbinden. Dabei unterscheidet sich hauptsächlich der verwendete Kunststoff für die Dichtung. Der Verbinder könnte ebenfalls wie die Abgasrohre aus PP sein, das bis zu 110 ° C hitzebeständig bleibt.

An den Rohrenden der jeweiligen Verbinderhälfte kann mit herkömmlichen Bögen oder Steckmuffen der Nenndurchmesser DN 50, 70 und 90 mm angeschlossen werden. Der entwickelte Prototyp hat die Längenmaße von 200 mm und ein Breitenmaß von 170 mm. Dieser Rohrverbinder kann auch zum Verbinden von Leerrohren in der Elektroinstallation verwendet werden, um fertige Wände nachrüstbar vorzubereiten. Ferner können unterschiedlichste Abluftsysteme wie Dunstabzugshauben oder Vorsatzmodule mit Ablufttechnik im WC-Bereich damit angedockt werden.

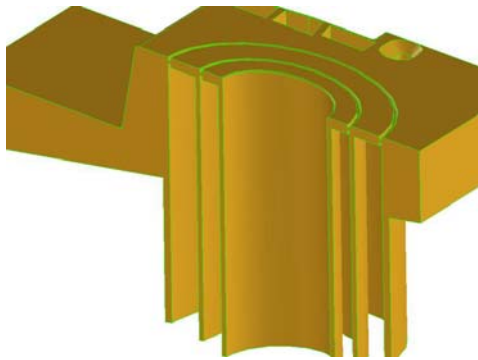


Bild 406 Schnitt durch Steckerteil Sanifix mit Durchmesser 50 - 100 mm

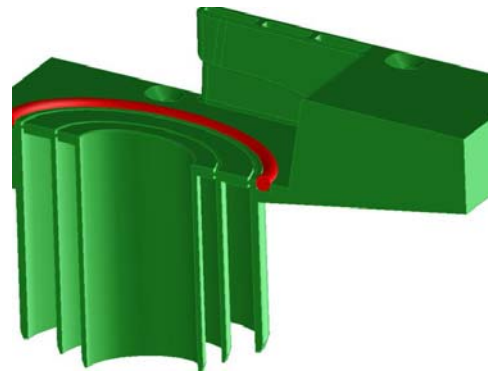


Bild 407 Schnitt durch Buchsenteil mit Dichtring Durchmesser 50 - 100 mm

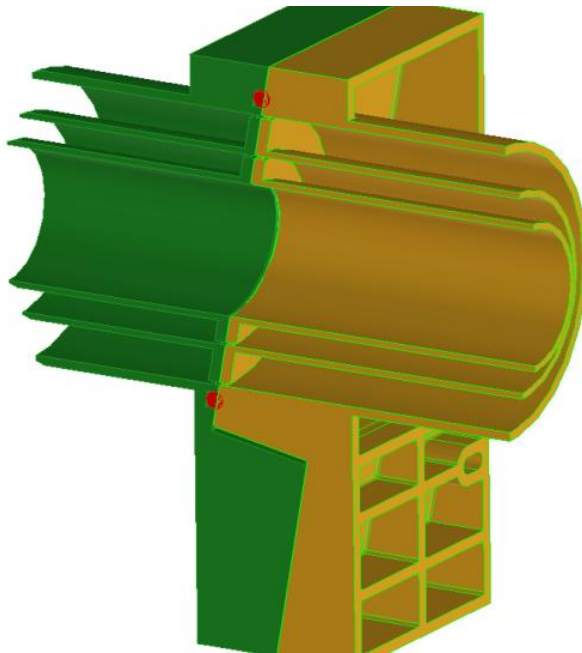


Bild 408 Schnitt durch Stecker und Buchsenteil im eingefahrenen Zustand mit Dichtring 200 x 170 x 60 mm

Anschluss Fußbodenheizung / Flächenheizungen

Eine Warmwasser-Fußbodenheizung ist ein Heizsystem, bei dem Rohre aus Kunststoff oder Kupfer im Boden "versteckt" liegen, die von Warmwasser als Heizmedium durchströmt werden. Da die gesamte Bodenfläche eines Raumes als Heizfläche dient, spricht man auch von Flächenheizung. Neben der Fußbodenheizung gelten auch Wand-

oder Deckenheizung als Flächenheizung. Die Wärmeabgabe erfolgt hauptsächlich durch Wärmestrahlung; daher gehört die Fußbodenheizung zur Gruppe der Strahlungsheizungen.

Beim Aufbau einer Fußbodenheizung unterscheidet man zwischen zwei Systemen: Beim Nasssystem werden die Heizrohre auf einer Wärme- und Trittschallschicht oder auf speziellen Verlegeplatten befestigt und darauf wird der Estrich nass eingebracht. Dieser umschließt die Rohre vollständig. Nach Trocknen des Estrichs wird der Fußbodenbelag verlegt.

Beim Trockensystem liegen die Rohre auf Hartschaumplatten, die mit Rillen und Kanälen versehen sind. Sie werden mit einer Folie abgedeckt und darüber kommt ein Estrich oder Trockenplatten, z.B. Gipskarton- oder Holzfaserplatten. Die Folie trennt den Estrich und die Rohre völlig voneinander, wodurch eine ungehinderte Ausdehnung der Heizrohre gewährleistet wird. Um die Wärmeverteilung zu verbessern, können die Rohre in spezielle Wärmeleitbleche, z.B. aus Aluminium, gelegt werden.



Bild 409



Bild 410

Allgemeine Vorteile von Fußboden -und Flächenheizungen und Vorteile im Zusammenhang mit der Integrationsfähigkeit der Leitungssysteme

Die optimale Verteilung der milden Strahlungswärme von unten sorgt auch mit niedrigeren Heiztemperaturen für die gleiche behagliche Wohnatmosphäre wie herkömmliche Heizungssysteme.

Die Niedrigtemperatur-Systeme nutzen den gesamten Boden als Heizfläche, halten die Verluste bei der Wärmeverteilung extrem niedrig und sparen so bis zu 12 Prozent Energie. Aufgrund der niedrigen Vorlauftemperaturen kommen auch alternative Energiequellen wie die Sonne und die Nutzung von Umweltwärme in Frage. Durch die Fußbodenheizung gewinnt man wertvollen Raum ohne störende Heizelemente. Sie ist vielseitig: Marmor, Fliesen, Naturstein, Teppichboden, Laminat oder Parkett harmonisieren bestens mit der Fußbodenwärme. Sie eignet sich für Neubau oder Renovierung; speziell für die Altbaumodernisierung wurden flache Systeme entwickelt. Es entsteht kein zusätzlicher Reinigungs- und Renovierungsaufwand für Heizflächen. In Kombination mit einer Fußbodenheizung ermöglichen solche Systeme ein konstantes Temperaturprofil

zwischen Fußboden und Decke. Der große Vorteil: Durch die Vergrößerung der Heizfläche kann die Vorlauftemperatur reduziert werden. Das wiederum lässt den Einsatz von alternativen Energietechniken wie Solarzellen, Wärmepumpen oder Erdkollektoren zu. Wandheizungen zeichnen sich durch schnelle Regelbarkeit der Temperatur und kurze Aufheizphasen aus. Der Putz an der Wand stellt im Vergleich zum Estrich am Fußboden eine weitaus geringere Masse dar und ist somit leichter zu erwärmen.

Wandheizungen sind im Fachhandel als Klimaelementsystem oder in Nassbauweise erhältlich. Beim Klimaelementsystem, den Wandheizungen in Trockenbauweise, werden vorkonfektionierte Platten montiert. Das geht einfach, schnell und ohne viel Schmutz. Zeitaufwändiges Verspachteln der Rohre entfällt. Die zum Einsatz kommende Gipsfaserplatte ist auch für den Einsatz in Nassräumen, wie z.B. im Badezimmer, geeignet. Auf die Platten kann bedenkenlos gefliest, tapeziert oder einfach nur gestrichen werden.

Bei der Verlegung der Wandheizungen in Nassbauweise werden die Heizungsrohre in einer Schiene eingelegt. Spezialwerkzeuge sind jedoch nicht erforderlich. Das System ist für alle Gebäudetypen bzw. Gebäudenutzungen als Voll-, Grund- oder Spitzenlastheizung einsetzbar. Beim Putz ist auf seine Eignung für Wandheizungen zu achten.

3.8.3 Heizkörpermontage mit der Schnellverbindertechnologie

Der Vorteil bei einer Anwendung der Schnellverbindertechnik bei Heizkörpern liegt darin, dass im Fertigbau die Heizkörper direkt nach der Montage an die Wand andockt werden können.

Seither werden Heizkörper erst anmontiert und dann wieder abmontiert, um die Gipser und Malerarbeiten fertig stellen zu können. Während den Malerarbeiten stehen die Heizkörper auf den Baustellen und auch im Fertigbau den Handwerkern im Weg. Beschädigung oder Verschmutzung ist nicht ausgeschlossen.

Für den Bauherren selbst ist die Andocktechnik aus Wartungs- und Reinigungsgründen sehr von Vorteil. Soll hinter dem Heizkörper frisch gestrichen oder Staub entfernt werden, kann der Heizkörper einfach abgenommen und die Wandfläche dahinter gestrichen werden, ohne dass dabei das System entlüftet werden muss. Danach wird der Heizkörper einfach wieder an die Wand gehängt und ist damit wieder angeschlossen.

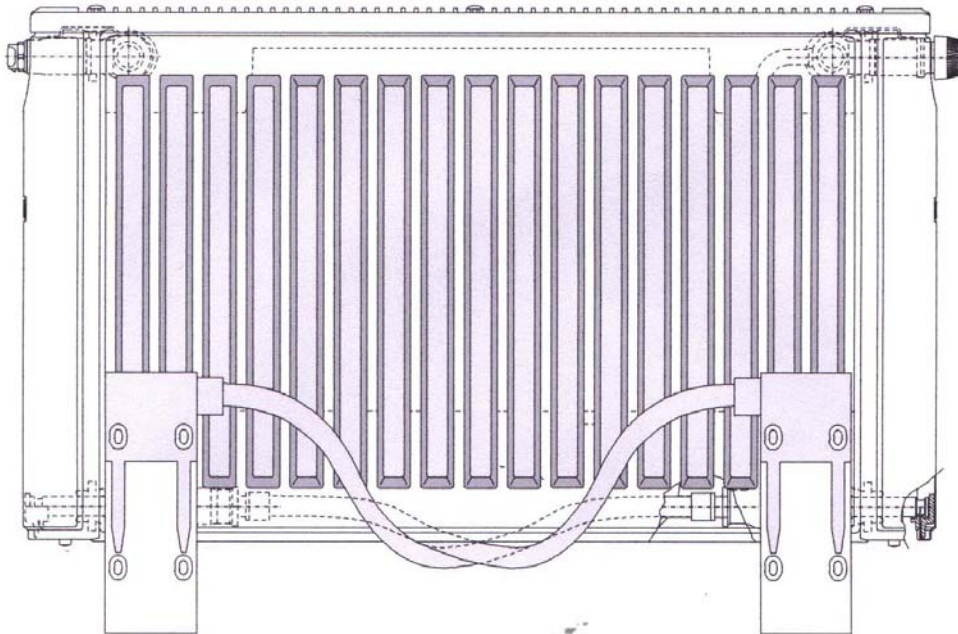


Bild 411

Gemeinsam mit der Firma Kermi wurden hierzu Systeme und Prototypen entwickelt werden, die den Anforderungen an das Befestigen von Heizkörpern entsprechen. In mehreren Arbeitsphasen wurde Folgendes untersucht:

Konzeptions- und Entwicklungsphase:

- Entwicklung der systembedingten Konstruktionsdetails des andockbaren Heizkörpers, unter Berücksichtigung der seriellen Gegebenheiten bei der Kermi Heizkörperfertigung.
- Entwicklung eines Formteiles zur Aufnahme der Plattenheizkörperhalterungen am Schnellverbinder; Aufhängung und Anschluss des Heizkörpers sollen in einem Arbeitsgang erfolgen.
- Anpassung der Wasserstecker an die Geometrie der flacheren Verbinderhälften
- Anpassung der Wasserstecker zum einfachen Einclippen der Kermi-Kunststoff-Anschlussrohre
- Konzeption zur Integration in bestehende Fertigungsabläufe bzw. Anpassung der Änderungen an vorhandene Fertigungsabläufe

Prototypenentwicklung:

Herstellung geeigneter Formteile aus Blech oder Kunststoff zur maßlich vordefinierten Aufnahme der modifizierten Schnellverbinder am Heizkörper.

Analyse der Systemanforderungen / Lastenheft:

- Verbinden und Aufhängen von Heizkörpern ohne Werkzeug
- schnelle, einmalige Montage unter fünf Minuten
- Verbindungselement mit Rückschlagventil zum Absperren
- Befestigung der Verbindermodule ohne Beeinflussung der Systeme
- Plattenheizkörper müssen stapelbar (flach) bleiben, so dass die Verbinder angeklemt oder angesteckt werden müssen
- Verbindungselement sollte preisneutral zur bisherigen Technik sein
- schnelle Demontage der Heizkörper werkzeugfrei, ohne das Heizsystem entlüften zu müssen
- Verbindungstiefe hinter dem Heizkörper sollte nicht mehr als ca. 5 cm betragen (Optik)
- obere Fixierung am Heizkörper möglichst mit einfachem Mechanismus; Aufhängung in Laschen oder Bügeln, die nach dem Anstecken auf dem Mittelverbinder arretieren

Lösungsansätze:

Zur Entwicklung der geeigneten Montagetechnik wurden grundsätzlich 4 Systemansätze diskutiert und konzipiert. Dabei werden die Heizkörper immer mit demselben System befestigt, das die Klemmung einer Halterschale gegen den Verbinderrücken vorsieht. Auf diese Art können unterschiedliche Heizkörpergeometrien mit lediglich unterschiedlichen Klemmpprofilen befestigt werden. Das System des Klemmens verhindert jegliche Abänderung beim vollautomatisierten Herstellverfahren in der Heizkörperfertigung, was zu einem wichtigen Kriterium für die Akzeptanz solcher Systemänderungen wurde.

Stellt man sich vor, dass alle 6 Sekunden ein fertiger Heizkörper vom Band läuft, so wird deutlich, dass jede Veränderung, die diesen vollautomatischen Prozess stört, zu erheblichen Kosten in der Anlagentechnik führt.

Das Klemmen mit zusätzlichen Formteilen aus Kunststoff führt zu einer weitgehend herstellerunabhängigen Befestigungsart, die modellbezogen variieren kann. Der Verbinder dagegen ist immer gleich geartet, was eine größere Stückzahl in der Herstellung ermöglicht, und damit die Stückkosten reduziert.

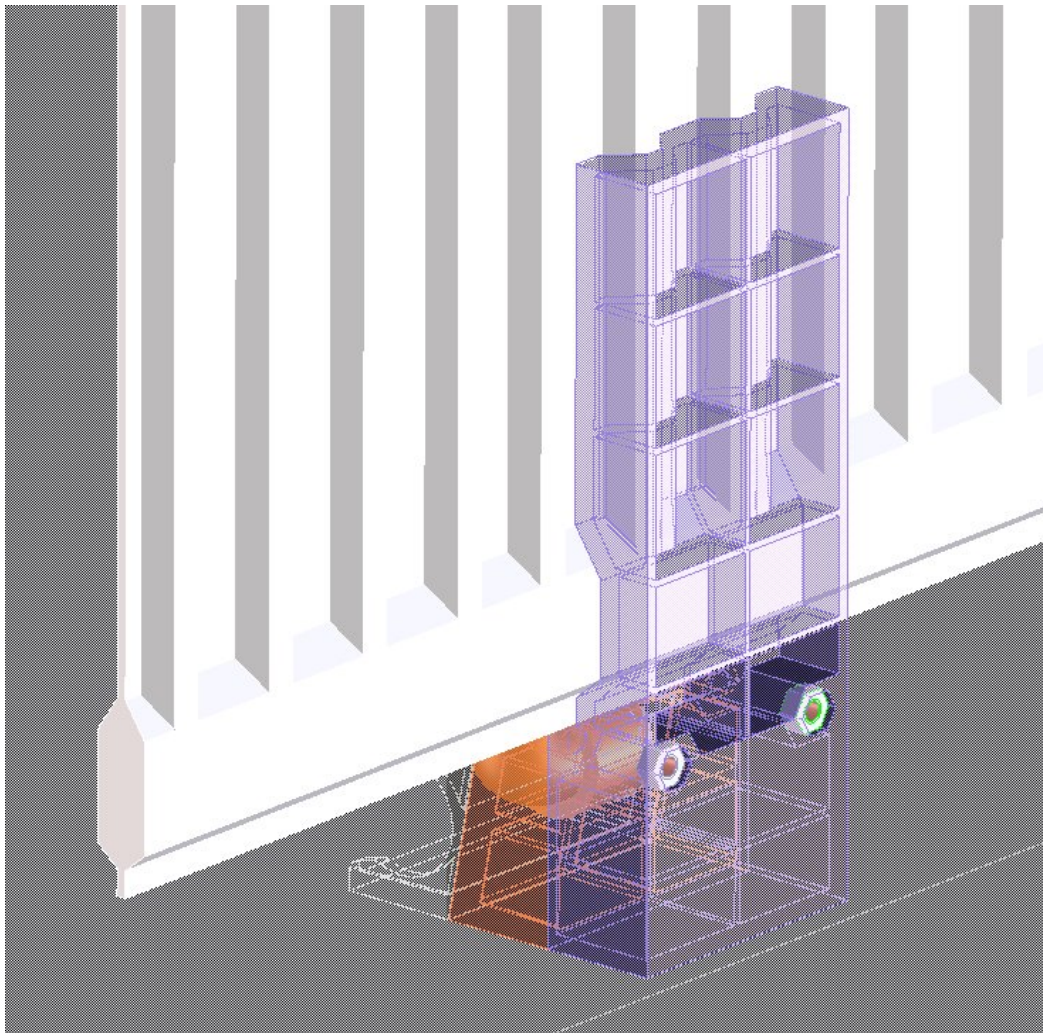


Bild 412 Rückansicht auf die Aufnahmekonsole zur Befestigung am Plattenheizkörper (x-Therm von Kermi)

Zielsetzung der unterschiedlichen Systeme war es, mit dem Andocken und somit dem Anschließen des Heizkörpers auch die Lastabtragung zu erfüllen, was zu unterschiedlichen Varianten in der Aufhängung führte. Befestigungen, die schon ab Werk an die Heizkörper angebracht würden, führen zu Einschränkungen in der Stapelbarkeit der Heizkörper. Das hat wiederum Auswirkungen auf die Verpackungseinheiten, den Transport und schließlich auf die gesamte Logistik.

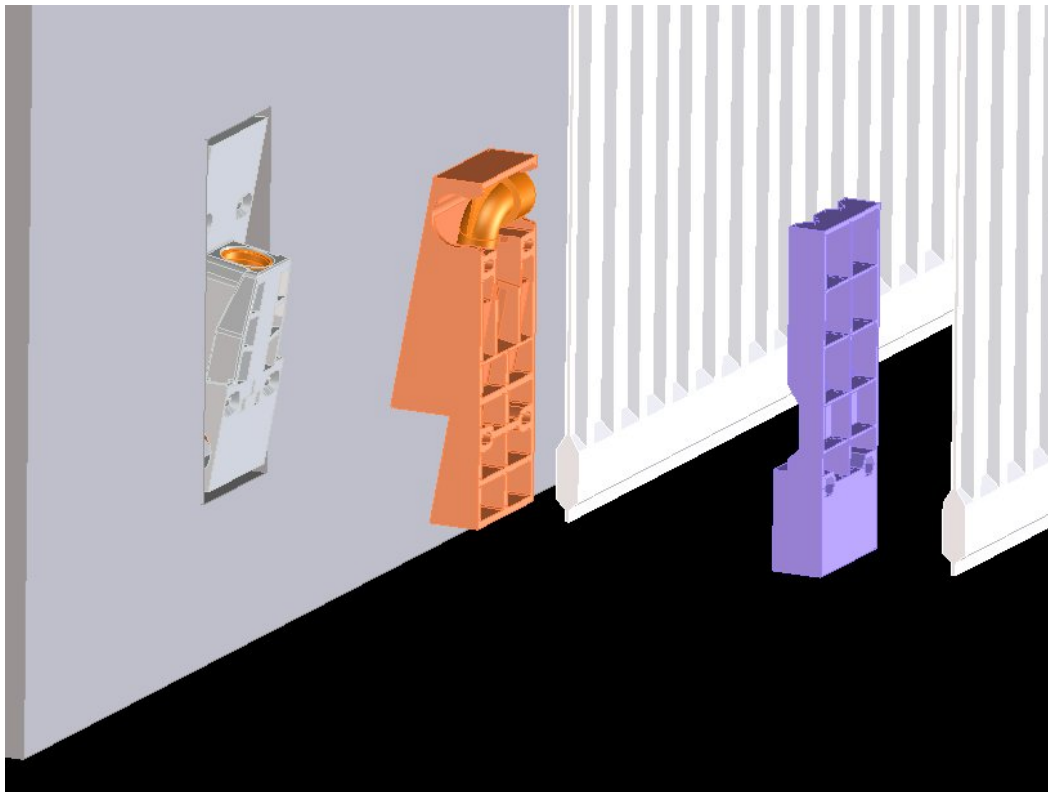


Bild 413 Systemskizze zur Darstellung der Montageelemente: Wandverbinderhälfte, Gegenstück und Profilklemmstück

Systemwahl:

Von den 4 entwickelten Befestigungssystemen wurde System 3 für die weitere Ausarbeitung ausgewählt. System 3 hat unter Berücksichtigung der ursprünglich definierten Anforderungen aus dem Lastenheft nahezu alle Punkte erfüllt.

1. Das schnelle Verbinden und Aufhängen von Heizkörpern ohne Werkzeug wird durch die einfache Stecktechnik erfüllt. Der Heizkörper wird dazu wie ein konventioneller Heizkörper (seriengleich) zum Fertighaushersteller geliefert, wodurch die übliche Logistikkette eingehalten werden kann. Erst im Fertighauswerk werden die Formteile mit der heizkörperseitigen Verbinderhälfte verschraubt, der Heizkörper dadurch geklemmt. Die Anschlussleitungen werden bereits hier vom Heizkörperausgang an die Verbinderhälfte gelegt.
2. Die schnelle, einmalige Montage unter fünf Minuten kann durch das einfache Anstecken leicht erreicht werden. Denn die wandseitigen Anschlüsse werden bereits bis zur Verbinderhälfte im fertigen Wandbauteil verlegt. Die Montage auf der Baustelle besteht so nur aus dem einfachen Andocken.

3. In die Verbinderhälften ist bereits das Verbindungselement mit Rückschlagventil zum Absperrern eingebaut. Wird der Heizkörper von der Wand entfernt, so sperrt das Rückschlagventil den Durchfluss. Danach kann der Heizkörper erneut angesteckt werden, ohne dass dazu eine Entlüftung der Leitungen oder das Entleeren des Heizkörpers nötig ist.
4. Die Befestigung der Verbindermodule ohne Beeinflussung der Systeme wird durch die Anklemmtechnik erreicht. Je nach Heizkörpergeometrie kann das Anklemmteil variieren. Die Verbinderpaare sind immer gleich. Die Plattenheizkörper bleiben serienüblich stapelbar, weil die Verbinder erst später angeklemt oder angesteckt werden. Das Anfahren der Schnellverbinder im unteren Heizungsbereich hat zudem den Vorteil, dass die Anschlussrohrleitungen beim Befüllen nicht erst „luftleer“ gedrückt werden müssen, im Vergleich zu System 1, bei dem das erforderlich ist.
5. Die Verbindungselemente sollten preisneutral zur bisherigen Technik sein. Durch die Verwendung der selben Schnellverbinder, wie sie auch zur Wand-, Decken-, Dachmontage eingesetzt werden, können die Teile in großer Serie hergestellt werden, was zu einem deutlichen Preisvorteil gegenüber einer Eigenanfertigung von besonderen Schnellverbindern ausschließlich für die Heizkörpermontage führt. Die in die Steckerteile integrierten Rückschlagkupplungen ersetzen die sonst üblichen Absperrventile und dürften daher preisneutral sein.
6. Seinen besonderen Vorzug hat dieses System in der schnellstmöglichen Montage und Demontage der Heizkörper bei werkzeugfreier Befestigung. Ohne das Heizsystem oder den Heizkörper entlüften zu müssen kann ein ungelernter Monteur somit auf der Baustelle die Endmontage der Heizkörper vornehmen.
7. Der Bauherr und oder Nutzer des Gebäudes behält diesen Vorteil über die gesamte Nutzungsdauer. Bei Renovierungs-, Tapezier- oder Streicharbeiten, selbst beim Frühjahrsputz kann der Heizkörper sehr einfach entfernt und wieder angesteckt werden.
8. Von weiteren alternativen Lösungsansätzen, die alle mit den Vertretern der Firma Kermi besprochen wurden, konnte keine der alternativen Lösungen den Beweis erbringen, tatsächlich eine marktrelevante Zeiteinsparung und damit Kostenersparnis zu bewirken. Eine für uns wesentliche Erkenntnis für die Wirtschaftlichkeit solcher Systeme ist die Stückzahlabhängigkeit. Da der nationale Markt der Fertighausanbieter gemessen an dem Gesamtabsatz der Heizungshersteller eine eher untergeordnete Stellung einnimmt, kann ein erfolgreiches System nur dann entstehen, wenn es die Produktnische mit geringem Aufwand erschließen kann.

Die angestrebte Lösung erscheint uns daher erfolgversprechend, da die Heizkörper nicht von der Serie abweichen müssen. Die eingesetzten Schnellverbinder entsprechen dem Standard Schnellverbinder, wie er 2004 am Markt erwartet wird, so dass mit den Kosten eines Massenproduktes zu rechnen ist und nicht mit denen von Sonderanfertigungen.

Die einzige herstellerspezifische Komponente bleibt bei diesem System die Klemmplatte aus Kunststoff, deren Ausformung und Komplexität stark vom Heizkörpertyp abhängt. In Kombination mit der Schlauchanschlusslösung beim Kermi x-Therm sehen wir in diesem Modell sozusagen den Idealfall für einen Anwendungsversuch.

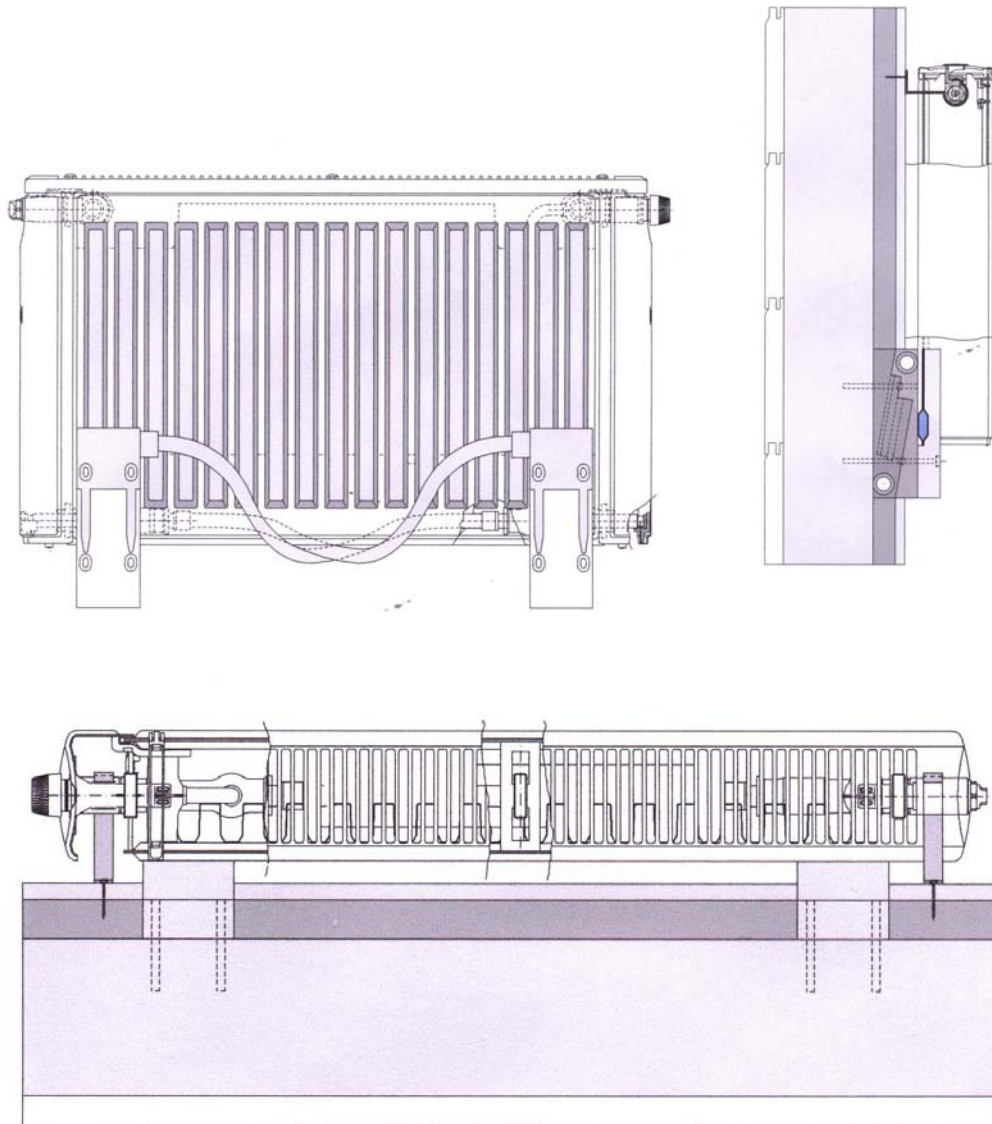


Bild 414 Systemskizzen des andockbaren Heizkörpers im Fertigbau mit dem Kermi x-Therm

3.9 Zielvision 3: Neue mobile Montagesysteme für den Innenausbau

Bei der Raumgestaltung ist heute eine große Freizügigkeit erwünscht. Besonders bei Büro- und Geschäftshäusern, aber zunehmend auch im Wohnungsbau, möchte man die Möglichkeit haben, die Raumgrößen und deren Einteilung den im Laufe der Jahre sich ändernden Anforderungen schnell anpassen zu können, ohne dass große Umbauten erforderlich werden. Das bedeutet, dass Innenwände versetzbar sein sollten. Da in der modernen Architektur den Innenwänden ohnehin kaum mehr eine tragende Funktion zukommt, ist dieser Gedanke realisierbar, obwohl an die Funktion einer Wand besonders hohe Anforderungen gestellt werden müssen. Gewöhnliche „Trennwände“ genügen keinesfalls, sofern dieselben Bedingungen erfüllt werden sollen wie von einer normalen Wand, besonders in mechanischer und akustischer Beziehung, aber auch zunehmend in ästhetischer Hinsicht.

3.9.1 Analyse bisheriger Wandsysteme

Um den weitläufigen Markt der verschiedenen Trennwandsysteme besser erfassen und einordnen zu können, wurde der eigentlichen Entwicklung eine Marktanalyse vorgeschaltet. Ziel war dabei, eine möglichst große Bandbreite von Herstellern zu erfassen, und die erhältlichen Systeme in Kategorien einzuordnen. Dabei lagen die Schwerpunkte der Analyse neben der Untersuchung der Geometrie der Systeme bei deren Konstruktion: Materialien der Unterkonstruktion, der Oberflächen, Anschlüsse an die umgebende Konstruktion, Schalldämmung, Feuerwiderstand und Installationsmöglichkeiten sind nur einige der untersuchten Stichpunkte.

Im Büro- und Gewerbebau wie auch im Wohnungsbau wird eine immer höhere Flexibilität der Raumaufteilung verlangt. Wechselt der Nutzer oder ändert sich der Gebäude- oder Raumzweck, so bedeutet dies oft einen gewünschten Umbau der vorhandenen Räumlichkeiten. Durch die Trennung der statisch wirksamen aussteifenden Gebäudehülle und der statisch nicht notwendigen Trennwände und -decken ist eine grundsätzliche Flexibilität in der Raumaufteilung möglich und wird sehr oft praktiziert.

Das bekannteste System nichttragender Trennwände ist ein Ständerwerk aus Holz- oder Metallständerwänden mit Gipsplattenbeplankung und Mineralwollefüllung im Ständerzwischenraum. Flexible Grundrisse mit der Möglichkeit, Räume einfach und im Selbstbau zu variieren, sind aber mit diesen Ständerbauweisen nur aufwendig zu realisieren. Zu umständlich, wenig flexibel, meist nicht wiederverwendbar, dafür jedoch in der Herstellung und Montage recht kostengünstig sind die wichtigsten Charaktere dieser Bauweise.

Daneben sind wiederverwendbare, versetzbare Trennwandsysteme auf dem Markt. Diese sind in der Regel jedoch teurer und konstruktiv aufwendig und daher nicht für den Wohnungsbau entwickelt.

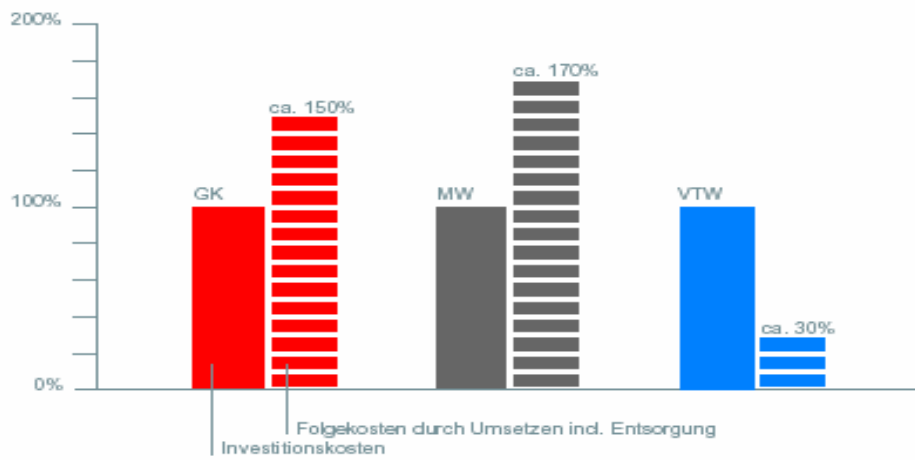
Wirtschaftlichkeit bekannter Wandsysteme

Für alle am Bau Beteiligten ist der Begriff Investitionskosten eindeutig. Zu oft wird ausschließlich in dieser Kostenkategorie gedacht und gehandelt. Begünstigt wird dieses begrenzte Kosten-Verständnis durch die Existenz unterschiedlicher Budgets für Investitions- und Folgekosten, die dazu noch oft von anderen Personengruppen verwaltet werden, eine Rückkopplung findet so gut wie nicht statt. So bleibt offen, was ein verwendetes Produktsystem nach seiner Nutzungsdauer tatsächlich an Kosten verursacht hat, oder wie viel Kosten eingespart werden konnten. Tatsächlich wird erst bei umfassender Betrachtung deutlich, wo die Vorteile der vorgefertigten und versetzbaren Systeme liegen:

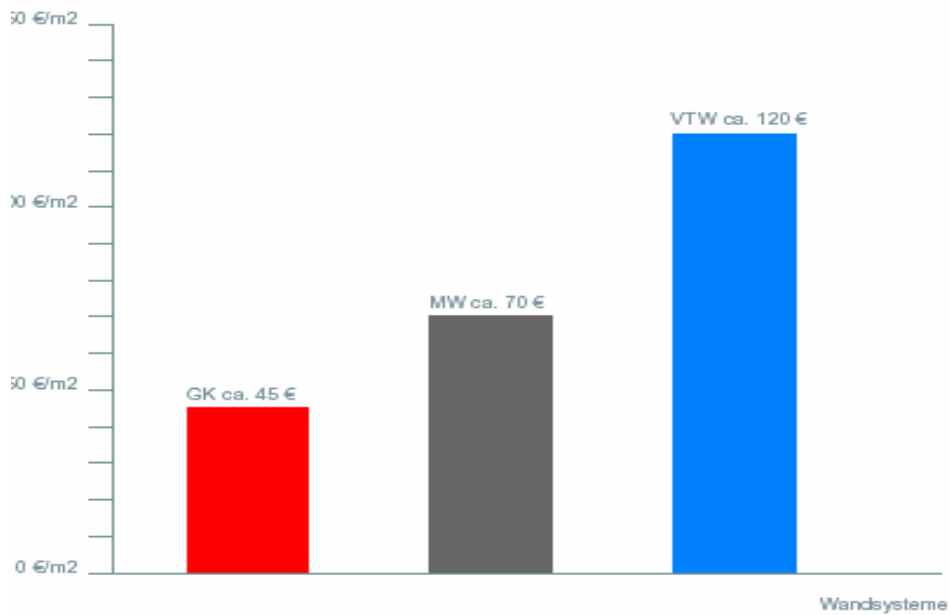
- Die Oberflächenqualitäten eingesetzter Trockenbauwände, zum Beispiel aus Gipskarton, liegen deutlich unter den industriell erzeugten Qualitäten der vorgefertigten Trennwände. Vorgefertigte Rauntrennwände müssen - so haben Untersuchungen ergeben - oft dreißig Jahre lang nicht neu beschichtet werden. Bei konventionell erstellten Wänden sind Renovierungsintervalle von fünf Jahren üblich, die hier entstehenden Kosten bekannt.
- Bei sorgfältiger Planung sind Anschlüsse an angrenzende Bauteile und Abschottungen im Boden- oder Deckenbereich bei beiden Systemen ähnlich aufwendig.
- Werden Trennwände versetzt, dann kommt es zu Kostenunterschieden, die eventuelle Mehrkosten bei der Investition bei weitem ausgleichen können. Verursacht eine vorgefertigte Trennwand beim Versetzen etwa 40 % ihrer Investitionskosten, so liegt der Wert für eine (nur abzureißende) Gipskarton-Ständerwand bei 220 %. Selbstverständlich hängt die Amortisation der Wandkonstruktion auch von der Umsetzungshäufigkeit ab.
- Entsorgungskosten gehören in jede ökologische und ökonomische Gesamt-Betrachtung - hier bieten die umsetzbaren Systeme Vorteile. Materialeinsparung und Bauabfallvermeidung verhindern teure Deponiegebühren. Diese sind in den letzten Jahren stetig angestiegen.

	Kosten	Nutzungsdauer				Barwert 15	Barwert 20
kalkulatorischer Zins 4 %	q _m	5	10	15	20	2 mal	3 mal
Abzinsungsfaktor		0,8219	0,6756	0,5553	0,4564		
GK Gipsbauplatten	45 E	36,99 E				120,07 E	150,88 E
Abbau+Entsorgung+WA	68 E		45,60 E				
Abbau+Entsorgung+WA	68 E			37,48 E			
Abbau+Entsorgung+WA	68 E				30,81 E		
VTW versetzbar Trennw.	120 E	98,63 E				135,56 E	149,25 E
Umsetzen 1	30 E		20,27 E				
Umsetzen 2	30 E			16,66 E			
Umsetzen 3	30 E				13,69 E		

Vergleich Amortisation Wandkonstruktion mit Gipsbauplatten und versetzbaren Trennwänden



Vergleich von Investitions- und Folgekosten durch Umsetzen für Ausführungen aus Gipskartonständerwerk (GK), Mauerwerk (MW) und vorgefertigten Trennwänden (VTW)



Investitionskosten (Lieferung und Montage) für Trennwände aus Gipskartonständerwerk (GK), Mauerwerk (MW) und vorgefertigten Trennwänden (VTW)

Bild 414 Kostenvergleiche für Wandsysteme aus verschiedenen Materialien, Investitions- und Folgekosten

3.9.2 Die Entwicklung des "WaVaria"-Wandsystems

Die Entwicklungsschritte

Auf Grundlage der Schnellverbindertechnologie wurde ein modulares Wandsystem entwickelt, das sich vor allem durch seine hohe Flexibilität auszeichnet. In mehreren Stufen wurden Prototypen entwickelt, die in Objekte eingebaut werden konnten, um die weiteren Entwicklungsschritte zu planen.

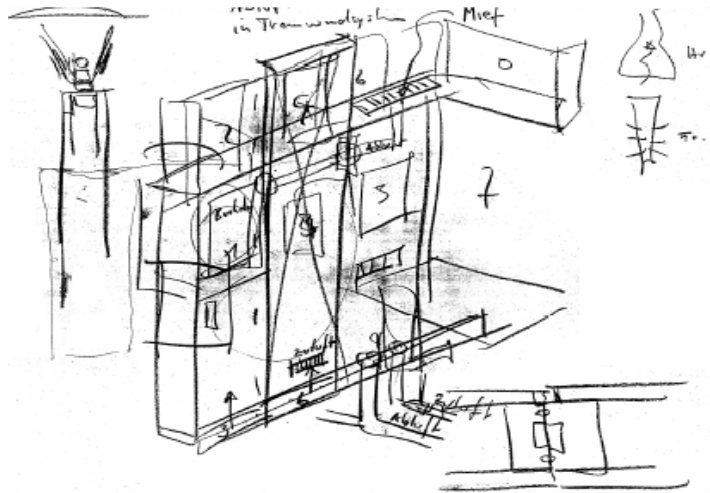


Bild 415 erste Prinzipskizzen zur Entwicklung von vollinstallierten und modularen Ausbauwänden, bereits hier sind die Ziele der Integration von Beleuchtung, Elektroverteilung, Kühlung und Lüftung erkennbar

Prototyp 1

Ziel war es, eine nichttragende Ausbauwand-Einheit zu entwickeln, die eine flexible, schnelle und demontierbare Raumaufteilung zulässt. Dabei sind neben einem Standardbauteil „Ausbauwand“ Elemente für den Anschluss an die bestehende Tragstruktur, für Durchgänge und Türen und für innenliegende Fenster und Verglasungen zu entwickeln. Medien- und Elektroverkabelung sind Bestandteil der Ausbauwand-Einheit. Als vorgefertigtes handhabbares Element mit fertigen Oberflächen am Einsatzort angeliefert ist eine Verbindung zum vorhandenen Tragsystem über Klemm-, Spann- oder Spreizmechanismen zu entwickeln. Die Kopplung der Elemente und auch der Medien- und Elektroleitungs-führung untereinander ist über eine Steck- und Schiebetechnologie avisiert.

Neben der Trennwandfunktion für Büro, Verwaltung oder Wohnen könnte die Wandeneinheit auch Funktionen als Raumteiler, halbhoher Sichtschutz oder Messewand leisten.



Bild 416 Eckstück der ersten Prototypenwand, noch ohne Stecksockel



Bild 417-418 erste Prototypenserie der zweischaligen Wandelemente, hier Decken und Bodenanschluss mit patentierten Justierfüßen und Schnellverbindern

Prototyp 2



Bild 419 Prototyp 2 im eingebauten Zustand im Büro der Firma Baiert & Demmelhuber

Als Grundlage der Weiterentwicklungen diene das abgebildete Ganzglas-Wandelement, der Prototyp 2. Die Konstruktion des zweiten Prototypen ist grundsätzlich gleich wie die des Vorgängers. Durch die Verwendung eines gekanteten Metallprofils konnte eine optimale Auflagerfläche für eine Verklebung des Rahmens mit den aussteifend wirkenden Glasbeplankungen geschaffen werden. Die minimale Auflagerfläche des Glases und das nach innen zurücktretende Rahmenprofil lassen bei der Elementansicht nur die Glasscheibe in Erscheinung treten. Es entsteht der Eindruck einer fast rahmenlosen Verglasung.

Versuche mit unterschiedlichen Oberflächen des Glases, sandgestrahlt, geätzt und beschichtet, ergaben ein recht differenziertes Erscheinungsbild. Aufgrund des besten Preis- / Leistungsverhältnisses haben wir einer manuell aufgetragenen Glasbeschichtung in diesem Fall den Vorzug gegeben (kratzfeste Spritztechnik).

Dennoch waren einige Veränderungen und auch Neuerungen für eine Produktion in Kleinserie gegenüber dem ersten Prototypen notwendig und sinnvoll: Für die vorgefundene Einbausituation galt es, eine architektonisch ansprechende Grundrisskonfiguration zu entwickeln, die dem hochwertigen Element „Glaswand“ in der vorhandenen Raumsituation gerecht wird. Neben der Glaswand wurden für die Zonierung der Büroarbeitsplätze spezielle Raumteilerentwickelt und gebaut.

Die doch recht aufwendigen Kantvorgänge zur Herstellung des Rahmenprofils wurden auf eine mögliche Vereinfachung hin überprüft. Hier konnten wir ohne optische und funktionstechnische Einbußen zwei Kantungen einsparen. Die Rahmentiefe musste zusätzlich den neu gelieferten, leicht veränderten Systemverbindern der Fa. Fischerwerke angepasst werden.

Die Fixierung der Sockelblende über aufgesteckte Clips nur an den zwei Stellfüßen bot der Konstruktion zu wenig Halt. Hier haben wir eine zusätzliche Anschlagmöglichkeit für die Sockelleiste entwickelt. Entsprechende Sonderbauteile / Endstücke und Anschlussbauteile an die bestehende Konstruktion mussten realisiert werden. Die Wandelemente mussten auf den Einbau von LED-Lichtstreifen und deren Steuerung hin modifiziert werden.

Neben dem Standardbauteil „Wand“ waren diverse Anschluss- und Abschlusselemente zu entwickeln, um die Funktionsfähigkeit der Wand zu gewährleisten. Das bereits mehrfach beschriebene Standardelement wurde in den Abmessungen 865 mm x 2610 mm insgesamt 28 mal hergestellt. Ein Element besteht aus einem umlaufenden, mehrfach gekanteten Edelstahlrahmen und aus auf beiden Seiten im Rahmen gelagerten, beschichteten ESG- Glasscheiben, der Stärke 4 mm. Der 1 mm starke Rahmen ist dabei über Eck auf Gehrung geschnitten und verschweißt. Diese Rahmenelemente wurden im Werk vorgefertigt, mit den notwendigen Bohrungen für den Anschluss der Systemverbinder versehen und mit den Glasscheiben über eine feine Silikonverfugung / -verklebung zum Sandwich ergänzt. Das Anbringen der Systemverbinder und der Hülsen für die Stellfüße bildete den Abschluss der Vormontage. Elektrifiziert und mit der LED-Technik ausgestattet wurde das Bauteil dann vor Ort.

Anschluss- und Abschlussprofile, sämtliche notwendigen Zusatzprofile, wie auch der Sockelbereich wurden in Edelstahl ausgeführt. Dieses Material ergänzt den Glascharakter der Wände bestens und entspricht auch von der Funktionalität her am besten den gestellten Anforderungen. Dabei ist das einseitig konisch gekantete Anschlussprofil für den Übergang von der Fassade zum ersten Wandelement zuständig, das am freien Wandende aufgesteckte Abschlussprofil nimmt zusätzlich Taster, Dosen und Bussteuerungseinheiten für die gesamten Wandelemente auf. Die elementbreiten Sockelblenden bestehen aus einer Tischlerplatte mit aufgeleimtem und überstehendem Edelstahlfurnier. Dieser nach oben gehende Überstand überdeckt die Glasplatte um 30 mm und liegt an dieser satt an, weil in diesem Bereich die LED-Beleuchtungseinheit installiert ist, und diese so von außen nicht sichtbar bleibt. Die Sockelblende ist zusätzlich über Standardclips an den beiden Stellfüßen des einzelnen Elementes verbunden. Somit ergibt sich eine gute Fixierung der Blende, gleichzeitig kann sie jederzeit zu Revisionszwecken entfernt werden.

Montage / Demontage

Zur Montage der einzelnen Wandelemente sind nicht mehr als zwei Personen notwendig. Voraussetzung zum Aufstellen der Wandelemente ist deren „eingefahrener Zustand“, d.h. der Gewindegang der Stellfüße ist eingedreht und das Gewinde damit noch im Elementzwischenraum verschwunden. Durch Herausdrehen der Gewindegänge wird das erste Element ausgerichtet und im weiteren Verlauf der Montage hochgeschraubt, bis sich das Wandelement gegen die Decke presst und damit selbstständig steht. Dabei

ist bei einem Anschluss an eine vorhandene Tragkonstruktion immer diese Schnittstelle als Montagebeginn zu wählen. Bei einer frei im Raum stehenden Wandkonfiguration ist der Montagebeginn variabel.

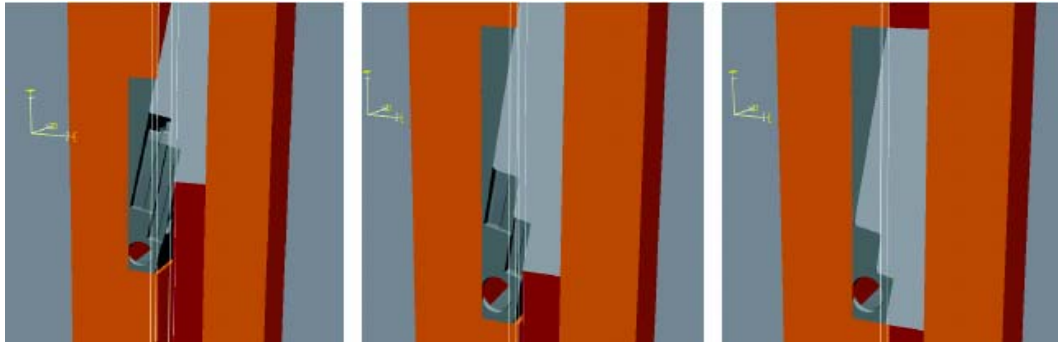
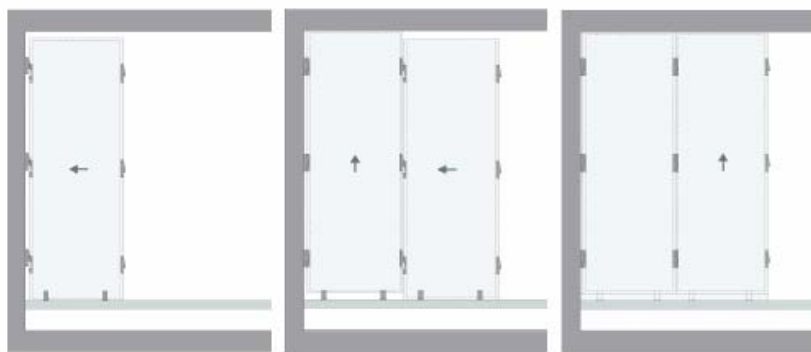


Bild 420

Ein zweites, noch eingefahrenes Element wird eng an das bereits hochgeschraubte gestellt. Die beiden Hälften der anmontierten Systemverbinder stehen leicht versetzt direkt nebeneinander. Durch Hochschrauben des zweiten Elementes greifen die Verbinderhälften ineinander; sowohl die mechanische als auch die Medienverbindung über die im Verbinder integrierten Stecker ist hergestellt. Auf gleiche Art und Weise wird mit den weiteren Flächenelementen bzw. mit L- und T-Elementen zur Eckausbildung verfahren. Durch ein Passelement am Ende wird die Aufbausequenz abgeschlossen. Die einzelnen Elemente werden also durch Stecken und Zusammenfahren der Verbindungselemente press gekoppelt. Der entstehende Luftraum im Bodenbereich, jederzeit zugänglich und für Nachrüstungen geeignet, wird mit einer Schallschutzmatte verfüllt und über ein Klemmprofil als Sockelleiste wandbündig verschlossen. Der Abbau der einzelnen Elemente zum Versetzen erfolgt sinngemäß in umgekehrter Reihenfolge. Die an den Prototypen ermittelte Auf- und. Abbauzeit beläuft sich dabei auf ca. 5 Minuten pro Element (Elementgröße 80 x 240 cm = ca. 2 m²).



Aufbausequenz der Wandelemente

Bild 421



Bild 422



Bild 423 Ganzglaswände mit Minimalfugen, integrierter Lichttechnik, hoch schalldämmend

Prototyp 3

Um für die flexiblen Wandelemente eine genormte und definierbare Rahmenkonstruktion für bevorstehende Anpralltests, Schalluntersuchungen und Brandversuche zu erhalten, wurde beim Prototyp 3 eine Aluminium-Rahmenkonstruktion entwickelt.

Die Rahmenkonstruktion ermöglicht rundum definierte Anschlussdetails. Dafür wurden durch die Munitec GmbH spezielle Aluminium-Profile entwickelt, die neben dem Haupt-Tragprofil auch Sockel- und Zargenlösungen zeigen.

Die nachfolgende Bildfolge veranschaulicht, wie das mit dem Innovationspreis der AIT ausgezeichnete Wandsystem zukünftig konstruiert sein wird. Mit einem ersten Prototypen 3 rechnen wir ab September 2004.

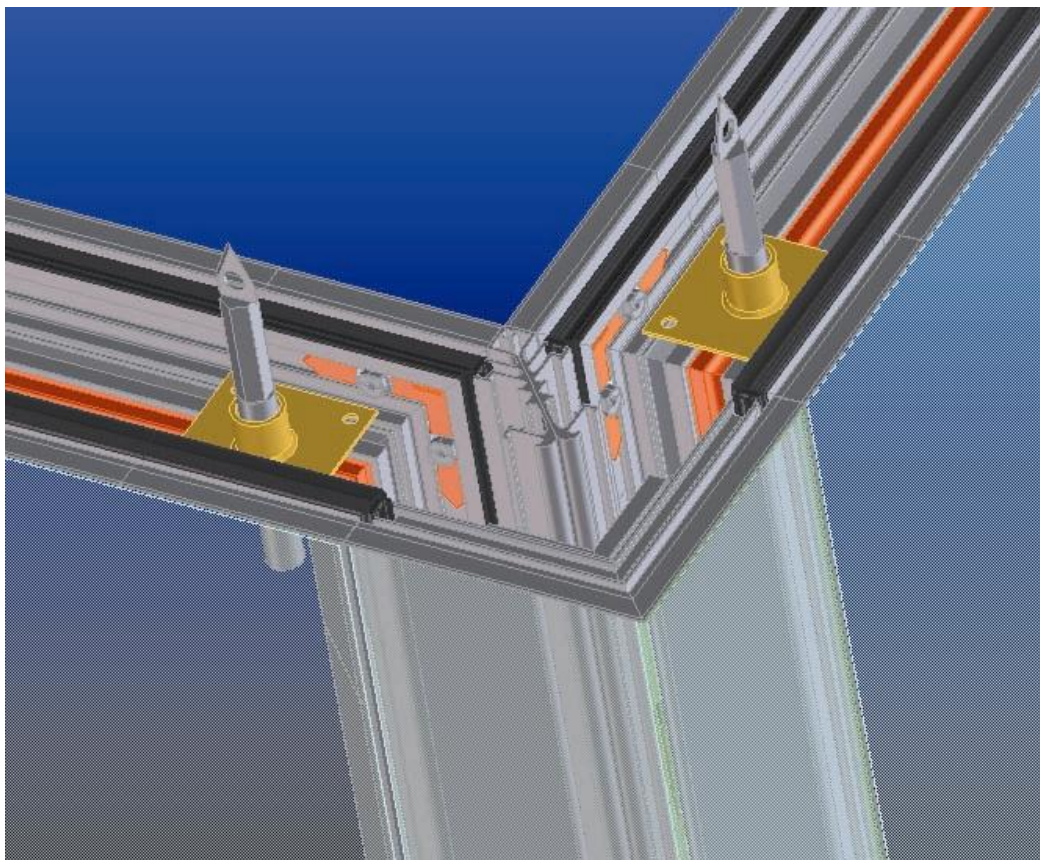


Bild 424 Eckdetaillösung des Prototyp 3. Minimalfugen und Schnellverbindertechnologie ermöglichen die Konstruktion von steckbaren Elementwänden mit integrierter Licht- Kühl- und Klimatechnik.

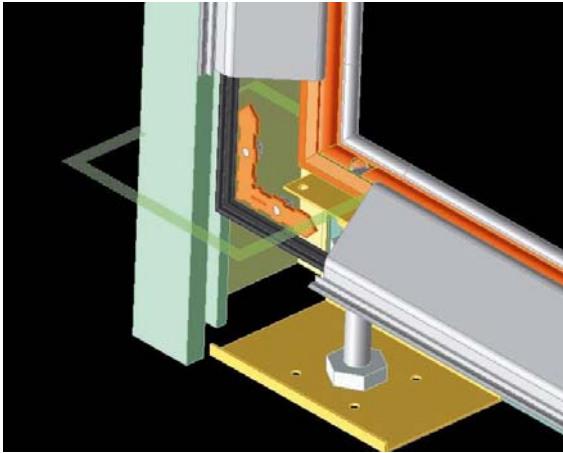


Bild 425

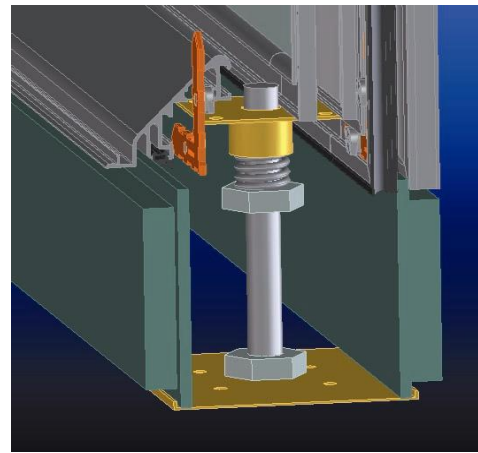


Bild 426

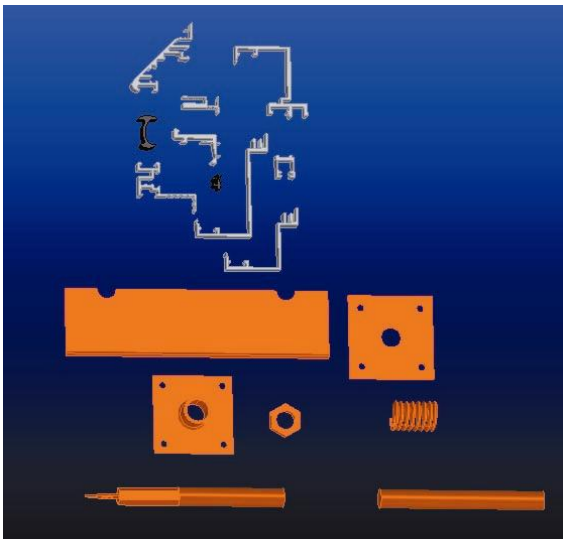


Bild 427

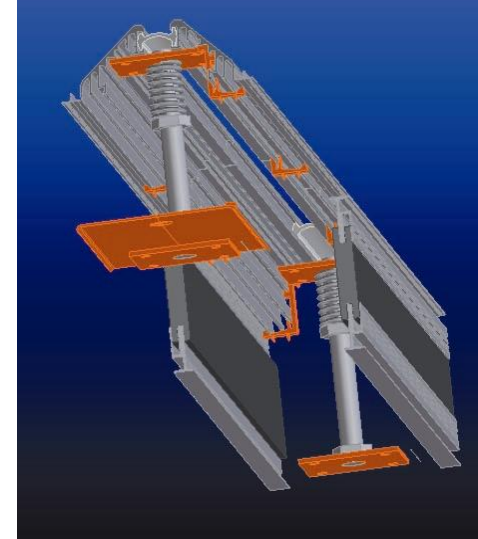


Bild 428



Bild 429



Bild 430

Bildgruppe 425-430:
Bauteilübersicht für Wandsystem WaVaria, Sockelkonstruktion mit patentierter Federregulierung



...wunderbar WANDelbar...
Systemlösungen für den Innenausbau

Die **WaVaria - Wandsysteme** sind in zwei grundsätzlich unterschiedlichen Oberflächenbeschaffenheiten erhältlich: transparent und lichtdurchlässig in Ganzglas sowie als lichtundurchlässige, geschlossene Elemente.

Diese können mit allen am Markt erhältlichen Oberflächenqualitäten belegt werden, z.B. Gipskarton, Gipsfaser, Holz, Furniere, Metalle, Schichtstoffe u.a.

Sie eignen sich damit hervorragend zur Realisierung einer kostengünstigen, äusserst flexiblen und qualitativollen Büro-Ausbaustruktur sowohl im Neubau als auch im Bestand (Abtrennung einzelner Büroräume).

Die transparente / opake Ganzglasvariante mit integrierter LED-Beleuchtung besticht durch ihr edles und hochwertiges Erscheinungsbild. Sie ist die richtige Lösung als Trennung zum Flurbereich (Lichtdurchlässigkeit) oder als Sonderlösung Medienwand, Messewand, flexibles, schnell umbaubares Raum-im-Raum-Konzept z.B. für Besprechungen, Meetings.

Die WaVaria - Wandkonstruktion der einzelnen Elemente besteht aus zwei getrennten - auch separat herzustellenden - Wandschalen aus Beplankung und Rahmen. Die Verbindung der zwei Schalen erfolgt einzig über den Systemverbinder „Unicon“ der sowohl an Schale 1 als auch an Schale 2 befestigt wird. Damit ergibt sich nur eine punktuelle Berührung der Schalen untereinander, was den Schalldurchgang minimiert.

Diese „Unicon“-Verbinder dienen ebenso der Kopplung der einzelnen Elemente untereinander wie auch der Übertragung und Weiterleitung von Medien aller Art von Element zu Element (Strom, Daten, Wasser, Heizung).



Zur Montage der Wandelemente sind nur zwei Personen notwendig. Jedes Element steht auf zwei höhenverstellbaren Füßen. Durch Herausdrehen des im Fuß integrierten Gewindes werden die Elemente hochgeschraubt bis sie sich gegen die Decke pressen und damit frei stehen. Der entstehende Luftraum im Bodenbereich ist jederzeit zugänglich, wird mit einer Schallschutzmatte verfüllt und über ein Klemmprofil als Sockelleiste wandbündig geschlossen.

...wunderbar WANDelbar...
Systemlösungen für den Innenausbau

Die **WaVaria - Wandsysteme** erfüllen die Anforderungen im heutigen Büro- und Verwaltungsbau und zeigen bemerkenswerte Vorteile sowohl in wirtschaftlicher und funktionaler als auch ästhetischer Hinsicht:

- _ kürzeste Einbau- und Umbauzeiten
- _ staub- und schmutzfreie Montage bzw. Demontage
- _ jederzeit demontier- u. wiederverwertbar
- _ keine Verletzungen der umgebenden Gebäudehülle
- _ attraktives Kosten- / Nutzenverhältnis
- _ komplett mit im Element integrierten Medienfunktionen
- _ schalltechnische Entkoppelung durch 2Schalenprinzip der Elemente
- _ vielfältigste Oberflächen möglich
- _ Elementvielfalt
- _ hohe Qualität durch Vorfertigung
- _ alles aus einer Hand
- _ handhab- u. aufbaubar von 2 Personen
- _ beidseitig oberflächenfertige Konstruktion in Leichtbauweise
- _ einfache Konstruktion
- _ langzeitige Produktpräsenz

Die WaVaria - Wandelemente arbeiten in der Breite mit unterschiedlichsten Abmessungen (40, 60, 62,5, 80, 100, 120, 125cm). Breitenmaße über 125 cm sind, da es sich ja um ein beidseitig oberflächenfertiges Wandelement handelt, aus Gewichtsgründen nicht empfehlenswert. Prinzipiell ist jedoch jedes Maß innerhalb einer wirtschaftlichen Transport-Bandbreite möglich.

Die jeweilige Elementhöhe leitet sich aus der vorhandenen Geschosshöhe ab. Zur Realisierung von Wanddecken bzw. -kreuzungen steht ein - entsprechend der Wandoberfläche verkleideter - quadratischer Pfosten zur Verfügung. Selbstverständlich sind auch nichtgeschosshohe Elemente zur leichten Zonierung oder zur Bereichsabtrennung realisierbar.



Die WaVaria - Wandsysteme

Planung:
Arge Eva Demmelhuber, Frank Prochiner und Albrecht Hanser an der Technischen Universität München, Lehrstuhl für Baurealisierung und Bautechnik, Prof. Dr. Thomas Bock, 80333 München, www.br.at.tum.de

Hersteller:
Baierl & Demmelhuber Innenausbau GmbH, 84513 Töging am Inn www.demmelhuber.de

Projektpartner:
Oberflächen:
Rigips GmbH, 40509 Düsseldorf, www.rigips.de
Glaserl Jens Kropp, 84513 Ertarting, www.jk-glas.de

Systemverbinder „Unicon“:
Fischerwerke A. Fischer GmbH + Co. KG, 72178 Waldachtal, www.fischerwerke.de

Elektrik:
Wieland Electric GmbH, 96052 Bamberg, www.wieland-electric.com

Licht:
Osram GmbH, 81543 München, www.osram.de
Osram Opto Semiconductors GmbH, 93042 Regensburg, www.osram-os.com

Fotografien Kalender: PS Press, Peter Schatz, Grafing
Tänzerin: Eva Böttner, Eggenfelden
Druck Kalender: Merkle Druck, Donauzoo
Konzeption und Gestaltung Kalender: Albrecht Hanser mit Eva Demmelhuber und Frank Prochiner, München und Töging










Bild 431

3.10 Kosteneinsparpotentiale durch die Schnellverbindertechnologie

Da die Ermittlung der Einsparpotentiale im Bereich der Elektroinstallation allein stehend wenig aussagekräftig ist, wird hier versucht, die Betrachtung auch für Wand-, Decken- und Dachbauteile sowie die integrierte Sanitärinstallation vorzunehmen. Die in der Vorkonfektionierung eingeplanten Verbinder beziehen sich eben nicht nur auf die Elektroinstallationen und müssen daher mit Kosten und Nutzen auf das Gesamtgebäude hin untersucht werden. Da Fertigbauten in Größe und Ausstattung sehr unterschiedlich sein können, sind zur Erläuterung einige Angaben notwendig:

Die Daten im Sanitärbereich beziehen sich auf ein Einfamilienhaus mit einer Gasbrennwertheizung, 10 Heizkörpern, Bad und Gäste-WC. Die Elektroinstallationen beziehen sich auf ein Bau-Fritz ECO 100+1, ähnlicher Größe.

Um die Kosten und die möglichen Einsparpotentiale in Relation zu den Gesamtbaukosten abzuschätzen, wurde die Zahl 100 für eine Einheit Wand- Decken- und Dachbauteile eingesetzt, die in der Summe insgesamt ca. 69 % der Gesamtbaukosten betragen, wie der folgenden Baukostenrafik zu entnehmen ist.

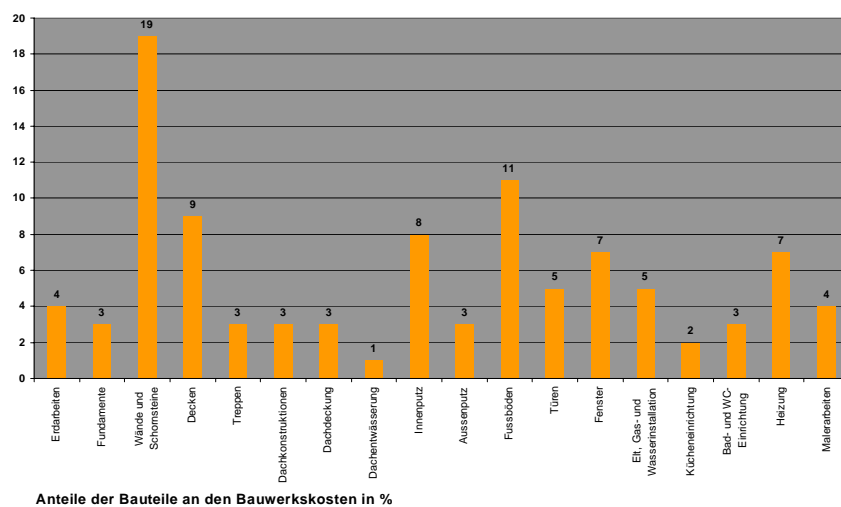


Bild 432

Diese 69 % der Gesamtbaukosten setzen sich folgendermaßen zusammen:

19 %	Wände
9 %	Decken
3 %	Dachkonstruktion (ohne Dachdeckung)
8 %	Innenputz (Gipskarton)
3 %	Außenputz
11 %	Fußböden
5 %	Türen
7 %	Fenster
4 %	Maler
<hr/>	
69 %	Summe

Bei einem Gebäude mit angenommenen Herstellungskosten von ca. 1000 €/ m² (kostengünstiger Wohnungsbau) und einer Wohnfläche von ca. 150 m² entspricht das 150.000 €. 69% von 150.000 € entsprechen 103.500 € für alle Wand-, Dach- und Deckenbauteile. Die Aufteilung von Materialkosten zu Lohnkosten wird, unter Bezug auf verschiedene Firmenangaben und Hinweisen aus der Literatur, wie folgt angesetzt:

60% Lohnkosten : 40% Materialkosten

60 % Lohnkosten entsprechen im Beispiel somit ca. 62.000 €

Bei einem konventionellen Fertigbau nehmen wir einen Vorfertigungsgrad von 70 % für die Fertigung von Wand-, Decken- und Dachbauteilen im Werk an, da Estriche, Fußböden, Spachtel und Tapezierarbeiten auf der Baustelle durchgeführt werden. 30 % der 62.000 € Lohnkosten entstehen also auf der Baustelle. Das entspricht ca. 19.000 € Lohnkostenanteil, der auf der Baustelle entsteht. 20 % davon für unproduktive Stunden (wie z.B. Fahrtzeiten, Rüstarbeiten, Gerüst) entsprechen also einem

20 %-igen Einsparpotential von 3.800 € für unproduktive Stunden bei 100%tiger Vorfertigung im Werk.

Zusätzlich wird ein 10 %-iges Rationalisierungspotential bei Fertigung im Werk angesetzt, da hier Spachtel-, Tapezier- und Malerarbeiten weiter optimiert werden können. Dies entspricht dann 10 % der Gesamtlohnkosten von 62.000 €

10% also 6.200 € Rationalisierungspotential auf Lohnkosten im Werk

Diesen Einsparungen von insgesamt 10.000 € stehen Kosten für eine aufwendigere Vorplanung der Arbeiten gegenüber. Diese werden mit 3 % auf die Gesamtlohnkosten von 62.000 € geschätzt: + **3%**, d.h. **1.860 € zusätzliche Vorplanungskosten.**

Gegenrechnung:

3.800 € für Produktivitätssteigerung
6.200 € für Rationalisierungspotentiale
3.344 € Einsparung Sanitär, Heizung
221 € Einsparung Elektroinstallation

Summe Einsparungen: 13.565 € Gesamteinsparung
Abzüglich der 1.860 € an zusätzlichen Vorplanungskosten

Differenz: 11.705 € Einsparungspotential

(Gesamteinsparpotential bei Wand-, Decken- und Dachbauteilen)

Beim Einsatz von ca. 200 Schnellverbindern zum angenommenen Stückpreis von 17 € entspricht dies zusätzlichen Kosten von ca. 3.400 € / Haus.

Das ergibt ca. 8.300 € geschätztes Einsparpotential / Haus bei Vorkonfektionierung und Vorfertigung im Werk unter Einsatz von Schnellverbindern.

Bei Gesamtherstellungskosten von den angenommenen 150.000 € entspricht das einer Einsparung von 5,5 %. Allein mit den geschätzten Einsparungen in den Bereichen Sanitär, Heizung und Elektroinstallation könnten die Mehrkosten von ca. 3.400 € für die Verbindertechnologie gedeckt werden.

Neben diesen Einsparungen entstehen für die Fertighaushersteller weitere Vorteile und sogenannte weiche Faktoren für den Einsatz der Schnellverbindertechnologie:

1. Reduktion der Zwischenfinanzierungskosten, Doppelmiete und Finanzierungskosten des Grundstückskaufes werden um 1 bis 2 Monate reduziert, d.h. um 1000 – 2000 €; die Verfügbarkeit des Produktes Haus steigt.
2. Die Qualität bei der Fertigung im Werk kann durch ein durchgängiges Qualitätsmanagement erhöht werden: Markenhäuser, Garantierhöhung, (zum Vergleich: Japanische Fertighaushersteller werben mit Garantien von 10 bis 20 Jahren)
3. Personalkosten für Bauleitung reduzieren sich stark.
4. Verwaltungskosten für Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung von Subunternehmern werden reduziert.
5. Die Montagekolonnen können besser eingeplant und schneller verfügt werden.
6. Durch die Verlagerung der Ausbaugewerke von der Baustelle ins Werk erhöht sich die eigene Wertschöpfung / Haus.

7. Subunternehmer können güteüberwacht im Werk als Unternehmen im Unternehmen arbeiten.
8. Der Lieferradius kann erweitert werden, Exportmärkte werden zu Zukunftsmärkten.
9. Umbau, Erweiterung bzw. Rückbau von Gebäuden wird erleichtert, möglicher Einstieg in den Markt der temporären Bauten.
10. Imagesteigerung für Fertighäuser aufgrund erhöhter Qualität bei geringeren Kosten führt zum Zugewinn neuer Marktanteile; schnelle Bausysteme werden zunehmend interessant für öffentliche und gewerbliche Bauherren und Wohnbaugesellschaften.

Gegenüberstellung Zeitvorteil
Heizungs- / Sanitärinstallation
konventionell / home 24

	konventionell	home 24	Begründung
Planung	240,00 €	480,00 €	Erhöhter Planungsaufwand durch genaue Festlegung der Installationsdetails
Vorfertigung		5.635,00 €	Verlagerung der kompletten Rohmontage in die Vorfertigung unter kontrollierten Arbeitsbedingungen
Montage	8.050,00 €	280,00 €	Feinmontage der Sanitärobjekte und Heizkörper in einem halben Tag
Unproduktive Stunden	1.610,00 €	161,00 €	Wegfall der Baustellenanfahrtskosten und -Vorgesprechungen
Summe	9.900,00 €	6.556,00 €	Schätzung B-Tec Ingenieure und ausführende Firma Sanitärinstallationen im Fertighausbau

Gegenüberstellung Zeitvorteil
Elektroinstallation konventionell /
Instanova home24

	konventionell	home 24	Begründung
Planung, Zeichnung, Projektierung	230,00 €	282,00 €	Erhöhter Planungsaufwand durch genaue Festlegung der Installationsdetails
Material Vorkonfektionierung im Fertigungszentrum Vorfertigung beim Fertighaushersteller Montage Baustelle	802,00 €	1.086,84 €	Mehrkosten Leitungsbedruckung, Zusatzstecker
		308,82 €	Kosten für die Vorkonfektionierung
		910,10 €	Kosten für die Vorkonfektionierung beim Haushersteller
	1.776,23 €		bei 100 %-iger Vorfertigung
Summe	2.809,29 €	2.588,01 €	Schätzung Instanova/Elektro Ebert Frankfurt
Summe Sanitär und Elektro gesamt	12.709,29	9.144,01 €	

Bild 433

3.11 Strukturelle, technische und planerische Voraussetzungen für die Automatisierung

Tayloristische Grundsätze

Die Rationalisierung im Bauwesen durch eine maschinelle Bauproduktion basiert noch auf den Überlegungen von Frederick Winslow Taylor (1856 bis 1915). Er bemerkte, dass die Leistungsfähigkeit eines Betriebes oder einer Industrie davon abhängt, wie hoch der Grad der Arbeitsteilung und der Spezialisierung ist.

Vor Taylor herrschte eher eigenverantwortliche Handarbeit vor, und jeder bewältigte seine Arbeit nach eigenem Ermessen, bis die zunehmende Industrialisierung der Produktion, gekennzeichnet durch Einsatz von Kapital und Betriebsmitteln, neue Verwaltungsformen erforderte. Nun entstanden die typischen Teile eines heutigen Betriebes wie Produktion, Vertrieb, Materialwirtschaft, Personalabteilung etc.

Diese tayloristischen Grundsätze zur Gestaltung der Produktion werden bis in die heutige Zeit angewendet, obwohl sich die wirtschaftliche und technische Situation geändert hat. Der Bauherr wünscht immer individuellere Einzelleistungen bei größeren Qualitätsansprüchen und kürzeren Planungs- und Ausführungszeiten.

Deshalb sollten Bausysteme so weiterentwickelt werden, dass bei einem hohen Automatisierungsgrad individuelle Lösungen möglich sind, ohne große Stückzahlen fahren zu müssen. In Japan wird diese individuelle Ausrichtung auf die Kundenwünsche auch als Phase vom “ready made“ zum “easy order“ bezeichnet.

Computerunterstützte Fertigung

Die Idee der computerunterstützten Fertigung im Bauwesen entstand bereits vor etwa vierzig Jahren. Unter industriellem Bauen versteht man die Anwendung industrieller Herstellungsverfahren durch die Umwandlung der handwerklichen Baumethoden in die stationäre Vorfertigung von Bauelementen und deren Transport auf die Baustelle, sowie die dortige Montage, mit der Tendenz, die Mechanisierung der Arbeitsgänge bis zur Automatisierung zu entwickeln. Dadurch würde der bisherige Rückstand der Bauproduktivität gegenüber anderen Industriezweigen überwunden.

Vorraussetzung dafür ist eine Maßordnung als Grundlage für die Standardisierung, um die Vorteile der Serienfertigung nutzen zu können. Dazu überlegte man, wie der Entwurf und die Bauvorbereitung in diesem Bereich effizienter ablaufen könnte. Innerhalb der letzten zwanzig Jahre entstanden Computerprogramme, die innerhalb eines dreidimensionalen Gebäudemodells den Aufbau des Gebäudes aus den genormten Fertigteilen ermitteln konnten.

Angesichts der Möglichkeiten, die sich durch neue Rechnergenerationen ergeben, sollte ein durchgängiges Produktdatenmodell erstellt werden, sodass die meist üblichen Mehrfacheingaben und damit verbundenen Fehlerquellen und Kosten entfallen. Dafür müssen allgemeine Standards entwickelt werden, um einzelne Insellösungen zu vermeiden oder bestehende auf dieses standardisierte IuK System anzupassen.

Programmübergreifende Produktdatenmodelle

Eine Schwierigkeit stellt nach wie vor die Konzeption eines programmübergreifenden Produktdatenmodells dar. Es ermöglicht, Informationen über die Eigenschaften eines Volumens (Bauteils) zu speichern und unabhängig von den verwendeten Programmen zu übertragen. Die dabei übermittelten Eigenschaften gehen über rein geometrische Informationen weit hinaus: Materialeigenschaften, Fertigungsanweisungen, Oberflächeneigenschaften etc. können im Produktdatenmodell enthalten sein.

Voraussetzung für die Erstellung und Bearbeitung solcher Produktdatenmodelle ist die Existenz einer Datenbank im CAD-Programm, in der auch nicht-geometrische Daten den Volumen zugeordnet werden können. In dieser Datenbank werden die Eigenschaften jedes einzelnen Objektes beschrieben. Die exakte Gestalt dieser Datenbank hängt von der Art der zu beschreibenden Objekte ab. Weit fortgeschritten ist die Konzeption eines branchenspezifischen Produktdatenmodells im Bereich der Automobilindustrie. Um im Bauwesen ähnliche Voraussetzungen zu schaffen, wäre ein Ziel die integrierte Planung und Baudurchführung auf der Basis von Bauwerksmodellen.

Innovations- und Kommunikationsfähigkeit

Überall auf der Welt werden Dinge gebaut: Flugzeuge, Autos, Werkzeugmaschinen, Büros, Fabriken und Wohnhäuser. Jedes zu schaffende Objekt setzt eine planerische und konstruktive Idee voraus. Der Konstrukteur sieht das Produkt schon fertig. Neue Prozesse und Materialien haben den Konstrukteur inspiriert und die Leitidee festgelegt. Dann beginnt die Ausführung. Alle nötigen Spezialisten arbeiten zusammen, und ein marktfähiges Produkt ist das Resultat.

Heute hat ein Architekt sein Büro und seine Mitarbeiter. Der oder die Ingenieure, die er zu Rate zieht, haben auch ihr Büro und ihre Mitarbeiter. Und das Bauunternehmen hat auch noch Manager, Ingenieure und Arbeiter. Es gibt also drei voneinander autonome Organismen, die mehr oder weniger miteinander konkurrierend auf ihren Vorrechten beharren, und sie kritisieren das, was nicht von ihnen selbst stammt, um ihre eigenen Ideen den fremden entgegenzusetzen. Dadurch wird vieles beschnitten, und es entsteht eine Kompromisslösung, worunter meistens der Kunde leidet.

In solch schlechter Zusammenarbeit liegt ein weiterer Grund für den Rückstand des Bauens gegenüber den hochentwickelten industriellen Produkten der Automobilindustrie. Mit Ausnahme von Gebäuden werden alle Produkte in einem spezialisierten Unternehmen hergestellt oder in einer Industrie, die verschiedene Unternehmen zusammenfasst. Deshalb sollte sich auch im Wohnungsbau eine stärkere Spezialisierung auf die verschiedenen Bauweisen und eine stärkere Kundenorientierung einstellen, um Innovationen und Entwicklungspotentiale besser nutzen zu können.

3.12 Möglichkeiten neuer Kooperationsformen durch die Veränderung der Produktions- und Montageprozesse im modernen Systembau

Die Verlagerung der Produktion in die Vorfertigung stellt für die deutsche Bauwirtschaft die aussichtsreichste Form dar, einen hohen Qualitätsstandard bei guten Arbeitsbedingungen und einer witterungsunabhängigen Produktion zu erreichen. Trotz der vielen Vorteile in der Vorfertigung hat die Verwendung vorgefertigter Bauteile im Wohnungsbau noch keinen hohen Marktanteil erreicht. Dies liegt zum einen an der dafür erforderlichen Vorplanung, zum anderen an der Tatsache, dass es sich bei den hergestellten Elementen um nur zum Teil veredelte Rohbauprodukte handelt, die dann aufgrund der verbreiteten Mischbauweisen nur einen geringeren Rationalisierungseffekt bringen. Im Gegensatz zu den Möglichkeiten kleiner und mittlerer Vorfertigungsbetriebe, die über Kooperationsmöglichkeiten neue Marktfelder erschließen könnten, haben die großen Vorfertigungsbetriebe die Möglichkeit ihre eigenen Systeme zu entwickeln.

Große Vorfertigungsbetriebe können entsprechend den Möglichkeiten in der Vorfertigung, durchgängige maßgenaue Konstruktionssysteme entwickeln, bei denen die Bauteile mit einer hohen Fertigungstiefe und einem hohen Vorfertigungsgrad ausgeliefert werden. Dabei sollten vor allem die Montage- und Verbindungstechnik verbessert werden, um die Bauteile mit höherer Wertschöpfung in den Unternehmen auszuliefern. Besonders im Massivbau besteht erheblicher Bedarf nach zeitgemäßen Verbindungssystemen, die eine hohe Genauigkeit der fertigen Elemente ermöglichen.

Es besteht ferner erheblicher Bedarf bei der Entwicklung der Integration von Haustechnik und der Fertigstellung der Wärmedämmung und der Oberflächen im Werk. Auch der automatisierte Einbau von Fenstern und Türen in die Fertigteile trägt wesentlich zur Wertschöpfung im Werk bei. Nur durch einen hohen Grad der Vorfertigung können Fertigteile als Teilsysteme im Gesamtsystem durchschlagende Zeit- und Kostenvorteile erreichen. Dabei können kleinere und mittlere Betriebe als Subunternehmen für große Vorfertigungsbetriebe eintreten, was eine breite Produktpalette und somit eine hohe Gestaltungsfreiheit entsprechend der individuellen Kundenwünsche sichert.

Entwicklungen in den Fertigteilwerken im Massivbau

Die Vorfertigung großformatiger Stahlbeton- und Leichtbetonfertigteile hat in Deutschland eine wechselvolle Entwicklung durchlaufen. Nach einer allmählichen Zunahme des Automatisierungsgrades bis in die frühen siebziger Jahre bewirkte die damals einsetzende Konjunkturlaute, dass zahlreiche Fertigteilwerke mit höherem Automatisierungsgrad ihre Produktion einstellen mussten.

Seit einigen Jahren hat ein neuer Entwicklungsschub eingesetzt, der in einzelnen Fällen bereits zum computerunterstützten Fertigen (CAM) und in Ansätzen auch schon zum computerintegrierten Fertigen (CIM) von Betonfertigteilen für Decke, Wände und Dächer geführt hat. Doch derzeit kämpft die Betonfertigteilindustrie mit großen Überkapazitäten, vor allem in den neuen Bundesländern, wo durch Subventionen ein großer Bedarf entstand, der längst gedeckt ist. Im Bereich des Wohnungsbaus sind die erzeugten Produkte in der Betonfertigteilindustrie fast ausschließlich für den Rohbau bestimmt.

Wie bereits in den vorhergehenden Kapiteln beschrieben, wurden auch hier entsprechende Entwicklungen beim Produkt und bei der Produktionstechnik dargestellt und erprobt, um individuell vorgefertigte und voll integrierte Systembauteile für den Wohnungsbau preisgünstig herzustellen. Dennoch fehlen die entsprechenden Weiterentwicklungen, um weg vom allgemein angebotenen Rohbauprodukt zum fertigen Wand- oder Deckenprodukt zu gelangen.

Beispielsweise könnten Portalroboter wie sie schon als Schalungsroboter vorhanden sind zu Installationsrobotern für Elektroverkabelung weiterentwickelt werden. In Verbindung damit sollten die Oberflächen und die Montagetechnik weiterentwickelt werden. Fertig verputzte und gedämmte Wandoberflächen könnten mit am Markt befindlichen Anlagen teilautomatisiert hergestellt werden, z.B. durch die halbautomatische Verputzanlage der Fa. Weckenmann. Mit der zunehmenden Fertigungstiefe, z.B. durch Einbau der Fenster, Rollläden oder durch Verkabelung, erhöht sich die Wertschöpfung im Werk, aber auch die Empfindlichkeit der Elemente für Transport- und Montageschäden. Deshalb müssen andere Transport und Montagesysteme verwendet werden, die mit einer optimierten Logistik „just in time“ anliefern und montieren. Natürlich erfordert dieses Szenario für die Einzelunternehmen zu hohe Investitionen, die durch den momentanen Bedarf, der vorwiegend durch konventionelle Nachfrager bestimmt wird, evtl. nicht gedeckt werden können.

Vor diesem Hintergrund bedarf es strategischer Allianzen. Verschiedene Fertigteilhersteller könnten sich z.B. in einem gemeinsamen Werk zusammenschließen, in dem in erster Linie die Finisharbeiten erbracht werden, die im eigenen Werk nur manuell erbracht werden können oder für die im eigenen Werk keine Arbeitskräfte zur Verfügung stehen. Das zentrale Werk könnte sowohl die in den Partnerwerken erzeugten Halbfertigteile zur Veredelung weiterverarbeiten, aber auch mit eigenen innovativen Produkten ein durchgängiges System zur Erstellung kostengünstigen Wohnbaus entwickeln. Die entsprechenden Transport- und Montageeinrichtungen würden gemeinsam genutzt und somit besser ausgelastet. Schnellverbindungselemente, die gleichzeitig die Randausbildung darstellen, sichern den beschädigungsfreien Transport zur Baustelle und eine schnelle Montage der fertigen Elemente.

Ähnlich könnte mit Ziegelwänden und Decken verfahren werden. Die in vollautomatischen Anlagen durch Mauerroboter hergestellten Wände und Decken könnten in einer vollautomatischen, schalldämmend abgeschlossenen Fräskammer für die Installationen vorbereitet werden, um dann von einem ähnlichen Roboter verkabelt zu werden. Durch steckerfertige Schnellverbinder, die in den Steinlagen mit verankert sind, könnten die Wände auf der Baustelle, ebenfalls durch eine erste Putzschicht fast ausbaufertig, miteinander verbunden.

Strukturelle Veränderung der Betriebe

Während das in Deutschland zu realisierende Auftragsvolumen immer kleiner wird, sehen sich deutsche Bauunternehmen einer zunehmend internationalen Konkurrenz, einem Verdrängungswettbewerb und Dumping Angeboten gegenübergestellt.

Das deutsche Bauhauptgewerbe umfasst ca. 75.000 Betriebe, davon 80 % in Westdeutschland. Zusammen mit den rund 26.000 Betrieben des Ausbaugewerbes (nur

Betriebe über 10 Beschäftigte) ergeben sich insgesamt ca. 100.000 Betriebe. Dabei muss beachtet werden, dass auch in Deutschland die Zahl der Betriebe unter 10 Beschäftigten im Ausbaugewerbe sehr hoch ist. Somit kann grob davon ausgegangen werden, dass die tatsächliche Anzahl der Ausbaugewerbe bis zu fünf mal so hoch ist wie in der Schätzung, die nur Betriebe mit mehr als 10 Mitarbeitern berücksichtigt. Die Handwerksbetriebe stellen im deutschen Bauhauptgewerbe etwa 75 % der Betriebe. Von den insgesamt 1,3 Mio. Beschäftigten im Bauhauptgewerbe sind ca. 80 % gewerbliche Kräfte. (Quelle: statistisches Bundesamt)

Große Bauunternehmen sind teilweise noch in der Lage, das flauere Inlandsgeschäft zu kompensieren, indem sie im Ausland, vor allem in Übersee neue Märkte erschließen. Mittelständische Unternehmen sind dagegen darauf angewiesen, auf dem nationalen Markt rentabel, das heißt kosten- und leistungseffizient, zu arbeiten, um überleben zu können. Die Bauindustrie in Deutschland, vor allem aber die des Mittelstandes ist für die aktuellen Herausforderungen des Marktes jedoch kaum gerüstet. Typisch sind eher emotionale Investitionsentscheidungen, unbewältigtes Unternehmenswachstum und fehlende Strategieorientierung. Hinzu kommen Defizite in der Baustellenorganisation und der Arbeitsvorbereitung. Ein weiterer Schwachpunkt sind unterentwickelte oder gänzlich fehlende Steuerungs- oder Kontrollsysteme etwa im Bereich Kostenmanagement. Wenig effiziente Systeme führen zu einem niedrigeren Anteil der Materialkosten an den Gesamtkosten, die in Deutschland nur bei 40 bis 60 % liegen. Im Vergleich liegt dieser Anteil in Großbritannien und den USA bei ca. 70 %, in Japan bei ca. 80 % und in sogenannten Best-Practise-Unternehmen bei 85 %. Kosteneffizienz beim Bauen hängt aber nicht nur von den einzelnen ausführenden Firmen ab, sondern erfordert eine durchgängige Kette optimierter Prozessglieder von der Planung bis zur Ausführung.

Ein erheblicher Grund für die horrenden Baukosten liegt in der mangelnden Zusammenarbeit aller am Bau Beteiligten. Das häufig fehlende Gesamtinteresse aller Baubeteiligten an der Erstellung eines Bauwerks führt zu einer suboptimalen Organisation, die Planungsmängel, Planänderungen und kostenintensive Nachbesserungen verursacht.

Dabei sollten vor allem Klein- und Mittelbetriebe strategische Allianzen bilden zur Verbesserung ihrer Wettbewerbsfähigkeit gegenüber großen Unternehmen. Es bestehen dazu verschiedene Möglichkeiten:

- Betriebe schließen sich zusammen, um den Kunden ein Gesamtpaket von Leistungen von der Entwicklung und Planung, über die Finanzierung und den Bau, bis hin zum Facility Management anbieten zu können.
- Einzelne Gewerke schließen sich zusammen: Estrich, Trockenbau, Putz und Fliesen können als Gesamtleistung „Ausbaugewerk“ angeboten werden.
- Unabhängig von konsortialen Zusammenschlüssen können durch den Zusammenschluss zu Einkaufsgenossenschaften erhebliche Vorteile erzielt werden.

Da kleine und mittelgroße Bauunternehmen kaum in der Lage sind, Systemanbieterleistungen selbst zu entwickeln, ist die Bildung von Kooperationen und

strategischen Allianzen ein Lösungsansatz. Verschiedene Unternehmen können durch die Verknüpfung ihrer Kernkompetenzen Leistungssprünge in den entsprechenden Teilbereichen des Bauens zum Anbieter wettbewerbsfähiger Systemanbieterleistungen avancieren.

Hohe Aufwendungen zur Erreichung der anvisierten Zielposition lassen sich oft vermeiden, indem die individuellen unternehmensspezifischen Ressourcen wie Know-how, Baugerätekapazität, Personal und Kundenkontakt im Verbund genutzt werden. Diese gemeinsame Nutzung vorhandener Einrichtungen führt über eine Erhöhung der durchschnittlichen Kapazitätsauslastung zu einer effizienteren Nutzung der vorhandenen Produktionsfaktoren (Economies of scale). Die Realisierung von Synergieeffekten steigert die Konkurrenzfähigkeit in Bezug auf die Herstellungskosten.

Ein weiterer Vorteil von Kooperationen sind markt- und prozessbezogene Zeitvorteile: Marktbezogene Zeitvorteile liegen dann vor, wenn aufgrund von Kooperationen konzentrierte Systemanbieterleistungen angeboten werden können, noch bevor sich andere Wettbewerber in den jeweiligen Zielsegmenten etablieren können. Hinsichtlich der Entwicklung einer Marktidentität kommt diesen Vorteilen dabei eine besondere Bedeutung zu.

Unter prozessbezogenen Vorteilen versteht man in erster Linie die Beschleunigung betrieblicher Prozesse. Der regelmäßige Austausch der Mitarbeiter im Bereich der Auftragsbearbeitung im Rahmen einer Kooperation ermöglicht eine schnelle Reaktion auf temporäre Marktchancen. Bei komplexen Projekten sind durch die Integration von Spezialisten in interdisziplinäre Teams entscheidende Kostenvorteile gegenüber Konkurrenten erreichbar.

Ferner lassen sich von Unternehmen, die auf verschiedenen Gebieten tätig sind, vorhandene Akquisitionspotentiale ohne Interessenskonflikte nutzen. Multiplikationseffekte in der Auftragsakquisition entstehen so durch die Weiterentwicklung vorhandener Vertriebsstrukturen.

Kooperationen von Partnern aus unterschiedlichen Marktbereichen ermöglichen eine übergreifende Nutzung des vorhandenen Know-hows. Integrale Lösungen lassen sich schnittstellenübergreifend erarbeiten. Verschiedene komplementäre Kernkompetenzen im Bereich der Herstellung und Dienstleistung können sich innerhalb des definierten Zielsegments zu einem Gesamtleistungsprogramm auf hohem Niveau ergänzen. Einer Kooperation wird dadurch ermöglicht, umfangreiche und speziell auf den Kunden zugeschnittene Leistungspakete zusammenzustellen, ohne mit der Vorhaltung einer großen Leistungsbandbreite Effizienz Nachteile befürchten zu müssen.

Kooperationsformen: Als Kooperationsformen kommen in Abhängigkeit von der Zielsetzung drei verschiedene Formen in Betracht: vertikale, horizontale und diagonale Kooperationen.

Vertikale Kooperationen sind Verbindungen von Unternehmen, die im Wertschöpfungsprozess nacheinander ihre Leistungen anbieten, wie z.B. Planungs-, Ausführungs- und Betreiberleistungen. Durch die teilweise parallelen Prozesse

(Simultaneous Engineering) der Planung und Ausführung lassen sich Schnittstellenübergänge zwischen vor- und nachgelagerten Wertschöpfungsbereichen harmonisieren und die Zeitspanne zwischen Projektierung und Inbetriebnahme kann verkürzt werden.

Horizontale Kooperationen sind Zusammenschlüsse von Unternehmen in ähnlichen oder den gleichen Bereichen der Wertschöpfungsstufe. Der entscheidende Vorteil bei diesen Konstellationen liegt in der Erzielung von Kosten-, Akquisitions- und Know-how-Vorteilen, die sich v.a. für kleinere und mittlerer Betriebe anbieten: Die Bereiche Instandsetzung, Erneuerung und Umbauten könnten beispielsweise durch eine Kooperation von Bauunternehmern, Fliesenlegern, Installateuren und Malereibetrieben komplett aus einer Hand angeboten werden.

Durch derartige Zusammenschlüsse lässt sich auch der Einsatz moderner Produktionstechniken besser finanzieren und steuern. Eine zunehmende Verlagerung der gemeinsamen Produktion in die Halle kann eine gemeinsame, höhere Wertschöpfung bei steigender Qualität und schnellerer Ausführung durch parallele Fertigung haben. In weiteren Schritten könnte dann die gemeinsame Fertigung zunehmend modernisiert und automatisiert werden. Durch derartige Kooperationen werden für alle Partner neue und größere Projekte möglich, gemeinsame Investitionen ermöglichen es den einzelnen Partnern bei geteiltem Risiko, technologisch Schritt zu halten.⁶²

Diagonale Kooperationen sind Mischformen der beiden zuvor genannten Kooperationsformen, nämlich Verknüpfungen von unternehmerischen Aktivitäten zwischen Partnern unterschiedlicher Branchen, die sich durch die Kombination ihrer Produkte und Leistungen ergänzen. Sie sind besonders zum Aufbau konzentrierter Systemanbieterleistungen geeignet, indem sie verschiedene Teilleistungen zu einem ganzheitlichen Programm zusammenfügen. Die Kooperationen finden hier unter verschiedenen Zielrichtungen und auf verschiedenen Ebenen statt. Die schnittstellenübergreifende Zusammenarbeit trägt zur kostenrelevanten Effizienzsteigerung und zur Erzielung von Zeit- und Know-how-Vorteilen bei.

Voraussetzungen für den Erfolg von Kooperationen:

- **Flexibilität**

Träge Hierarchiegeflechte müssen bei diesen Projektcharakteren vermieden werden, da sonst die angestrebten Wettbewerbsvorteile nicht realisierbar sind.

- **Sicherheit**

Die Kooperationspartner haben in der Regel ein hohes Sicherheitsbedürfnis, um vor einem einseitigen Wissenstransfer geschützt zu werden. Aus diesem Grund ist Vertrauen die Basis für eine erfolgsversprechende langfristige Zusammenarbeit. Es ist deshalb sinnvoll, die Kooperationspartner bei Missachtung vorhandener Verhaltensregeln mit entsprechenden Gegenmaßnahmen zu konfrontieren.

⁶² vgl. Beck, Kosteneffiziente Netzwerkkooperationen

- **Kooperationsdauer**

Das zuvor aufgeführte Sicherheitsbedürfnis kann nur durch langfristige Kooperationen gewährleistet werden. Der Anspruch des gegenseitigen Lernens und der Erzielung stetiger Verbesserungen lässt sich nur in einer projektübergreifenden Zusammenarbeit realisieren, da nur dann ein Interesse besteht, sich gegenseitig durch den Austausch vorhandener Ressourcen zu stärken

- **Unterschiedliche Betriebsgrößen**

Etwaige Unterschiede in den Unternehmensgrößen der Kooperationspartner dürfen nicht dazu führen, dass einzelne Unternehmen versuchen, übermäßigen Einfluss auf ihre Partner auszuüben. Alle Beteiligten müssen an der Wertsteigerung beteiligt sein. Ferner muss berücksichtigt werden, dass die Kooperationspartner keine externen Lösungen für innerbetriebliche Probleme erwarten können, sondern bereits beim Zusammenschluss erfolgreich restrukturiert sein müssen.

Phasen des Kooperationsaufbaus:

1. **Evaluierung der Partner:** Bei der Auswahl potentieller Kooperationspartner muss der Hauptunternehmer darauf achten, dass die einzelnen Partner möglichst gut zueinander passen.
2. **Vorbereitungsphase:** Nach der Evaluation potentieller Kooperationspartner müssen geeignete Unternehmen ausgewählt werden. Dabei erfolgt die Bestimmung der Richtung und des Intensitätsgrades der Kooperation in Abhängigkeit von der verfolgten Zielsetzung. Aufbauend auf die jeweils verfügbaren Ressourcen wird gemeinsam eine Strategie zur Erschließung kooperationsimmanenter Wertsteigerungspotentiale entwickelt.
3. **Etablierungsphase:** Innerhalb dieser Phase wird ein effektives System- und Schnittstellenmanagement entwickelt, um kooperationsbedingte Reibungsverluste zu minimieren. Eine Kompetenzidentifikation ist erforderlich, damit die Unternehmensgrenzen der an einer Bauaufgabe Beteiligten nicht zu effizienzzehrenden Barrieren werden, sondern dem schnittstellenübergreifenden Know-how-Transfer dienen.
4. **Synergiephase:** In dieser Phase erfolgt die Zusammenführung komplementärer Leistungsangebote der einzelnen Kooperationsunternehmen zu einem integralen Systemangebot. Innovationspotential, hohe Prozesseffizienz und Differenzierung des Angebotes sollten durch Kooperationsformen verwirklicht werden.

3.13 Vom Bauteilhersteller zum Systemanbieter und das System „Homes (24)“

Diagonale Kooperationen ermöglichen eine neue Rolle der Vorfertigungsbetriebe. Sie werden vom Bauteilhersteller zum Systemanbieter. In diesem Kapitel wird modellhaft gezeigt, wie diese Gemeinschaft aussehen könnte.

Die Koordinatoren

Zunächst wird ein Koordinator benötigt, der die Aufgabe hat, die geeigneten Partner zusammenzuführen und die Auswahl der Unternehmen in Abhängigkeit mit den Konstrukteuren zu treffen. Der Koordinator sollte stets die Produktidee vor Augen haben, um bei der Evaluierung der potentiellen Partner schon deren Aufgabe im Projekt zu definieren. Ideale Koordinatoren haben einen starken Bezug zur Praxis und zeichnen sich durch den nötigen Gesamtüberblick aus. Dafür könnte man sich eine Forschungseinrichtung in Zusammenarbeit mit einem geeigneten Architektur- oder Ingenieurbüro vorstellen.

Die Konstrukteure

Um ein Bausystem zu entwickeln, bei dem die unterschiedlichen Unternehmen in einer weitgehend parallelen Wertschöpfungsstufe integriert werden können, bedarf es Konstrukteuren, die über die verschiedenen Möglichkeiten in der Vorfertigung bescheid wissen. Das System sollte sich sehr stark nach dem Bedarf am Markt orientieren und dadurch kundennah sein. Diese Konstrukteure könnten entweder eine aus einer vertikalen Kooperation entstandene Allianz von Ingenieuren sein oder im wissenschaftlichen Bereich aus einer Forschergemeinschaft bestehen, die in einem gemeinsamen Projekt aus Forschung und Wirtschaft das Produkt entwickelt.

Ihre wesentliche Aufgabe besteht darin, die am Markt vorhandenen Bauteile und Einzelsysteme, so zu verbinden oder teilweise zu modifizieren, dass dabei ein möglichst hoher Vorfertigungsgrad der einzelnen Bauteile entsteht. Dabei sind die Probleme der unterschiedlichen Genauigkeiten und die einheitliche Verbindungstechnik zu lösen. Neue Montagekonzepte und Verbindungsmittel sind einzusetzen. Dabei müssen die vorhandenen Fertigungssysteme und die Automatisierungsmöglichkeiten in den Unternehmen, im Sinne einer flexiblen, automatisierten Fertigung auf deren Einsatzfähigkeit überprüft werden.

Ziel der Konstruktionssysteme muss es sein, dass entgegen dem derzeitigen Stand am Bau, möglichst weit vorgefertigte Bauteile auf die Baustelle geliefert werden. Die in den Fertigteilverken hergestellten Produkte müssen das übliche Stadium der Rohbauteile verlassen und sich zu Systembauteilen mit hoher Fertigungstiefe weiterentwickeln.

Die Unternehmen

Entsprechend dem gemeinsamen Ziel, werden die Kooperationsunternehmen gewählt. Das bedeutet, dass die Partner stark vom Produkt, bzw. von der Bauweise abhängen. In der Vorbereitungsphase werden die Möglichkeiten innerhalb der einzelnen Unternehmen geprüft und deren wirtschaftliche Beteiligung ermittelt und vertraglich geregelt. Diese Verträge sollten möglichst beweglich sein, um auch bei Veränderungen des Systems das

Gesamtvorhaben nicht zu gefährden. Anschließend werden bei der Kompetenzidentifikation die jeweiligen Aufgaben und Zuständigkeiten verteilt. Die Entwicklungsarbeit kann beginnen.

Das System

Beim erfolgreichen Ergebnis entsteht eine Systembauweise, die zum einen durch verschiedene Patente geschützt ist, zum anderen aber eben durch die Weiterentwicklung der Rohbauteile zu systemtauglichen Elementen einige erhebliche Vorteile gegenüber den Konkurrenzprodukten haben wird.

1. Die systemtauglichen Elemente werden durch einen leistungsfähigen Unternehmensverbund breiter angeboten und mit gemeinsamen Kräften vermarktet.
2. Sie werden die Bauzeit erheblich verkürzen.
3. Die Wertschöpfung der einzelnen Unternehmen am Produkt erhöht sich durch die Gewerkeintegration bei der parallelen Fertigung.
4. Durch die schnelle Montage erhöht sich die Verfügbarkeit des Produktes Haus.
5. Die Elemente werden durch die Vorfertigung im Werk eine höhere Qualität haben.

Durch die diagonale Kooperation kann die angebotene Dienstleistung erhöht werden, das heißt durch eine gemeinsame Projektentwicklung und Planung, können zusätzliche Aufträge schon vor den üblichen Ausschreibungsverfahren entstehen. Durch die Fertigungsgemeinschaft werden kapitalintensive Anlagen aufgrund der zusätzlichen Fertigung besser ausgelastet. Derzeit beklagte Überkapazitäten können verringert werden. Durch eine neue Kundenorientierung und ein gemeinsames Marketing können sich diese neuen Systeme am Markt etablieren.

Kundenorientierung - neues Marketingbewusstsein - neue Aufgaben

Um das Image der Fertighäuser und der Vorfertigung zu verbessern, sollten stärkere Aktivitäten im Bereich Kundenaufklärung betrieben werden. Dazu gehört es nicht nur die ohnehin interessierten Kunden durch die Werke, vorbei an mehr oder weniger modernen Fertigungsanlagen zu führen, sondern es sollten gezielte Aktivitäten in Tageszeitungen, Konferenzen und in der Werbung stattfinden, die die Vorteile moderner Planungs- und Fertigungsmethoden darstellen. In gemeinschaftlichen Testzentren sollte nicht nur getestet werden, sondern diese Einrichtungen könnten für ein breites Publikum als Marketinginstrument genutzt werden.

Auch durch gemeinschaftliche Marketingkonzepte und PR-Aktivitäten über Info-Broschüren, Rundfunkwerbung, Informationsveranstaltungen, Anzeigenkampagnen, Direkt-Mail-Aktionen, Bauherrentagen, Fernsehen, Internet, Abendveranstaltungen etc. sollte das Nachfragepotential und das neue Qualitätsbewusstsein geweckt werden.

Fertigungsorientierte Planung und Entwurf beim Bauen mit integrierten Systemen

Der Entwurf bestimmt nicht nur das ästhetische Erscheinungsbild eines Gebäudes, sondern auch dessen Erstellungs- und Betriebskosten, die Ausführungs- und Nutzungsqualität. Während des Entwurfsprozesses werden bereits zwei Drittel der gesamten Baukosten determiniert. Entwurfsänderungen während der Bauphase bedeuten meist eine starke Erhöhung der Baukosten. Aus diesem Grund sollte speziell die Planungsphase sorgfältig ausgeführt werden.

Darüber hinaus ist speziell beim Bauen mit komplett vorgefertigten Systembauteilen der Entwurf von Gebäuden und Bauteilen entscheidend für die Machbarkeit schlechthin. Durch die eingeschränkte Sensorik und Beweglichkeit gegenüber manueller Erstellung muss der Entwurf den speziellen Bedürfnissen der automatisierten Fertigung und der Handhabung bei der Montage Rechnung tragen.

Bei der Erstellung eines Gebäudes wird ungefähr zwei Drittel der Produktionszeit für Montageaufgaben verwandt. Aus diesem Grund kann die Effektivität durch den Entwurf von montagefreundlichen und speziell für die automatische Montage geeigneten Bauteilen am stärksten erhöht werden. Hierzu sollen im Folgenden verschiedene wichtige Aspekte aufgezeigt werden.

Integrierte Vorgehensweise

Bei einem montagegerechten Entwurf darf die spätere Nutzung und Funktionalität nicht aus den Augen verloren werden. Deshalb ist eine enge Zusammenarbeit von Ingenieuren und Architekten notwendig, um alle Aspekte gleichermaßen berücksichtigen zu können. Funktionalität und Ästhetik sowohl in der Bau- wie in der Nutzungsphase müssen gewährleistet sein.

Bauteilbeschreibung

Schon in einer frühen Planungsphase muss nicht nur die Geometrie der Bauteile exakt beschrieben werden, auch deren physikalischen Eigenschaften sowie die funktionalen und geometrischen Beziehungen untereinander müssen von vornherein klar definiert werden, um eine spätere automatische Bearbeitung zu ermöglichen. Hierzu ist in jedem Fall eine elektronische Darstellung zu wählen, um den Informationsfluss computerintegriert von der Planung bis zur Produktion zu gewährleisten. Soweit möglich, sollten die Informationen explizit abgelegt werden, was bei einer kleinen Anzahl von standardisierten Modulen durchaus machbar ist. Durch die große Zahl von benötigten Repräsentanten dieser Standardmodule ist auch eine implizite Beschreibung der Beziehungen der Elemente untereinander vorstellbar, aus der die benötigten Informationen jeweils vom Computersystem (z.B. durch prozedurale oder Expertensysteme) generiert werden.

Bauteilhierarchie

Durch einen hierarchischen Ansatz bei der Einteilung des Gebäudes in einzelne Subsysteme und durch die Bildung von Teilefamilien wird nicht nur die Beschreibung und Planung erleichtert, auch alle nachfolgenden Schritte profitieren von einer klaren Produkthierarchie und von klaren Beziehungen der Teile untereinander. Einen weiteren

Vorteil bietet ein hierarchischer Aufbau bei der Standardisierung der Bauteile und ihrer Schnittstellen.

Standardisierung und Modularität

Eine der wichtigsten Voraussetzungen für die Automatisierung ist eine Standardisierung der Bauelemente und eine Beschränkung auf wenige, einfache Komponenten, bei denen durch geeignete Kombinationen die gewünschte Funktionalitäten geschaffen werden können. Dabei muss ein besonderes Augenmerk auf die Normung der Schnittstellen gelegt werden, um eine strenge Modularität und Austauschbarkeit zu gewährleisten.

Fügetechnologie

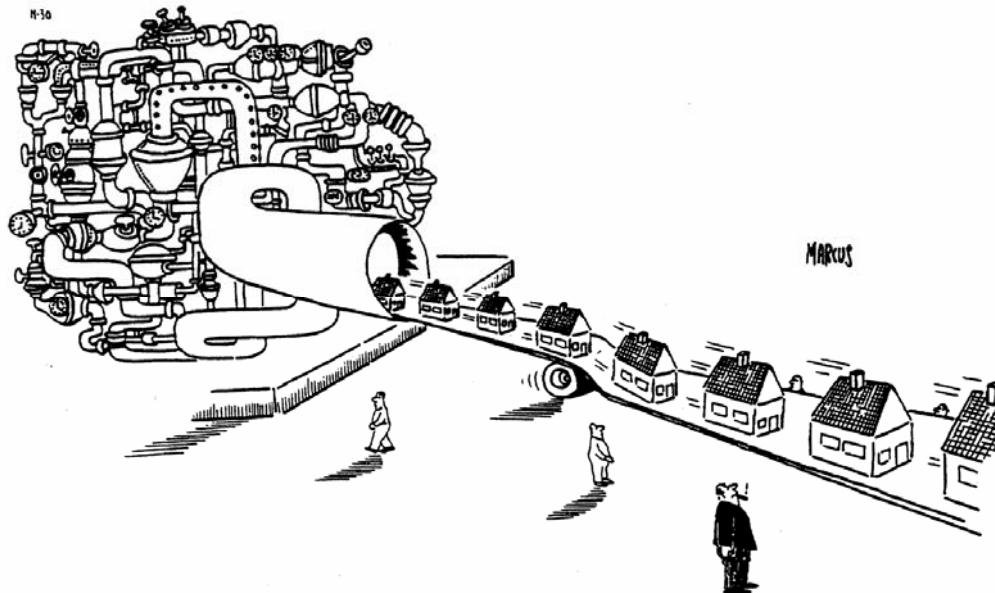
Ein weiterer Aspekt der Montageautomatisierung ist die richtige Auswahl der Fügetechnologie für den speziellen Anwendungsfall. Dabei muss die Gestaltung der Bauteile und die gewählte Fügetechnologie aufs Sorgfältigste aufeinander abgestimmt sein. Kompliziertes Design (passive Selbstzentrierung) von Bauteilen erleichtert wesentlich die Justierung von Komponenten. Auch das geschickte Verwenden von Symmetrien bzw. gewollten Asymmetrien begünstigt die schnelle Erfassung und Orientierung von Teilen. Die farbliche Kennzeichnung von Medienverbindern sollte Verwechslungen und damit Fehlmontagen ausschließen.

Genauigkeitssysteme

Durch die Untersuchung von Genauigkeiten verschiedener Subsysteme und deren Auswirkung auf die Montage und Qualität des Gesamtsystems müssen kritische Punkte aufgespart und durch Redesign der beteiligten Strukturen verbessert werden. Alle Bauteile müssen sich wie beim Fahrzeugbau auf ein Zentrum beschreiben lassen. Die Montagefolge muss daher die mögliche Addition von Toleranzen berücksichtigen oder vermeiden.

3.14 Zusammenfassung und Ausblick

“Homes (24)“ - Bauen und Einziehen in 24 Stunden -



Von den meisten der führenden Holzhausherstellern wird im Rahmen einer Umfrage bestätigt, dass Entwicklungen, die zu einer Erhöhung des Vorfertigungsgrades und damit zu Verkürzungen der Bauzeiten führen, wesentlich zur Steigerung des Holzhausabsatzes beitragen könnten.

So genannte »Fertighaus«- Hersteller sind schon heute in der Lage, innerhalb kürzester Zeit einen fortgeschrittenen, regendichten Rohbau zu erstellen.

Die praktizierte Gewerketrennung während des nachfolgenden 4-bis 6-wöchigen Ausbaus relativiert dann allerdings das Anfangstempo. Das größte Potenzial ist deshalb in einer maximalen Gewerkeintegration in der Vorfertigungsphase zu sehen.

Die Montage von fertigen, großmaßstäblichen Elementen, die keiner weiteren Nachbearbeitung auf der Baustelle bedürfen, ist bislang kaum anzutreffen. Statt dessen arbeitet dort eine Vielzahl

von Handwerkern in aufeinanderfolgenden Arbeitsschritten, die in teilweise komplizierten zeitlichen Abhängigkeiten stehen.

Die Kette der sequentiellen Fertigung zu durchbrechen, um das Bauen in einen parallelen Fertigungsprozess zu überführen, stellt die Herausforderung für den Fertighausbau dar. Als Vorbild hierfür kann die Automobilindustrie gelten, in der die zeitgleiche Pro-

duktion verschiedener Baugruppen, verteilt auf viele Zuliefererbetriebe, bereits selbstverständlich geworden ist.

Entscheidend für solche Fertigungsprozesse ist eine optimale Koordination der Schnittstellen zwischen den einzelnen Baugruppen. Hierbei ist neben der Einhaltung von bestimmten Fertigungstoleranzen auch auf die einfache Handhabung aller Verbindungselemente zu achten.

Die Produktionsvorteile lassen sich nur dann wirklich nutzen, wenn für den Moment des Zusammenfügens nicht wieder Spezialisten der beteiligten Gewerke notwendig werden.

So soll es in Zukunft möglich werden, Gebäude bereits 24 Arbeitsstunden nach Baubeginn bewohnen zu können. Die ersten sogenannten „Homes (24)“ werden derzeit basierend auf den hier vorgestellten Innovationen in der Montage- und Fertigungstechnik systemen. Mit dem Bau des ersten Schnellbauhauses ist im Frühjahr 2005 zu rechnen.

Gegenüber den herkömmlichen Bau- und Montageverfahren wird das Bausystem „Homes (24)“ in verschiedenster Hinsicht überlegen sein:

Geschwindigkeit:

- Die Bauzeit auf der Baustelle wird enorm reduziert. Auch kleine und mittlere Unternehmen werden unabhängiger von Jahreszeit und Wetter. Die vorkonfektionierten Installationssysteme lassen sich im Werk schnell und einfach einbauen. 100% Vorfertigung möglich. Unproduktive Zeiten von bis zu 20 % bei konventionellen Baustellen werden gegen null reduziert.

Kostenvorteil:

- Die Verkürzung der Montagezeiten beinhalten ein großes Einsparungspotential. Die Zwischen-finanzierungskosten und Doppelmiete für die Bauherren entfallen. Die Kosten der Mängelbeseitigung entfallen.
- Die Lebenszykluskosten werden durch einfache Demontage und Entsorgung gesenkt.

Qualitätssteigerung:

- Alle Komponenten und Subsysteme wie Installationen und Haustechnik werden bereits im Werk eingebracht. Ähnlich dem Fahrzeugbau werden Zulieferer zu Systemlieferanten, die eine gleichbleibende Qualität sichern.
- Ein durchgängiges Qualitätsmanagement wird nur in der industriellen Vorfertigung möglich. Die Bauteile verlassen das Werk einzeln auf alle Funktionen geprüft.
- Die Baustellen werden zum Ort der Endmontage. Das Bauen wird sauber, genau, qualitativ.
- Das Unfallrisiko auf Baustellen sinkt.

Umweltfreundlichkeit:

- Die Baustellen werden sauber und frei von Lärmemissionen.
- Die Mülltrennung im Werk ist problemlos durchführ- und kontrollierbar.
- Die Vorkonfektionierung der Installationen hilft Reststoffe zu vermeiden.
- Die zerstörungsfreie Demontage ermöglicht den sauberen Rückbau und die kontrollierte Wiederverwertung der Baustoffe beim Hersteller.

Mit diesem neuen Bauverständnis könnte es gelingen, in Zukunft eine völlig neue Qualität des Bauens zu erreichen. Dies reicht von Veränderungen im Detail bei der eigentlichen Bauteilherstellung bis zur veränderten Logistik im Fertigbau sowohl im Werk als auch auf der »Baustelle«. Die Wertschöpfung in der Vorfertigung wird durch eine größere Fertigungstiefe erhöht. Ähnlich dem Fahrzeugbau werden Subunternehmer und Bauteillieferanten einzelner Gewerke im Verbund zu Systemlieferanten ganzer Ausbaumodule. Mit der veränderten Struktur wird sich das Baugewerbe im Bereich des Ein- und Zweifamilien Hausbaus so stark verändern, dass hier ein industrialisierter Massenmarkt entstehen kann.

Darüber hinaus könnten sich für Fertighaushersteller neue Möglichkeiten des Exports entwickeln. Derzeit sind diese Firmen überwiegend regional tätig, was zum einen mit den Transportkosten zusammenhängt, aber auch mit der Tatsache, dass für die Montage vor Ort im Moment ein qualifiziertes Team über 2–6 Wochen beansprucht wird, weil nur veredelte Rohbauteile auf die Baustelle geliefert werden können.

Beim „Home (24)“ soll die Endmontage auf das Zusammenstecken und die Finisharbeiten innerhalb von 24 Stunden reduziert werden.

Dabei können kleinere und mittlere Betriebe als Subunternehmen für große Vorfertigungsbetriebe eintreten, was eine breite Produktpalette und somit eine hohe Gestaltungsfreiheit entsprechend der individuellen Kundenwünsche sichert. Als weiteres Einsatzgebiet solcher steckbaren Gebäudesysteme könnten Notunterkünfte für Krisen- und Katastrophengebiete entwickelt werden. Auf diese Art und Weise konstruierte Gebäude können binnen Tagen ausgestattet mit voll funktionsfähigen Komponenten an deren Einsatzort gebracht werden, wärmeisoliert und beheizt, flexibel in der Ausstattung und im Standard.

Von besonderer Bedeutung ist die absolut zerstörungsfreie Demontierbarkeit der Bauteile nach der jeweiligen Lebens- oder Nutzungsdauer des Gebäudes. Gebäude oder Gebäudeteile können wiederverwendet bzw. vom Hersteller, ähnlich den Entwicklungen im Automobilbau, rückgeführt und kontrolliert recycelt werden.

Durch die Weiterentwicklung dieser systembauweise soll es gelingen die sogenannten „HOMES (24)“ zu entwickeln, die als High-Tech Fertighäuser neue Qualitätsstandards setzen könnten.

Bestimmte Haustypen, v.a. Reihenhäuser und Einfamilienhäuser, weisen optimale Voraussetzungen für Kostensenkungspotentiale durch Standardisierung und Serienproduktion auf.

Die Möglichkeiten durch Kombination der Bauelemente eines “Homes (24)“ Systembaukastens müssen auch bei der Oberflächengestaltung und Farbauswahl so groß sein, dass Vielfalt, Unverwechselbarkeit und Individualität erreicht werden können.

Das “Homes (24)“ Baukasten-System könnte in einem weit größeren Umfang realisiert werden in dem die Prinzipien über die reinen Bauteile hinaus auch für Ausstattung und technischen Ausbau angewendet werden. Ganze Gruppen von Räumen, als Raumaggregate, könnten kombinationsfähige Element bilden. Das Prinzip besteht darin, zunächst die Elemente des Baukastens, die Bausteine, zu definieren, und sie dann nach bestimmten Regeln zu kombinieren. Die Zahl der möglichen Zusammenstellungen muss so groß sein, dass dem Kunden eine auf ihn persönlich zugeschnittene, praktisch individuelle Lösung angeboten werden kann.

Ziel ist es, Baukästen für “Homes (24)“ Haustypen zu entwickeln, die aufgrund ihrer Flexibilität für verschiedenste Nutzergruppen geeignet sind: Für Alleinstehende, ältere Ehepaare, junge Familien, Heimarbeiter oder Behinderte. Sie müssen so flexibel sein, dass sie im Laufe der Nutzung an die funktionalen und finanziellen Bedürfnisse und an die Familienentwicklung ohne Pressionen anpassbar sind. Voraussetzung dafür sind profunde Kenntnisse der Bauunternehmen bezüglich der Bedarfsstruktur des Marktes.

Eine stärkere Differenzierung des Vertriebsprogramms kann sinnvoll sein, damit ohne besonderen Aufwand sowohl sehr unterschiedliche Häuser als auch ein breites Spektrum an Dienstleistungen angeboten werden können. Ein Unternehmen sollte in der Lage sein, sowohl das „Total-Angebot“ für ein eingerichtetes, vom eingesäten Garten umgebenes Haus als auch für ein System-Bausatz-Haus offerieren zu können.

Alle Bauteile sollten so beschaffen sein, dass sie möglichst schnell, unkompliziert und zuverlässig ohne langwierige Nacharbeiten zum fertigen Gebäude zusammengesteckt werden können. Dies ist um so leichter zu realisieren, je besser möglichst viele dieser Teile in ihrer geometrischen Form und in ihren Anschlüssen aufeinander abgestimmt sind und zusammenpassen. Alle diese aufeinander abgestimmten Teile, aus denen dann ein komplettes industriell hergestelltes Gebäude besteht, gehören einem Baukastensystem an, das selbst wieder mehrere Sub-Bausysteme für verschiedene Funktionen umfasst.

Es wird ein “Homes (24)“-Katalog von Teilen konzipiert werden, die jeweils in mehreren Größen und Beschaffenheiten hergestellt werden können, so dass beispielsweise alle Stützen verschiedener Längen dann mit allen Unterzügen und diese mit allen Deckenplatten verschiedener Spannweiten und Größen kombiniert werden können. Aus den Elementen eines Baukastensystems lassen sich so Gebäude ganz verschiedener Größe und Formen errichten, denen stets die Konstruktion und wesentliche Details gemeinsam sind.

Als neue Marktstrategie unter dem Begriff „Homes (24)“ könnten unterschiedliche technologische und konstruktive Konzepte zur Produktentwicklung umgesetzt werden.

Übergeordnete strukturelle Veränderungen und baupolitische Zielsetzungen

In den einzelnen Kapiteln wurden Produktideen und Systeme beschrieben, die im Rahmen dieser Arbeit entwickelt wurden, um dem Ziel der industriellen Herstellung von Wohnbauten nicht nur in der Theorie näher zu kommen. Die Komplexität der Baukonstruktionen im einzelnen, bedingt durch die Materialvielfalt und die Vielfalt existierender "Systeme", macht es erforderlich Strukturen und Prozesse zu definieren, die sehr viel allgemeingültiger und adaptierbar sind. Dazu sind Strukturen und Überlegungen erforderlich, die über das eigentliche Planen und Bauen, über die technischen Belange hinaus bis zur Innovationspolitik eines Landes gedacht werden müssen, um grundsätzliche Veränderungen in der Bauwirtschaft einzuleiten, die sich durch alle Prozesse des Bauens ziehen und sich in den Betrieben wie in den technischen Innovationen niederschlagen.

Aufgrund der Komplexität dieser grundsätzlichen Erneuerung und der Verflechtung der Bauwirtschaft mit anderen Branchen bedarf es einer übergeordneten Betrachtung und einer strategischen Ausrichtung. Es muss heute mit der Forschung und Entwicklung dieser Strukturen und Strategien begonnen werden, damit auch noch im 21. Jahrhundert die internationale Wettbewerbsfähigkeit und die Exportfähigkeit der deutschen Bauindustrie als Voraussetzung der Verbesserung der Arbeitsverhältnisse im Bauwesen, wie auch als Basis für den Lebensstandard unserer Gesellschaft, erhalten bleiben.

Damit dieses Ziel erreicht werden kann, bedarf es langfristiger Unternehmensstrategien und Finanzierungsmöglichkeiten, der Aufgeschlossenheit von Bildungseinrichtungen, der Verbände und Kammern und der Unterstützung der Politik.

Im allgemeinen braucht ein Unternehmen oder eine Nation große Visionen und Ziele, mit denen sich die Mitarbeiter identifizieren können. Diese Corporate Identity fehlt in vielen Betrieben. Dennoch gibt es gewaltige Aufgaben zu bewältigen, da wir uns derzeit in einem tiefgreifenden Strukturwandel befinden. Dieser reicht von den "Neuen Technologien" über den "Außenhandel" bis hin zur "Werteverschiebung" in der jungen Generation. Deshalb müssen wir uns öffnen für neue Ideen und gute Ideen erkennen und fördern, um dazu beizutragen, dass diese Innovationen von heute den Wohlstand von morgen sichern.

Durch die gefallenen Wirtschaftsgrenzen in Europa muss auch der Handel in völlig neuen Dimensionen denken. Er ist gewissermaßen das Spiegelbild geographischer Mobilität der Produktion geworden. Zu einem der wichtigsten Handelsgüter ist der Fluss technologischen Wissens über unsere Landesgrenzen hinweg geworden. Bislang konnten Flexibilität und Dynamik in der Wirtschaft überwiegend durch großen persönlichen Einsatz und Opfer der Mitarbeiter erzielt werden.

Es sind neue Wege und Konzepte gefragt, die zu einer neuen Übereinkunft zwischen den Sozialpartnern führen sollen. Dabei werden Konzepte für eine technische Entwicklung und eine Politik benötigt, die nicht nur betriebswirtschaftlich-technischen Gesichtspunkten gehorchen, sondern eher volkswirtschaftlichen, bildungspolitischen, sozialen, ethischen

und ökologische Werten folgt. Nur durch einen ganzheitlichen Ansatz können langfristig die Herausforderungen an den Sozialstaat als Hochlohnland bewältigt werden.

Zur Förderung und Unterstützung der Innovationskraft der Bauwirtschaft sowie zur langfristigen Marktsicherung im Rahmen der Europäischen Union muss die Bauforschung deutlich erweitert und vor allem effektiver und zielgerichteter werden. Sie muss auch am direkten praktischen Bedarf der Unternehmen orientiert sein und nachhaltige Produktivitätssteigerungen bewirken. Eine Bauforschung, die hilft, Bauzeiten und Lohnstückkosten zu senken, erhöht auch im internationalen Rahmen die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen, erlaubt eine bessere Bedarfsdeckung potentieller Bauherren, vergrößert damit das Marktvolumen und schafft zusätzliche Arbeitsplätze in der Bauwirtschaft selbst sowie in den anderen Wirtschaftsbereichen, wie z.B. im Baumaschinenbau, in der Mikroelektronik usw.

Gemessen am gesamten Bauumsatz ist die Bauforschung in der Bundesrepublik Deutschland im Vergleich zur Bauforschung z.B. in Japan extrem gering ausgeprägt. Erforderlich ist deshalb unbedingt und kurzfristig ein öffentliches und bedarfsnahes sowie wirtschaftsnahes Bauforschungsprogramm, das die Bauindustrie geordnet durch den Strukturwandel führen soll.

Dazu muss ein baupolitisches Programm zukunftsweisend ganzheitlich angelegt sein und als umfassend die Ressortgrenzen einzelner beteiligter Ministerien überwinden. Durch die Integration bestehender Teilprogramme muss es mit einem entsprechend großen Finanzvolumen ausgestattet sein, das im Rahmen eines zuverlässigen mittel- und längerfristigen Programms kontinuierlich abgewickelt wird.

Die öffentliche Finanzierung sollte sich auf die Grundlagenforschung für praktische Problemstellungen und auf eine zeitlich begrenzte Anschubfinanzierung für risikoreiche Modell- und Entwicklungsvorhaben konzentrieren.

Das Programm muss gesellschafts- und bedarfsorientiert ausgerichtet sein und dementsprechend die Arbeitnehmer- und Arbeitgeberinteressen bei der inhaltlichen Ausrichtung, Schwerpunktbildung und Durchführung einbeziehen. Dieses Programm soll zu einem unternehmensnahen, kooperativen Netz der Bauforschung führen, das auch international die Zusammenarbeit und Abstimmung einschlägiger Institutionen beinhaltet. Damit sollen gleichzeitig ein nationaler wie internationaler Erfahrungsaustausch und Technologietransfer gesichert werden.

Um einen solchen internationalen zukunftsweisenden und marktorientierten Bauforschungsverbund praxisgerecht zu gewährleisten, sollen auf der Basis vorgeschalteter Gesellschaftsanalysen die Forschungsaufgaben und -themen definiert werden. Wichtige aktuelle Aufgaben liegen in den Feldern Integrationssysteme für die Vorfertigung, Baustellenfertigung, Instandhaltung, Umbau, Rückbau, Entwicklung angepasster Techniken, kostengünstiger Wohnungsbau, Informationsmanagement und Prozessgestaltung, sowie Umweltschutz und Bauschuttrecycling.

Modelle neuer Berufsbilder und Beziehungen zwischen den Sozialpartnern

Eine neue Qualität der Übereinkunft der Zusammenarbeit der Sozialpartner wird benötigt. Voraussetzungen dafür sind ein gesellschaftlicher und betrieblicher Entscheidungsfindungsprozess und ein kollektives Verantwortungsbewusstsein aller am Entscheidungsprozess Beteiligten. Die Zielsetzung ist dabei, statt der menschlichen Muskelkraft eher die geistige Arbeitskraft zu mobilisieren. Langfristig gesehen bleibt uns gar nichts anderes übrig, da ein Hochlohnland nur durch intelligente Produktionssysteme bestehen kann.

Wenn Technikeinsatz, Strukturwandel und Innovation nur aus betriebswirtschaftlichen Gründen mit Rationalisierung und Arbeitsplatzverlust erreicht werden, dann wird das gesamte Sozialsystem früher oder später zusammenbrechen. Der Mensch, sein Ideenreichtum, seine Kompetenz und Qualifikation, sein Verantwortungsbewusstsein und sein Beitrag zum kollektiven Entscheidungsfindungsprozess gehören deshalb in den Mittelpunkt zukunftsorientierter Produktionskonzepte.

4.0 Literaturverzeichnis

Bücher

- (1) Ausbaudetails im Betonfertigteilbau, Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e.V., Bonn, 1993
- (2) Baus, Ursula: Architekten: Apokalypse now? - Die Veränderung eines Berufsbildes, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart, 1997
- (3) Bauen mit Systemen, Thomas Schmid / Carlo Testa, B1969, Verlag für Architektur, Zürich
- (4) Benson, Tedd: The Timberland-Frame Home - Design, Construction, Finishing, The Tauton Press, Newtown, USA, 1997
- (5) Bullinger, Warschat: Forschungs- und Entwicklungsmanagement, B. G. Teubner, Stuttgart, 1997
- (6) Bundesstelle für Außenhandelsinformation: Geschäftspartner Japan, Köln, 1996
- (7) Bundesverband Deutscher Fertigbau e.V.: Fertigbau-Bilanz 1996/97 - Ein Aus- und Rückblick, Bad Honnef
- (8) Carpenter, William J.: Learning by Building – Design and Construction in Architectural Education, Van Nostrand Reinhold, New York, 1997
- (9) Corporate Process Architecture, Industriebau in der postindustriellen Gesellschaft, Lutz Weißer, Springer-Verlag, 2001, Berlin Heidelberg
- (10) Einfamilienhäuser in Stahlbauweise B1961, H. Odenhausen Bayerisches Staatsministerium des Innern – Oberste Baubehörde: Wohnungen in Verlag Stahleisen m.b.H., Düsseldorf
- (11) Einfamilienhäuser in den USA 1962, H. Borchardt, V. Traub, Verlag Georg D. W. Callway
- (12) Fritzen, Kleinen, Lewitzki, Lips-Amb, Walloschke, Wossnig: Handbuch, Holzrahmenbau-Praxis - Planung, Beispiele, Kosten, Bruderverlag, Karlsruhe, 1995
- (13) Gestaltete Umwelt, Werkbundausststellung 1961, Hanover, Schadereck, Helmut; Frenzel, Reinhard

- (14) Holzbauweise – Wohnmodelle Bayern Band 2, Karl Krämer Verlag, Stuttgart/Zürich, 1997
- (15) Haefele, Gottfried; Oed Wolfgang; Sambeth Burghard M.: Baustoffe und Ökologie, Ernst Wasmuth Verlag, Berlin, 1996
- (16) Hueges, Theodor: Materialien zu Baukonstruktion und Baustoffkunde 1996, München, 1996
- (17) Jaime Salazar, Manuel Gausa, 1999, Single Family Housing The private Domain Stuttgart, Birkhäuser ACTAR, Basel, Boston, Berlin
- (18) Junghanns, Kurt: Das Haus für alle - Zur Geschichte der Vorfertigung in Deutschland, Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH, 1994
- (19) Kolb, Josef: Systembau mit Holz, Baufachverlag AG Zürich, Dietikon, 1995
- (20) Konrad Wachsmann und Einsteins, Sommerhaus in Caputh, Caputh, Am Kraehenberg 19c, 200
- (21) Konrad Wachsmann Wendepunkt im Bauen 1959, 1989, Dt. Verl.- Anst. Stuttgart
- (22) Konrad Wachsmann, Holzhausbau, Birkhäuser, Basel, Boston, Berlin 1995
- (23) Kotulla, Gropf: Industrielles Bauen - Bauwerke, expert verlag, Renningen-Malmsheim, 1994
- (24) Kotulla, Urlau-Clever, Kotulla: Industrielles Bauen - Grundlagen, expert verlag, Renningen-Malmsheim, 1992
- (25) Kotulla, Urlau-Clever: Industrielles Bauen - Fertigteile, expert verlag, Renningen-Malmsheim, 1994
- (26) Kühn, Christian: Stilverzicht - Typologie und CAAD als Werkzeuge einer autonomen Architektur, Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft GmbH, Braunschweig/Wiesbaden, 1998
- (27) Lotter, Bruno; Schilling, Werner: Manuelle Montage, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1994
- (28) Low Tech Light Tech High Tech Building in the Information Age, Klaus Daniels, 1998, Birkhäuser Publishers
- (29) Möller, Kalusche: Planungs- und Bauökonomie Band 2: Grundlagen der wirtschaftlichen Bauausführung, R. Oldenbourg Verlag GmbH, München, 1996
- (30) National Research Council: Building for Tomorrow – Global Enterprise and the

U.S. Construction Industrie, National Academy Press, Washington D.C., 1988

- (31) Pawley Martin 1980, Theorie und Gestaltung im zweiten Maschinenzeitalter, Blackwell Hd., GB – Oxfort
- (32) Peters, J. Thomas, Waterman H. Robert: Auf der Suche nach Spitzenleistungen - Was man von den bestgeführten US-Unternehmen lernen kann, mgv verlag, Landsberg am Lech, 1997
- (33) Pflugbeil, Markus: CAD Werkzeug des Architekten, Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden, 1995
- (34) Schmitt, Gerhard, Architektur mit dem Computer, Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden, 1996
- (35) Schraft, Rolf Dieter; Volz, Hansjörg: Serviceroboter - Innovative Technik in Dienstleistung und Versorgung, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg, 1996
- (36) Schüler Udo: CIM-Lehrbuch - Grundlagen der rechnerintegrierten Produktion, Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden, 1994
- (37) Seehrich-Caldwell, Anja: Starterhäuser, Karl Krämer Verlag, Stuttgart/Zürich, 1998
- (38) Spur, Günter: Fabrikbetrieb - Das System/ Planung/Steuerung/Organisation/ Information/Qualität/Die Menschen, Carl Hanser Verlag, München/Wien, 1994
- (39) Stamm-Teske Walter: Preis-werter Wohnungsbau 1990-1996 - Eine Projektauswahl Deutschland, Beton-Verlag GmbH, 1996
- (40) Wachsmann, Konrad: Holzhausbau - Technik und Gestaltung, Birkhäuser Verlag, Basel, Schweiz, 1995
- (41) Weber, Helmut; Hullmann Heinz: Porenbeton Handbuch, Bauverlag, Wiesbaden/Berlin, 1998

2.1. Zeitschriften

- (42) Arch+ 128: Architektur in Bewegung – Entwerfen am Computer, Arch+ Verlag GmbH, Aachen, 1995
- (43) BAUKULTUR – Technik, Wissenschaft, Kunst, Umwelt 1/1998: Industrialisiertes Bauen, Verlag Wiederspahn, Wiesbaden
- (44) Baumeister 5/1998: Doppelhäuser – zwei auf einen Streich oder alles halb so schlimm?, Callway Verlag, München, 1998

- (45) Bauwelt 45: Die neuen Werkzeuge, Bertelsmann Fachzeitschriften GmbH, Berlin, 1997
- (46) BW Bauwirtschaft – Das Baumagazin für Führungskräfte im Bauwesen, 5/1998, Bauverlag GmbH, Walluf, 1998
- (47) BW Bauwirtschaft – Das Baumagazin für Führungskräfte im Bauwesen, 11/1998, Bauverlag GmbH, Walluf, 1998
- (48) Detail 3/1998: Bauen mit Glas, Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH, München, 1998
- (49) Detail 5/1998: Bauen mit Systemen, Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH, München, 1998
- (50) Detail 6/1998: Dachtragwerke, Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH, München, 1998
- (51) FERTIGBAU-FORUM 1-2/1996: Verdichtetes Bauen in Fertigbauweise
- (52) FERTIGBAU-FORUM 3-4/1996: „Das junge Haus“ auf Deutschland-Tournee
- (53) FERTIGBAU-FORUM 1/1997: Fertigbau stärkt Vertrauen der Bauherren
- (54) FERTIGBAU-FORUM 2/1997: Gute Argumente für die Vorfertigung
- (55) FIB – Forum Intelligentes Bauen 5/1997: Tag des Deutschen Fertigbaus
- (56) MuM Magazin - März 1998, Mensch und Maschine Software Aktiengesellschaft, Wessling, 1998
- (57) PRODUKTION – Die Wochenzeitung für das technische Management 48/1998, moderne industrie verlag, Landsberg, 1998
- (58) Quadriga – Das Holzbau-Magazin für Architekt und Zimmermann, Nullnummer 1997, Castello Verlag, Haar/München, 1997
- (59) VDI-Z Integrierte Produktion VI/98: Werkzeug- und Formenbau, Springer-VDI-Verlag GmbH & Co. KG, Düsseldorf, 1998
- (60) ZIEGELINDUSTRIE INTERNATIONAL – Zeitschrift für die Ziegel-, Baukeramik-, Feuerfest- und Steinzeugröhren-Industrie 3/1998, Bauverlag GmbH, Wiesbaden, 1998

Forschungsberichte

- (61) Bredenbals Barbara; Willkomm, Wolfgang: Abfallvermeidung in der Bauproduktion, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1994
- (62) Bredenbals Barbara; Hullmann Heinz: Holtafelbauweise im mehrgeschossigen Wohnungsbau, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1996
- (63) Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau: Mehr Wohnungen für weniger Geld - Kostensenkung und Verringerung von Vorschriften im Wohnungsbau - Bericht der Kommission, Bonn, 1994
- (64) Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau: Kostensenkung und Verringerung von Vorschriften im Wohnungsbau - Materialband I zum Bericht der Kommission, Bonn, 1994
- (65) Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau: Kostensenkung und Verringerung von Vorschriften im Wohnungsbau - Materialband II zum Bericht der Kommission, Bonn, 1994
- (66) Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau: Bau- und Wohnforschung - Recyclingbaustoffe im Wohnungsbau, Ermittlung ihrer Verwendungsmöglichkeiten, Gesundheitsverträglichkeit und Kostendämpfung, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1995
- (67) Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau: Bau- und Wohnforschung - Leitfaden über hinzunehmende Unregelmäßigkeiten bei Neubauten, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1995
- (68) Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau: Bau- und Wohnforschung - Kosteneinsparung durch Bauzeitverkürzung im Wohnungsbau, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1998
- (69) Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau: Kostengünstiges Bauen durch die Anwendung ausländischer Bauweisen, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1998
- (70) Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau: Wirtschaftlichkeit von solarer Warmwasserbereitung, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1998
- (71) Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau: Technologische Grundlagen und Maschinenkonzepte für einen Verputzroboter zum teilautomatisierten Auftrag von Innenputz, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1998
- (72) Bundesverband Steine und Erden e. V.: Konjunkturperspektiven, 1998, Frankfurt, 1998

- (73) Council for Construction Robot Research: Construction Robot System Catalog in Japan, 1997
- (74) Delacker, Michael: Entwurf und Erprobung eines mobilen Roboters zur automatisierten Erstellung von Mauerwerk auf der Baustelle, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1997
- (75) Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e.V.: Arbeitsvorbereitung in einem Betonfertigteilewerk mit begleitender Kalkulation, Beton Verlag GmbH, Düsseldorf, 1994
- (76) Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e.V.: Betonfertigteile für den Wohnungsbau, Beton Verlag GmbH, Düsseldorf, 1994
- (77) Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilebau e.V.: Betonfertigteile im Skelett- und Hallenbau, Beton Verlag GmbH, Düsseldorf, 1995
- (78) Hilpert, Hans Günther: Die japanische Bauwirtschaft in Vorbereitung auf das 21. Jahrhundert, ifo-Institut für Wirtschaftsforschung, 10/1993
- (79) Informationsstelle Beton-Bauteile: Systembausteine im High-Tech: Beton-Bauteile für den Wohnungsbau, Beton Verlag GmbH, Düsseldorf
- (80) Lenze, V.; Luig TH.: Stahl im Wohnungsbau – Planungsstudie, Forschungsbericht Studiengemeinschaft Stahlanwendung e.V., Verlag und Vertriebsgesellschaft mbH, Düsseldorf, 1996
- (81) Schwerm, Dieter; Laurini, Gisbert: Systembausteine im High-Tech: Deckensysteme aus Betonfertigteilen, Informationsstelle Beton-Bauteile, Bonn, 1997
- (82) Serviceroboter – ein Beitrag zur Innovation im Dienstleistungswesen, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung, Stuttgart, 1994

Diplomarbeiten, Vertieferarbeiten

- (83) Eck, Thomas: Karlsruhe, 1997
- (84) Eimer, Michael: Rationalisierungspotentiale in der Bauindustrie.
- (85) Herre, Walter: Möglichkeiten der Automatisierung im Wohnungsbau unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit, Karlsruhe, 1997

- (86) Hofmann, Johannes: Optimierung des Sägebetriebes in Kalksandstein-Werken, Karlsruhe, 1993
- (87) Kunkel, Michael: Kostengünstiger Mietwohnungsbau in Holzbauweise, Darmstadt, 1995
- (88) von Kutzschenbach, Christian: Stand der Technik (Fertigungs – Planung, Organisation – und Ablauf) in der Betonfertigteilindustrie, für den kostegünstigen Wohnungsbau, Karlsruhe, 1997
- (89) Morast, B.: Analyse und Entwicklungstendenzen von Bauverfahren zur Herstellung von Wandtafeln in Mauerwerksbauweise, Karlsruhe, 1991
- (90) Segers, Alexandra: Development of construction technologies, mechatronical robotics and automated building systems in structural engineering in the German-speaking areas, Karlsruhe, 1995
- (91) Wirtschaftlichkeitsvergleich von Roboterarbeiten anhand vorgegebener Planungsunterlagen
- (92) Robotik und Automatisierung in der stationären Fertigung: Von Taylor zu Toyota

Presseveröffentlichungen, Artikel

- (93) Ainedter, Dieter: Das maßgeschneiderte CAD-Haus vom Band – Fertigteilwerk als Generalunternehmer, BETONWERK + FERTIGTEIL-TECHNIK BFT, 3/1991
- (94) Ainedter, Dieter; Hanser, Christian: Vollautomatisiertes Mauern im Werk, BETONWERK + FERTIGTEIL-TECHNIK BFT, 12/1995
- (95) Ammann, Heinz: Deckensysteme im Vergleich, Schweizer Holzbau, 3/1998
- (96) Anhalt, Gerhard: Gipskarton- Montagewände im Wohnungsbau, DBZ, 1/1976
- (97) Arbeitserleichterung und Konkurrenz für den Maurer, Baumaschinendienst, 7/8/1995
- (98) Bauwirtschaft gerät ins Abseits, Hamburger Abendblatt, 8.3.1994
- (99) BDA – Bund Deutscher Architekten: Einsparungskatalog im Wohnungsbau – Faire Verträge und partnerschaftliche Zusammenarbeit von Wohnungsunternehmen und freien Architekten, 1993
- (100) BDF-Serie: Der historische Rückblick, Teil 3: Richard Buckminster Fuller – Domes und das Dymaxion-Haus, FiB, 5/1997

- (101) Blecken, Udo: Vorfertigung im Wohnungsbau - Systemansatz in den Niederlanden, BW Bauwirtschaft 11/1997
- (102) Bock, Thomas: A Concept of Building System for Robotization, 4th ISARC (International Symposium on Automation and Robotics in Construction), Haifa, Israel, 1987
- (103) Bock, Thomas: Stand der Robotertechnik im Bauwesen in Japan , Bautechnik, 1987
- (104) Bock, Thomas: Innovationen im Bauwesen: Roboter auf japanischen Baustellen, Der Bauingenieur, 1988
- (105) Bock, Thomas: A study of robot-oriented construction and building system. DA, University of Tokio, 1989
- (106) Bock, Thomas: Robotereinsatz im Bauwesen, Wissenschaft und Praxis, 1/1990
- (107) Bock, Thomas: Weitere Automatisierung kann Strukturprobleme der Deutschen Bauwirtschaft verringern, Allgemeine Bauzeitung, 10/1990
- (108) Bock, Thomas: Robotik im Bauwesen, Der Bauingenieur, 3/1991
- (109) Bock, Thomas; Blaser, C.; Gebhart, F.: Automatisierungsgerechtes Planen und Konstruieren für computerintegriertes Bauen, Bautechnik, 3/1992
- (110) Bock, Thomas; Gebhardt, Friedrich; Steck, Werner: Automatisierung von Hochbauprozessen, BMT 2/1992
- (111) Bock, Thomas; Gebhardt, Friedrich; Steck, Werner: Automatisierung von Hochbauprozessen (2), BMT 3/1992
- (112) Bock, Thomas; Gebhardt, Friedrich; Steck, Werner: Automatisierung von Hochbauprozessen (3), BMT 5/1992
- (113) Bock, Thomas: Robotik und computerintegriertes Bauen, BMT 4/1992
- (114) Bock, Thomas: Bericht über die erste japanische Hochbaustelle, Der Bauingenieur, 8/1992
- (115) Bock, Thomas; Gebhardt, Friedrich: Automatisierungsgerechte Planung und Bauteilgestaltung, BMT 2/1993
- (116) Bock, Thomas; Gebhardt, Friedrich; Steck, Werner: Functional Profile of a Wall Assembly Robot System and Different Solution Approaches, Proceedings of the 10th ISARC, Houston, 1993
- (117) Bock, Thomas; Huynh, Tuan: Functional Profile of a semi autonomous Mobile Robot for Building Construction in ICAM 93, Tokio, Japan, 1993

- (118) Bock, Thomas; Leyh, Werner: Erfahrungen bei der Konstruktion eines Baumontageroboters, Bauingenieur, 68/1993
- (119) Bock, Thomas; Gebhardt, Friedrich; Steck, Werner: Mauerwerksroboter auf der Baustelle, BMT 4/1993
- (120) Bock, Thomas; Weingartner, Harald: Roboter und Telemanipulatoren für Reinigungs-, Inspektions-, und Wartungsaufgaben an Fassaden und auf Dachbereichen, Deutsches Architektenblatt, 11/1993
- (121) Bock, Thomas; Weingartner, Harald: Innovationen auf Baustellen in Japan – voll- und teilautomatische Baustellen, Bautechnik, 2/1994
- (122) Bock, Thomas: Jüngste Tendenzen der Rationalisierung im Bauwesen in Japan, Der Bauingenieur, 12/1995
- (123) Bock, Thomas: Mauerwerksroboter – Entwicklung und Integration in der Ausführungsplanung, Bautechnik 6/1995
- (124) Bock, Thomas: Rationelle Vorfertigung und Baustellenfertigung von Mauerwerk, BETONWERK + FERTIGTEIL-TECHNIK BFT, 12/1995
- (125) Bock, Thomas: weltweiter Stand der Forschung und Entwicklung bei der Automatisierung im Bauwesen, Die Tiefbaugenossenschaft, 6/1996
- (126) Bock, Thomas: Arbeitseinsparung durch Bauautomatisierung, Der Architekt – Zeitschrift des Bundes Deutscher Architekten BDA, 11/1997
- (127) Bock, Thomas: Automatisierung und Robotik im Bauunternehmen, SCHLEICHER (Handbuch für Bauingenieure)
- (128) Boschbach, Gerd Wolfgang: Stahl im Wohnungsbau – Wege zum kostengünstigen Bauen, BAUKULTUR 6/1996
- (129) Prof. Bossenmayer, Horst: Baulicher Wärmeschutz im Wandel der Zeit, Sonderdruck aus BETONWERK + FERTIGTEIL-TECHNIK BFT, 2/1997
- (130) Prof. Bossenmayer, Horst: Deutschland im europäischen Baumarkt – Akteur oder Zuschauer, Ulmer Beton- und Fertigteil-Tage 1998
- (131) Bresch, Carl-M.: Ziegelbauwerke, Baumarkt, 2/1998
- (132) Burati, J.L.; Farrington, J.J.; Ledbetter, W.B.: Causes of Quality Deviations in Design and Construction, Journal of Construction Engineering and Management, 3/1989

- (133) Der Architekt Peter Charet im Gespräch mit Klaus Siegele über die Risiken und Chancen des vorgefertigten Bauens: Aus dem Baukästchen geplaudert, db 18/1998
- (134) Ciré, Annette: Fertighäuser und Systemhäuser aus Holz, Baumeister 1/1998
- (135) C-Techniken für die Fertigung, PRODUKTION – Die Wochenzeitung für das technische Management 24/1998, moderne industrie verlag, Landsberg, 1998
- (136) Danielewski, Gerd: Am Keller führt kein Weg vorbei, Beton 2/1997
- (137) Das Prinzip Ergonomie – wirklich konsequent angewendet im Mauerwerksbau, Dynatec Mauermaschine, Nürnberg, Selbstverlag, 1994
- (138) Das Wunschhaus der Deutschen steht in Oberhausen, DBZ 11/1997
- (139) Die Bauwirtschaft enteilt der europäischen Konkurrenz, Handelsblatt, 1.12.1993
- (140) Die Deutsche Bauindustrie: Aktuelles Zahlenbild, Ausgabe 141, 1998
- (141) Drees, Gerhard; Pritschow, Günter; Dalacker, Michael; Kurz, Jürgen; Töpfer, Regina: Steuerungssystem für einen mobilen Roboter für Mauerwerk, BMT 3/1993
- (142) Egli, Werner; Rohr, Hans: Überbauung Kappelnstraße, Wohlen, Projekt 1992, Werk, Bauen+Wohnen 11/1993
- (143) Erfolgreich mit System gegen den Strom, PRODUKTION – Die Wochenzeitung für das technische Management 20/1998, moderne industrie verlag, Landsberg, 1998
- (144) FEATURES: Japanese Construction Industry Projections Through 2010 and Its R&D Strategies, INDUSTRIA, 12/1993
- (145) FEATURES: Shimizu Helps Preserve The Environment, INDUSTRIA, 12/1993
- (146) Fertighausproduktion bei Exnorm im Werk bei Chemnitz, Stand 3.11.1994
- (147) Gebhardt, F.; Gapp, R.: Rocco-Robot assembly system for computer integrated construction – Eine Übersicht, Konferenz-Einzelbericht: Innovation und Wirtschaftlichkeit durch fluidtechnische Komponenten und Systeme, 10. Fachtagung Hydraulik und Pneumatik, Vorträge, TU Dresden, 5.-6.10.1995
- (148) Gluch, Erich: Die mittelfristige Baunachfrage in Deutschland – welche Chancen gilt es zu nutzen?, Ulmer Beton- und Fertigteil-Tage 1998
- (149) Integrierte Informations- und Kommunikationssysteme (IuK) für die Bauwirtschaft, Themenfeld im Rahmen der geplanten BMBF/BMBau-Fördermaßnahme „Bauforschung und –technik“, BMBF / Referat 515, Bonn, März 1997
- (150) Japan will Roboter Auf den Bau schicken, Badische Neuste Nachrichten, 6/1993

- (151) Jopp Klaus: Der Klotz von Wismar, TECHNIK & WIRTSCHAFT, 51/1998
- (152) Kämpfer, Wolfram; Stark Jochen; Strubl Ralf: Stoffliche und akustische Bewertung von Lärmschutzwänden aus haufwerksporigem Leichtbeton, Sonderdruck aus BETONWERK + FERTIGTEIL-TECHNIK BFT, 1/1997
- (153) Keine Angst vor Billigländern, PRODUKTION – Die Wochenzeitung für das technische Management 50/1998, moderne industrie verlag, Landsberg, 1998
- (154) Prof. Kern, Peter: Virtuelle Unternehmen mit realer Produktion, Ulmer Beton- und Fertigteil-Tage 1998
- (155) Krempf Stefan: E-mail aus der Küche und von der Waschmaschine, TECHNIK & WIRTSCHAFT, 21/1998
- (156) Klein/Köhler „Mauerwerksscheiben“ aus der BFT 2/91
- (157) Lemmer, J.; Mühlbauer, G.: Ziegelmontagebau – Ein Innovationsansatz für neue Wege in der Bauindustrie, Ziegelindustrie International, 6/1993
- (158) Lenfert, Wilm: Von maschinentechnischen Einzelentwicklungen zu vernetzten Bauprozessen, Festvortrag Jubiläumsveranstaltung zum 25jährigen Bestehen des Hamburger Baumaschinenseminars am 7. Oktober 1997 in Hamburg
- (159) Leyh, W.: Erfahrungen bei der Konstruktion eines Baumontageroboters, Der Bauingenieur, 6/1993
- (160) Lindener, Heans-Dieter: Strategisches Beschaffungsmanagement – Beispiele aus der Bauwirtschaft, Ulmer Beton- und Fertigteil-Tage 1998
- (161) Linderich, Karl-Heinz: Symposium - Neu Wohnformen im internationalen Vergleich, DAB 12/1997
- (162) Lohmeyer, Gottfried; Ebelig, Karsten: Die Dreifachwand für Keller – Wirtschaftliche Kombination aus Betonfertigplatten und Ortbeton, Sonderdruck aus Beton 46/1996
- (163) Löfstad, K.: Kostenminimierung im Bauwesen durch industrielle Vorfertigung, Dokumentation Europäische Bautage 1994 in Leipzig
- (164) Luig, Klaus Th.: Neue Konzepte für wirtschaftlichen Wohnungsbau mit Stahl, bauzeitung 50/1996
- (165) Luttermöller, Bernd: Visionen für den Eigenheimbau, BW Bauwirtschaft 11/1997
- (166) Marktführerschaft ausgebaut: Nemetschek hat acadGraph geschluckt, BW Bauwirtschaft 11/1997
- (167) Mauerarbeitsplatz morgen?, BMT Jubiläumsausgabe 1992

- (168) Meyer-Bohe, Walter: Ein vorgefertigtes Wohnhaus, DB, 3/1964
- (169) Müller, Jens-Peter: Praxisbericht Strategisches Beschaffungsmanagement am Beispiel eines Firmenverbands aus der Bauindustrie, Ulmer Beton- und Fertigteile-Tage 1998
- (170) Neil, C.C.; Salomonsson, G.D.: Robot Implementation Decisions in the Australian Construction Industry; Australien Building Research Grant Scheme, 1993
- (171) Neue Wege für modernes und effizientes Bauen aufgezeigt, BMFT Journal, 2/1994
- (172) Niebuhr, B.: Rationelles Bauen mit Kalksandsteinen, BMT 11/12/1996
- (173) Normile, Dennis: Building-by-numbers in Japan, Engineering News-Record, McGraw-Hill, US, 3/1993
- (174) Odrich, B.: Eiserner Geselle baut das Haus. Arbeitskräftemangel in Japan fördert Entwicklung von automatischen und flexiblen Geräten, VDI-Nachr. 20/1991
- (175) Ohler, Armin: Mauern muss nicht teuer sein, Baumarkt 1/1987
- (176) Ohmori, Y.; Leader, G.;...: The Tele-Earthwork System Best Adaptable to Remote-Operated Construction Equipment, Proc. 12th Int. Symp. On Automation And Robotics in Construction (ISARC), Warszawa, Poland, 30.05.-01.06.1995
- (177) PCE ELEMATIC-INDUCO: Arbeitsvorbereitung mit optimierter Gesamtkonzeption schafft Rationalisierungsnutzen, Sonderdruck aus BETONWERK + FERTIGTEIL-TECHNIK BFT, 4/1987
- (178) Poppy, W.: Informationstechnischer Logistikverbund, Baumaschinen – Baubetrieb, Österreichische Bauzeitung, 38/1994
- (179) Positionspapier der IG Bau-Steine-Erden zum Robotereinsatz in der Bauwirtschaft, Industriegewerkschaft Bau-Steine-Erden-Bundesausschuss, April 1995
- (180) Ribbeck, Hans: Heizungsbauer sollen auf Trab gebracht werden, TECHNIK & WIRTSCHAFT, 48/1998
- (181) Risiko am Bau, Bauwirtschaft telegramm, 21.4.1994
- (182) Rupli, Hans: Ganzheitliches Denken im System, Schweizer Holzbau, 1/1996
- (183) Schach Dr., A.: Mauerwerk-Fertigteile aus dem Beton-Fertigteilwerk, F+I-bau
- (184) Schlichting, Ralf: Trockenbau in neuer Dimension, bau-zeitung, 52/1998

- (185) Interview mit Professor Dr.-Ing. Dr. h.c. Rolf Dieter Schraft, Institutsleiter im Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA – Stuttgart, Arconis 4/1997
- (186) Schwarz, Siegfried: Systematischer Werkausbau eines umstrukturierten Beton- und Fertigteilverkes, Sonderdruck aus BETONWERK + FERTIGTEIL-TECHNIK BFT, 3/1993
- (187) Shiokawa, Takashi: Robotization of the Japanese Building Construction Industry, internes Papier der Ohbayashi Corporation, Japan, 1990
- (188) Skibniewski, M.J.: Robotics in Civil Engineering, Van Nostrand Reinhold, 1988
- (189) Stadlmann, B.; Weckenmann, H.: Umweltfreundlicher Schalungsroboter vermeidet Styropor und schwere Arbeit, BETONWERK + FERTIGTEIL-TECHNIK BFT, 12/1993
- (190) Stahl-Informations-Zentrum: Baustoff Stahl: Chancen für den Aufschwung, ARCONIS, 3/1996
- (191) Stahl-Informations-Zentrum: Kosten- und umweltbewußt Bauen: Stahl im Wohnungsbau – Chancen für ökonomisches und ökologisches Bauen, Stahlbau-Rundschau 87/1996
- (192) Stress Skin Panels – High-Tech-Bauelemente für Wand und Dach, bau-zeitung, 49/1995
- (193) Studiengesellschaft Stahlanwendung e. V.: Ökonomisch Bauen mit Stahl, ARCONIS, 3/1996
- (194) Studiengesellschaft Stahlanwendung e. V.: Dokumentation 710 – Stahl im Wohnungsbau, Besuch auf der Baustelle am 12.11.1996 in Menden
- (195) Ueno, T.; Maeda, J.; Yoshida, T.; Suzuki, S.: Construction Robots for Site Automation, Proceedings of the Congress of CAD and Robotics in Architecture and Construction, Paris, 1987
- (196) Venn, H.-W.; Strunz, U.: Automatisieren mit System, BMT 6/1995
- (197) Vogt, E.P.; Bischoff, W.: Einsatz von Robotern zur Qualitätskontrolle an fertigteilen aus Beton und Stahlbeton, BETONWERK + FERTIGTEIL-TECHNIK BFT, 10/1991
- (198) Vollrath, K.: Metallgesellschaft vorn mit Kunststoff, Handel und Chemie, TECHNIK & WIRTSCHAFT, 48/1998
- (199) Warszawski, A.: Economic Implications of Robotics in Building, Building and Environment, 20/1985

- (200) Weber, Helmut; Willkomm Wolfgang: Rationelle Installationssysteme als Beitrag zur Vorfertigung im Wohnungsbau, Technik am Bau, 4/1987
- (201) Weckenmann, H.: Erhöhung der Vorfertigung durch halbautomatisches Verputzen, BETONWERK + FERTIGTEIL-TECHNIK BFT, 1/1997
- (202) Wege zum kostengünstigen Bauen – Stahl im Wohnungsbau, Stahlbau-Nachrichten. 2/1996
- (203) Wimberger, F.: Neue Anlage zur Herstellung von trockenbaustoffen in Vils/Österreich, Sonderdruck aus ZKG INTERNATIONAL, 2/1994
- (204) Wohnen aus vorgefertigten Wandelementen (Peter-Platten), db 2/1962
- (205) Wollenick, K.H.; Simon, S.: Automatisierung und Robotereinsatz im Bauwesen – eine Studie, BMT 2, April 1995

Produktinformationen

- (206) AKA ALBERT Ziegel- und Keramikwerke GmbH, Steyerberg
- (207) ALHO Systembau GmbH, Morsbach
- (208) Anliker GmbH & Co., Riedlingen
- (209) AnySIM Simulationssysteme GmbH, München/Düsseldorf
- (210) Arcon – Visuelle Architektur, mb Software AG, Hameln
- (211) ASEC GmbH, Bergneustadt/Wup
- (212) ATLAS Bausysteme GmbH, Wesel
- (213) BayWa Baustoffe, BayWa AG, München
- (214) B.O.S.-MitbauHäuser, B.O.S.-Haus Vertriebsgesellschaft mbH, Münster
- (215) Bundesverband Leichtbetonzuschlag-Industrie e.V., Ostfildern
- (216) Cadolto Flohr & Söhne GmbH & Co, Cadolzburg/Nürnberg
- (217) Dietrich´s DHP mbH, Taufkirchen/München
- (218) DFV Deutscher Fertigbauverband e.V., Stuttgart
- (219) Donges Stahlbau GmbH, Darmstadt

- (220) doubrava INDUSTRIEANLAGEN, doubrava Gesellschaft mbH & Co. KG, Attnang-Puchheim, A
- (221) EFB-Fertigbäder GmbH, Unna
- (222) Elementedach WeHo GmbH, Hasbergen
- (223) Dipl. Ing. FIERZ GMBH – Produkte für den öffentlichen Bereich, Glattfelden, CH
- (224) GRAEFF Container & Hallenbau GmbH, Mannheim
- (225) Grimbergen Constructive Partnership, Alphen aan den Rijn, NL
- (226) H & H Gesellschaft für Modell- und Prototypenbau mbH, Lage/Billinghausen
- (227) Haas + Partner Ingenieurgesellschaft, Stuttgart
- (228) HBR Selbstbausysteme GmbH, Reutlingen
- (229) HEAT Wärmesysteme GmbH, Kirchheim/Teck
- (230) Heckmann ÖKOLOGISCHES BAUEN, Heckmann-Haus GmbH & Co. KG, Hamm
- (231) Heros Fertigelemente Produktiosgesellschaft mbH, Ottendorf
- (232) hiwo Holzindustrie Waldburg zu Wolfegg GmbH & Co. KG, Wolfegg
- (233) Horstmann Elementetechnik GmbH & Co KG, Leipzig
- (234) Holzbau, Holzverarbeitung, Elementebau HUBER BACHMEHRING & SOHN, Eiselfing
- (235) hps FERTIGHALLEN GmbH, Mannheim
- (236) HÜNING ELEMENTEBAU, Hüning Elementebau GmbH & Co. KG, Olfen-Vinum
- (237) HUTER VORFERTIGUNGS GmbH, Langen
- (238) imbau, Neu-Isenburg/Frankfurt
- (239) IsoBouw Dämmtechnik GmbH, Someren, NL
- (240) Isorast-Niedrigenergiehaus-Produkte GmbH, Taunusstein
- (241) JPA HOUSING, Japan
- (242) Karl Tadge GmbH, Nienstädt
- (243) Karl Ulrich Bauunternehmen GmbH & Co , Sundern-Westenfeld

- (244) KASTELL-AusbauHaus, Schwörer Bautechnik GmbH, Veringenstadt
- (245) KAUFMANN Holzbauwerk, Dornbirn, A
- (246) KLB-Haus-Bausatz GmbH, Neuwied
- (247) komponent 21, LEONHARD WEISS GMBH & Co, Merklingen
- (248) KUKA Roboter GmbH, Augsburg
- (249) Laser-Scanners - LK Koordinaten-Meßsteme, LK Deutschland, Offenbach
- (250) LBS – Systemhaus aus Sahner Systemhausprogramm
- (251) LFS Schwörer GmbH + Co, Laußing
- (252) Liapor, Lias Leichtbaustoffe GmbH & Co. KG, Tübingen
- (253) LIGNOTREND, Klimaholzhaus AG, Weilheim-Bannholz
- (254) LINGL, Hans Lingl Anlagebau und Verfahrenstechnik GmbH & Co. KG, Neu-Ulm
- (255) LISSMAC Maschinenbau- und Diamantwerkzeuge GmbH, Bad Wurzach
- (256) MAGU Bausysteme GmbH, Hüfingen
- (257) MERK-HOLZBAU GmbH & Co, Aichach
- (258) OKAL BAU, Otto Kreibaum GmbH & Co. KG, Salzhemmendorf
- (259) OLIVER ZEPPEFELD GMBH – Hersteller von AZO-Mauertechnik und mehr
- (260) Öko-domo Haus- und Bausysteme, Baubetreuungs-GmbH, Landau
- (261) OSKAR, SYSBAU Gesellschaft zur Förderung computerunterstützten Bauens mbH, Bad Vilbel
- (262) Oy SHIPPAX Ltd, Turku, FI
- (263) philipp haus vertrieb gmbh, Untermünkheim
- (264) PORTON-Ziegel, Deutsche PORTON GmbH für Werbung und Forschung, Königswinter
- (265) Profilhaus Consult Trockenbausysteme Vertriebs GmbH, Göppingen
- (266) Raab, Joseph raab GmbH & Cie. KG, Neuwied

- (267) Rapid Prototyping News 98/99, Fraunhofer-Allianz Rapid Prototyping, Aachen
- (268) Readymix Beton AG, Ratingen
- (269) Reis GmbH & Co., Obernburg
- (270) Reis GmbH & Co., Obernburg
- (271) RIFFEL, Hans Riffel Bauunternehmung, Dischingen
- (272) Rimatem – Das wirtschaftliche Mauerwerkssystem, Ernst und Hans Riffel GbR, Dischingen
- (273) RUNKEL BETOFORM, Christian Runkel GmbH Co. KG, Remscheid
- (274) Sanvor Installations- und Haustechnik-Systeme, Sanvor GmbH, Stuttgart
- (275) SEKISUI HOUSE, Japan
- (276) Starckenberger Baustoffwerke GmbH, Gera
- (277) STAUDENMAYER GmbH, Salach
- (278) STEINWEG-Baumaschinen, H.Steinweg GmbH & Co KG, Werne
- (279) switch haus bau-gmbh, Donaueschingen
- (280) thermo-plastic Eiberger GmbH, Abtsgmünd
- (281) TWT – Technisch Wissenschaftlicher Transfer - CAE/CAD/CAM
- (282) UNIDEK GMBH, Bremen
- (283) unipor-ZIEGELSYSTEME, unipor-Ziegel Marketing GmbH, München
- (284) VARIODOMO und VARIO-SERVICE-BAU, Bremen
- (285) VEGLA – Kompetenz in Glas, VEGLA Marketing-Service c/o mlt gmbh, Alsdorf, CH
- (286) Vollack GmbH & Co, Karlsruhe
- (287) WeberHaus, rheinau-Linx
- (288) WECKENMANN Anlagetechnik GmbH, Dormettingen
- (289) wolf SYSTEM, Johann Wolf GmbH & Co. Systembau KG, Osterhofen
- (290) YTONG Aktiengesellschaft, München

Eigene Veröffentlichungen

- (291) Prochiner Frank: „Automatisierungssysteme im Wohnungsbau“
Forschungsbericht zum BMBAU Projekt 255 Seiten, Fraunhofer IRB-Verlag,
08/1999
- (292) Prochiner Frank, Herbst Jens: „Services Connector“
Future Home Symposium, Madrid 5. und 6. 09/2000
- (293) Prochiner Frank, „Home 24 - 24 hours to build a house“
17th International Symposium on Automation and Robotics in Construction
18-20 September 2000 Taipei, Taiwan.
- (294) Prochiner Frank: „Schnellbauhäuser im Holzbau durch innovative
Schnellverschlüsse für die Kopplung vorgefertigter Bauteile“
Tagungsband Rosenheimer Holzbautage - 10/2000
- (295) Prochiner Frank: „Raus aus der Blechbüchse“ - Neue Marketingstrategien im
Raumzellen Systembau -
Studiengemeinschaft Fertigungsbau Arbeitskreis Raumsysteme,10/2000 in Mainz
- (296) Prochiner Frank: „Bauen und Wohnen in 24 Stunden“
Vortrag Rosenheimer Holzbautage – Rosenheim 18.10.2000
- (297) Bock Thomas, Prochiner Frank: „flexibles bauen mit Robotern und neuen
Montagesystemen“
Internationales Symposium zum Holzbau am IWF in Braunschweig, 10/2000
- (298) Bock Thomas, Prochiner Frank: „Vom Baukasten zum intelligenten System“
Symposium Aachen,10 und 11 Oktober 2000
- (299) Bock Thomas, Prochiner Frank: „Innovationen in der Montagetechnik“
Vortrag Internationales Holzbauforum – Garmisch Patenkirchen 12/2000
- (300) Prochiner Frank: „Schnellverschlüsse, Neue Entwicklungen im Holzhausbau“
FZ: Holz-Kurier, Heft 45, 11/2000 Verlag Leonardo/Wien
- (301) Prochiner Frank: „Schnellverschlüsse für die Anwendung im Holzrahmenbau“
Vortrag auf der Jahresversammlung Zimmermeisterhaus
in Alpbach/Tirol, 23-24.03.2001
- (302) Prochiner Frank: „Schnellverbinder“
FZ: Bauen mit Holz, Bruderverlag, Ausgabe 2/2001 S.46

- (303) Prochiner Frank: „Wandverbindungen mit System“
FZ: DBZ Deutsche Bauzeitschrift, Bertelsmann Fachzeitschriften
05/2001, Seite 96-98.
- (304) Frank Prochiner, Thomas Bock, Kurz berichtet „Schnellverbinder“
TUM-Mitteilungen Seite 42, 04/01
- (305) Prochiner Frank: – Innovative Schnellverbinder – Die Schlüsseltechnologie zum
Fertighausbau
FZ: DETAIL, führende Zeitschrift für Architektur,
Institut für internationale Architekturdokumentation,
Ausgabe 4 „ELEMENTE UND SYSTEME“ Frühjahr 2001. Seite 701-704
- (306) Prochiner Frank: „Das 3-Liter Haus in 3 Tagen“
FZ: Holzzentralblatt, Die führende Wirtschaftszeitung für die Forst- und
Holzwirtschaft.
DRW-Verlag Weinbrenner GmbH & Co.
127. Jahrgang, 21.05.2001 Titelseite
- (307) Prochiner Frank: „Schneller Bauen und Umbauen“
FZ: Bauhandwerk und Sanierung, nächste Ausgabe 2001
Bertelsmann Fachzeitschriften.
- (308) Prochiner Frank: „Munitec Schnellverbinder –24 Stunden Haus“
FZ: Holz Kurier, Ausgabe 08.03.2001 Heft 10/S.18
- (309) Prochiner Frank: „Integriertes Planen und Bauen im System“
FZ: Architektenblatt Hessen
- (310) Prochiner Frank: „Schneller Wohnungsbau“
FZ: (Praxis) Wohnungswirtschaft, Bertelsmann Fachzeitschriften GmbH
Ausgabe in 2001
- (311) Prochiner Frank: „Schnellverbinder für den Holzhausbau“ und
„Homes 24 – Nach 3 Tagen ein bezugsfertiges Haus“
FZ: MIKADO, Weka Baufachverlage, Ausgabe 04/2001 S. 72-75
- (312) Prochiner Frank: „Rapid Prototyping – Entwicklung von Schnellverbindern“
FZ: bi, Bauinformatik, Ausgaben 2001
- (313) Prochiner Frank: Dokumentationsfilm „Home 24“
CRW-Filmproduktion, 2001
- (314) Prochiner Frank: „Innovative Schnellverbinder für den Holzbau“
Fachausstellung „Holz Innovativ“ im Rahmen von „Bayern Innovativ“
Rosenheim März 2001

- (315) Prochiner Frank: „Fast Connectors for Timber Structures“
Symposium on Joints in Timber Structures
Stuttgart 12-14 September 2001
- (316) Prochiner Frank: “Construction Innovation - Fast Connectors”
FZ: International Journal of Construction Information Technology
Arnoldpublishers, London Ausgabe 2001
- (317) Bock Thomas, Prochiner Frank: “Home 24 – Fast Connectors”
future Home Symposium, Feb. 2001 Japan.
- (318) Bock Thomas, Prochiner Frank: “Integrated Building Systems”
The ninth international Conference on Computing in Civil and Building
Engineering. April, Taipei, Taiwan
- (319) Prochiner Frank, FOCUS-Magazin: “Das Legohaus“
Perspektiven Seite 182 Heft 22/2001-05-29
- (320) Frank Prochiner, „Flotter Installieren mit Schnellverbindern“
FAZ Frankfurter Allgemeine Zeitung, 16.05.2001 Technikteil
- (321) Frank Prochiner, „Alte Holzverbindungen werden wieder modern“
Hannoversche Allgemeine Zeitung, Wirtschaftsteil
- (322) Frank Prochiner, „Der Trick mit dem Haus, das in 3 Tagen steht“
NEUE PRESSE, 22. Mai 2001, Seite 6
- (323) Frank Prochiner, „Das 3 Liter Haus in 3 Tagen“
LIGNA Plus Holzfachblatt, Sonderausgabe zur Messe in Hannover, Seite 8
- (324) Frank Prochiner, „Universell verbinden“, Elemente und Installation gleichzeitig.
Fachzeitschrift HOLZ-KURIER, Ausgabe 17, 26. April, Seite 17
- (325) Bock Thomas, Prochiner Frank: „Potenziale erkennen“
FZ: DBZ Deutsche Bauzeitschrift, Bertelsmann Fachzeitschriften
05/2001, Seite 36-39.
- (326) Frank Prochiner, „Steckverbindungen aus Kunststoff für Wasser und Strom“
KWD-Informationen, 28. Jahrg./ Ausgabe 1075 5.6.2001 / Seite 4
- (327) Holzabsatzfond Pressemeldungen: 22. Juni 2001
“24-Stunden Service: In kürzester Zeit zum Haus aus Holz“
- (328) Fernsehbericht: FOCUS TV, Future Trend, am 16.07.01 auf RTL 23:30 Uhr.
Bericht über Schnellbauhäuser und das erste Homes (24)
- (329) Munitec Schnellverbinder, „Premiere auf der Ligna 2001“
Fachzeitschrift: Holzbits, Ausgabe 7/8, Seite 6

- (330) „Das Double zum Einsteinhaus“
TZ: Märkische Allgemeine: Bericht über das geplante Einstein-Haus als erstes „Home (24)“. Seite 21 der Ausgabe vom 30. September 2001.
- (331) Vortrag auf dem BDF (Bund Deutscher Fertigbau) Arbeitskreissitzung Haustechnik am 24.10.01 in Attendorn.
- (332) „In Rekordzeit zum Hausbesitzer“ – Stecksystem wird den Fertigbau revolutionieren.
Sonderveröffentlichung der Passauer Neuen Presse, 27.10.2001
- (333) Artikel in der Fachzeitschrift „Holzbits“
„Home (24) – schnellstes Haus der Welt“ Ausgabe 11/12 2001, Seite 22-25
- (334) Statusseminar zum BMBF Förderschwerpunkt: Integrierter Umweltschutz im Bereich der Holzwirtschaft, 23.01.2002 in Göttingen
- (335) Radiobericht im Deutschlandfunk am 24.02.2002, 17:00 Uhr zur Schnellverbindertechnologie und der Zukunft im Holzhausbau
- (336) Prochiner Frank: „Innovative Schnellverbinder“
FZ: Arch + Verlag GmbH Redaktion Baufokus, Montagesysteme Ausgabe Jan. 2002.
- (337) PM Wissenschaftsmagazin, Ausgabe Oktober 2002.
- (338) Prochiner Frank, „Fast Connectors, key technologie for prefab building parts“. Hong Kong China. International Conference „Advances in Building Technologies“ 4.-6. Dezember 2002 Sheraton Hong-Kong Hotel and Towers.
- (339) DETAIL, führende Zeitschrift für Architektur, Institut für internationale Architekturdokumentation, Ausgabe 5 „Innenräume“ Frühjahr 2003. Seite 522-524 „Flexible Ausbauwände“ mit Schnellverbindertechnologie.
- (340) Reutlinger Generalanzeiger, 19.Mai 2004, Artikel zur Preisverleihung des Innovationspreises für Architektur und Technik.
- (341) „Ausgezeichnet“, Bericht zur Preisverleihung in der Monatszeitung der Handwerkskammer Baden Württemberg, Ausgabe Juni 2004-06-06
- (342) AIT Architektur Innenarchitektur Technischer Ausbau – Heft 7/8 2004, Seite 17 Sonderveröffentlichung zum Innovationspreis Architektur und Technik

5.0 Bildnachweise/ Quellen

Kapitel 1. Geschichtliche Entwicklung von Serienbauten

Bild 1	Seite 15	Letchworth House – 1904 Pawley Martin, Theorie und Gestaltung im zweiten Maschinenzeitalter,
Bild 2	Seite 15	Aladin Ready-Cut Houses – 1906, Arieff, Allison, Pre Fab, Layton 2002, S. 14
Bild 3	Seite 16	SEARS. Roebuck & Co – 1908 Arieff, Allison, Pre Fab, Layton 2002, S. 14
Bild 4	Seite 16	„Tektonhaus“ - Karl Hengerer – 1908 Junghans Kurt, Das Haus für Alle, Zur Geschichte der Vorfertigung, Berlin, 1994, S. 43
Bild 5	Seite 17	Das Nissen Haus - Colonel P.N. Nissen – 1916 Pawley Martin, Theorie und Gestaltung im zweiten Maschinenzeitalter, Oxford, 1980, S. 107
Bild 6	Seite 19	Siedlungsbau in Selbsthilfe - F. Zollinger – 1922 Junghans Kurt, Das Haus für Alle, Zur Geschichte der Vorfertigung, Berlin, 1994, S. 110
Bild 7	Seite 20	Der Wabenbau - Walter Gropius – 1923 Ludwig Matthias, Mobile Architektur, Stuttgart, 1998, S. 27
Bild 8	Seite 21	Versuchssiedlung Dessau-Törten - W. Gropius – 1926 – 1928 Ludwig Matthias, Mobile Architektur, Stuttgart, 1998, S. 29
Bild 9	Seite 22	Das Stahlhaus in Dessau - Georg Mucbe und Richard Paulick – 1926 Ludwig Matthias, Mobile Architektur, Stuttgart, 1998, S. 30
Bild 10	Seite 23	Weißenhofsiedlung - Le Corbusier – 1927 Quelle: Internet: www.tu-harburg.de/b/kuehn/lec12.html
Bild 11	Seite 24	Die Weißenhofsiedlung - W. Gropius - 1927 Ludwig Matthias, Mobile Architektur, Stuttgart, 1998, S. 32

Bild 12	Seite 24	Einsteinhaus - Konrad Wachsmann - 1929 Konrad Wachsmann und Einsteins Sommerhaus und Wachsmann Konrad, Holzhausbau, Berlin 1995
Bild 13	Seite 25	Hirsch Kupfer Haus - W. Gropius – 1931/32 Ludwig Matthias, Mobile Architektur, Stuttgart, 1998, S. 33
Bild 14	Seite 25	Das Aluminaire - Albert Frey – 1931 Rosa Joseph, Albert Frey, Architect, Princeton, 1999
Bild 15	Seite 26	„Das wachsende Haus“ - Ludwig Hilbersheimer – 1932 Ludwig Matthias, Mobile Architektur, Stuttgart, 1998, S. 40
Bild 16	Seite 27	Das „Werfthaus“ - Otto Bartning - 1932 Ludwig Matthias, Mobile Architektur, Stuttgart, 1998, S. 41
Bild 17	Seite 27	House of Tomorrow - George Fred Kec - 1933 Arieff, Allison, Pre Fab, Layton 2002, S. 16
Bild 18	Seite 28	Das Plywood–Model–House - Richard Neutra – 1936 Wachsmann Konrad, Holzhausbau, Berlin, 1995
Bild 19	Seite 28	Jacobs House - Frank Lloyd Wright - 1936 Wachsmann Konrad, Holzhausbau, Berlin, 1995
Bild 20	Seite 29	General Paneel System - K. Wachsmann, W. Gropius - 1942 Junghans Kurt, Das Haus für Alle, Zur Geschichte der Vorfertigung, Berlin, 1994
Bild 21	Seite 29	Case-Study-House Nr. 8 - Charles & Ray Eames – 1945 Davies Colin, High – Tech Architektur, Stuttgart, 1988
Bild 22	Seite 29	WICHITA House - Buckminster Fuller - 1945 Ludwig Matthias, Mobile Architektur, Stuttgart, 1998, S. 112
Bild 23	Seite 31	ARCON–Häuser - 1945-48 Pawley Martin, Theorie und Gestaltung im zweiten Maschinenzeitalter, Oxford 1980, S 113
Bild 24	Seite 32	Spartan House Trailers - Spartan Aircraft Company - 1947 Arieff, Allison, Pre Fab, Layton 2002, S. 14

Bild 25	Seite 33	Das MAN Stahlhaus - 1948 Ludwig Matthias, Mobile Architektur, Stuttgart, 1998, S. 66
Bild 26	Seite 34	Das Lustron House - 1948 Ludwig Matthias, Mobile Architektur, Stuttgart, 1998, S. 73
Bild 27	Seite 35	Häuser von Meudon - Jean Prouvé – 1949 Ludwig Matthias, Mobile Architektur, Stuttgart, 1998, S. 47
Bild 28	Seite 36	Monsanto-Haus – 1957 Ludwig Matthias, Mobile Architektur, Stuttgart, 1998, S. 118
Bild 29	Seite 36	Case-Study-House Nr. 22 - Pierre Koenig – 1959 Ludwig Matthias, Mobile Architektur, Stuttgart, 1998, S. 87
Bild 30	Seite 37	Case-Study-Houses Nr. 24 / 25 – 1961-1962 Ludwig Matthias, Mobile Architektur, Stuttgart, 1998, S. 92
Bild 31	Seite 38	fg 2000 Hessen - 1968 Ludwig Matthias, Mobile Architektur, Stuttgart, 1998, S. 128
Bild 32	Seite 39	Zip Up House - Richard Rogers – 1968/71 Burdett Richard, Richard Rogers - Bauten und Projekte, Stuttgart,
Bild 33	Seite 40	Wohnhaus Schultz - Beverly Hills - Helmut Schultz - 1976 Detail 2001, Band 4, Elemente und Systeme
Bild 34	Seite 41	Wohnhäuser – Hollywood - Helmut Schultz – 1984 Detail 2001, Band 4, Elemente und Systeme
Bild 35	Seite 42	Yacht House - Richard Horden - 1984 Detail 2001, Band 4, Elemente und Systeme Horden Richard, Light Tech vgl. Daniels Klaus, Low Tech Light Tech High Tech, Buildings in the Information Age, Birkhäuser Publishers, 1998, S. 134

Bild 36	Seite 43	CAMPUS - Prof. Han Slawik – 1986 Graph Anton, Vorgefertigte Einfamilien- und Reihenhäuser, München, 2003, S. 32
Bild 37	Seite 43	T House - Ungers Kinslow – 1992 Gausa Manuel, Single Family Housing, The private Domain, Berlin, 1999
Bild 38	Seite 44	Furniture House - Shigeru Ban – 1995 Arieff, Allison, Pre Fab, Layton 2002, S. 121
Bild 39	Seite 45	Zweifamilienhaus - Oskar Leo, Johannes Kaufmann - 1997 Bahamon Alejandro, Bauen mit System, Architektur mit Fertigteilen, Kohlhammer Verlag 2002, S. 154
Bild 40	Seite 45	Teehaus - Martereremoosmann - 1997 Bahamon Alejandro, Bauen mit System, Architektur mit Fertigteilen, Kohlhammer Verlag 2002, S. 140
Bild 41	Seite 46	Reihenhäuser in Burghalde - Alioth Langlotz - 1998 Bahamon Alejandro, Bauen mit System, Architektur mit Fertigteilen, Kohlhammer Verlag 2002, S. 106
Bild 42	Seite 46	„The Space Between“ - Sturm und Wartzeck - 1998 Gunßer Christoph, Individuell bauen mit Systemen, Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart 2002, S. 12
Bild 43	Seite 47	„Smallhouse.ch“ - Bauart Architekten - 1999 Internet: www.bauart.de
Bild 44-45	Seite 47	Susi und Fred - Oskar Leo und Johannes Kaufmann - 1999 www.kaufmannzimmerei.at/bausysteme
Bild 46	Seite 48	Wohnanlage in Neu-Ulm - G.A.S.-Sahner Architekten – 2003 Internet: www.GAS-sahner-architekten.de

Kapitel 2. Stand der Technik im System- und Fertigbau

Bild 47-49	Seite 53	Statistische Zahlen zur Fertigstellung von Wohnraum und Nutzungswünsche der Eigentümer Quelle: Seite 250 der BMBau Studie, Automatisierungssysteme im Wohnungsbau, Autor: Frank Prochiner, TU München, Lehrstuhl für Baurealisierung und Bauinformatik, Prof. Bock; 1999, 250 Seiten, ISBN 3-8167-4832-5 Fraunhofer IRB Verlag
Bild 50	Seite 60	Skizze zur Industrialisierung im Wohnungsbau Quelle: Seite 1, Deckblatt der BMBau Studie Automatisierungssysteme im Wohnungsbau, Frank Prochiner, TU München, Lehrstuhl für Baurealisierung und Bauinformatik, Prof. Bock; 1999, 250 Seiten ISBN 3-8167-4832-5 Fraunhofer IRB Verlag
Bild 50-67	Seite 66-72	Teilautomatische Anlagen und Maschinen zur Fertigung von Betonfertigteilen Quelle: Seite 44-52 der BMBau Studie Automatisierungssysteme im Wohnungsbau, Frank Prochiner, TU München, Lehrstuhl für Baurealisierung und Bauinformatik, Prof. Bock; 1999, 250 S. ISBN 3-8167-4832-5 Fraunhofer IRB Verlag
Bild 68-87	Seite 73-86	Betonfertigteilsysteme im Wohnungsbau Quelle: Seite 20-38 der BMBau Studie Automatisierungssysteme im Wohnungsbau, Frank Prochiner, TU München, Lehrstuhl für Baurealisierung und Bauinformatik, Prof. Bock; 1999, 250 S. ISBN 3-8167-4832-5 Fraunhofer IRB Verlag
Bild 88-122	Seite 88-111	Bauverfahren im Mauerwerksbau Quelle: Seite 57- 85 der BMBau Studie Automatisierungssysteme im Wohnungsbau, Frank Prochiner, TU München, Lehrstuhl für Baurealisierung und Bauinformatik, Prof. Bock; 1999, 250 S. ISBN 3-8167-4832-5 Fraunhofer IRB Verlag
Bild 123-143	Seite 112-119	Bauverfahren im Holzbau Quelle: Seite 86-96 der BMBau Studie Automatisierungssysteme im Wohnungsbau, Frank Prochiner, TU München, Lehrstuhl für Baurealisierung und Bauinformatik, Prof. Bock; 1999, 250 S. ISBN 3-8167-4832-5 Fraunhofer IRB Verlag

- Bild 144-156 Seite 120-127 **Automatisierung und Baurobotersysteme im Holzbau**
Quelle: Seite 98-107 der BMBau Studie
Automatisierungssysteme im Wohnungsbau, Frank Prochiner, TU München, Lehrstuhl für Baurealisierung und Bauinformatik, Prof. Bock; 1999, 250 S.
ISBN 3-8167-4832-5 | Fraunhofer IRB Verlag
- Bild 157-170 Seite 130-139 **Verwendete Bauverfahren im Stahlbau**
Quelle: Seite 111-122 der BMBau Studie
Automatisierungssysteme im Wohnungsbau, Frank Prochiner, TU München, Lehrstuhl für Baurealisierung und Bauinformatik, Prof. Bock; 1999, 250 S.
ISBN 3-8167-4832-5 | Fraunhofer IRB Verlag

Kapitel 3. Neue Konzepte und Entwicklungen für Fertigungs- und Montagesysteme im industriellen Wohnungsbau

- Bild 171-187 Seite 143-158 **Untersuchung bestehender Bauverfahren und Fertigungssysteme in Deutschland im Hinblick auf eine mögliche Automatisierung**
Quelle: Seite 196-214 der BMBau-Studie
Automatisierungssysteme im Wohnungsbau, Frank Prochiner, TU München, Lehrstuhl für Baurealisierung und Bauinformatik, Prof. Bock; 1999, 250 S.
ISBN 3-8167-4832-5 | Fraunhofer IRB Verlag
- Bild 189 Seite 171 **Prinzipdarstellung der Verbindungstechnik mit steckerfertigen Schnellverbindern**
Quelle: Zeichnung Prochiner/ Herbst
- Bild 190-191 Seite 172 **Erste Prototypen der Schnellverbinder hergestellt im Stereolithographie und Vakuumgussverfahren**
Quelle Bild: Prochiner Baumesse 2001 in München
- Bild 192-195 Seite 177 **Erste Prototypenstecker, aus Kunststoff geätzt Juni 2000**
Quelle Bild: Prochiner
- Bild 198-205 Seite 178-181 **Erste 3 D Studien der Schnellverbinder**
Quelle Bild/ Konstruktion: Prochiner
Kooperation mit WEDA Sondermaschinenbau
- Bild 206 -208 Seite 182 **Erste Prototypen im Rapid Prototyping Verfahren**
Quelle Bild/ Konstruktion: Prochiner
Kooperation mit WEDA Sondermaschinenbau
- Bild 209-212 Seite 183-184 **Entwicklung der Wasserstecker im 3D Verfahren**
Quelle Bild/ Konstruktion: Prochiner
Kooperation mit WEDA Sondermaschinenbau
- Bild 213-221 Seite 185-188 **Bau und Erprobung erster Musterwände**
Quelle Bild/ Konstruktion: Prochiner
Musterwände Bau mit Regnauer Holzbau, Bau-Fritz, Merk

Bild 222-224	Seite 189	Entwicklung erster Vorserienmodelle Quelle Foto: Prochiner / Fischerwerke
Bild 225-230	Seite 190	Entwicklung 1:5 Modellstudien Quelle Foto: Prochiner / Fischerwerke
Bild 231-236	Seite 191	Bau erster Test-Häuser mit Weberhaus in der Vorfertigung Quelle Foto: Prochiner / Fischerwerke / Weberhaus
Bild 237-248	Seite 192-193	Bau erster Test-Häuser mit Weberhaus bei der Endmontage Quelle Foto: Prochiner / Fischerwerke / Weberhaus
Bild 249	Seite 195	Zeitmessung bei der konventionellen Montage eines Platz-Hauses Quelle Foto und Zeitmessung: Prochiner
Bild 250-280	Seite 195-203	Zeitmessung und Bilddokumentation der Montage eines Platz-Hauses Quelle: Bilddokumentation Prochiner
Bild 281-287	Seite 204-206	Prototypenkonstruktion und Entwicklung Quelle: Bild und Konstruktion Prochiner
Bild 288	Seite 207	Entwicklung einer Justierhilfe Quelle: Zeichnung und Konstruktion Prochiner
Bild 289-291	Seite 208-209	Optimierung von Montagevorgängen mit Schnellverbindern Quelle: Bilder, Zeichnung und Konstruktion, Prochiner
Bild 292-297	Seite 210-211	Erprobung von Lastverbindern, optimierung Quelle: Bilder Fischerwerke
Bild 298-300	Seite 212-214	Entwicklung von Verstärkungsblechen Quelle: Bild, Zeichnung und Konstruktion, Prochiner
Bild 301-305	Seite 212-218	Entwicklung eines Hochlastverbinders Quelle: Bild, Zeichnung und Konstruktion, Prochiner
Bild 306	Seite 220	Entwicklung eines Hochlastverbinders Quelle: Bild, Prochiner / Fischerwerke
Bild 307-312	Seite 223	Analyse integrierte Deckenkonstruktionen Quelle: Bild Prochiner / Platz-Haus

Bild 313	Seite 226	Entwicklung „integrierte Verbundelementdecke“ Quelle: Entwicklung und Zeichnung Prochiner
Bild 314-318	Seite 227-231	Entwicklung Deckenmontageverfahren Quelle: Entwicklung und Zeichnungen, Prochiner
Bild 314-318	Seite 227-231	Entwicklung Deckenmontageverfahren Quelle: Entwicklung und Zeichnungen, Prochiner
Bild 319-326	Seite 232	Erprobung der Deckenmontage Quelle: Bilder Prochiner / Weberhaus
Bild 327-329	Seite 234	Betonfertigungsverfahren Quelle: Bilder Fa. Glatthaar Betonwerke
Bild 330-332	Seite 235	Schalungsgreifer Quelle: Bilder Firma Weckenmann
Bild 333	Seite 236	Installationsdecke Quelle: Bilder Firma Wohnton Dessau
Bild 334	Seite 237	Bildfolge Wandverbindungsflaschen Quelle: Bilder Firma Pfeiffer
Bild 335	Seite 238	Betonwandsystem Ulmer Betonfertigteiltage Quelle: Seite 29 der BMBau Studie Automatisierungssystem im Wohnungsbau, Frank Prochiner, TU München, Lehrstuhl für Baurealisierung und Bauinformatik, Prof. Bock; 1999, 250 S. ISBN 3-8167-4832-5 Fraunhofer IRB Verlag
Bild 336-341	Seite 240-243	Prinzipskizze zur Entwicklung einer Montagevorrichtung zum Einsatz der Schnellverbindertechnologie im Betonbau Quelle: Bilder und Zeichnungen, Prochiner
Bild 342-363	Seite 244-251	Entwicklung von Prototypen zur Erprobung der Systemkomponenten Quelle: Alle Bilder, Patente und Zeichnungen, Prochiner/Munitec
Bild 364-365	Seite 255	Installationszonen und Vorzugsmaße Quelle: Alle Bilder, Patente und Zeichnungen, Prochiner/Munitec
Bild 366-367	Seite 256	Bussysteme im Prinzipvergleich Quelle: Prof. Dr.-Ing. Martin H. Brillinger, Veröffentlichung

Bild 368-372	Seite 259-260	Piercingssysteme der Firma Woertz Quelle: Internet, Firma Woertz
Bild 373-374	Seite 261	Piercingssysteme der Firma Wieland Quelle: Produktinformationen der Firma Wieland
Bild 375-378	Seite 263-266	Piercingssysteme Munitec Eigenentwicklung Quelle: Zeichnungen, Bilder, Patente, Prochiner/Munitec
Bild 375-378	Seite 263-266	Piercingssysteme Munitec Eigenentwicklung Quelle: Zeichnungen, Bilder, Patente, Prochiner/Munitec
Bild 379-382	Seite 267-270	Konzeption unterschiedlicher Installationsprinzipien Quelle: Zeichnungen, Bilder, Patente, Prochiner/Munitec
Bild 383-384	Seite 271-272	Mögliche Kosteneinsparung durch vereinfachte Installation im Werk, Gewerkeanteil Quelle: Seite 206 der BMBau Studie Automatisierungssysteme im Wohnungsbau, Frank Prochiner, TU München, Lehrstuhl für Baurealisierung und Bauinformatik, Prof. Bock; 1999, 250 S. ISBN 3-8167-4832-5 Fraunhofer IRB Verlag
Bild 385-389	Seite 274-278	Installationsschachtsysteme im Holzbau Quelle: Bild, FH-Rosenheim, Prof. Schwarz Forschungsbereich der DGFH
Bild 389-392	Seite 280-283	Kombikern Entwicklung Quelle: Entwicklung, Prochiner/Munitec, Zeichnung, Walczyk
Bild 394	Seite 285	Inliner Wassersteckersystem Quelle: VIEGA Produktinformationen
Bild 395	Seite 287	Elektrischer Installationsverbinder Quelle: Fischerwerke/Wieland/Munitec Entwicklungskooperation
Bild 396	Seite 289	Installationsschachtsysteme im Holzbau Quelle: Bild, FH-Rosenheim, Prof. Schwarz Forschungsbereich der DGFH
Bild 397	Seite 290	Installationsschachtsysteme mit Schnellverbindern Quelle: Patentzeichnungen Munitec, Prochiner
Bild 398	Seite 290	Beispiele für Einzelmodulsysteme: Quelle: Bild, Prochiner

Bild 399-400	Seite 292	Beispiele für Sanitärwandsysteme: Quelle: Bild, Prochiner
Bild 401-405	Seite 294	anschlussfertige Raummodule Quelle: Bild, Prochiner
Bild 406-408	Seite 300	Entwicklung einer multifunktionalen Anschlussplatte Quelle: Bild, Zeichnung, Prochiner
Bild 409-410	Seite 301	Anschluss für Flächenheizungen Quelle: Bild, Wohnton Dessau Lignotrenddecke
Bild 411-414	Seite 303-308	Andockmöglichkeiten für Plattenheizkörper Quelle: Bild, Zeichnung, Patent, Prochiner
Bild 415- 431	Seite 312-321	Entwicklung des WAVARIA-Wandsystems Quelle: Bild, Zeichnung, Patente, Prochiner
Bild 432	Seite 321	Baukosten Anteile der Gewerke Quelle: Bild/Tabelle, Hanser, Lehrstuhl für Baurealisierung, TU-München
Bild 433	Seite 324	Einsparpotentiale Homes (24)- Tabelle Quelle: Tabelle, Prochiner
Bild 434	Seite 337	„Hausbaumaschine“ Quelle: Deckblatt der BMBau Studie Automatisierungssysteme im Wohnungsbau, Frank Prochiner, TU München, Lehrstuhl für Baurealisierung und Bauinformatik, Prof. Bock; 1999, 250 S. ISBN 3-8167-4832-5 Fraunhofer IRB Verlag