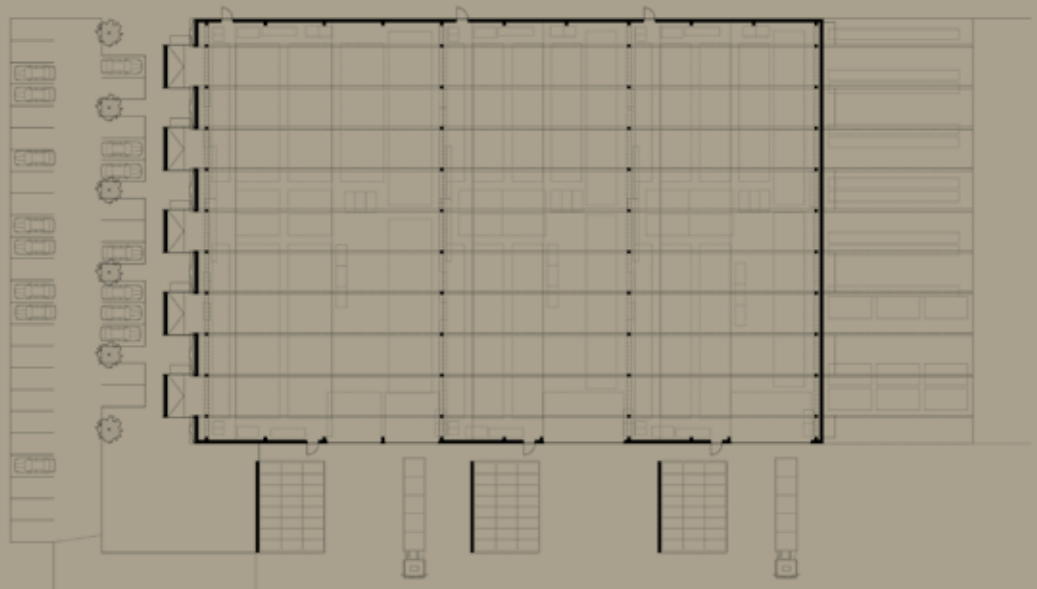




Industrie- und Gewerbebau in Holz



Inhalt

Seite 5	_ Editorial	Seite 50	4 _ Statische Systeme und Tragwerksmodelle
6	1 _ Einleitung	50	4.1 _ Annahmen und Voraussetzungen
6	1.1 _ Zum ganzheitlichen und typologischen Ansatz dieses Leitfadens	50	4.1.1 _ Spezifische Baustoffeigenschaften
8	1.2 _ Charakteristik Industrie- und Gewerbebauten	54	4.1.2 _ Lastannahmen
13	1.3 _ Holzkonstruktionen als Leistungsform, „form follows performance“	55	4.1.3 _ Besondere statische und dynamische Lasten
20	2 _ Anforderungen aus Sicht der Fabrikplanung	56	4.1.4 _ Außergewöhnliche Einwirkungen
20	2.1 _ Vorgehen der Fabrikplanung	56	4.1.5 _ Gebrauchstauglichkeitsanforderungen für tragende Holzkonstruktionen
23	2.2 _ Allgemeines Vorgehen zur Anforderungsermittlung	57	4.1.6 _ Szenarien der Änderung der Nutzung
28	2.3 _ Ausprägungen der Anforderungen	58	4.2 _ Primärtragwerk
28	2.3.1 _ Transportmittel	59	4.3 _ Sekundärtragwerk
28	2.3.2 _ Lagermittel	60	4.4 _ Aussteifungssysteme Stabilisierung
29	2.3.3 _ Produktionsmittel	61	4.5 _ Tragwerksmodule und Holzbausysteme
29	2.3.4 _ Sonstige Mittel	62	4.5.1 _ Tragwerke für kubische Bauformen
30	3 _ Architektonische Typologien	64	4.5.2 _ Tragwerke für Satteldachformen
30	3.1 _ Anforderungen an Bauformen	65	4.5.3 _ Tragwerke für Schalenformen
30	3.1.1 _ Schnittprofil		
34	3.1.2 _ Grundrissfigur		
35	3.1.3 _ Verknüpfungsprinzip		
37	3.2 _ Kommunikation		
40	3.3 _ Belichtung		
44	3.4 _ Ver- und Entsorgung		
46	3.5 _ Raummodelle, Raummodule		
46	3.5.1 _ Tragwerksplanung auf Grundlage von Raummodulen		
47	3.5.2 _ Raummodul Kubus		
48	3.5.3 _ Raummodul Satteldach		
49	3.5.4 _ Raummodul Schalendach		

Seite 66	5	_ Der Bausatz als integrales Konstruktionsmodell	Seite 134	7	_ Projektmanagement
66	5.1	_ Strukturmerkmale des Bausatzes bei Holzkonstruktionen	141	8	_ Ausgeführte Beispiele
70	5.1.1	_ Tragwerk	142	8.1	_ Distributionszentrum in Bobingen
72	5.1.2	_ Hülle	146	8.2	_ Firmengebäude in Rellingen
74	5.1.3	_ Medien	150	8.3	_ Firmensitz in Niederstetten
77	5.1.4	_ Ausbau	154	8.4	_ Messehallen in Karlsruhe
80	5.2	_ Ausführung	158	8.5	_ Großbäckerei in Essen
81	5.3	_ Betrieb	162	8.6	_ Lagerhalle in Laufenburg
82	5.4	_ Facility Management	166	8.7	_ Hochregallager in Weiler (A)
84	6	_ Detaillierungsebenen und Toolboxes	170	8.8	_ Flugzeughangar in Wien (A)
84	6.1	_ Bauphysik	174	8.9	_ Salzlagerhalle in Riburg (CH)
84	6.1.1	_ Wärmeschutz	178	8.10	_ Fertigungshalle in Schwanenstadt (A)
88	6.1.2	_ Feuchteschutz	184	8.11	_ Betriebsgebäude einer Zimmerei in Feldkirch (A)
89	6.1.3	_ Luftdichtheit	188	8.12	_ Druckerei in Lustenau (A)
89	6.1.4	_ Winddichtheit	192	9	_ Literatur
89	6.1.5	_ Schallschutz	196	10	_ Bildnachweis
97	6.2	_ Holzschutz			
99	6.3	_ Brandschutz			
100	6.3.1	_ Vorschriften und Richtlinien			
103	6.3.2	_ Brandschutzkonzept			
105	6.3.3	_ Technische Anlagen für den Brandschutz			
106	6.4	_ Bauprodukte und -systeme			
106	6.4.1	_ Bauprodukte			
109	6.4.2	_ Bausysteme			
110	6.4.3	_ Nagelplattenkonstruktionen			
111	6.4.4	_ Holz-Beton-Verbundsysteme			
112	6.4.5	_ Industriell vorgefertigte Träger und Flächenbauteile			
113	6.5	_ Standardlösungen			
113	6.5.1	_ Tragwerke			
126	6.5.2	_ Hülle			
128	6.6	_ Parameter der Umsetzung			
128	6.6.1	_ Fertigung			
129	6.6.2	_ Toleranzen			
131	6.6.3	_ Projektabwicklung im Holzbau			

Impressum

Herausgeber:

HOLZABSATZFONDS
Absatzförderungsfonds der
deutschen Forst- und Holzwirtschaft
Godesberger Allee 142-148
D-53175 Bonn
02 28 / 308 38-0
02 28 / 308 38-30
info@holzabsatzfonds.de
www.holzabsatzfonds.de
V.i.S.d.P.: Ludger Dederich

Projektleitung und Konzeption:

Dipl.-Ing. (FH) Architekt Ludger Dederich

Technische Anfragen an:

Überregionale Fachberatung:
0 18 02 / 46 59 00 (0,06 Euro/Gespräch aus dem
Festnetz der Deutschen Telekom AG, ggf.
abweichende Preise aus den Mobilfunknetzen)
fachberatung@infoholz.de
www.informationsdienst-holz.de

Die technischen Informationen dieser Schrift
entsprechen zum Zeitpunkt der Drucklegung
den anerkannten Regeln der Technik. Eine
Haftung für den Inhalt kann trotz sorgfältigster
Bearbeitung und Korrektur nicht übernommen
werden.

Hinweise zu Änderungen,
Ergänzungen und Errata unter:
www.informationsdienst-holz.de

Bearbeitung

Fachhochschule Münster
Lehrbereich Baukonstruktion und Industriebau
Prof. Dipl.-Ing. Jürgen Reichardt
Lehrbereich Tragwerksplanung
Prof. Dr. Thomas Jürges

Mitarbeiter:

b.a. [arch.] Charlot Altevolmer
b.a. [arch.] Milosch Wala
b.a. [arch.] Matthias Zühlke
Stud. Eduard Kliewer
Stud. Mehtap Sevi
Dipl.-Ing. Thomas Lilge

Universität Hannover
IFA, Institut für Fabrikanlagen und Logistik
Prof. Dr. habil. Peter Nyhuis
Mitarbeit:
Dipl.-Ing. m.a. Andreas Elscher
Dipl.-Ing. Frank Fisser

Kapitel 6.1, 6.2, 6.4, 6.5, 6.6
Dipl.-Ing. Architekt Martin Mohrmann, Eutin

Kapitel 6.3
Dr.-Ing. Holger Schopbach, Romrod

Fachredaktion:

Preisung Kommunikation/
Fachagentur Holz, Düsseldorf

Gestaltung:

Schöne Aussichten :
Oliver Iserloh, Düsseldorf

Erscheinungsdatum
09/2008
ISSN-Nr. 0466-2114
holzbau handbuch

Reihe 1: Entwurf und Konstruktion

Teil 3: Industrie- und Gewerbebauten

Folge 11: Industrie- und Gewerbebau in Holz

Editorial

Am Anfang dieser Publikation ist man geneigt, Walter Henn das Wort zu überlassen, um es gleich bei diesem bewenden zu lassen. Im Vorwort für den Band 1 von „Bauten der Industrie“, 1955 erschienen, schreibt Henn „Ein Buch über den Industriebau bedarf keiner Begründung.“ und weist im Anschluss darauf hin, dass Bauten der Industrie für viele Menschen zum Lebensraum geworden sind.

Dem folgend sollte uns Planern gegenwärtig sein, dass Arbeitsumfeld für Menschen geschaffen wird, wenn für Industrie und Gewerbe räumliche Hülle geplant wird. Erst danach kann produziert werden.

Daraus resultierend sollte das Ziel dieser Planungsaufgabe sein, räumliche Voraussetzungen für die Identifikation mit dem Arbeitsplatz und dem an diesem umzusetzenden Arbeitsablauf zu schaffen. Denn ebenso komplex wie der Planungsansatz für Industrie- und Gewerbebauten, der ein ganzheitlicher, ein umfassender sein muss, ist die Gemengelage der Faktoren, die zu qualitativ wie ökonomisch optimalen Produkten führt.

Auf den ersten Blick scheint im Abgleich zu den Vorgaben der Vergangenheit hinzuzukommen, dass neben den traditionell quantifizierbaren Faktoren noch den Aspekten des nachhaltigen Bauens Rechnung getragen werden soll, damit den sich einander bedingenden Planungsparametern Vision und Technologie, Energie und Ökologie hin zu Kommunikation, Identität und Synergie das geforderte Produkt folgen kann.

Dazu sei in aller Kürze darauf hingewiesen, dass die „Fabrik Wald“ in einem natürlichen Prozess unter Verwendung solarer Energie zur Reduktion von CO₂ Holz produziert.

Zurück zum Faktor Identität – und doch nicht weit weg von der Nachhaltigkeit: Angesichts hochentwickelter, weltumspannender Märkte mit einer steigenden Zahl sich immer ähnlicher werdender Produkte gilt es für die Unternehmen, auf sich aufmerksam zu machen und sich von der Konkurrenz abzuheben. Nicht zuletzt in diesem Kontext steckt das wirkliche Potenzial für kleine und mittelständische Unternehmen in Zeiten globalen Denkens und lokalen Handelns. Gestaltete Umwelt im Unternehmen sichert den Mitarbeitern optimale Arbeitsbedingungen, die immer weniger durch rein finanzielle Anreize motiviert werden müssen.

Die im Folge dieses Leitfadens abgehandelten Aspekte sind in Kapitel 8 mit Beispielen unterlegt, denen in diesem Sinne Vorbildcharakter zukommt. Dabei wurden bewusst auch Objekte in die Dokumentation aufgenommen, die nicht allein aufgrund irgendwelcher Superlative verblüffen, sondern – ergänzt um die im Band „Industrie- und Gewerbebau in Holz: Zwischen Technik und Kommunikation“ dargestellten Erfahrungen – die Bandbreite der Einsatzmöglichkeiten des modernen Holzbaus veranschaulichen. Diese Option lässt sich umsetzen, da es eine Bauherrenschaft gibt, die es nicht an Innovationswillen mangeln lässt, mit einem der ältesten Baustoffe der Menschheit, der zudem über das umfassendste Nachhaltigkeitspotenzial verfügt, im 21. Jahrhundert Produktionsstätten mit menschenfreundlichen Zügen errichten zu wollen.

Ludger Dederich

Leiter Holzbaufachberatung
Holzabsatzfonds

»Der englische Begriff *Factory* ist eine unlogische Reduktion des ursprünglichen *Manufactory* durch Fortlassen des im ersten Teil des Wortes angedeuteten handwerklichen Bezuges.«

Nikolaus Pevsner,
Funktion und Form – Die Geschichte der Bauwerke des Westens, 1998

»Die Industrie ist nicht nur kleinteiliger geworden, sie hat in Teilbereichen auch eine Ähnlichkeit zum Handwerk zurückgewonnen.«

Gunter Henn
im Deutschen Architektenblatt, Ausgabe März 2003

1_ Einleitung

1.1 _ Zum ganzheitlichen und typologischen Ansatz dieses Leitfadens

Die vorliegende Veröffentlichung soll als praktische Arbeitshilfe das Thema des Industrie- und Gewerbebaus mit Holzkonstruktionen um den Blickwinkel der Produktions- und Logistikplanung erweitern. Der ganzheitliche Ansatz wird weiterhin durch eine die Kapitel übergreifende typologische Darstellung verdeutlicht. Durch eine derartig vernetzte Aufbereitung der Thematik glauben die Verfasser sowohl an der Praxis orientierte Arbeitshilfen für reale Projekte als auch in separaten Wissensblöcken dennoch thematisch verbundenes Fachwissen zu strukturieren. Zugunsten einer möglichst großen Anschaulichkeit wurden für die Themenblöcke durchgängig 3D-Darstellungen gewählt. Aufgrund des Anspruchs praktischer Hilfestellung des Leitfadens erhielten bei der Auswahl der Projektdokumentationen Projekte mit verallgemeinerbarem „Vorbildcharakter“ im Zweifelsfall den Vorzug gegenüber mehr speziellen „Leuchtturmprojekten“.

Kapitel 2 umreißt Anforderungen an Industrie- und Gewerbebauten aus Sicht der Fabrikplanung. Überlegungen hierzu sind vielfach (wirtschaftlicher) Impulsgeber für Projekte, überdies werden bei gebührender Einlassung auf die funktionellen Erfordernisse Fehlplanungen bei der Gebäudekonzeption sowie der Detailwahl der Konstruktion vermieden.

Kapitel 3 überführt die Anforderungen der Fabrikplanung in architektonische Typologien des Industrie- und Gewerbebaus, weiterhin werden grundsätzliche Möglichkeiten zu Kommunikati-

on, Belichtung und Ver- und Entsorgung erörtert. Aus diesen Typologien werden Raummodule für kubische Formen, Sattelformen und Schalenformen abgeleitet. Matrixartige „Entwurfsbaukästen“ zu den Raummodellen bereiten die Basis für folgende Diskussionen zu Tragwerksmodellen in Kapitel 4 oder weitere Detaillierungsebenen der „Toolboxes“ in Kapitel 6.

Kapitel 4 stellt statische Systeme und Tragwerksmodelle für Holzkonstruktionen vor und umreißt Möglichkeiten der Lösungsfindung von Konstruktionsalternativen.

Kapitel 5 führt den Begriff des „Bausatzes“ als integrales Konstruktionsmodell ein, analysiert Strukturmerkmale für Tragwerk, Hülle, Medien sowie Ausbau und verweist auf Synergien für Planung, Ausführung und Betrieb. Weiterhin werden Möglichkeiten der Nutzung des Bausatzmodells für übergreifendes Facility Management vorgestellt.

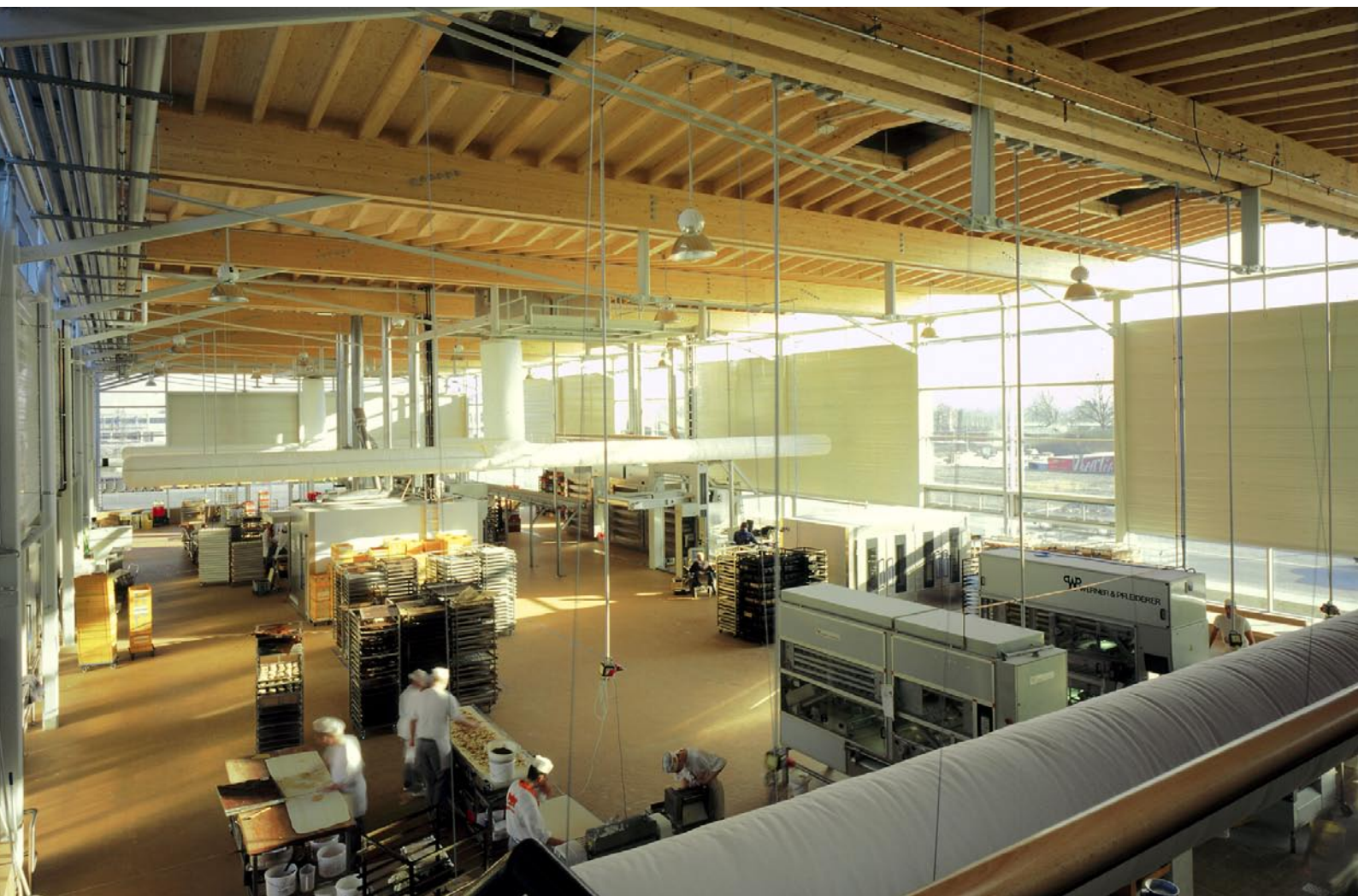
Kapitel 6 führt mit dem Ziel rascher Orientierung einen Überblick zu Bauphysik, Holzschutz, Brandschutz, Bauprodukten und -systemen, Standardlösungen sowie Parametern der Umsetzung; die im Anhang zitierte Literatur erlaubt vielfältige Vertiefung.

Kapitel 7 geht auf Techniken des ganzheitlichen Projektmanagements zur Qualitäts-, Termin- und Kostenkontrollle von Industrie- und Gewerbebauten ein. Die Systematik der Synergetischen Fabrikplanung™ wird anhand der Techniken von Workshops und Meilensteinen erklärt und am Projektbeispiel exemplarisch angewandt.

Abb. 1.01

Großbäckerei in Essen

Prof. J. Reichardt Architekten



Kapitel 8 analysiert nach gleichartiger Projekt-sicht ausgeführte Projektbeispiele auf Strukturmerkmale für Tragwerk, Hülle, Medien und Ausbau. Zur Anschaulichkeit der diskutierten „Bausätze“ wurden für alle dokumentierten Projekte 3D-CAD-Konstruktionsmodelle erstellt.

Die jeweilige Thematik vertiefende Literatur-verweise erlauben ein weitergehendes Studium der Sachverhalte.

1.2 _ Charakteristik Industrie- und Gewerbebauten

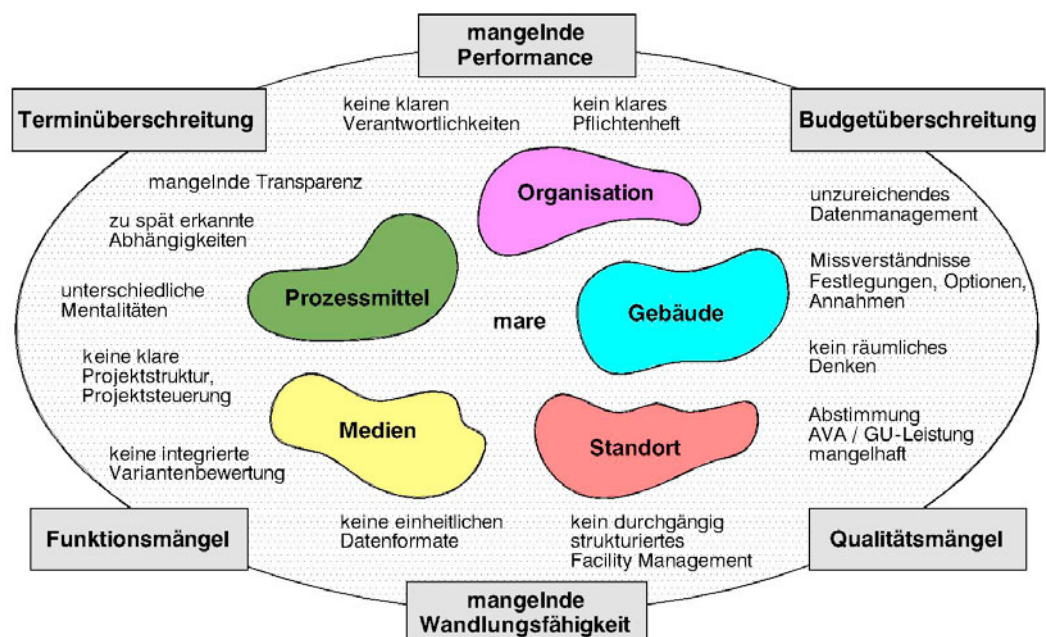
Die Errichtung von Industrie- und Gewerbebauten ist eine umfangreiche und komplexe Einzelfertigung unserer Wirtschaft. Nur die ausgewogene Berücksichtigung aller Planungskriterien sichert den langfristigen Projekterfolg. Die Gestalt der Gebäudes und der Konstruktion kann nicht allein aus ästhetischen Anforderungen hergeleitet werden, sondern erwächst in einem überaus kreativen Findungsprozess auch aus dem Kontext von Prozessabläufen, Logistik, Standort, Klima, Gesellschaft und Mensch. Über die rein funktionelle Zweckmäßigkeit hinaus kann eine durchdachte Gebäudestruktur positive Impulse für Motivation und Kommunikation von Mitarbeitern, Kunden und Besuchern setzen.

Die folgenden Ausführungen stellen baurelevante Gestaltungsfelder von zeitgemäßen Holzkonstruktionen im Kontext des Indus-

trie- und Gewerbebaus vor. Das vielseitige Beziehungsgeflecht des Bauens wird aus Sicht eines kooperativen Planungs- und Bauteams von Produktionsplaner, Architekt, Tragwerksingenieur und Fertigungsunternehmen analytisch aufgegliedert und jeweils die gegenseitigen Abhängigkeiten werden aufgezeigt. Die Bewältigung der zuvor skizzierten Anforderungen an Industrie- und Gewerbebauten sowie die Frage nach der Strukturierung von projektdefinierenden Pflichtenheften wirft die Frage nach einer generellen Methodik ganzheitlicher Raum- und Konstruktionsplanung auf.

Eine kritische Sicht auf die gegenwärtige Praxis der Bauplanung offenbart gravierende Unterschiede zwischen „state-of-the-art workflow“ der Automobilindustrie und Planungs- und Fertigungsmethoden eines Gewerbegebäudes. Die traditionelle Rückständigkeit des Bauwesens gegenüber fortschrittlicheren Industriezweigen

Abb. 1.02
 Fabrikplanung:
 Meer der Schnittstellen
 und häufige Mängel



wurde schon in den 30er Jahren des letzten Jahrhunderts von Vordenkern wie Buckminster Fuller als „cultural lag“ bezeichnet, der Entwicklungsvorsprung von Automobil- oder Flugzeugindustrie mit ca. 20 Jahren gekennzeichnet. Die Fokussierung auf die herkömmliche Praxis der Planungsmethodik von Fabrikbauten offenbart gerade im Vergleich zur „digitalen“ Arbeitsweise der Automobil- oder Flugzeugindustrie gravierende Unterschiede: die in der Regel separierte Definition der Teilprojekte. Prozessmittel, Standort, Gebäude sowie Medien und Organisation (siehe Abb. 1.02) erfolgen überdies jeweils in sequenzieller Planungstechnik, also hintereinander geschalteten Planungsstufen gegenüber einem zeitverkürzenden „simultaneous engineering“ in der Automobilindustrie.

Die neue Qualität einer kooperativen Planungsmethodik aus Prozess- und Raum-Sicht liegt nach [1] in möglichst frühzeitig begonnener

Zusammenführung der räumlich durchgebildeten Teilprojekte Prozessmittel/Organisation, Standort, Gebäude und Medien (siehe Abb. 1.03).

Die Anforderungen an den Industriebau aus Raum-Sicht werden, ähnlich wie es bei der Prozessplanung der Fall ist, sowohl durch quantifizierbare (harte) als auch durch qualitative (weiche) Faktoren bestimmt. Auf den nächsten Seiten wird ein Überblick gegenwärtiger Ebenen von Anforderungen vorgestellt.

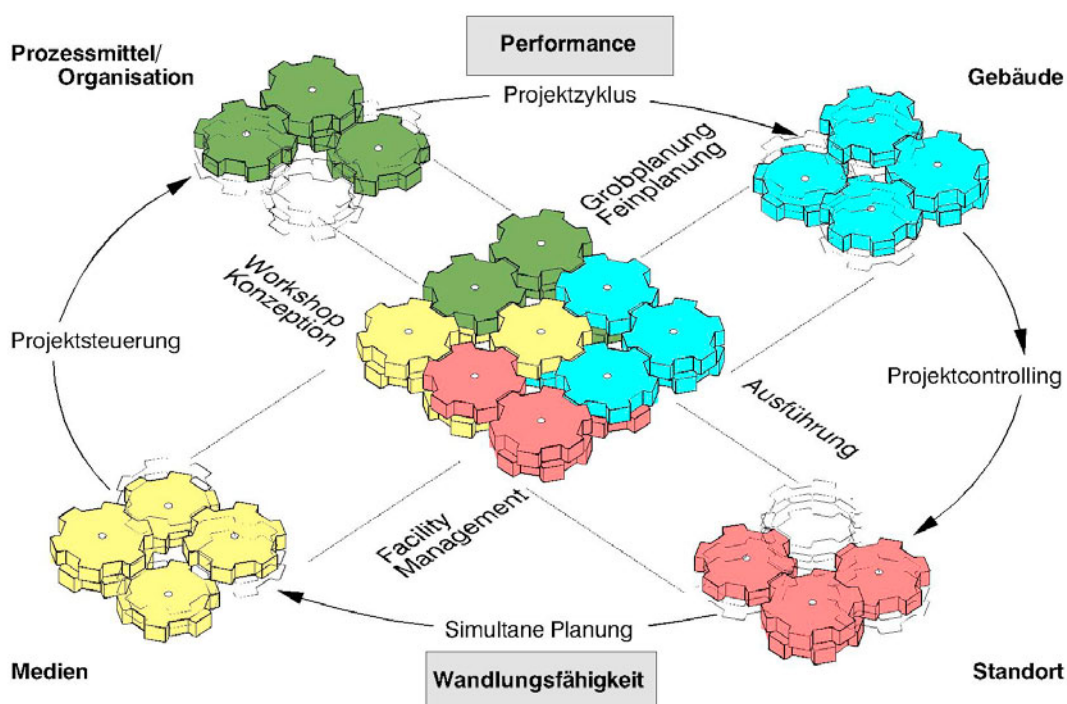


Abb. 1.03

Synergetische Fabrikplanung™:
Integration Teilprojekte

Vision



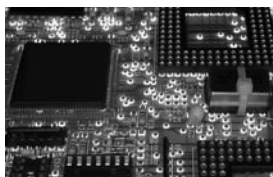
Ausgehend von einer Vision sind eher harte Anforderungen an das Industriegebäude

aus Sicht von Technologie, Energie und Ökologie zu definieren. Sie werden ergänzt durch die weichen Faktoren wie Flexibilität der Einrichtungen, Kommunikation der Mitarbeiter und Erscheinungsbild als Beitrag zur Unternehmensidentität. Beide Sichten ergänzen sich in einem synergetischen Ansatz.

Eine tragfähige Vision beschreibt nicht nur harte Fakten, sondern bezieht auch weiche Faktoren emotionaler Zustimmung in die Lösungsfindung ein. Die Stimmigkeit von Kopf und Bauch ist eine wichtige Voraussetzung für den gemeinsamen Konsens.

Der natürliche Werkstoff Holz deckt in Kombination vielfältiger Leistungsmerkmale rationale wie emotionale Aspekte der Entscheidungsfindung ab.

Technologie



Im Bauwesen versteht man unter Technologie die Sammlung von Verfahren und Metho-

den in einem bestimmten Anwendungsgebiet. In der industriellen Produktion bedeutet der Einsatz von Technologie immer das Herstellen von Gütern und das Lösen von Aufgaben mit dem geringstmöglichen Aufwand nach dem Prinzip der höchstmöglichen Leistungsfähigkeit. Bauwerke erscheinen demgegenüber oft rückständig in Planung und Ausführung. Eine Ursache könnte im traditionellen Beharrungsvermögen

der Bauindustrie liegen. Neue Werkstoffe und intelligente Kombinationen von Werkstoffen zu Systemen höherer Leistung setzen sich im Bauwesen im Gegensatz zu progressiven Industriezweigen nur sehr zögerlich durch.

Gegenüber der Beharrlichkeit traditioneller Massivbauweisen wandelt sich der Baustoff Holz gegenwärtig zum Hightech-Material: CNC-Fertigungstechniken erlauben die Herstellung komplexer Geometrien der Bauteile. Im Verbund mit anderen Werkstoffen wie z.B. Carbonfasern steht der moderne Holzbau der Leistungsfähigkeit des Stahlbaus durch hohe Zugspannungen bei geringem Eigengewicht in nichts nach.

Energie



Der Energiebedarf unserer Volkswirtschaft verteilt sich etwa zu einem Drittel auf Industrie

und Gewerbe, zu einem weiteren Drittel auf Heizenergie und zum letzten Drittel auf Verkehr. Gerade bei Industrieprojekten besteht ein enormes Potenzial für eine Energieeinsparung auf allen drei Gebieten. Damit wird der Energieverbrauch zu einem aller Gestaltungsebenen durchdringenden Entwurfsparameter. Für Standortwahl, Generalbebauung und Gebäudestrukturen bedeuten energetisch intelligente Baukonzepte vor allem die bewusste Ausrichtung nach Sonnen- und Windrichtung sowie die energetisch intelligente Optimierung von Gebäude- und Mediensystemen.

Bei integrativer Planung spielt gerade der Holzbau besondere Vorteile eines natürlichen Werkstoffes im Rahmen von Energie- und Klimasimulationen aus. Im Vergleich zu alternativen

Werkstoffen erwiesen sich beim Projekt „Großbäckerei in Essen“ (siehe Kapitel 8.5) aufgrund besserer hygroskopischer Eigenschaften Binder und Dachkonstruktion in Holz überlegen.

Ökologie



Der Begriff Ökologie (Naturhaushaltslehre) ist von den beiden griechischen Worten Oikos (Haus) und

Logos (Lehre) abgeleitet. Er bezeichnet im ursprünglichen Sinne die Lehre von Haushalt und Natur. Ökologisches Gleichgewicht ist zu definieren als ungestörter Haushalt der Natur. Auf das Gebiet des Bauens bezogen wird schnell deutlich, dass der Begriff Bauökologie ein Widerspruch in sich ist. Bauen bedeutet immer Eingriff in die Natur, muss aber nicht zwangsläufig Umweltzerstörung bedeuten. Ökologisch bewusstes Bauen kennzeichnet also die hocheffiziente Herstellung, den Betrieb und die Reduktion gebauter Umwelt im Rahmen des Naturhaushaltes. Industrieprojekte bieten mannigfaltige Potenziale für ökologische Ansätze wie z.B. auch Ressourcenschonung und Abfallvermeidung.

CO₂-Anteile der Atmosphäre werden langfristig in den Tragwerksstrukturen aus Holz gebunden.

Flexibilität



Es ist heute nahezu unmöglich, zukünftige Produktionsprozesse, den zugehörigen Flächenbedarf

und die strukturellen Veränderungen in einem Industriebetrieb zu prognostizieren. Die Anpassungsfähigkeit des Industriegebäudes in einem

möglichst breiten Toleranzbereich kennzeichnet den Grad der betrieblichen Flexibilität. Auf das Industriegebäude bezogen bedeutet dies vor allem eine zu definierende Wandlungsfähigkeit aller Systeme der baulichen Gestaltung sowie die ausreichende Leistungsfähigkeit der Ver- und Entsorgungssysteme.

Tragwerke in Holz ermöglichen große Spannweiten ohne störende Stützenwälder und sind somit durch einen hohen Grad der Veränderbarkeit mittels Umbauten in höchstem Maß flexibel. Darüber hinaus bewiesen moderne Holzkonstruktionen gerade bei starken Projektzwängen besondere Potenziale.

Kommunikation



In der traditionellen Industrie wurde das Denken, Entscheiden und Durchführen aufgespalten.

Jetzt wird die Gemeinsamkeit von Kopf- und Handarbeit zum Ideal. Um die steigende Komplexität in Gebäuden beherrschen zu können, müssen innerbetriebliche Reibungsverluste vermieden und eine enge räumliche Verzahnung der planenden und ausführenden Produktionsbereiche geschaffen werden. Dieser neue Teamansatz bedingt eine Architektur der Kommunikation, die es erlaubt, Fehler in der Produktion schon im Ansatz zu erkennen. Neben Fehlerkorrektur und permanenter Qualitätssicherung begünstigt eine auf Vernetzung und Transparenz angelegte Architektur Möglichkeiten zur Kontaktbildung, Selbstbestimmung, Mitgestaltung von Arbeit und Umgebung.

Dabei fördert die räumliche „Wärme“ eines Holzambientes sicherlich kommunikative Aspekte.

Identität



Die architektonische Banalität von Industrie- und Gewerbebauten ist unübersehbare

Realität. Sie wird häufig mit der Unwirtschaftlichkeit besserer Arbeitsplatzqualität oder bewusster Gestaltung legitimiert.

Im gegenwärtigen Umfeld globaler Märkte mit einer unüberschaubaren Vielfalt von Produkten kommt der Identität eines Unternehmens gegenüber Kunden und Mitarbeitern zunehmende Bedeutung zu. Die Alleinstellungsmerkmale und der Gesamtauftritt des Unternehmens werden nicht nur durch das Produkt, sondern auch durch das Erscheinungsbild des Gebäudes geformt. Es bietet in einer multimedialen Umgebung hervorragende Möglichkeiten der Werbung und erlaubt Mitarbeitern, Kunden und Besuchern Rückschlüsse auf die soziale, kulturelle und gesellschaftliche Verantwortung des Unternehmens. Das große Expo-Dach zur Weltausstellung 2000 in Hannover beweist in besonderem Maße, wie mit dem Werkstoff Holz die Aufgabe einer identitätsstiftenden Großform gemeistert wurde.

Synergie



Synergie bezeichnet das Zusammenwirken verschiedener Kräfte, Faktoren oder Organe

zu einer abgestimmten Gesamtleistung. Im Fabrikprojekt bedeutet Synergie das Vermögen, scheinbar unvereinbare Zielprojektionen ausgehend von einer Vision in einem ganzheitlichen Optimierungsprozess zusammenzuführen. Der erreichte Grad der Synergie drückt unmittelbar die Leistungsfähigkeit des Projektes aus, damit wird Synergie zum Schlüsselbegriff. Synergetisch angelegte Konzeptionen spüren Potenziale für netzwerkartig wirkende Verbesserungen auf, bündeln positive und mildern negative Faktoren.

1.3 _ Holzkonstruktionen als Leistungsform, „form follows performance“

Wirtschaftlichkeit und Zweckmäßigkeit sind die wichtigsten Forderungen, die beim Bau von Produktions- und Lagerhallen für Industrie und Gewerbe erfüllt werden müssen. Und eben diese Gesichtspunkte sind es, die vom altbewährten Baustoff Holz beispielhaft erfüllt werden. Im Vergleich zu anderen Tragsystemen bietet der moderne Ingenieurholzbau gerade für den Industriebau zahlreiche Vorteile, auf die nachfolgend als „performance“-Aspekte hingewiesen werden soll. Leider ist im Bauwesen der Begriff „performance“, also die Bereitstellung einer besonderen Eignung zur Lösung einer gestellten Aufgabe, nahezu unbekannt.

Ein Manko der üblichen Gebäudeplanung liegt bereits in der unzureichenden Definition entsprechender Planungsgrundlagen. Während ein Industrieprodukt in der Regel über ein Pflichtenheft mit Eckwerten der Produktgestaltung im Team definiert wird, entstehen Gebäude mehr oder weniger zufällig.

Im technischen Design entstehen aus Ideen marktfähige innovative Produkte. Berücksichtigt werden müssen hier Anforderungen aus Markt, Technologie, Herstellungskosten, formaler Qualität, Haltbarkeit und Produktionszeit.

Im Bauwesen fehlt demgegenüber sehr oft die systematische Entwicklung der Gebäudeelemente. Bauliche und technische Systeme für Tragwerke,

Hüllen, Haustechnik und Ausbauten werden meist ohne hinreichenden Weitblick bestimmt.

Langfristig angelegte Investitionen in Gebäudeelemente mit spezifischen Betriebs- und Wartungsfaktoren ohne die Definition von Leistungsmerkmalen erinnern an den sprichwörtlichen Kauf der Katze im Sack. Es gilt daher, die Summe der Elemente eines Gebäudes als bewertbare Leistungsform aufzufassen.

Die größten Potenziale zur Steigerung der Qualität sowie zur Minderung der Kosten liegen in der ganzheitlichen Analyse und Planung sowie dem integralen Betrieb von Prozessen. Das gilt gleichermaßen für Bauwerke wie technische Anlagen für Produktion und Heizung, Klima und Lüftung.

In welchem Verhältnis stehen hierbei Form und Funktion? Die Architekturtheorie entwickelte zwei scheinbar diametrale Positionen der Formfindung. „Form follows function“ markierte ausgehend von dem amerikanischen Architekten und Theoretiker Louis Sullivan zum Ende des 19. Jahrhunderts die funktionale Notwendigkeit, das Wesen einer Aufgabe als Anlass und Ausdruck formaler Gebäudegestaltung zu betrachten. Die Architekten des neuen Bauens versuchten in der Blütezeit des Bauhauses mit diesem Slogan die Fesseln der eklektizistischen Stile zu überwinden. In Reaktion auf die architektonische Banalität von Kistenbauten versprachen sich viele Architekten in der zweiten Hälfte des

20. Jahrhunderts eine Ausweitung der gestalterischen Vielfalt und eine formale Dominanz ihrer Entwürfe durch das Motto „function follows form“. Damit erfolgte ein „Hineinentwerfen“ von Programmen und Prozessen in vorbestimmte Baugeometrien.

Beide Strategien sind zumindest für die Fragestellung wandlungsfähiger und damit langlebiger Bauwerke wenig zielführend. Sie betrachten jeweils nur eindimensional ein Kriterium des komplexen Zusammenhangs von Umwelt, Mensch, Funktion und Form. Es stellt sich in einem Projekt oft die Frage, welche der gegenwärtigen Funktionen und Formen auf lange Sicht Bestand haben. Die vergängliche Momentaufnahme eines temporären Programms oder die Modewelt eines kurzlebigen ästhetischen Zeitgeistes eignen sich wenig zur robusten Gestaltbestimmung.

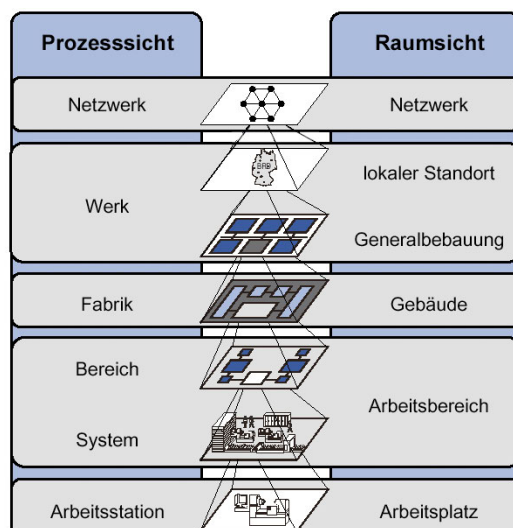
Gefragt sind daher gleichermaßen aus Sicht der Nutzung (Funktion) wie aus Sicht des Raumes (Form) entwickelte ganzheitliche Lösungsansätze. Es kommt darauf an, eine bewusste positive Bündelung von Wesensmerkmalen mit vielen, möglichst sich ergänzenden Teilantworten auf

komplexe Fragestellungen zu finden. Der Prozess einer solchen Lösungsfindung soll mit dem Begriff „performance“ charakterisiert werden. Das hieraus abgeleitete Credo „form follows performance“ beschreibt die umfassende Antwort der Formfindung auf eine ganzheitlich erfasste Fragestellung.

Abb. 1.04 zeigt die zunehmende Fokussierung der Gestaltungsebenen eines Industrieprojektes, dargestellt aus der vernetzten Sicht von Prozess und Raum. Abb. 1.05 stellt Strukturmerkmale einer Projektperformance für Standort, Generalbebauung, Gebäude, Arbeitsbereich und Raum dar. Gerade der natürliche Baustoff Holz bietet auf allen Gestaltungsebenen aufgrund der materialimmanenten Kombination „harter“ und „weicher“ Performanceeigenschaften vielfältige Potenziale für Industrie- und Gewerbeprojekte mit Mehrwert.

Die spezifische formale Ausprägung ist nach [2], [3] nicht im Voraus „gesetzt“, sondern ergibt sich aus der räumlichen Lösung geforderter Leistungsmerkmale „form follows performance“. Ausgehend von gemeinsamen Zielfeldern sind z.B. neue Bautechnologien zu nutzen, Energie-

Abb. 1.04
Detaillierungsebenen
der Fabrikplanung



verbrauch zu optimieren sowie ökologische Belange zu vernetzen. Die als notwendig erkannte Flexibilität ist nach [4], [5] in Form einer auf allen Gestaltungsebenen definierten Wandlungsfähigkeit zu sichern. Dabei gilt es die personale Kommunikation durch eine entsprechende Raumgestaltung und Ausstattung zu fördern.

Gerade dem Tragwerk kommt im Rahmen der Wandlungsfähigkeit besondere Bedeutung zu, wird doch die Gebäudestruktur und deren langfristige Nutzbarkeit im Wesentlichen durch die Konstruktion bestimmt. Die Anpassung strukturbildender Kriterien hat Einfluss auf die zukünftige Leistungs- und Wandlungsfähigkeit und ist somit wirtschaftsentscheidend über den Erfolg eines Industrieunternehmens und Gewerbeprojektes. Offensichtlich werden die hierfür maßgebenden Eigenschaften bereits im Bauentwurf sowie den späteren Detailausbildungen vergleichbar eines Gebäude-Gencodes™ programmiert.

Gerade die Genetik des Holzbaus bietet hervorragende „performance“-Aspekte für den Industrie- und Gewerbebau:

- Holz hat bei hoher Festigkeit ein geringes Eigengewicht und ermöglicht dadurch die wirtschaftliche Überbrückung großer Spannweiten.
- Holz ermöglicht günstige Baukosten durch industrielle Vorfertigung, leichten Transport und kurze Montagezeiten.
- Holz korrodiert nicht und hat eine lange Lebensdauer. Dadurch entfallen die Folgekosten für Wartung und Pflege bei konstruktiv geschützten Konstruktionen.
- Holz ist weitestgehend unempfindlich gegen aggressive Chemikalien und Gase.
- Aufgrund des hohen Feuerwiderstandes verhalten sich Holzkonstruktionen auch im Brandfall günstig. Die geringe Wärmeleitfähigkeit des Holzes im Vergleich zu anderen Baustoffen bewirkt, dass der unzerstörte Kern selbst bei hohen Brandtemperaturen seine besonders lange Trag- und Standfähigkeit behält.
- Holz ist ein natürlich gewachsener Baustoff, mit dem sich individuell konstruieren lässt. Außerdem trägt Holz wesentlich zur Humanisierung des Arbeitsplatzes bei.

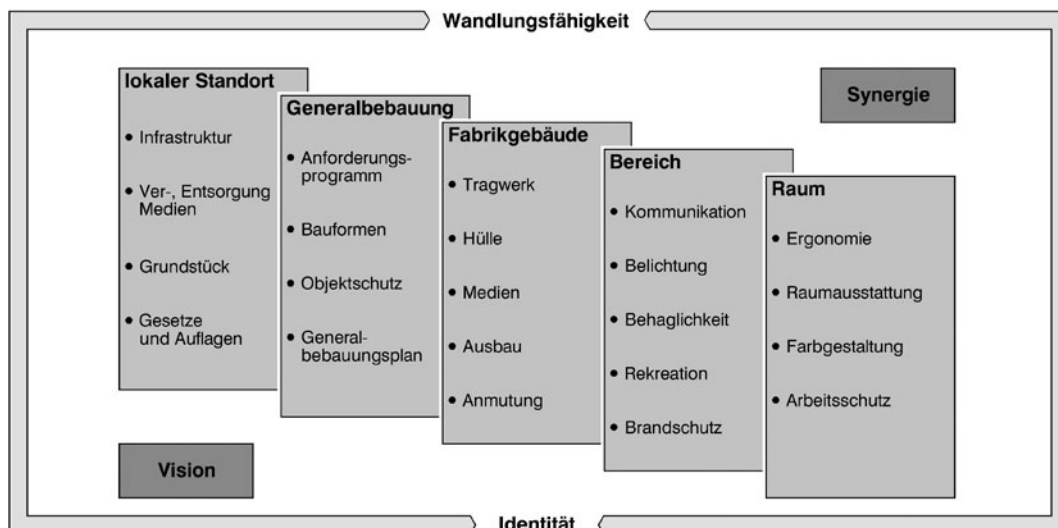


Abb. 1.05

Strukturmerkmale der Projektperformance

Im Folgenden seien einige markante Beispiele für die eindrucksvolle Anwendung von Holzkonstruktionen im Industrie- und Gewerbebau angeführt:

Nachdem im 20. Jahrhundert der bis dahin dominante Baustoff Holz durch Stahl und Stahlbeton teilweise verdrängt wurde, erlebte und erlebt insbesondere der Ingenieurholzbau durch die Entwicklung neuer Werkstoffe mit großen Abmessungen, hoher Tragfähigkeit und optimierten Verbindungstechniken eine Renaissance.

Die Leimtechnik war eine der größten bahnbrechenden Neuerungen im Holzbau des letzten Jahrhunderts, sie erlaubt die Herstellung von Querschnitten, die in Länge und Form nicht mehr durch die Abmessungen des Baumstammes beschränkt werden.

Aufgrund der Korrosionsprobleme bei der Verwendung von Stahl bei Eisenbahnbauten ent-

schied man sich 1915 in Stuttgart bei der Überdachung der Schiebebühnenhalle am Rosenstein für 25 m frei spannde Holzleimbinder in Hetzerbauweise. Nach vorliegenden Kostenvergleichen lagen Holzkonstruktionen etwa 50% günstiger als Stahl- und Stahlbetonkonstruktionen (siehe Abb. 1.06, 1.07).

Ein besonders eindrucksvolles Beispiel für die Leistungsfähigkeit des Werkstoffes Holz ist dessen Anwendung beim Bau der „spruce goose“ (Fichtengans) des legendären von Howard Hughes als Truppentransporter konzipierten Flugbootes. Flugzeugrumpf und Flügel sind als mit Sperrholz beplankte Gitterstruktur aus Brettschichtholz ausgeführt. Das statisch hocheffiziente Schalentragswerk erhob sich 1947 zum Jungfernflug. Acht Doppelsternmotoren mit insgesamt 3.000 PS Leistung waren an 97 m weit gespannten Tragflügeln montiert (der Airbus 380 misst nur 79,80 m) (siehe Abb. 1.08). Die Montagehalle war ebenso wie das Flugzeug

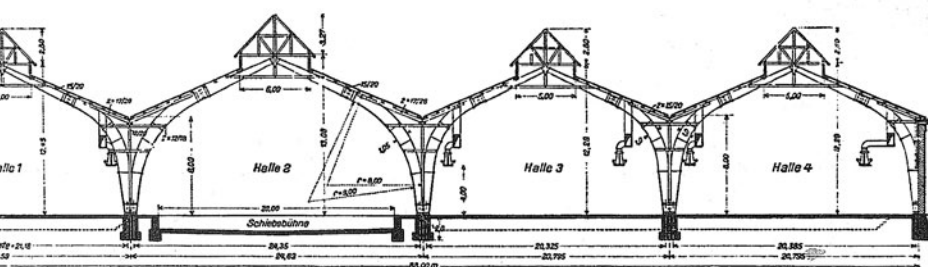


Abb. 1.06

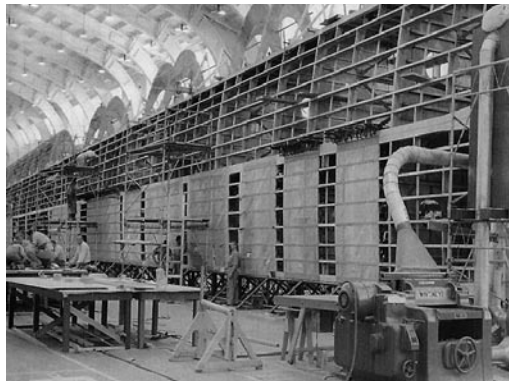


Abb. 1.07

Abb. 1.08



Abb. 1.09



vollständig in Holz gefertigt und galt mit 75 m Breite, 30 m Höhe und 225 m Länge als eine der größten Hallen der damaligen Zeit (siehe Abb. 1.09).

Als weiteres Beispiel für die Tradition der hölzernen Hallenstruktur sei an die während des 2. Weltkrieges in Chicago errichteten Douglas-Flugzeugwerke erinnert. Im „flying magazine“ von 1943 wird die mit ca. 10 Mio. laufenden

Metern Konstruktionsholz seinerzeit weltweit größte weitgespannte Holzkonstruktion für den Bau von Douglas-Lastflugzeugen vorgestellt (siehe Abb. 1.10, 1.11). Die Hallenkonstruktion bewies zudem ihre besondere Flexibilität – genau an dieser Stelle wurde nach Rückbau der Flugzeugwerft Anfang der 1950er Jahre der Flughafen Chicago O'Hare errichtet [6].

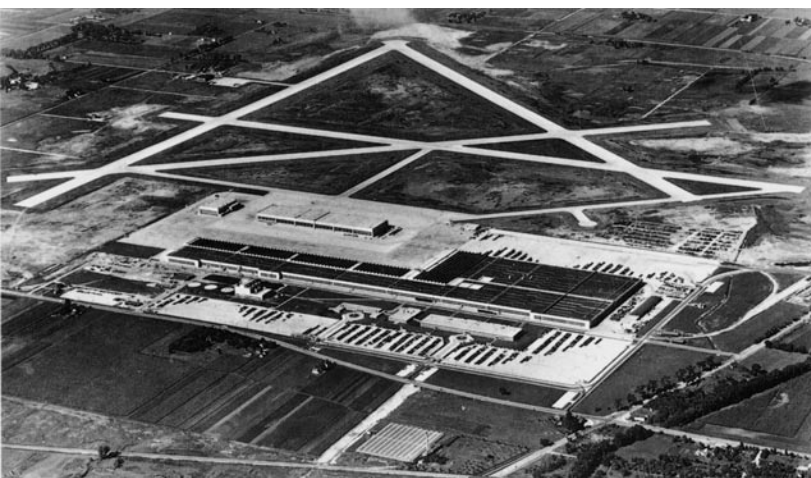


Abb. 1.10

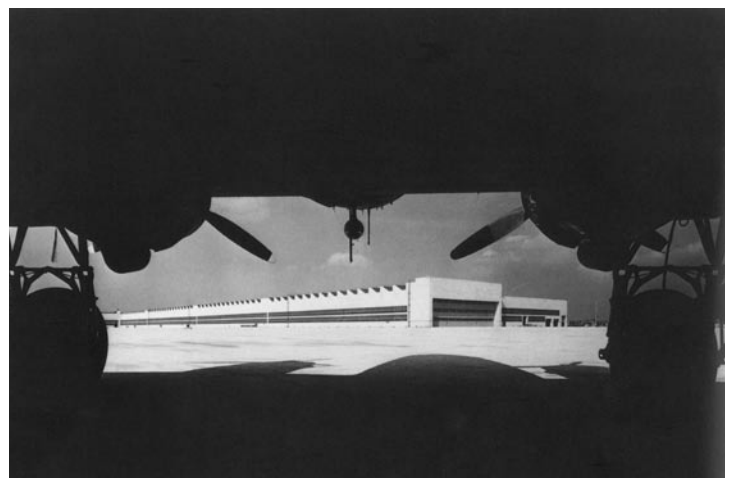


Abb. 1.11

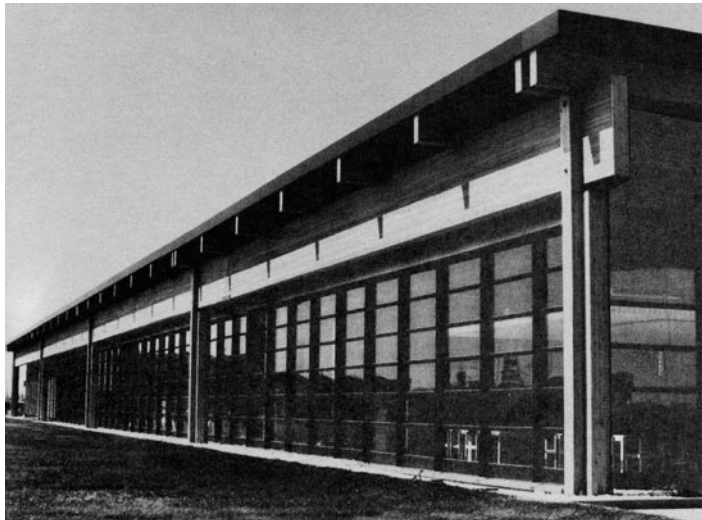


Abb. 1.12

1976 entwarf Peter von Seidlein für einen buchdruckgrafischen Betrieb in Paderborn in der Tradition funktional-sachlicher Architektur eine Skelett-Konstruktion in Holzbauweise. Die an japanische Vorbilder erinnernde Tektonik der Fügung von überkragenden Haupt- und Nebenbindern verleiht dem schlichten Gebäude einen hohen Grad an Identität (siehe Abb. 1.12).

Für die Lagerung von Kohle wurden in Marl und Walsum 1981/1987 Rundhallen mit einer imponierenden freien Spannweite von 100 m und einer Scheitelhöhe von 27 m erstellt. Die Konstruktion ist für eine Einzellast von 60 t im



Abb. 1.13

Mittelpunkt der acht Dreigelenkbögen ausgelegt. Bei der weitgespannten Konstruktion kamen die Vorteile des Werkstoffes Holz – hohe Tragfähigkeit bei geringem Eigengewicht – in besonderem Maße zur Geltung (siehe Abb. 1.13).

Der Büromöbelhersteller Wilkhahn in Bad Mündel erweiterter 1987 seine Produktionsflächen nach einem Entwurf von Frei Otto durch vier zeltartige Pavillons in Holzbauweise auf einer Grundfläche von je 22 x 22 m. Das Haupttragwerk jedes Pavillons basiert auf zwei Dreigelenk-Pfettenrahmen aus Brettschichtholz, die durch Stege miteinander verbunden sind.

Abb. 1.14



Abb. 1.15



Abb. 1.16



Abb. 1.17

Die aus organischen Strukturen abgeleiteten Formen fügen sich harmonisch in die Landschaft ein. Das Innere ist freundlich, hell und bietet ein produktives Arbeitsklima. Die mehrfach preisgekrönten Bauten gelten weltweit als Musterbeispiele einer human orientierten Industriearchitektur (siehe Abb. 1.14 , 1.15, 1.16).

1993 erweiterten Herzog + Partner die Möbelfertigung in Bad Mündel mit dem ersten Bauabschnitt eines neuen Masterplans, einer 100 x 33 m großen modularen Fertigungshalle. Das Erdgeschoss ist als Massivkonstruktion errichtet, das Obergeschoss als Holztragwerk

mit großen Spannweiten. Im Abstand von 30 m stehen 5,40 m breite Böcke, zwischen denen die stützenfreien, begrünten Hallendächer auf unterspannten Trägern lagern. In den Zonen der vertikalen Tragwerksteile liegen Erschließungs- und Installationsebenen, seitlich werden die Räume über das Dach belüftet (siehe Abb. 1.17, 1.18).

Die angeführten Projekte belegen deutlich, welche Möglichkeiten der Werkstoff Holz im Industrie- und Gewerbebau bietet, die ihm innewohnende „performance“ muss nur von kreativen Planern (und weitsichtigen Bauherren) abgerufen werden.

Abb. 1.18



2_ Anforderungen aus Sicht der Fabrikplanung

In diesem Kapitel wird dargestellt, welche wechselseitigen Beziehungen zwischen der Planung der Produktion und des Gebäudes einer Fabrik bestehen. Für die Neuplanung eines Industrie- und Gewerbebaus sollen auf Basis dieser Beziehungen die zu berücksichtigenden Anforderungen aus Sicht der Produktion abgeleitet werden. Diese Anforderungen müssen zu Beginn eines Fabrikplanungsprojekts ermittelt werden, um die Zielsetzungen für die Gebäudeplanung zu definieren. So kann z.B. mit Hilfe von definierten Kriterien auf Basis der Anforderungen der Produktion eine Entscheidung bezüglich der Materialauswahl der Gebäudeelemente getroffen werden. Möglichkeiten für einen Holzbau, die Notwendigkeit, Holzbaustoffe mit anderen Materialien zu kombinieren oder gar Ausschlusskriterien für diesen Baustoff können somit erkannt werden. Diese Abstimmung erweist sich demnach als richtungweisend für das gesamte Fabrikplanungsprojekt.

2.1 _ Vorgehen der Fabrikplanung

Zunächst wird die Einbindung der Anforderungsermittlung im Gesamtkontext des Fabrikplanungsvorgehens dargestellt. Unumgänglich ist daher eine allgemeine Betrachtung der Fabrikplanung.

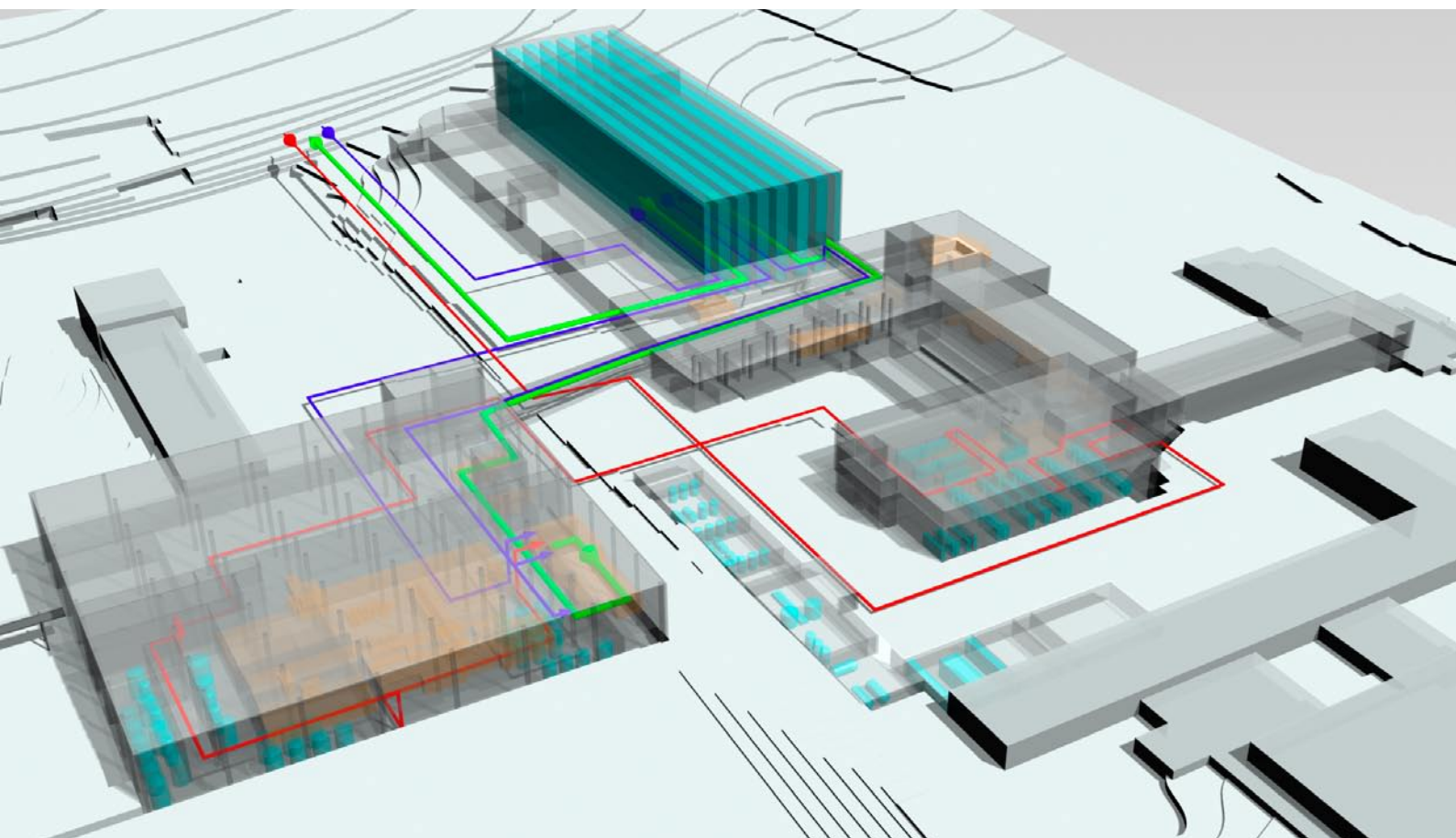
Derzeit gibt es keine einheitliche Definition des Planungsvorgehens einer Fabrikplanung. Aus Sicht der verschiedenen Fachplaner existieren spezifische Planungsabläufe, die aber nicht im Rahmen eines ganzheitlichen Planungsvorgehens einer Fabrikplanung stehen. Felix [7] benennt z.B. 40 verschiedene Disziplinen, die in einer Fabrikplanung involviert sind und die es zu koordinieren gilt. Für Architekten ist noch immer die

Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI §15) bindend, hingegen unterliegen die Fabrikplanungsprozesse aus Sicht der Produktion einer deutlich anderen Gliederung (siehe Abb. 2.02). Es ist daher notwendig, die verschiedenen Sichten der beteiligten Disziplinen zusammenzuführen. Für die folgenden Ausführungen soll daher die Benennung der Fabrikplanungsphasen nach Abb. 2.03 gelten.

Die Anforderungsermittlung muss, wie bereits beschrieben, zu Beginn eines Projekts durchgeführt werden, um die Ziele für alle Teilplanungen festzulegen. Sie befindet sich in der Vorbereitungsphase.

Für die Anforderungsermittlung ist des Weiteren eine einheitliche Definition der in einer Fabrikplanung zu gestaltenden Objekte notwendig, um die grundsätzlichen Beziehungen zu identifizieren. Gestaltungsobjekte können z.B. Lagermittel, Medienleitungen, die Fassade des Gebäudes oder Haustechnikanlagen sein. Es können nach Nyhuis und Reichardt [8] 29 Gestaltungsobjekte einer Fabrik definiert werden (siehe Abb. 2.04).

Diese Gestaltungsobjekte lassen sich vom Detaillierungsgrad verschiedenen Ebenen der Fabrik zuweisen. So kann z.B. das Tragwerk der Ebene „Fabrik/Gebäude“ zugewiesen werden, während ein Produktionsmittel der Ebene „Arbeitsstation/Arbeitsplatz“ zugehört. Des Weiteren können die zu gestaltenden Objekte spezifischen Gestaltungsfeldern zugewiesen werden und erhalten dadurch eine Zuordnung zu groben Verantwortlichkeitsbereichen. Grundsätzlich lassen sich die Gestaltungsfelder Raum, Prozessmittel und Organisation definieren. Die Prozessmittel umfassen alle Mittel wie die Produktions-, Lager- oder



Transportmittel sowie die Informationstechnik. Das Gestaltungsfeld „Organisation“ berücksichtigt die Aufbau- und die Ablauforganisation, aber z.B. auch Konzepte für die Logistik oder die Qualitätssicherung. Das Gestaltungsfeld „Raum“ ist eng mit der Architektur der Fabrik verbunden. Es lässt sich in die drei Unterbereiche Standort, Gebäude und Medien unterteilen. Dabei werden u.a. Aspekte wie Grundstück, Tragwerk und Ausbau, aber auch das Layout der Fabrik betrachtet.

Mit der Ableitung der Ziele eines Fabrikplanungsprojekts auf die Ausprägung der Gestaltungsobjekte lassen sich Rückschlüsse auf Anforderungen an andere Gestaltungsobjekte treffen. Diese sollen im Folgenden näher dargestellt werden

Abb. 2.01
3D-Simulation Materialfluss
Werkserweiterung
ONDAL in Hünfeld,
Prof. Reichardt Architekten

Abb. 2.02
Fabrikplanungsprozesse
im Vergleich [nach WZLI]

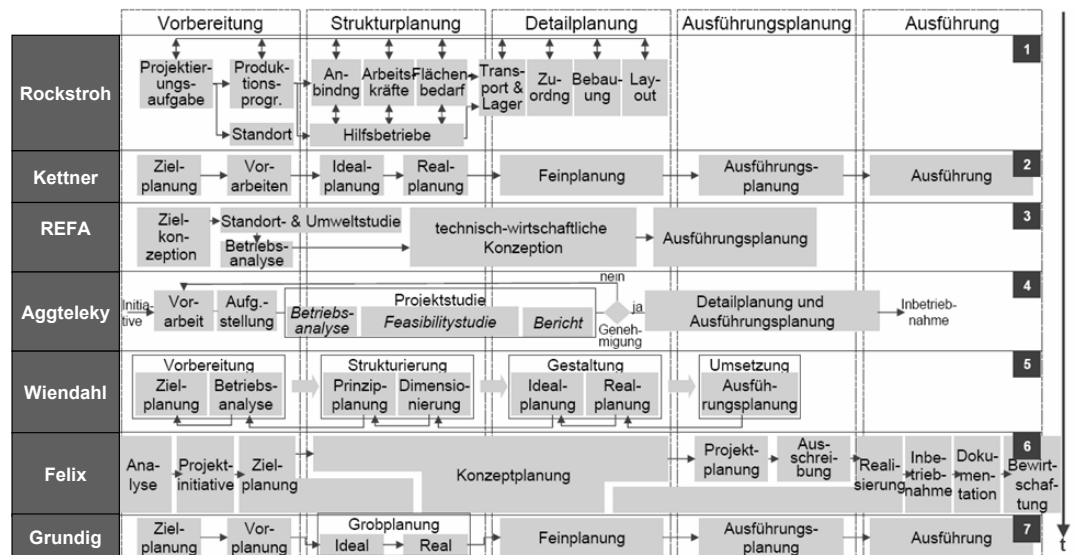


Abb. 2.03
Ganzheitliche
Planungsphasen

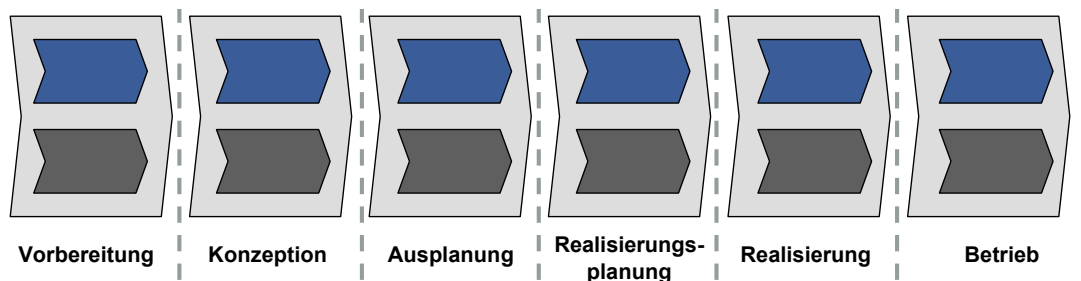


Abb. 2.04
Gestaltungsobjekte
der Fabrik

Gestaltungsfelder		Raum	Prozessmittel	Organisation
Detaillierungs- ebenen der Fabrik				
I Werk (lokaler Standort, Generalbebauung)		• Gesetze und Auflagen • Grundstück • Generalbebauung • Außenanlagen • Ver- und Entsorgung Gebäude		• Aufbauorganisation
II Fabrik (Gebäude)		• Layout • Bauform • Tragwerk • Hülle • Ausbau • Anmutung • Netze • Zentralen	• Informationstechnik	• Produktionskonzept • Logistikkonzept • Struktur
III Bereich, System (Arbeitsbereich)		• Kommunikation • Brandschutz • Auslässe • Ver- und Entsorgung Prozess	• Transportmittel • Lagermittel	• Arbeitsorganisation
IV Arbeitsstation (Arbeitsplatz)		• Arbeitsplatzgestaltung	• Produktionsmittel • Sonstige Mittel	• Qualitätssicherungs- konzept

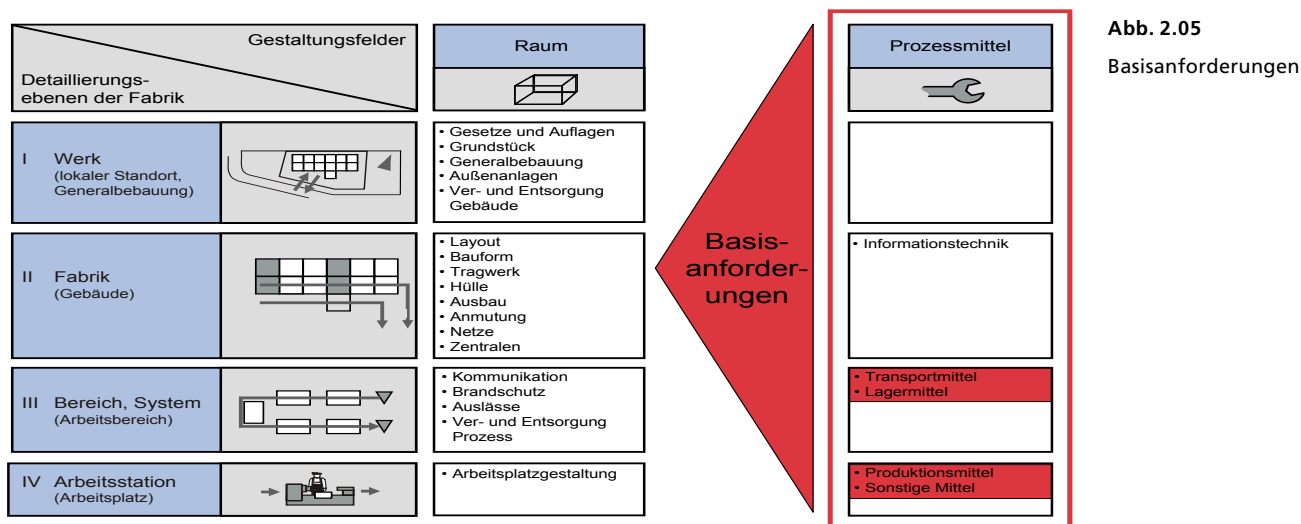


Abb. 2.05
Basisanforderungen

2.2 _ Allgemeines Vorgehen zur Anforderungsermittlung

Die Gestaltung der Objekte des Gestaltungsfelds Prozessmittel hat einen großen Einfluss auf die Auslegung der Gestaltungsobjekte des Raums. So bedingen z.B. am Tragwerk montierte Fördersysteme, die dem Gestaltungsobjekt „Transportmittel“ zuzuordnen sind, durch spezifische Lasten und Momente eine definierte Festigkeit und Ausprägung der Bauelemente Tragwerk und Stützen. Ein weiteres Beispiel stellt die Anforderung von Fertigungsmaschinen an die Spannweite eines Gebäudes dar. Die Grundabmessungen einer Fertigungsmaschine zuzüglich der Bedien-, Wartungs- und Lagerflächen definieren so ein Mindestmaß für das Stützenraster eines Fertigungsbereichs.

Im Folgenden werden diese direkten Anforderungen der Objekte des Gestaltungsfelds „Prozessmittel“ an Gestaltungsobjekte des Raums als Basisanforderungen bezeichnet (siehe Abb. 2.04). Dabei lassen sich im Besonderen für die Objekte Transportmittel, Lagermittel und Produktionsmittel Anforderungen erkennen. Die zu berücksichtigenden Beziehungen anderer

Mittel, wie z.B. Einrichtungen für die Qualitätssicherung oder zum Kommissionieren, werden unter Sonstige Mittel zusammengefasst. Die Anforderungen der Informationstechnik werden nicht berücksichtigt, da sie zu Beginn eines Fabrikplanungsprojekts keine entscheidende Einwirkung auf die Gestaltung von Objekten des Raums besitzen.

Zum besseren Verständnis der allgemein definierten Gestaltungsobjekte werden diese im Folgenden kurz beschrieben. Dabei lassen sich die Objekte in einzelne Teilobjekte untergliedern. Die Ausarbeitungen beruhen teilweise auf folgenden Arbeiten: [9], [10], [11], [12].

Gestaltungsobjekt „Lagermittel“

Teilobjekte Gestell

- Lagervorrichtung
- Antriebe
- Kinematisches System
- Systeme für Steuerung, Regelung, Messung und Diagnose
- Peripheriesysteme und Hilfsmittel
- Lagerhilfsmittel

Beschreibung:

Lagermittel sind Einrichtungen zur Lagerung von z.B. Roh- und Betriebsstoffen, Ersatzteilen sowie Zwischen- und Fertigerzeugnissen. Sie können folgende Bestandteile besitzen: Korpus der Lagereinrichtung (Gestell), Vorrichtung zum Lagern der Güter (Lagervorrichtung), Leistungs- und Positionierantriebe (Antriebe), bewegliche Teile, die zum Bewegen und zur Positionierung von Werkstücken oder Werkzeugen benötigt werden (Kinematisches System) sowie Systeme für Steuerung, Regelung, Messung und Diagnose. Zusätzliche Systeme für z.B. die Arbeitssicherheit oder Medienversorgung werden unter dem Begriff Peripheriesysteme zusammengefasst. Zu diesen zählen auch Hilfsmittel wie Leitern oder Tritte. Lagerhilfsmittel sind u.a. Paletten, Kisten oder Boxen.

Gestaltungsobjekt „Transportmittel“

Teilobjekte Gestell

- Transportvorrichtung
- Antriebe
- Kinematisches System
- Systeme für Steuerung, Regelung, Messung und Diagnose
- Peripheriesysteme und Hilfsmittel
- Transporthilfsmittel

Beschreibung:

Transportmittel sind Einrichtungen für den innerbetrieblichen Transport, d.h. auf dem Werksge-lände. Sie können folgende Bestandteile besitzen: Korpus der Transporteinrichtung (Gestell), Vorrichtung zum Transport der Güter, z.B. eine Ladefläche (Transportvorrichtung), Leistungs- und Positionierantriebe (Antriebe), bewegliche Teile, die zum Bewegen und zur Positionierung von Werkstücken oder Werkzeugen benötigt werden (Kinematisches System) sowie Systeme für Steuerung, Regelung, Messung und Diagnose. Zusätzliche Systeme für z.B. die Arbeitssicherheit oder Medienversorgung werden unter dem Begriff Peripheriesysteme zusammengefasst. Zu diesen zählen auch Hilfsmittel wie Unterlegkeile. Transporthilfsmittel sind u.a. Paletten, Kisten oder Boxen.

Gestaltungsobjekt „Produktionsmittel“

Teilobjekte Gründung

- Gestell
- Antriebe
- Kinematisches System
- Systeme für Steuerung, Regelung, Messung und Diagnose
- Peripheriesysteme und Hilfsmittel
- Werkzeuge

Beschreibung:

Unter Produktionsmitteln werden sowohl Einrichtungen zum Urformen, Umformen, Trennen, Fügen, Beschichten und zur Änderung der Stoffeigenschaft sowie zur Montage als auch Handarbeitsplätze verstanden. Zur Gründung zählen alle Teile, die die Lasten des Produktionsmittels in den Baugrund einleiten, wie Fundamente, Pfähle, Unterböden oder Platten. Des Weiteren können Produktionsmittel folgende Bestandteile besitzen: Korpus der Maschine, z.B. Bett, Ständer oder Verhaubung (Gestell), Leistungs- und Positionierantriebe (Antriebe), bewegliche Teile, die zum Bewegen und zur Positionierung von Werkstücken oder Werkzeugen benötigt werden, wie Spindel und Spannvorrichtung (Kinematisches System), sowie Systeme für Steuerung, Regelung, Messung und Diagnose. Zusätzliche Systeme für z.B. die Arbeitssicherheit oder Medienversorgung werden unter dem Begriff Peripheriesysteme zusammengefasst. Zu diesen zählen auch Hilfsmittel wie Spannwinkele oder Schablonen. Werkzeuge lassen sich in Maschinenwerkzeuge (z.B. Schaftfräser oder Bohrer) und Handwerkzeuge (z.B. Hammer oder Säge) unterteilen.

Gestaltungsobjekt „sonstige Mittel“

Teilobjekte Gestell

- Spezifische Vorrichtungen
- Antriebe
- Kinematisches System
- Systeme für Steuerung, Regelung, Messung und Diagnose
- Peripheriesysteme und Hilfsmittel

Beschreibung:

Unter sonstigen Mitteln werden Einrichtungen für die Qualitätssicherung sowie zum Handhaben, Bereitstellen, Kommissionieren, Sortieren und Verpacken verstanden. Sie können folgende Bestandteile besitzen: Korpus des Mittels (Gestell), Vorrichtung z.B. zum Handhaben oder Kommissionieren (spezifische Vorrichtungen), Leistungs- und Positionierantriebe (Antriebe), bewegliche Teile, die zum Bewegen und zur Positionierung von Werkstücken oder Werkzeugen benötigt werden (kinematisches System) sowie Systeme für Steuerung, Regelung, Messung und Diagnose. Zusätzliche Systeme für z.B. die Arbeitssicherheit oder Medienversorgung werden unter dem Begriff Peripheriesysteme zusammengefasst. Zu diesen zählen auch Hilfsmittel wie Prüfschablonen.

Um die Basisanforderungen systematisch zu erfassen und übersichtlich darzustellen, wurde ein Vorgehen entwickelt. Dieses basiert zum einen auf einer Unterteilung der betrachteten Prozessmittel in Systeme, die einheitliche Anforderungen an den Raum stellen (siehe Abb. 2.05). Zum anderen werden die Basisanforderungen der Teilsysteme in standardisierte Kategorien unterteilt.

Es existieren die Gestaltungsobjekte Lagermittel, Transportmittel, Produktionsmittel und sonstige Mittel. Diese werden in Kapitel 2.3 erläutert.

Abb. 2.06
 Der Kubus
 als Raumeinheit
 (Symbolübersicht)

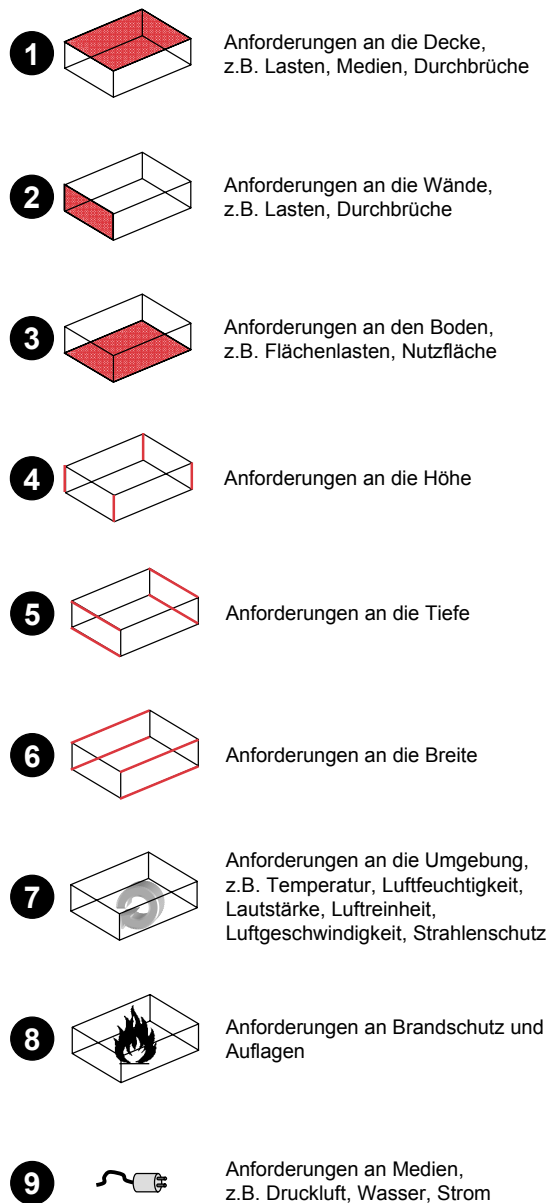
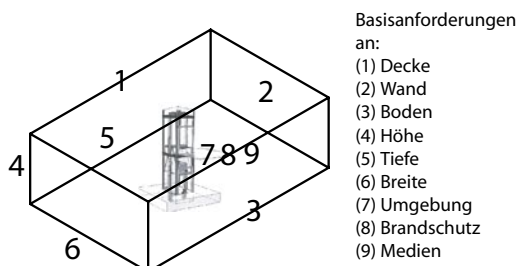


Abb. 2.07
 Prozessmittelmodell
 eines Montagearbeits-
 platzes



In einer Fabrikplanung lassen sich somit alle zu planenden Prozessmittel einem spezifischen System zuordnen. Für die Anforderungsermittlung können nun mit Hilfe dieser Zuweisung allgemeine Basisanforderungen der spezifischen Prozessmittel abgeleitet werden. Diese allgemeinen Basisanforderungen lassen sich in neun Kategorien unterteilen (vgl. Abb. 2.06).

Die ersten drei Kategorien stellen grundlegende Anforderungen an Decke, Wände und den Boden dar. Hierunter fallen z.B. zu berücksichtigende Lasten oder Momente der Prozessmittel. Die Kategorien vier bis sechs decken die geometrischen Anforderungen der Prozessmittel an den Raum ab. Die Anforderungen an die Umgebung, wie z.B. Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftreinheit, sowie an den Brandschutz werden unter den Kategorien sieben und acht zusammengefasst. In der Kategorie neun stehen alle Anforderungen bezüglich benötigter Medienanschlüsse.

Werden die Basisanforderungen eines Prozessmittels in dieser Art aufgenommen, können die Ergebnisse in einer dreidimensionalen Form dargestellt werden, dem so genannten Prozessmittelmodell (siehe Abb. 2.07 Basiskubus eines Montagearbeitsplatzes).

In der Fabrikplanung wird die Zusammenführung der einzelnen Basiskuben maßgeblich durch die Ausgestaltung der Gestaltungsobjekte der Organisation geprägt. So werden z.B. die logistischen, technologischen und organisatorischen Beziehungen der einzelnen Prozessmittel in einer Struktur der Fabrik zusammengefasst, die als Basis für die Layoutgestaltung dient. Es entstehen somit durch die Planung der Gestaltungsobjekte der Organisation indirekt über die Basisanforderungen der Prozessmittel erweiterte Anforderungen an die Gestaltungsobjekte des Raums (siehe Abb. 2.08).

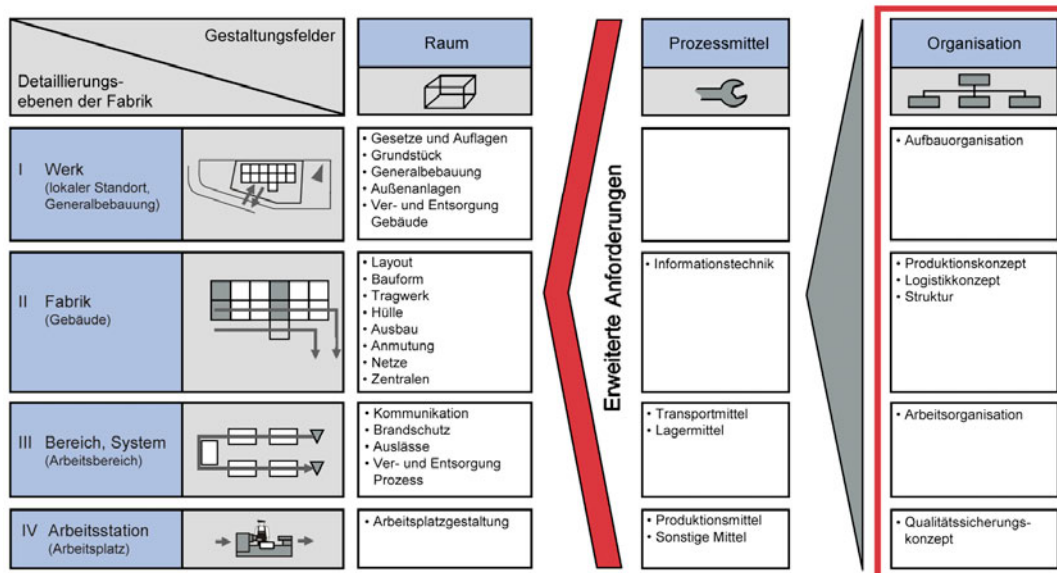


Abb. 2.08

Erweiterte Anforderungen

Die Zusammenführung der Basiskuben erfolgt in drei Schritten. Zuerst werden auf Basis der Fabrikstruktur die Basiskuben zu Bereichskuben zusammengefasst (siehe Abb. 2.09). Ein Bereichskubus fasst die Anforderungen eines Bereichs, so etwa Fertigung, Montage oder Lager, zusammen.

So werden für den Bereichskubus z.B. die maximale Höhe der Basiskuben oder flächendeckend die gleiche, auf allen Basiskuben basierende Medienversorgung für die Prozessmittel hinterlegt. Erweiterte Anforderungen eines Bereichskubus resultieren darüber hinaus u.a. aus der Forderung nach einer spezifischen Wandlungsfähigkeit eines Bereichs. Strategische Entscheidungen, ob ein Bereich zukünftig wachsen wird oder ggf. verkleinert werden soll, können dem Bereichskubus als erweiterte Anforderung hinterlegt werden. Dies kann über die Kennzeichnung von Erweiterungsseiten oder sich reduzierende bzw. wachsende Basiskuben erfolgen.

Im zweiten Schritt werden die Bereichskuben in einem Layout grob angeordnet (siehe Abb. 2.09). Diese Anordnung führt zumeist nicht zu einer geometrischen Form, die mit einer Gebäudeform unmittelbar umhüllt werden kann.

Deshalb muss im dritten Schritt das so entwickelte Groblayout mit den erarbeiteten Raummodellen der Architektur zusammengebracht werden, um eine ganzheitliche und wirtschaftliche Lösung zu erreichen (siehe Abb. 2.10).

Mit Hilfe des zusammengeführten Modells kann anschließend die statische Ausarbeitung anhand des bevorzugten Materials für die Umsetzung erfolgen.

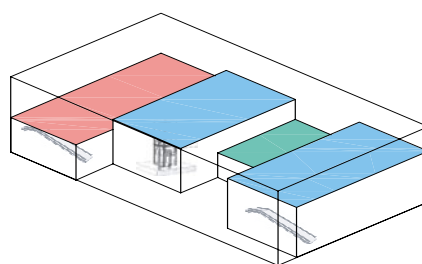


Abb. 2.09

Gruppe von

Prozessmittelmodellen

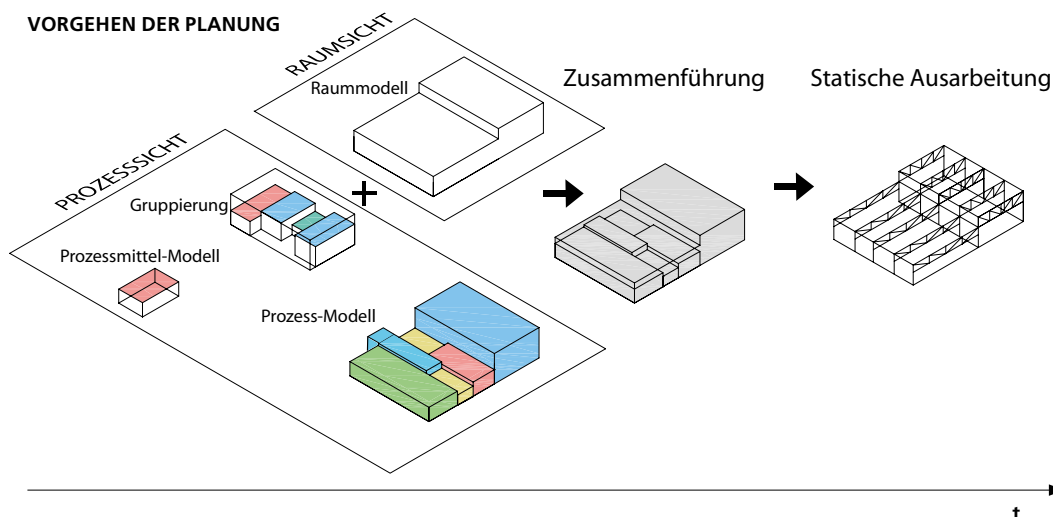


Abb. 2.10

Anordnung der Bereichskuben im Groblayout / Zusammenführung Prozess und Raum

2.3 _ Ausprägungen der Anforderungen

2.3.1 _ Transportmittel

Die Transportmittel bzw. Fördermittel können allgemein in verschiedene Gruppen unterteilt werden. Je nach Gruppierung werden unterschiedliche Anforderungen an den Raum und seine Gestalt gestellt. Merkmale wie beispielsweise der Transportbereich (Linie, Fläche, Raum), die Transportrichtung (waagrecht, geneigt, senkrecht), die Beweglichkeit (ortsfest, geführt, frei), die Transportebene (flur, flurfrei) und das Arbeitsprinzip (stetig, unstetig) fließen dabei in die Betrachtung ein. Dabei sind flurfreie Fördermittel zumeist schienengebunden, flurgebundene Fördermittel hingegen können durch Schienen geführt werden oder sind frei beweglich. Flurgebundene Fördermittel nutzen die Verkehrswege am Boden oder in den Boden eingelassene Einrichtungen. Schienen für flurfreie Fördermittel können direkt an der Hallendecke, an den in Deckennähe befindlichen Wänden oder an am Boden aufgeständerten Stützen befestigt sein. Ein Stetigförderer erzeugt einen kontinuierlichen Transportgutstrom, während Unstetigförderer das Transportgut diskontinuierlich von einer Aufnahme- zu einer Abgabestelle transportieren. Die Wahl der Transportmittel gibt Parameter für den Raum auf Bodenniveau wie auf der Höhe vor.

2.3.2 _ Lagermittel

Die Lagerung von Gütern unterscheidet sich hauptsächlich in der Art der Lagerung (Bodenlagerung, Regallagerung) und bei Regallagerung im konstruktiven Aufbau (Verschieberegale, Umlaufregal...). Weiter kann in Linien-, Kompakt- oder Blocklagerung unterschieden werden, die ihrerseits viele Varianten besitzen. Die Linienlagerung wird dabei durch den Artikelzugriff ohne Umlagerung gekennzeichnet, während bei der Kompaktlagerung die Einheiten hinter- oder auch übereinander positioniert werden. Bei statischen Lagermitteln verbleiben die Ladeeinheiten von der Einlagerung bis zur Auslagerung an einem Platz, bei dynamischen werden sie zwischenzeitlich bewegt. Damit auf die gelagerten Einheiten zugegriffen werden kann, muss in einem Lager Platz freigehalten werden, der den Zugang zu den verschiedenen Lagerplätzen gewährt.

Für die Auslegung von Lagern sind Raum- und Flächennutzungsgrad wichtige Einflussgrößen. Der Raumnutzungsgrad, der sich als Quotient aus Lagergutvolumen und Lagergesamtvolumen bildet, gibt an, in welchem Maße ein Gebäude/Raum wirklich genutzt wird. Die Höhe ist dabei ein wesentlicher Parameter, der bei der Gebäudekonstruktion zu berücksichtigen ist. Der Flächennutzungsgrad, der Quotient aus Lagergutfläche und Lagergesamtfläche, bestimmt die Gestalt und Grundfläche von Lagern. Bei der Auslegung ist zu berücksichtigen, wie häufig Lagergüter umgeschlagen werden. Gleichartige Güter lassen sich beispielsweise in Blocklagern ablegen. Dort ist zwar die direkte Zugriffsrate auf das Lagergut gering, allerdings muss auch nur auf gleichartige Güter zugegriffen werden. Bei verschiedenartigen Lagergütern bietet es sich an, eine hohe Zugriffsrate zu gewährleisten.

2.3.3 _ Produktionsmittel

Bei den Produktionsmitteln stehen die Arbeitsmaschinen im Fokus, weil sie die größten Anforderungen an den Raum und seine Gestalt stellen. Vom Urformen bis zur Endbearbeitung werden über alle Fertigungsschritte schwere Maschinen eingesetzt.

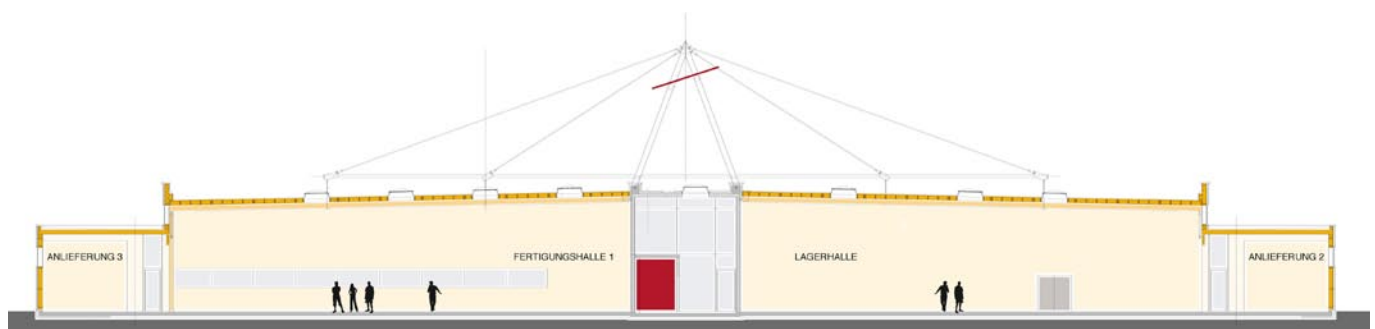
Diese müssen als Fertigungssystem zweckorientiert angeordnet sein und stellen weitere Bedingungen an Zufuhr- und Abfuhrsysteme zur Medien- und Energieversorgung. In die Überlegungen der Raumauslegung sollten auch Umordnungsmöglichkeiten des Fertigungssystems einfließen. Es muss die Zugänglichkeit in Abhängigkeit des Materialumsatzes gewährleistet und der Einsatz von Transportmitteln und Handhabungsgeräten berücksichtigt werden. So müssen beispielsweise die Halbzeuge für eine Presse maschinennah angeliefert werden können; es müssen also eine ausreichend dimensionierte Pufferzone sowie Anfahrtswege für die Transportmittel vorgesehen werden. Manche Fertigungen stellen auch besondere Anforderungen an das Klima. So sollten etwa bei Entwicklung gesundheitsgefährdender Dämpfe Entlüftungsanlagen eingebaut oder bei der Produktion gewisser Güter, z.B. in der Lebensmittelindustrie, bestimmte Raumtemperaturen eingehalten werden. Im Bereich der Montage ist vor allem auf die Lichtverhältnisse an den Arbeitsplätzen einzugehen.

2.3.4 _ Sonstige Mittel

Für die sonstigen Mittel gilt es, den Raum insgesamt einsatzgerecht zu gestalten. Es sind im Rahmen der Handhabung alle Mittel zu berücksichtigen, die für das Durchführen einer Lage- oder Richtungsänderung, Speichern, Kontrollieren und Sichern benutzt und beim Kommissionieren alle Einheiten, die im Kommissioniersystem zum Lagern, Bereitstellen, Entnehmen, Sammeln und zur Zusammenfassung zu Versandeinheiten benötigt werden. Bei der Handhabung spielen oft Roboter eine wichtige Rolle, die sich in stationäre und mobile unterscheiden lassen. Die Lage, Größe und Form ihrer Arbeitsräume geben ihnen entscheidende Restriktionen. Der mobile Roboter ist abhängig von seiner Integration in die Fördersysteme. Der Einsatz mechanisierter Entnahmegeräte für die Kommissionierung erfordert entsprechende Wegedimensionen. Die Verpackung und Ladeeinheiten sind meist genormt (z.B. Europalettenmaße 800 x 1.200 mm). Solche Abmessungen sowie ein entsprechender Platz zum Unterfahren müssen bei der Flächen- und Wegedimensionierung berücksichtigt werden. Es sind eventuell ausreichende Radien für den Einsatz von Anhängern zu berücksichtigen.

Die Qualitätsprüfung ist meist an definierte Umgebungsvariablen gebunden. Sie kann z.B. abhängig sein von der Raumtemperatur und -feuchtigkeit, die es zu regulieren gilt.

Abb. 2.11
Produktionshalle
Solvis Energiesysteme in
Braunschweig,
Banz + Rieks Architekten



3_ Architektonische Typologien

3.1 _ Anforderungen an Bauformen

Traditionell werden aus Raum-Sicht Industrie- und Gewerbebauten nach Gebäudetypen für die Grundfunktionen Produktion und Fertigung, Lagerung, Verwaltung, Entwicklung, Sozialbereiche, Ausstellung und Verkauf sowie nach der Form des Gebäudeschnitts unterschieden. Die bauliche Typisierung nach Grundfunktionen scheint insbesondere für die Fragestellung der Wandlungsfähigkeit wenig interessant, da grundsätzlich monofunktionalen Strukturen ein hohes Maß an Resistenz gegenüber Veränderungen zu eigen ist.

Die richtige Auswahl und Ausformulierung des Gebäudeschnitts ist demgegenüber von großer Bedeutung, werden doch durch den Gebäudeschnitt meist irreversibel Tragfähigkeit, lichte Höhen, natürliche Belichtung, Installationszonen sowie Erweiterungsoptionen festgelegt. Weiterhin sind die gewählte Grundrissfigur sowie das Verknüpfungsprinzip für die langfristige Wandlungsfähigkeit maßgebend.

3.1.1 _ Schnittprofil

Der Geschossbau ist der eigentliche Urtyp des Fabrikgebäudes, mannigfaltige Verfeinerungen entstanden in den englischen Textilspinnereien des 18. Jahrhunderts, aber auch in den amerikanischen Automobilfabriken zu Beginn des 20. Jahrhunderts. Er findet heute noch Gebrauch in der feinmechanischen, optischen und elektronischen Industrie sowie in der Lebensmittel- und Bekleidungsindustrie. Für die pharmazeutische Industrie sind Geschossbauten aufgrund des Prinzips der Gravität für den Vertikaltransport von schüttbaren Gütern geeignet.

Flachbauten entstanden in großer Zahl zu Anfang des 20. Jahrhunderts als bauliche Antwort auf die Prozessvorgaben nach zusammenhängenden ebenerdigen Flächen. Die Einführung von Fließbandprinzipien in der amerikanischen Automobilproduktion begünstigte Konzepte der einfachen Erweiterbarkeit auf einer Ebene, auch schwerste Maschinen waren auf der erdgeschossigen Bodenplatte einfach montierbar. Bis in die Gegenwart bietet der Hallenbau, insbesondere bei Vorhaltung ausreichender lichter Höhen für spätere Galerieeinbauten sowie als konsequenter Modulbau für vielfache externe Erweiterungen, sehr gute Möglichkeiten der Wandlungsfähigkeit.

Hallenbauten entstehen aus zusätzlichen Anforderungen nach großer Spannweite, großer, lichter Höhe oder schwerer Fördertechnik. Bei geschickter Auslegung ist ein hohes Maß an interner Wandlungsfähigkeit durch vielfältige Ausbaureserven erzielbar. Gegenüber der für äußere Wandlungsfähigkeit vorteilhaften Richtungslosigkeit von Flachbauten sind Hallenbauten meist nur in einer Achse sinnvoll erweiterbar. Für Tragwerke, Fördertechnik sowie technischen Ausbau ist bei der Erstellung ein höherer Aufwand gegenüber Flachbauten zu veranschlagen.

Der Baustoff Holz erlaubt die Herstellung von Hallenbauten und Flachbauten jeglicher Dimension, der Holzleimbau ermöglicht sogar Spannweiten von 100 m und mehr.

Geschickt arrangierte Kombinationsformen nutzen die jeweiligen Vorteile der Schnittprofile, bieten bei Vorliegen eines schlüssigen, alle Werkbereiche verknüpfenden Gesamtkonzepts

Abb. 3.01

Produktionshalle für Pharmazeutik in Essen,
Prof. Reichardt Architekten



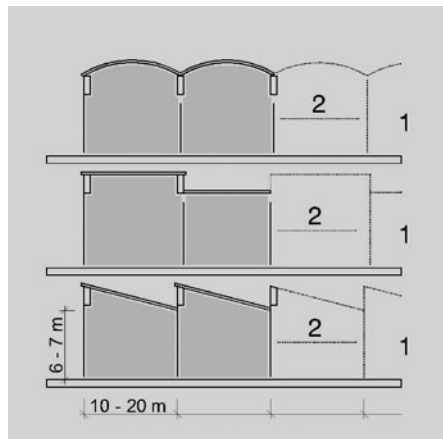
Tabelle 3.01

Bauformen: Merkmale von Schnittprofilen (nach [13])

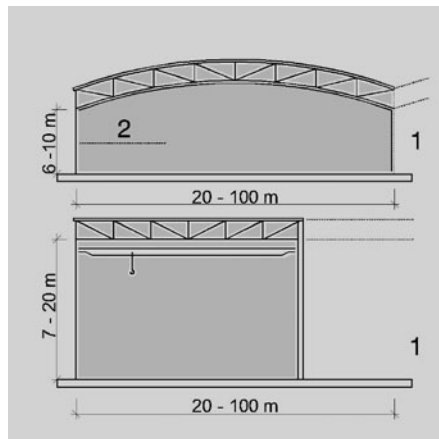
	Geschossbauten	Flachbauten	Hallen
Grundrissanordnung in Abhängigkeit von:	Fluchtweglage zu Treppen max. 30 m, Festpunktbildung mit Treppe, Aufzug, sanitären Räumen, Installationen, Festpunkten	zusammenhängenden Fertigungs- flächen mit Kopfbau oder Randzonen für die Nebenräume	rechteckig, Kranführung, Gleiseinführung, Seitenschiff oder Anbau für Nebenräume
Querschnittsform in Abhängigkeit von:	Fenstergröße/Raumtiefe Spannweiten/Innenstützen	Belichtungsflächen, Oberlichtbändern, Einzeloberlichtern, Laufkatzen, Spannweiten/Stützenraster, Dachgefälle	Spannweite, Kran, Kranhaken- höhe, Belichtungsflächen, Seitenverglasung, Dachoberfläche, Entlüftung, Dachgefälle
Keller	normal	möglich	sehr selten
Versorgungsanschlüsse	von Fußboden oder Decke, Steigleitungen in Festpunkt	von Bodenkanälen oder Decke	von Umfassungswänden und Bodenkanälen
Betriebskosten	gute Wärmehaltung	große Abkühlung durch Dach	große Abkühlung durch Wände und Dach
Raumhöhen	3,50 m bis 4,00 m	4,50 m bis 5,50 m	über 5,00 m
Krannutzlast	bis 11 t	bis 3 t	bis 100 t
senkrechter Transport	Aufzug, Hebebühne	Kran, Galgen	Kran
waagerechter Transport	Stapler	Stapler, Band, Kran	Kran
Flexibilität der Nutzung	eingeschränkt	voll gewährleistet	gut möglich
Erweiterung	durch Anbau	Anbau meist in mehreren Richtungen	Verlängerung, Nebenstellung
Lastabgabe	auf Geschossdecken, schwere und schwingungsempfindliche Balken auf Kellerdecke	auf Baugrund oder steife Kellerdecke, schwingungsempfindliche Balken auf Baugrund	auf Baugrund, selten Unterkellerung
Typisches	beschränkter Grundriss, viele Arbeitsplätze, Treppen und Aufzüge	zusammenhängende, ebenerdige Fläche	große Breiten- und Höhen- abmessungen, Krananlagen, wenig Arbeitsplätze
Belastungen	leicht bis mittel	leicht bis schwer	schwer bis sehr schwer
Nutzflächenbedarf	klein bis mittel	groß	mittel bis groß
Baulandbedarf	gering	groß	mittel
Belichtungsbedarf	normal bis hoch	hoch	gering bis normal
Belichtungsflächen	seitliche Fenster	Oberlichtbänder, Oberlichtkuppeln	seitliche Fenster, Dachoberfläche
Raumklimaanforderung	normal bis hoch	normal bis hoch	normal
Heizung/Lüftung	örtliche Heizkörper, Fensterlüftung	Luftheizung oder Klimatisierung	Luftheizung, Dachentlüftung
Gebäudeform	längsorientiert	richtungslos	längsorientiert

Abb. 3.02

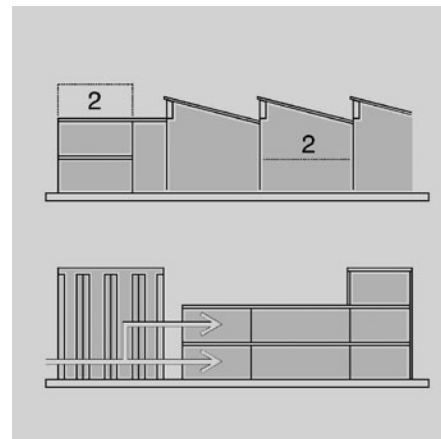
Schnittprofile



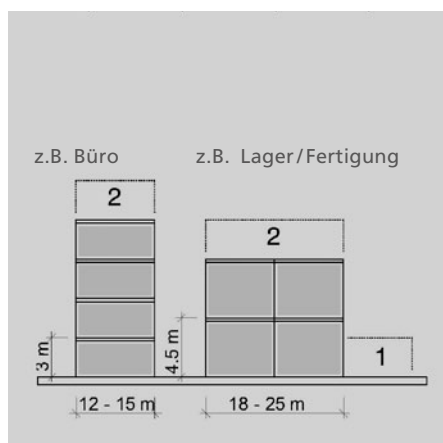
Flachbauten



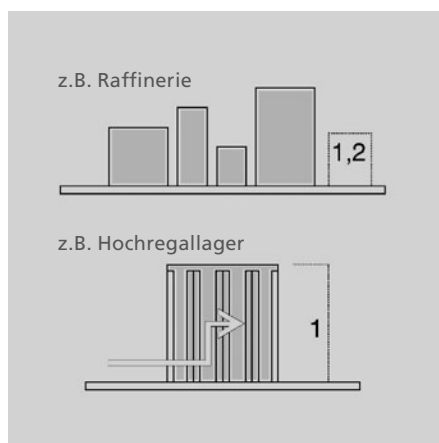
Hallenbauten



Kombinationsformen



Geschossbauten



Sonderbauten

Erweiterungseinrichtungen

1 horizontal

2 vertikal

eine gute Chance für nachhaltige Wandlungsfähigkeit. In Tabelle 3.01 ist eine Übersicht baulicher Merkmale für die Schnittprofile Geschossbau, Flachbau und Halle zusammengestellt. Kombinationsformen entstehen aus projektspezifischen Additionen dieser Grundprinzipien. So besteht der oft anzutreffende Bautyp einer niedrigen Produktions- oder Montagehalle mit seitlicher Verwaltung eigentlich aus

einem Flachbau mit hieran einseitig angeschobenem Geschossbau. Sonderbauten entstehen als Traggerüste mit technischen Aggregaten für Raffinerien oder in Silobauweise mit tragenden Stahlregalen für Hochregallager. Abb. 3.02 zeigt unterschiedliche Schnittaussprägungen mit angetragenen Erweiterungsrichtungen für Flachbauten, Hallenbauten, Geschossbauten, Kombinationsformen und Sonderbauten.

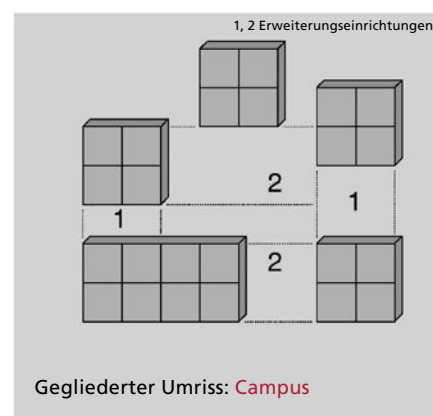
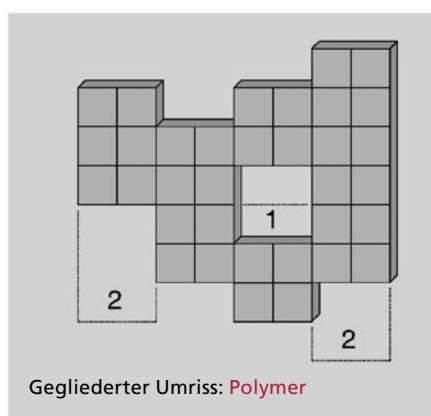
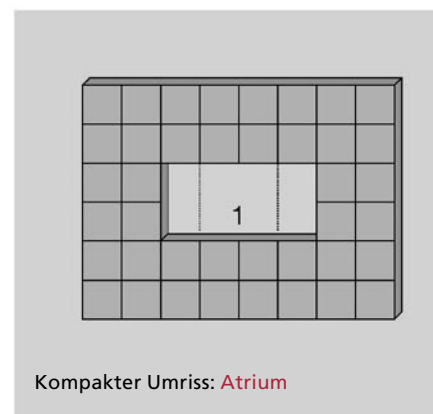
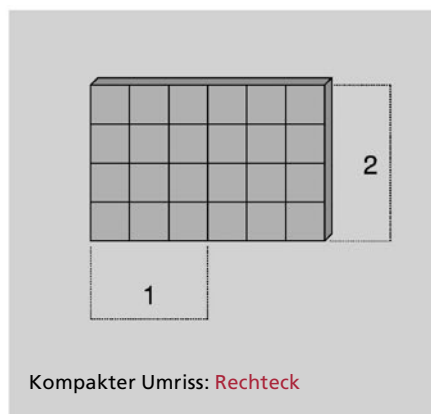
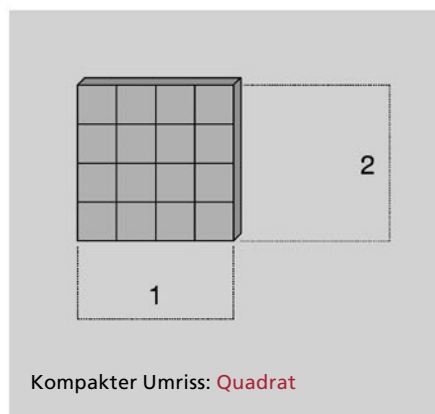
3.1.2 _ Grundrissfigur

In der Praxis erweist sich die Wahl des Schnittprofils als alleiniges Kriterium zur Definition der Bauform in vielen Fällen als notwendig, aber nicht hinreichend. Die Zuordnung von Nutzungsbereichen sowie deren Ausrichtung und Veränderbarkeit wird außer durch den Gebäudeschnitt maßgeblich durch die Disposition in der Fläche, der Grundrissfigur, bestimmt. Als Grundtypen, je nach Schwerpunkt zentralisierend oder dezentralisierend wirkende Faktoren, ergeben sich kompakte, geschlossene Umrissfiguren und gegliederte, ausgreifende Umrissfiguren.

Bei der kompakten, geschlossenen Umrissfigur werden alle Raum- bzw. Nutzungsbereiche unter dem Dach eines Gesamtraums zusammengefasst. Solche homogenen Großformen weisen oft zusammenhängende Raumbereiche auf und führen in vielen Fällen zu großen Baukörpern und ausgedehnten Innenraumdimensionen. Zur eigentlichen Raumdefinition dienen dann vom Tragwerk unabhängig entwickelte Raumtrennelemente. Die im Grundsatz universelle Anwendbarkeit des Großraums für verschiedenartige Anforderungen aus Prozess und Logistik bedeuten ein hohes Maß an zukünftiger Wandlungsfähigkeit. Aus energetischer Sicht sind geringe Wärmeverluste durch günstige Verhältniszahlen A/V sowie kürzere Ver- und Entsorgungsleitungen vorteilhaft. Die interne Wandlungsfähigkeit ist bei Vermeidung von Zwangspunkten wie zu engen Stützrastern oder ungünstiger Lage in Kernbereichen gegeben.

Bei der gegliederten, ausgreifenden Umrissfigur wird das gesamte Bauvolumen in mehrere gleiche oder verschiedenartige Gebäudetrakte gegliedert. Die Gliederung erfolgt dabei durch Versatz, Stapelung, Abtreppung, Verzahnung oder Koppelung der Baumassen. Die vollständige Trennung der Bauwerke als freistehende Einzel-

baukörper kann zwar als ein eigener Grundtyp angesehen werden, soll hier aber aus Vereinfachungsgründen zu der Gruppe der gegliederten Bauwerke gezählt werden. Alle diese heterogenen Baukörperformen haben in den meisten Fällen kleinere, überschaubare Raum- und Körperdimensionen und zeichnen sich durch mehr Außenwandflächen je m² Grundfläche aus. Die spezifischen Einflussfaktoren, die zu gegliederten Baukörperformen führen, sind oft unterschiedliche bauliche und räumliche Forderungen der Produktion wie höhere Lasten, verschiedene Höhen, höhere Luftfeuchtigkeit, verschiedene Lüftungs- und Klimatisierungsforderung etc. Weiterhin können gefährdende oder belästigende Teilprozesse wie lärm-, schwingungs- und erschütterungserzeugende Prozesse, gas-, dampf-, staub- oder geruchsemittierende Verfahren sowie Bereiche mit erhöhter Brand- und Explosionsgefahr, die eigenen, speziellen Sicherheitsbestimmungen unterliegen, zu einer baulichen Separierung führen. Eine größere Hüllfläche ist zwar in der Regel ungünstig, kommt aber humanen Anforderungen nach mehr Ausblick durch größere Außenwandanteile mit ausreichender Verglasung in Augenhöhe sowie kleinmaßstäblichen Raum- bzw. Bereichsdimensionen mit eigenen, getrennten Sozialbereichen (Umkleieräume, Pausenräume, Toiletten, Ruheräume etc.) entgegen. Abb. 3.03 zeigt eine Typologie möglicher kompakter und gegliederter Umrissfiguren mit ausgewiesenen Erweiterungsrichtungen.



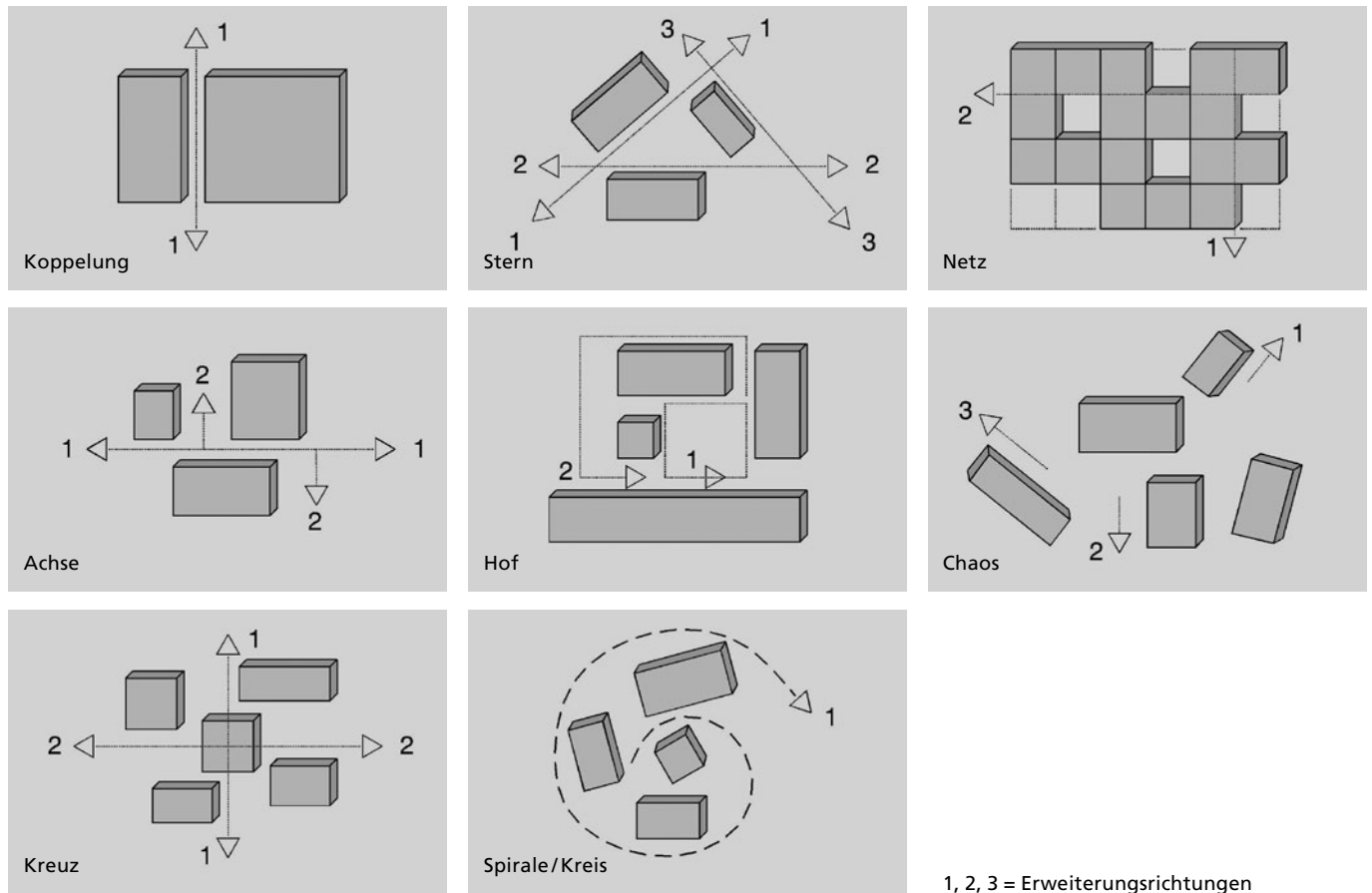
3.1.3 _ Verknüpfungsprinzip

Im Hinblick auf die Fragestellung nach einer möglichst dynamischen Wandlungsfähigkeit von Bauformen muss als weiteres Kriterium der bisherigen Charakterisierung in Schnitt und Grundrissfigur die prinzipielle Art der typologischen Verknüpfung der Baukörper betrachtet werden. Einzelne Hallen oder ganze Werksbereiche werden durch die „Lebensadern“ der sie durchziehenden Magistralen für Erschließung, Medientrassen und übergeordnete Wege des Materialflusses verbunden. Ebenso legt die einmal gewählte Stellung und Verbindung benachbarter Baukörper gegenseitige Kommu-

nikationsbeziehungen fest. Ein einmal gewähltes übergeordnetes Verknüpfungsprinzip wirkt anregend oder hemmend für „innere“ Erweiterung (Nachrüstung von Medien) oder „äußere“ Erweiterung (Addition zusätzlicher Werksbereiche). Der Wahl des Verknüpfungsprinzips kommt bei der Fragestellung nach Wandlungsfähigkeit eine überragende Bedeutung zu, da durch die vielfache Überlagerung unverzichtbarer Funktionen an den Schnittstellen der Baukörper Veränderungen oft schwerwiegender als in Schnitt oder Grundriss eines Baukörpers durchzuführen sind. In Weiterführung von Prinzipien zur Bildung additiver Formen können im Industriebau die

Abb. 3.03

Grundrissfiguren

**Abb. 3.04****Verknüpfungsprinzip**

nach Abb. 3.04 aufgeführten Verknüpfungsprinzipien das langfristige Arrangement von Baukörpern und entsprechende Erweiterungsoptionen bedingen. Das Prinzip der Ankoppelung führt zu einem additiven Gefüge von Baukörpern. Die Baukörperstellung kann mehr zufällig oder über kompositorische Vorstellungen geregelt sein. Die Aufreihung von Baukörpern entlang einer Bewegungslinie, oft als zentrale Erschließung im Sinne eines alle Werkbereiche tangierenden Rückgrats verstanden, kann entlang einer Achse erfolgen. Reservierte Baufelder entlang der Achse können als zusätzliche Erweiterungsflächen zu einem späteren Zeitpunkt

gefüllt werden. Das Hofprinzip ordnet meist rechtwinklig Baukörper um einen platzartigen Freiraum, bei geschickter Auslegung können Erweiterungen ringartig erfolgen. Beim Stern sind die Baukörper ebenfalls um einen Freiraum, jedoch mittels freier Winkel angeordnet. Die weitere Lösung von Baukörpern von einem erkennbaren Bauprinzip führt zur chaotischen Baukörperstellung nach (fraktaler) Zufälligkeit. Beim Kreuz werden die Baukörper entlang zweier lotrechter Bewegungslinien aufgereiht, Quadranten weisen um einen Zentralkörper rotierende Baufelder aus. Spirale und Kreis sind in Abhängigkeit von (imaginären) Bewegungs-

linien einer statischen oder dynamischen Kreisgeometrie angeordnet. Das Netzprinzip regelt mittels eines unterlegten Koordinatensystems die gegenwärtige und zukünftige Beziehung von bekannten und unbekannten Flächen.

3.2 _ Kommunikation

Der Einfluss der Kommunikation auf die Schaffenskraft ist unleugbar, Kreativität und Innovation sind Grundvoraussetzungen wandlungsfähiger Unternehmen. Gebäude können einen Beitrag leisten, noch unentdecktes Potenzial für Kommunikation zu erschließen. Immer mehr Menschen verbringen immer mehr Arbeitszeit in Projektteams, Entscheidungsgremien, Arbeitsgruppen und Gesprächsrunden. Das alte japanische Sprichwort „Das Gold liegt in den Köpfen der Mitarbeiter“ weist dabei den richtigen Weg zur Rückbesinnung auf die einzigartigen Talente des Produktionsfaktors Mensch. In der tayloristischen Massenfertigung wurde Denken, Entscheiden und Handeln gespalten, jetzt soll Kopf- und Handarbeit wieder zusammengeführt werden. Die traditionellen „Kasten“ der Blaukittel und Weißkragen sind in Auflösung begriffen, Gemeinsamkeit wird zum Ideal. Material- und Kommunikationsfluss, bisher Gegenstände getrennter Beobachtungen, werden integriert – damit wird Kommunikation zu einem entscheidenden Produktionsfaktor. Fehler im physischen Materialfluss werden früher oder später evident, im geistigen Materialfluss Kommunikation bleiben sie meist unentdeckt. Für die Gebäudekonzeption bedeutet dies Strukturen bereitzustellen, die die Kreativität der Nutzer anregen. Kommunikation geschieht außerhalb des Büros mehr zufällig, informell auf dem Flur oder gelenkt formell wie während einer Seminarvorstellung. Durch entsprechende räumliche Gestaltung von Büros, Verkehrsflächen, Arbeits-

bereichen und Gemeinschaftsräumen kann die Kommunikationsdichte gefördert werden.

Anordnung, Verbindung Büros und Arbeitsbereiche

Für die immer weniger trennscharf abgrenzbaren Bereiche Büros, Produktion, Werkstätten, Produktionsplanung und -steuerung, Qualität, Controlling etc. bis hin zur Forschung und Entwicklung müssen veränderbare Raumbereiche mit Möglichkeiten gegenseitigen Austausches oder der Verzahnung bereitgestellt werden. Überwiegend werden immer noch Fabriken nach dem Muster des von der Produktionshalle isolierten „Randbaus“ oder der „freistehenden Verwaltung“ konzipiert; beide Bauformen sind schwerlich zukunftsfähig. Der Typ Randbau entwickelt meist einhüftig organisierte Büros geringer Raumtiefen längs einer (geschlossenen) Brandwand, die an die Fertigung grenzt. Der Typ freistehende Verwaltung weist separate, über eine Brücke verbundene Bauformen für Büro und Fertigung aus. Der für Kommunikation so wichtige Austausch, die Verzahnung an der Nahtstelle von Denken, Entscheiden und Handeln, ist durch die nachhaltige Wahl ungeeigneter Bauformen stark eingeschränkt. Vorteilhaft sind variable Raumformen mit veränderlichen, transparenten Raumgrenzen sowie ein Angebot übergeordneter, durch die Gebäudestruktur entstehende Kommunikationsräume. Im Bürobau ist der Zusammenhang von Gebäudeform und Gebäudetiefe für die Wahl der Arbeitsform offensichtlich. Der traditionelle Bürotyp mit Mittelflur und beidseitigen Zellenbüros hat im Hinblick auf Kommunikation eindeutige Nachteile gegenüber Arbeitsformen wie Kombibüros, Gruppenräumen oder hieraus abgeleiteten Mischformen. Die Gebäudetiefe leitet sich beim Zellenbüro aus einem ca. 2,00 m breiten Flur und ca. 5,00 m

tiefen, schmalen Räumen mit ca. 12,00 - 13,00 m Gesamtmaß ab. Kombibüroformen mit Nutzung der ehemaligen Flure als Fläche für gemeinschaftliche Nutzungen oder Gruppenraumformen benötigen ca. 15,00 - 18,00 m Gebäudetiefe. Sollen zusätzlich Forschung und Entwicklung, Labore oder Werkstätten entstehen, kann dies für die Gebäudetiefe leicht 20,00 m und mehr bedeuten. Falls Anteile der Fertigung gestapelt werden, können intelligent strukturierte Flächen mit freizügiger Grundrissentwicklung ohne störende Wände und Stützen als „Industrieloft“ konzipiert werden. Gerade für sich verändernde Arbeits- und Kommunikationsformen bieten variable Raumformen und Raumtiefen beste Voraussetzungen. Die Raumabschlüsse der verschiedenen Bereiche sollten untereinander reversibel und veränderbar sein, ohne großen Umstand Raumvergrößerungen oder Raumverkleinerungen erlauben sowie Austausch und gegenseitige Verzahnung ermöglichen. Diese mobilen Wandelemente können zum großen Teil transparent sein und so Einblicke und Durchblicke gewähren. Die Transparenz des Einzelnen in der Gruppe fördert den Aufbau und Erhalt einer Gemeinsamkeit, eines Wir-Gefühls, eines Teams zur Verwirklichung einer gemeinsamen Vision.

Wege, Treppen, Zwischenräume

Bei geschickter Neuinterpretation einer erweiterten Funktion der Verkehrsflächen profitieren ganze Werkstrukturen von einer in Schnittprofil, Grundrissfigur und Verknüpfungsprinzip der Bauformen verankerten Kommunikationsidee. Ausgehend von skandinavischen Beispielen entstanden so auf der Grundlage des innovativen Montagewerks des Autoherstellers Saab in Malmö mehrere Varianten eines Kommuni-

kationsrückgrats: In Umkehrung traditioneller Rezepte ist hier jeweils die Mitte der Fabrik nicht mit Materialfluss und Logistik, sondern durch die Kommunikations- und Rekreationsbereiche der Mitarbeiter belegt. Erschließungsflächen werden leider vielfach nur eindimensional als minimierte funktionale Notwendigkeit konzipiert. Im besten Sinn des Wortes sind dies „Fluchtwege“. Architektonische Mittel einer Neuinterpretation dieser „Fluchtwege“ sind Tageslicht, attraktive Blickbezüge und Angebote zum Verweilen. Baustrukturen, die ohne Not auf natürliches Licht für Treppen und Flurbereiche verzichten, sollten der Vergangenheit angehören. Die Varianz des Sonnenlichts, die Bewegung von Lichtflecken und Schattenbildern erzeugt eine dem Menschen angenehme Atmosphäre. Attraktive Blickbezüge fördern vielfältige Anregungen durch Empfangen visueller Eindrücke, als Durchblicke nach links und rechts, oben und unten, über Galerie und Lufträume. Die natürliche menschliche Neugier erhält Befriedigung, das Gefühl, Teil eines Ganzen zu sein, erleichtert spontanen Kontakt durch Handzeichen oder Zuruf. Flure müssen nicht als immer gleiches Strangpressprofil, Treppenpodeste nicht als minimalste Bewegungsflächen ausgeführt werden. Die Vorsehung „geplanter Zufälligkeiten“ der Begegnung durch räumliche Aufweitungen fördert die Möglichkeit des kurzzeitigen Verweilens. Teeküchen oder Kopierstationen können nach Bedarf diesen Situationen zugeordnet werden.

Lage, Form und Ausstattung Gemeinschaftsräume

Ein vielfaches Angebot zu formeller, gelenkter Kommunikation sollte an strategisch wichtigen Stellen im Gebäude verteilt werden. Seminar-

und Trainingsräume bieten sich insbesondere an der Nahtstelle zur Produktion an. Je nach Sortierung bieten Lamellen oder Jalousien vielfache Veränderungen für gewünschten Ein- oder Ausblick. Besprechungsbereiche können an Nahtstellen zur Produktion oder aufgrund häufigen Gästeverkehrs in Nähe des Foyer liegen. Muffige Pausenräume und Umkleiden in Kellerlage sollten der Vergangenheit angehören und durch helle, luftige Angebote abgelöst werden. An übergeordneter Stelle wie Dachterrasse oder

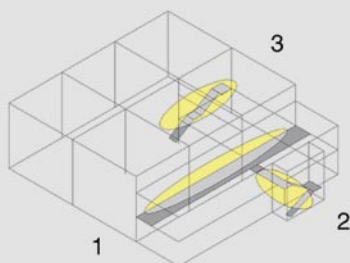
an einem mit Pflanzen und Teich ausgestalteten Freibereich könnte eine Cafeteria oder Kantine mit Freizeitflair auch zum Besuch außerhalb der reinen Verköstigungszeiten und somit zum Informationsaustausch animieren. Abb. 3.05 zeigt die angesprochenen Strukturmerkmale im Überblick.

Grundsätzlich ist die Wahl des natürlichen Baustoffes Holz förderlich für alle angesprochenen Aspekte der Kommunikation.

Abb. 3.05

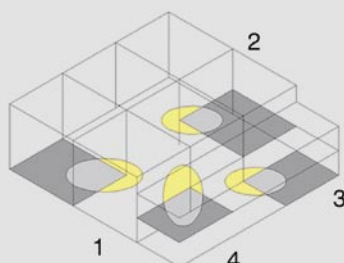
Kommunikation:
Strukturmerkmale

Wege, Treppen, Zwischenräume



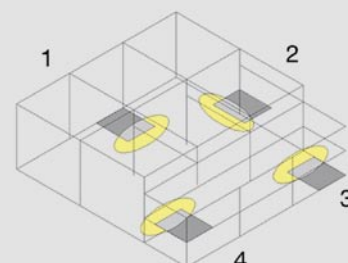
- 1 Flurbereiche
- 2 Treppen Geschosse
- 3 Treppen Halle
 - Tageslicht
 - attraktive Blickbezüge
 - Angebote zum Verweilen

Anordnung, Verbindung, Arbeitsbereiche



- 1 Hallenebene
- 2 Galerieebene
- 3 Servicebereich
- 4 Bürobereich
 - variable Bauformen
 - veränderliche, transparente Raumgrenzen
 - gebäudestrukturelle Kommunikationsräume

Lage, Form, Ausstattung, Gemeinschaftsräume



- 1 Hallenebene
- 2 Galerieebene
- 3 Servicebereich
- 4 Bürobereich
 - hell, luftig, attraktiv
 - veränderbare Ausblicke
 - Freizeitflair
 - Pflanzen

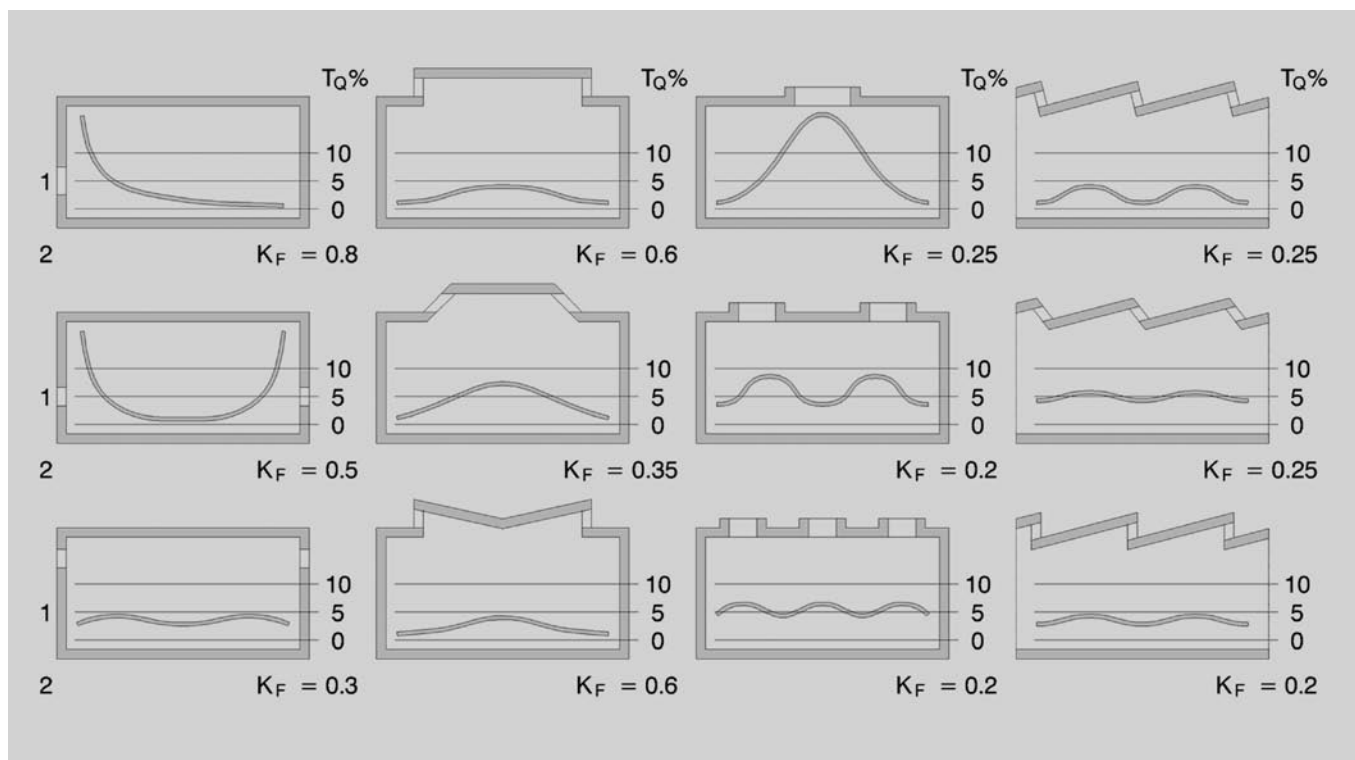
3.3 _ Belichtung

In den 70er Jahren wurde in Ablösung bewährter Oberlichter in Shed-Bauweise die fensterlose, künstlich belichtete und belüftete Fabrik propagiert. Mittlerweile setzt eine Rückbesinnung auf die atmosphärische Qualität guter Belichtung von Arbeitsplätzen ein, Ziel ist jetzt vielfach die Tageslichtfabrik. Einmal bietet sie den großen ökonomischen wie ökologischen Vorteil der dauerhaften Einsparung von Energie für Zwecke der Raumbeleuchtung. Darüber hinaus ist Licht, und insbesondere Tageslicht, der wichtigste Faktor bei menschlicher Arbeit. 80% bis 90% seiner Informationen nimmt der Mensch durch optische Wahrnehmung auf. Licht beeinflusst Motivation und Wohlbefinden des Menschen. Vor allem natürliches Licht, also die Erlebbarkeit wechselnder Lichtintensitäten und Lichtatmosphären, wirkt auf den Organismus anregend. Unbestritten ist der physische Einfluss des herrschenden Wetters auf die Stimmung des Menschen. Der Tagesrhythmus von 24 Stunden bestimmt unser Wach- und Schlafverhalten und ist damit ein unverzichtbarer Zeitgeber für vegetative Körperfunktionen. Als gesicherte Erkenntnis gilt, dass die Varianz des Sonnenlichtes Fehlerquoten in der Produktion verringert. In Ergänzung zu natürlichem Licht und zur Ausleuchtung in Dunkelzeiten muss eine sorgfältige Planung alle Bedingungen für eine künstliche Beleuchtung erfassen und zu einer Gesamtgestaltung integrieren. Die Lichtverteilung im Raum kann insbesondere bei tiefen Gebäudequerschnitten durch Systeme der Lichtumlenkung optimiert werden. Im Weiteren werden die Gestaltungselemente Tageslicht, natürliche Belichtung und

Lichtumlenkung anhand von Strukturmerkmalen sowie ihrer Bedeutung für Wandlungsfähigkeit näher erläutert.

Tageslicht

Das Tageslicht vermittelt vor allem durch seine stetige Veränderung aller Komponenten des Lichtes wie Intensität, Richtung und spektrale Zusammensetzung wesentlich mehr Informationsinhalte als ein statisch bestimmter Zustand, wie er beim Kunstlicht auftritt. Tageslicht bewirkt nicht nur bessere Sehbedingungen, es erleichtert auch durch seine Varianz die optischen Wahrnehmungsabläufe, vergrößert die Informationsaufnahme und verringert die mentale Belastung. Die somit erhöhte freie Gehirnkapazität steigert die Fähigkeit zur Aufmerksamkeit und verhindert Fehlleistungen. Die intelligente Nutzung der kostenlosen Ressource Tageslicht ist durchaus selbstverständlich. Sonnenlicht hat die Eigenschaft, als kurzwelliges Licht durch die Glasflächen einzutreten, danach als langwellige Wärmestrahlung den Innenraum aufzuheizen. Die thermische Komponente großer Glasflächen muss also jeweils beachtet werden. Beruhten Untersuchungen zu Lichtausbeute und Wärme bisher auf überschlägigen graphischen Nachweisen im Schnittprofil des Gebäudes bzw. auf grober Abschätzung der erwarteten Raumaufheizung, stehen heute im Rahmen verfügbarer Techniken wie 3D-Licht- und Energiesimulationen zur Verfügung. Es geht bei einer angemessenen Belichtung der Arbeitsbereiche vor allem um die Ziele einer gleichmäßigen Ausleuchtung und einer gleichmäßigen Lichtausbeute. Eine gleichmäßige Ausleuchtung vermeidet Schlag-



schattenwurf und ist blendfrei. Die auf der Arbeitsebene gemessene Gleichmäßigkeit hängt von den Abständen der Dachlichtöffnungen in Beziehung zur Hallenhöhe ab. Eine gute, gleichmäßige Lichtausbeute hängt weitestgehend von der Größe und Art der Verglasung ab. Der Vergleichsmaßstab vom Innenraum zur außen herrschenden Lichtstärke wird mittels des Tageslichtquotienten T_Q ermittelt.

Natürliche Belichtung

Abb. 3.06 zeigt den Einfluss des Raumquerschnitts auf den Tageslichtquotienten. Für

alle Raumformen wird die Summe der Tageslichtöffnungen mit $\frac{1}{6}$ der Raumgrundfläche vorausgesetzt. Der für ein Seitenfenster typische Tageslichtverlauf wird im oberen linken Bild dargestellt. Die mittlere T_Q -Menge ist, bedingt durch die geometrische Lage des Fensters zum Himmelsausschnitt, nicht optimal. Durch das starke Nachlassen der Intensität des eintretenden Tageslichtes vom Fenster gegen den Raum wird die bereits eingeschränkte T_Q -Menge schlecht nutzbar. So ist es kaum möglich, durch Seitenfenster beleuchtete tiefere Räume ohne künstliche Ergänzungsbeleuchtung zu nutzen.

Abb. 3.06

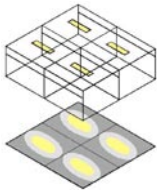
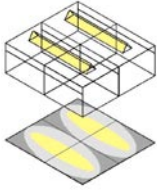
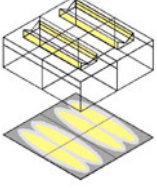
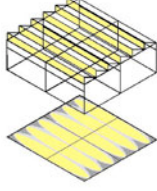
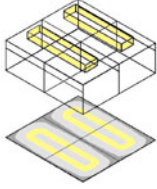
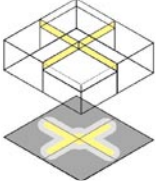
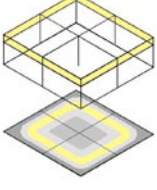
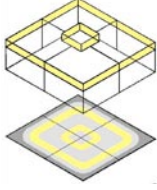
- 1 schnittabhängiger Tageslichtquotient
- 2 Wert K_F bei Anforderung $T_Q \text{ min} > 5\%$

T_Q = Summe Tageslichtöffnungen: $\frac{1}{6}$ der Raumgrundfläche

K_F = Fensterfläche: Raumgrundfläche

Tabelle 3.02 Natürliche Belichtung: Vor- und Nachteile verschiedener Oberlichtformen

Dachform	Vorteile	Nachteile
Lichtkuppeln	Gleichmäßigkeit der Beleuchtung besonders einfach zu erzielen; formbedingte geringe Verschmutzung, einfache Montage.	große Zahl von Deckendurchbrüchen, d.h. Dichtungsschwierigkeiten möglich; notwendige Öffnungsfläche größer als bei bandförmigen Oberlichtern.
Sattelreiter	große Spannweite bei entsprechender Unterkonstruktion.	Blendgefahr in Längsrichtung.
Monitor	sehr gute Lichtverteilung des Sonnenlichts im Gegensatz zu Nordsheds.	Blendgefahr bei ungünstiger Bauwerksausrichtung und Dachformung.
Shed	Nordlage beseitigt Blendgefahr fast völlig; kein Sonnenschutz nötig; bei Schalenskonstruktion große Stützabstände möglich; Gleichmäßigkeit der Beleuchtung sehr gut.	bestimmte Bauwerkslage notwendig; relativ große Wärmeabstrahlung besonders bei Senkrechtsheds. Hoher Aufwand für Konstruktion und Wartung der Sheds.
Laternen	raumklimatisch günstige Lösung bei Nord-Süd-Orientierung der Öffnungen, bei denen Sheds ausscheiden; Beleuchtungseinrichtung weniger ausgeprägt als bei Sheds.	große wärmeabstrahlende Oberfläche; Gleichmäßigkeit der Beleuchtung etwas schlechter als bei anderen Oberlichtformen.
Staffeldach	raumklimatisch günstige Lösung bei Nord-Süd-Orientierung der Öffnungen, bei denen Sheds ausscheiden; Beleuchtungseinrichtung weniger ausgeprägt als bei Sheds.	große wärmeabstrahlende Oberfläche; Gleichmäßigkeit der Beleuchtung etwas schlechter als bei anderen Oberlichtformen.
Fassadenband	gute und/oder einfache Lösung für Hallentiefen von 20,00 m bis 28,00 m.	Blendgefahr besonders in Ost- und Westausrichtung.
Kombinationen	Möglichkeit der Kombination mehrerer Oberlichtformen zwecks Vermeidung nachteiliger Belichtung.	

Lichtverteilung	Dachform
	Lichtkuppeln
	Sattelreiter
	Monitor
	Sheds
	Laternen
	Staffeldach
	Fassadenband
	Kombinationen

Arbeitsplätze, deren Tageslichtquotient 2 % oder niedriger ist, kommen ohne künstliche Beleuchtung im Allgemeinen als Tageslichtarbeitsplätze nicht in Frage. Aus den genannten Kriterien haben sich im Industriebau eine Reihe von Dachbelichtungsformen in Variation der nach blendfreiem Nordlicht ausgerichteten Shedformen entwickelt. Tabelle 3.02 zeigt eine vereinfacht dargestellte Lichtverteilung in Hallenräumen für im Industriebau übliche Dachformen und weist für diese Oberlichtformen charakteristische Vor- und Nachteile der Belichtung auf. Nach Norden ausgerichtete Oberlichter in Shedform gewährleisten eine gleichmäßige Beleuchtung ohne die Varianz von Licht- und Schattenspielen. Blendgefahr besteht nicht, Sonnenschutz ist in der Regel nicht notwendig. Mit Monitordächern ist bei geschickter Anordnung ebenfalls eine gute Hallenausleuchtung erzielbar, Sonnenstrahlen können dann gezielt ohne Blendgefahr oder Hallenaufheizung in die Halle eindringen. Die für ein Industrieprojekt zu realisierende Lichtführung kann nur unter weitsichtiger Abwägung einer Vielzahl von Aspekten von Prozess, Logistik und Nutzeranforderungen entwickelt werden. Die Wandlungsfähigkeit im Hinblick auf Tageslichtnutzung hängt hierbei entscheidend von der Wahl lichttechnisch günstiger Oberlichtformen und Raumquerschnitte ab.

3.4 _ Ver- und Entsorgung

Unter dem Sammelbegriff Ver- und Entsorgung sollen sowohl die für das Gebäude notwendigen haustechnischen Systeme wie auch im Gebäude geführte Prozessmedien der Fertigungseinrichtungen dargestellt werden. Die in der Praxis häufig vorgefundene Trennung in „Haustechnik“ (ausgelegt vom Fachplaner Bau) und „Prozesstechnik“ (ausgelegt vom Betriebsplaner) birgt ein hohes Potenzial an Abstimmungsverlusten,

ermöglicht selten die Nutzung sinnfälliger Synergien. Die Gesamtheit der Mediensysteme sollte angesichts steigender Komplexität, insbesondere aber unter dem Primat der Energie- und Rohstoffeinsparung ganzheitlich optimiert werden. Hier bieten sich gegenwärtig weit fortgeschrittene Planungstools zur 3D-Modellierung aller Systeme, 3D-Simulation von Energieverlusten bzw. Energiegewinnen bis hin zur thermodynamischen 3D-Strömungssimulation

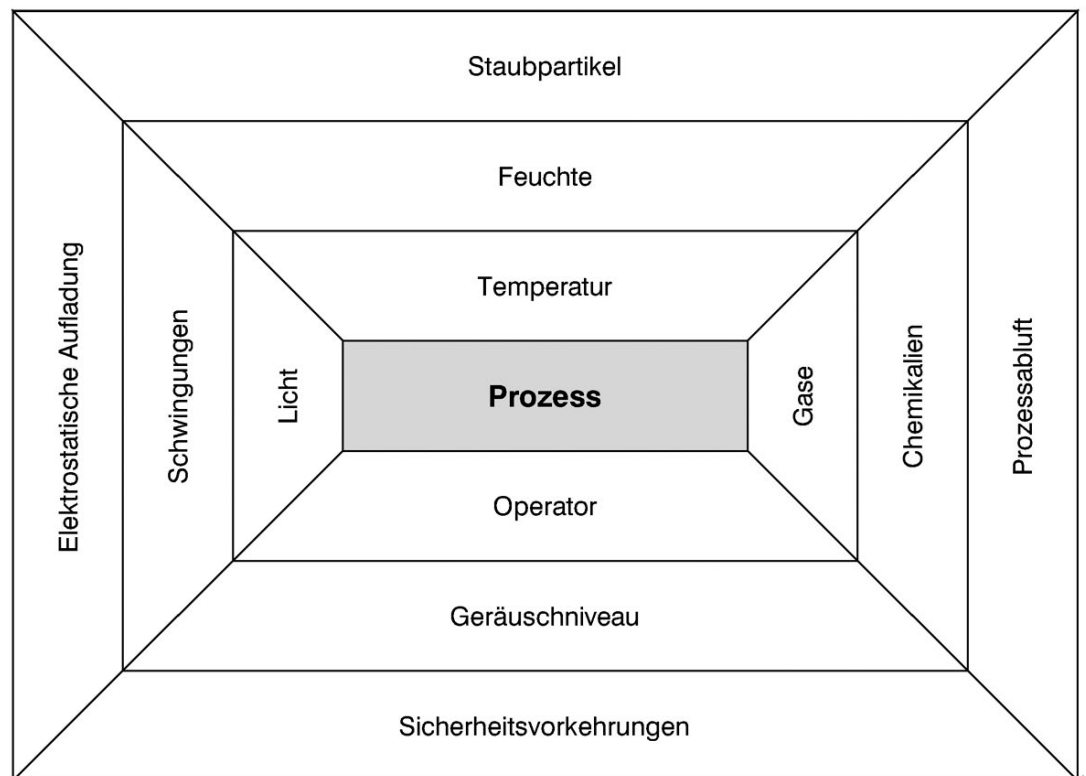


Abb. 3.07

Ver- und Entsorgung:
Übersicht wichtiger Systeme

Abb. 3.08

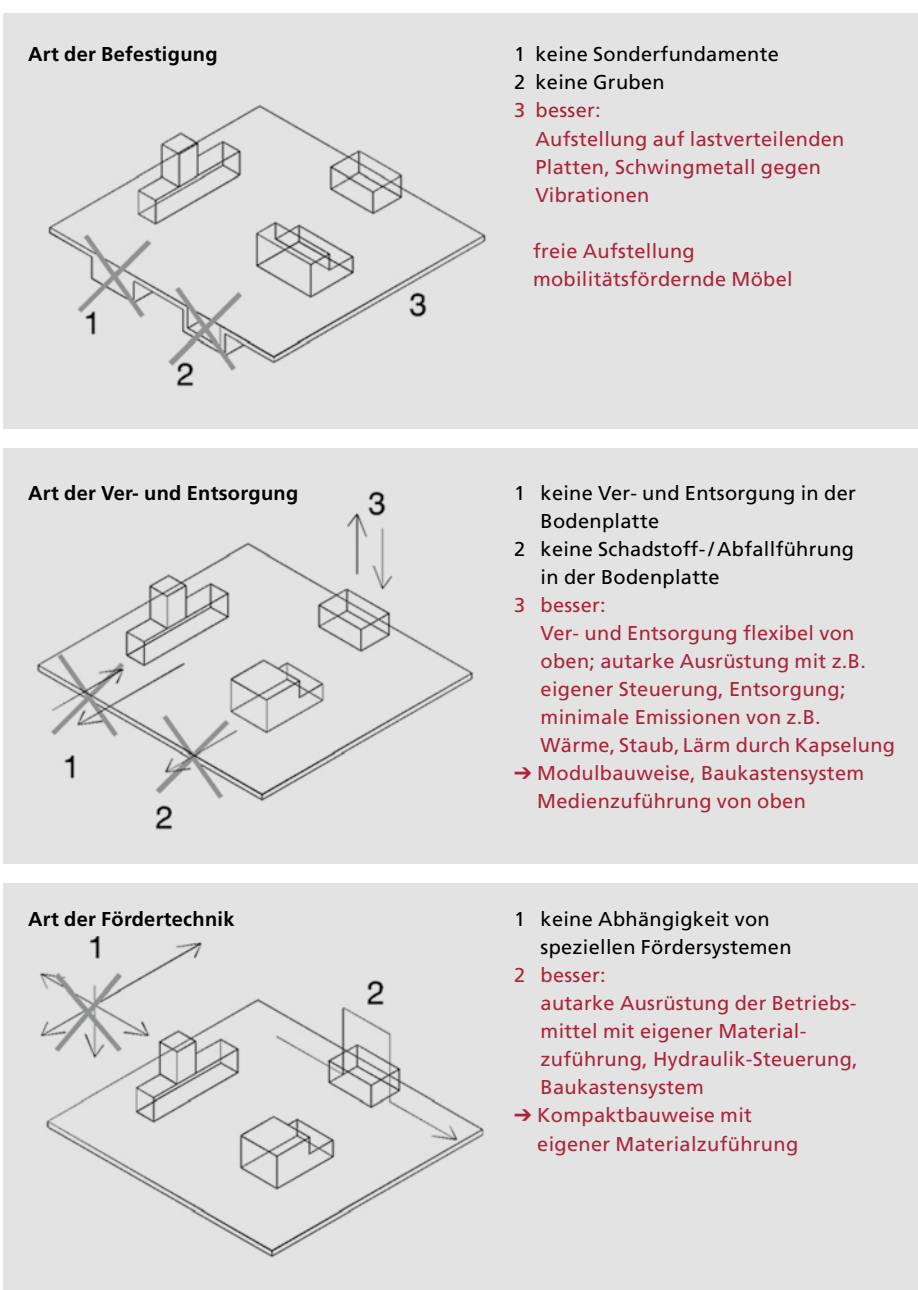
Elemente/Prozess/Logistik und

Elemente Ver-/Entsorgung der Wandlungsfähigkeit

an. Der Aspekt der Wandlungsfähigkeit ist von besonderer Bedeutung für die Gestaltung der Ver- und Entsorgungssysteme, Technikzentralen, Haupttrassen, Leitungsnetze und Auslässe. Abb. 3.08 und 3.09 verdeutlichen die Merkmale dieser Systeme im Projektgefüge.

Zu den Ver- und Entsorgungssystemen zählen beispielsweise die Stromversorgung, Heizung, Wasser- und Abwassernetze, Druckluftnetze, Kühlwasser- und Schmierstoffbereitstellung. Grundsätzlich ist zu klären, ob eine mehr zentrale oder dezentrale Auslegung von Ver- und Entsorgung vorteilhaft ist. Für Medien, die in größeren Mengen überall im Werk benötigt werden, bietet sich die zentrale Bereitstellung an. Vorteilhaft sind günstige Investitions- und laufende Kosten; Wärmerückgewinnungstechniken für Lüftungsanlagen lassen sich oft wirtschaftlich anwenden. Nachteilig wirken sich bei zentralen Anlagen Tendenzen zur Blockade des Betriebes bei Defekten aus. Anzahl und Volumen der Leitungen sind in der Regel höher als bei dezentralen Anlagen, dies bedingt die entsprechende Bereitstellung horizontaler und vertikaler Leitungswege im Gebäude. Nachteilig wirken sich darüber hinaus die mit langen Leitungswegen verbundenen Effizienzverluste aus.

Der Trend zu Kompaktanlagen mit immer höheren Wirkungsgraden führt zur Dezentralisierung. Die größere Unabhängigkeit dezentraler Anlagen bei Planung, Betrieb und Veränderung bedeutet gerade für modulare Fabrikkonzepte einen erheblichen Zuwachs an Flexibilität.



3.5 _ Raummodelle, Raummodule

Im Kontext dieser Publikation sollen Baukörper-(vor)entwürfe als „Raummodelle“, Teilbereiche hiervon als „Raummodule“ bezeichnet werden. Die besondere Qualität des „Raummoduls“ gegenüber einer bloßen Baukörperidee liegt einerseits in der integrativen Berücksichtigung architektonischer und technischer Aspekte aus Kommunikation / Büro, RWA / Belichtung, Ver-/Entsorgung sowie der Addierbarkeit der Raummodule zu größeren Hallenkomplexen. Vielfach deckt sich diese kleinste Halleneinheit mit den parallel entwickelten Produktions- oder Projektsichten aus Raum und Prozess.

Aus der Vielzahl der Lösungsmöglichkeiten lassen sich drei bauliche Grundformen ableiten:

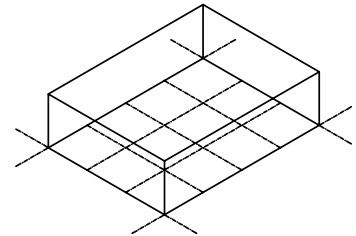
- kubische Formen,
- Satteldachformen,
- Schalenformen.

3.5.1 _ Tragwerksplanung auf Grundlage von Raummodulen

Idealerweise wird in der integrierten Planung Prozessplanung, Raumplanung und Tragwerksplanung gleichzeitig in Angriff genommen. Für die Leistungsoptimierung ist ein teamübergreifendes Denken in „Modulen“ höchst förderlich. Sinnvolle statische Systeme und Konstruktionsvarianten des Holzbaus, Vorgaben lichter Höhen, verfügbare Öffnungen für Medien in der Konstruktion etc. können als integrale Planung ohne Zeitverlust erarbeitet, Lösungsvarianten ganzheitlich beurteilt werden.

Abb. 3.09

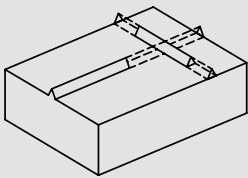
Raummodul Kubus



3.5.2 _ Raummodul Kubus

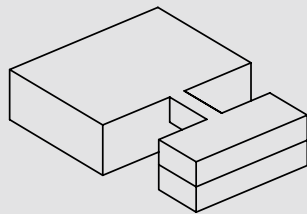
Abb. 3.09 führt Entwurfsaspekte von Baukörper, Kommunikation, RWA/Belichtung, Ver-/Entsorgung in einem „Entwurfsbaukasten“ Kubus zusammen.

Baukörper



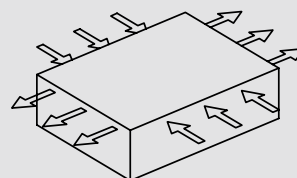
– Reiter

Kommunikation / Büro



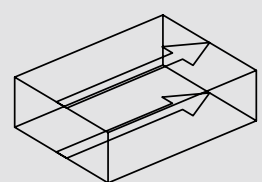
– freistehend

RWA / Belichtung

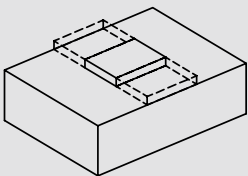


– seitlich/Fassade

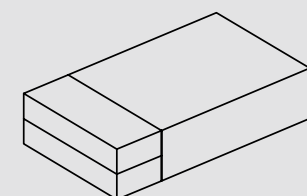
Ver-/Entsorgung



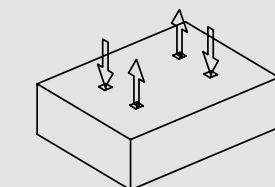
– Trasse Dach/Boden



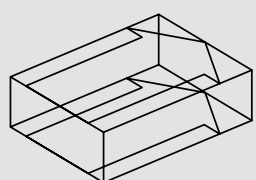
– Laterne/Staffelung



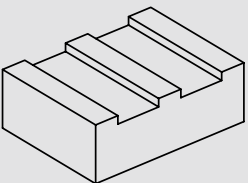
– Randbau



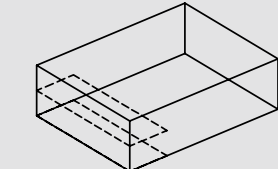
– Kuppel/Dach



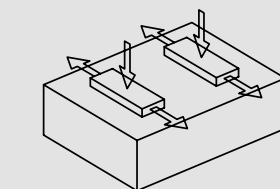
– Fläche Dach/Boden



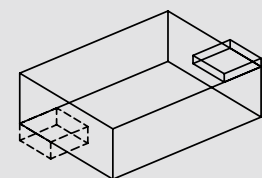
– Shed



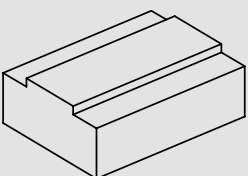
– integriert



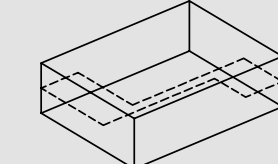
– Aufbauten/Dach



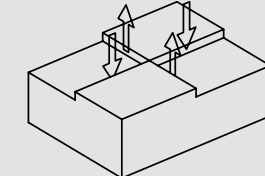
– Zentralen extern



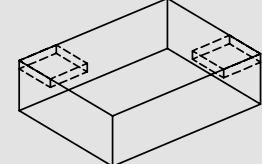
– Schiffe



– Galerien



– Staffelung/Dach

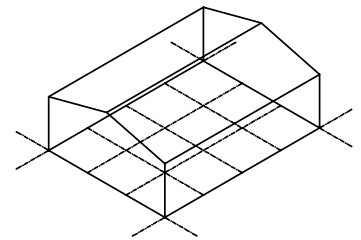


– Zentralen intern

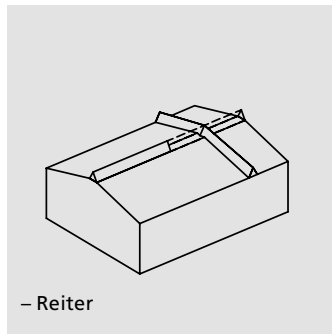
Abb. 3.10
 Raummodul Satteldach

3.5.3 _ Raummodul Satteldach

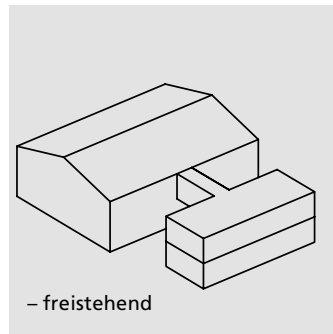
Abb. 3.10 führt Entwurfsaspekte von Baukörper, Kommunikation, RWA / Belichtung, Ver-/Entsorgung matrixartig in einem „Entwurfsbaukasten“ Satteldach zusammen.



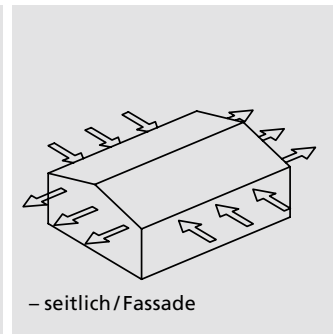
Baukörper



Kommunikation / Büro



RWA / Belichtung



Ver- / Entsorgung

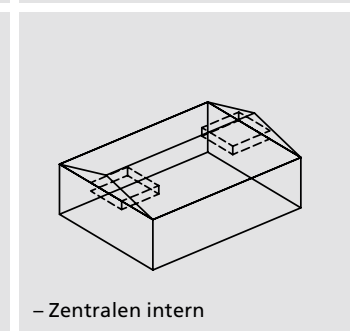
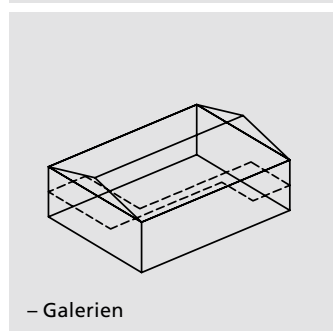
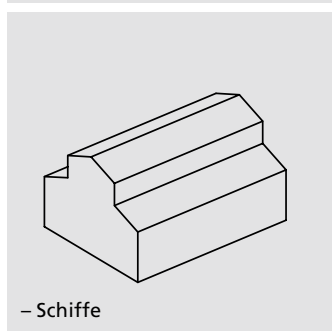
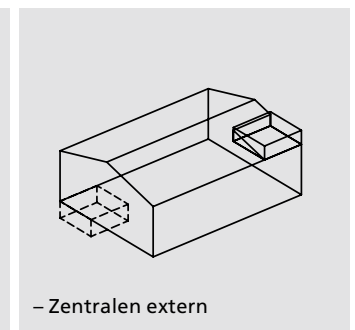
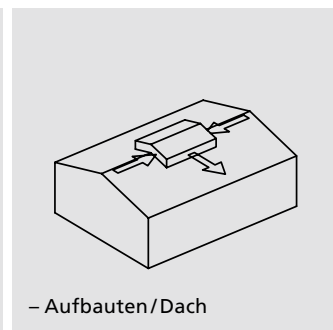
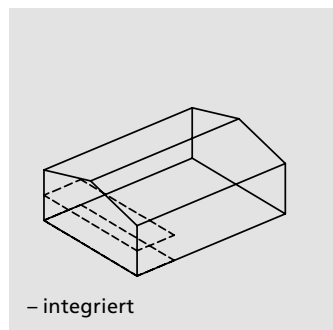
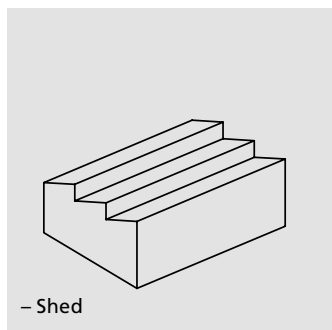
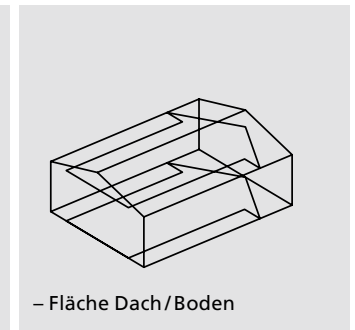
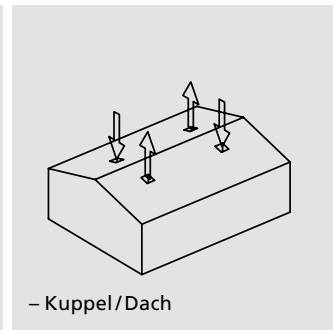
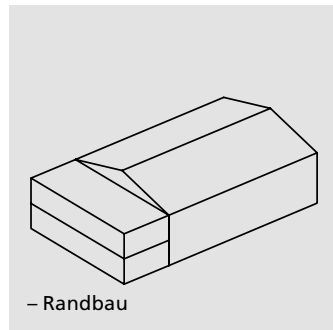
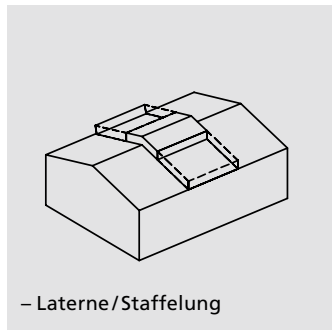
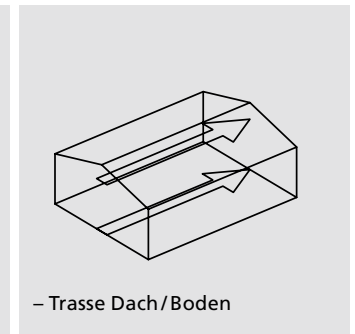
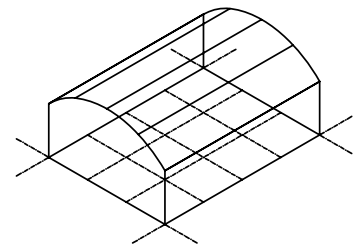


Abb. 3.11

Raummodul Schalendach



3.5.4 _ Raummodul Schalendach

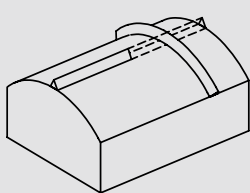
Abb. 3.11 führt Aspekte von Baukörper, Kommunikation, RWA/Belichtung, Ver-/Entsorgung matrixartig in einem „Entwurfsbaukasten“ Schalendach zusammen.

Baukörper

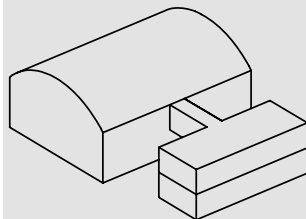
Kommunikation / Büro

RWA / Belichtung

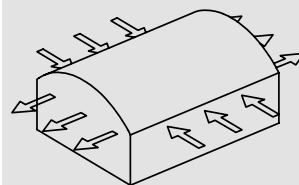
Ver- / Entsorgung



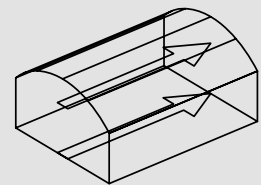
– Reiter



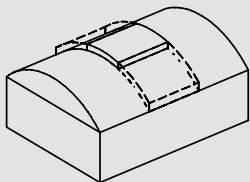
– freistehend



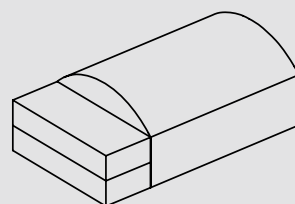
– seitlich / Fassade



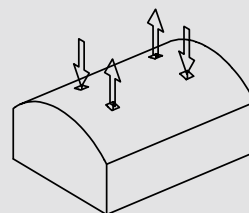
– Trasse Dach/Boden



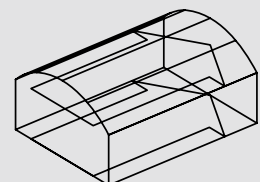
– Laterne/Staffelung



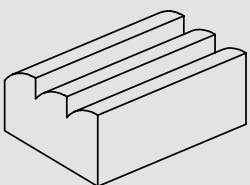
– Randbau



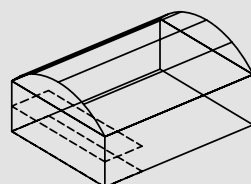
– Kuppel/Dach



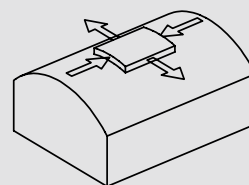
– Fläche Dach/Boden



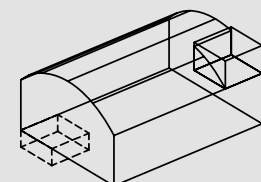
– Shed



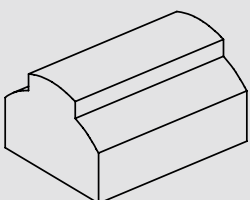
– integriert



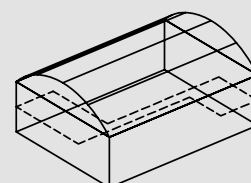
– Aufbauten/Dach



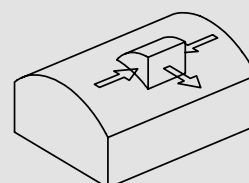
– Zentralen extern



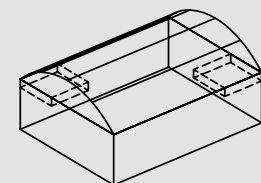
– Schiffe



– Galerien



– Staffelung/Dach



– Zentralen intern

4_ Statische Systeme und Tragwerksmodelle

4.1_ Annahmen und Voraussetzungen

4.1.1 _ Spezifische Baustoffeigenschaften

Klimatische Randbedingungen

Die Werkstoffeigenschaften von Holz und Holzwerkstoffen einer baulichen Anlage werden während der vorgesehenen Nutzungsdauer in besonderem Maße von der Holzfeuchte und vom Umgebungsklima beeinflusst. Es sind daher alle Bauteile entsprechend ihrer Exposition einer der drei Nutzungsklassen (NKL) zuzuordnen (siehe Tabelle 4.01).

Für Industrie- und Gewerbebauten sind die Einstufungen in Nutzungsklassen kritisch zu überprüfen. Produktion, Logistik oder eine temporäre Nutzung bewirken spezifische Klimabedingungen, die individuell zu berücksichtigen sind. Einzelne Teilbereiche einer Konstruktion sind durchaus verschiedenen Nutzungsklassen

zuzuweisen, etwa wenn sie die abschließende Gebäudehülle in Teilen durchdringen. In die Nutzungsklasse 3 fallen alle Bauteile, bei denen während der Nutzungsdauer mit mittleren Holzfeuchten über 20% zu rechnen ist. Es handelt sich hier vor allem um Bauteile, die der Witterung frei ausgesetzt sind. In Sonderfällen können es aber auch Teile überdachter Bauten sein, so z.B. bei geschlossenen Rottehallen oder Bauten mit extremen Verlusten durch Wärmestrahlung wie bei Eissporthallen.

Entsprechend der Nutzungsklasse und ihrer klimatischen Bedingungen werden die Festigkeiten in der Bemessung daher dem Modifikationsbeiwert k_{mod} gemäß den Nutzungsklassen angepasst (siehe Abb. 4.02).

Das Klima nimmt auch auf die Gestaltung des Tragwerks Einfluss. Während übliche Risse

Tabelle 4.01

Nutzungsklassen (NKL) nach DIN 1052:2004

	Umgebungsklima	Holzausgleichsfeuchte	Beispiele
NKL 1	$T = 20^\circ \text{C}$ $\varphi \leq 65\% ^{1)}$	i.d.R. $\leq 12\%$ (5 bis 15%)	allseitig geschlossene, beheizbare Bauwerke
NKL 2	$T = 20^\circ \text{C}$ $\varphi \leq 85\% ^{1)}$	$\leq 20\%$ (10 bis 20 %)	offene, aber überdachte Konstruktionen
NKL 3	Klimabedingungen, die zu höheren Holzfeuchtigkeiten führen	$> 20\%$ möglich (12 bis 24 %)	Konstruktionen, die frei der Außenwitterung ausgesetzt sind

¹⁾ Diese Werte dürfen nur für wenige Wochen im Jahr überschritten werden

Abb. 4.01

Großbäckerei in Essen,
Prof. J. Reichardt Architekten



Tabelle 4.02

Modifikationsfaktor und Deformationsfaktor für Bauholz und Holzwerkstoffe nach DIN 1052:2004, Tabellen F1 und F2 des Anhangs

Baustoff/ Klasse der Lasteinwirkungsdauer	Modifikationsfaktor k_{mod}			Deformationsfaktor k_{def}		
	Nutzungsklassen			Nutzungsklassen		
	1	2	3	1	2	3
	Feuchte des Holzes			Feuchte des Holzes		
	<12%	<20%	>20%	<12%	<20%	>20%
Vollholz und Brettschichtholz, Furnierschichtholz						
ständig (Eigengewicht)	0,60	0,60	0,50	0,60	0,80	2,00
lang (Lagerräume)	0,70	0,70	0,55	0,50	0,50	1,50
mittel (Verkehrslasten)	0,80	0,80	0,65	0,25	0,25	0,75
kurz (Schnee, Wind)	0,90	0,90	0,70	0,00	0,00	0,30
sehr kurz (Stöße)	1,10	1,10	0,90	–	–	–
Bei einer Lastfallkombination mit verschiedenen Lasteinwirkungsdauern darf k_{mod} für die Einwirkung mit der kürzesten Dauer gewählt werden.				Bei Vollholz, das beim Einbau eine Holzfeuchte nahe dem Fasersättigungsbereich aufweist und im eingebauten Zustand austrocknen kann, sollten die Werte für k_{def} um 1,0 erhöht werden.		

Vorstehende Tabelle ist nur ein Auszug aus oben genannter Norm. Werte für weitere Holzwerkstoffe sind dort zu finden.

in Holzquerschnitten bei der Ermittlung der Festigkeit abgedeckt sind, besteht bei großvolumigen Holzbauteilen in Gebäuden mit stark wechselnden Luftfeuchten durch das höhere natürliche Quell- und Schwindverhalten die Gefahr einer übermäßigen Rissbildung infolge zu hoher Querkzugspannungen. Neben dem Einsatz von Querkzug Sicherungen und diffusionsverzögernden Beschichtungen bei Vollwandträgern stellen auch aufgelöste Tragsysteme mit kleineren Einzelquerschnitten eine praktikable Lösung dar.

Bauteilanschlüsse sind wegen der Bewegungen durch die natürliche Schwind- und Quellverformung zwängungsfrei zu konstruieren. So entstehen bei einem 1,00 m hohen Träger aus BS-Holz und üblicher Feuchteschwankung von 6% Höhenveränderungen von ca. 1,4 cm, die bei der Planung zu berücksichtigen sind.

Die Temperaturdehnung von Holz ist gering. Sie wird teilweise durch gleichzeitig auftretende, gegenläufige Quell- und Schwindverformungen kompensiert. Gemäß DIN 1052:2004 darf daher üblicherweise auf den Nachweis von Temperaturdehnungen verzichtet werden.

Lastdauer

Neben den klimatischen Randbedingungen hat die Lasteinwirkungsdauer Einfluss auf die zu ermittelnden Festigkeiten. Die Bemessungsnorm DIN 1052:2004 berücksichtigt diesen Einfluss ebenfalls durch den Modifikationsbeiwert k_{mod} , mit dem die charakteristischen Festigkeiten der Baustoffe abgemindert werden.

Die Verwendung des Modifikationsbeiwertes im Holzbau zur Berücksichtigung der Materialeigenschaften in Bezug auf Klima und Lastdauer stellt eine Besonderheit im Vergleich zu den Bemessungsnormen der anderen Baustoffe dar. So kann beim Baustoff Holz die Situation eintreten, dass für die Bemessung eines Bauteils eine Einwirkungskombination maßgebend wird, die nicht die maximale Schnittgröße liefert. Um zum maßgebenden Nachweis zu gelangen, muss der Ingenieur in seiner Berechnung mehrere Lastkombinationen betrachten.

Verschieblichkeit der Verbindungsmittel

Eine Besonderheit bei der statischen Berechnung von Holztragwerken und insbesondere bei weitgespannten Konstruktionen ist die Berücksichtigung der Verschieblichkeit bei mechanischen Verbindungen. In jedem Knotenpunkt, der durch mechanische Verbindungsmittel verbunden ist, entstehen Verschiebungen, die durch Ansatz von Federsteifigkeiten in der Berechnung zu berücksichtigen sind. Bei statisch unbestimmten Systemen kann die Lastumlagerung, die sich durch Ansatz dieser Federsteifigkeiten ergibt, so groß sein, dass die Schnittkräfte wesentlich von denen einer Berechnung mit steifen Verbindungsmitteln abweichen.

4.1.2 _ Lastannahmen

Neben den Eigenlasten der Konstruktion wird das Tragwerk planmäßig für lotrechte und horizontale Nutzlasten sowie Wind- und Schneelasten abgestimmt auf den Gebäudestandort dimensioniert. Wesentlich für die Ermittlung der Einwirkungen sind dabei die Kombinationsregeln der DIN 1055-100. Der Bemessungswert für den kritischsten Lastfall wird aus verschiedenen Kombinationen von unabhängigen, gleichzeitig auftretenden Einwirkungen errechnet.

Die Lastannahmen für Bauten sind in der DIN 1055 wie folgt definiert:

Teil 1

Eigenlasten, Lagerstoffe, Baustoffe und Bauteile

Teil 2

Baugrundwerte, Bodenkenngrößen

Teil 3

Verkehrslasten (Nutzlasten für den definierten Gebäudezweck)

Teil 4

Windlasten in Abhängigkeit von der Gebäudeform und dem Gebäudestandort

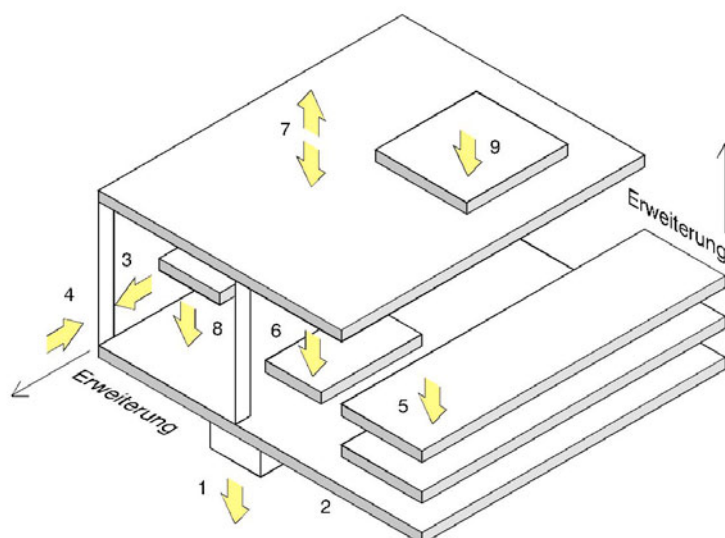
Teil 5

Schnee-, Eislasten in Abhängigkeit vom Gebäudestandort

Abb. 4.02

zeigt ein Beispiel der prinzipiellen Erfassung wichtiger Lastannahmen für ein Industrieprojekt

Verkehrslasten, Einzellasten, dynamische Lasten



Fundamentierung

Bodenplatte

- 1 Fundament
- 2 Bodenplatte
- Bodeneinbauten
- Sonderfundamente

Stützen

Aussteifung

- 3 Anpralllasten
- 4 Windkräfte
- Krananlage

Decken

- 5 Geschossdecken Büro, Produktion
- 6 Galerien Büro, Produktion
- Schwingung

Dächer

- 7 Regen, Schnee, Druck, Sog
- 8 Abhängung Medienspiegel
- 9 Technikzentralen

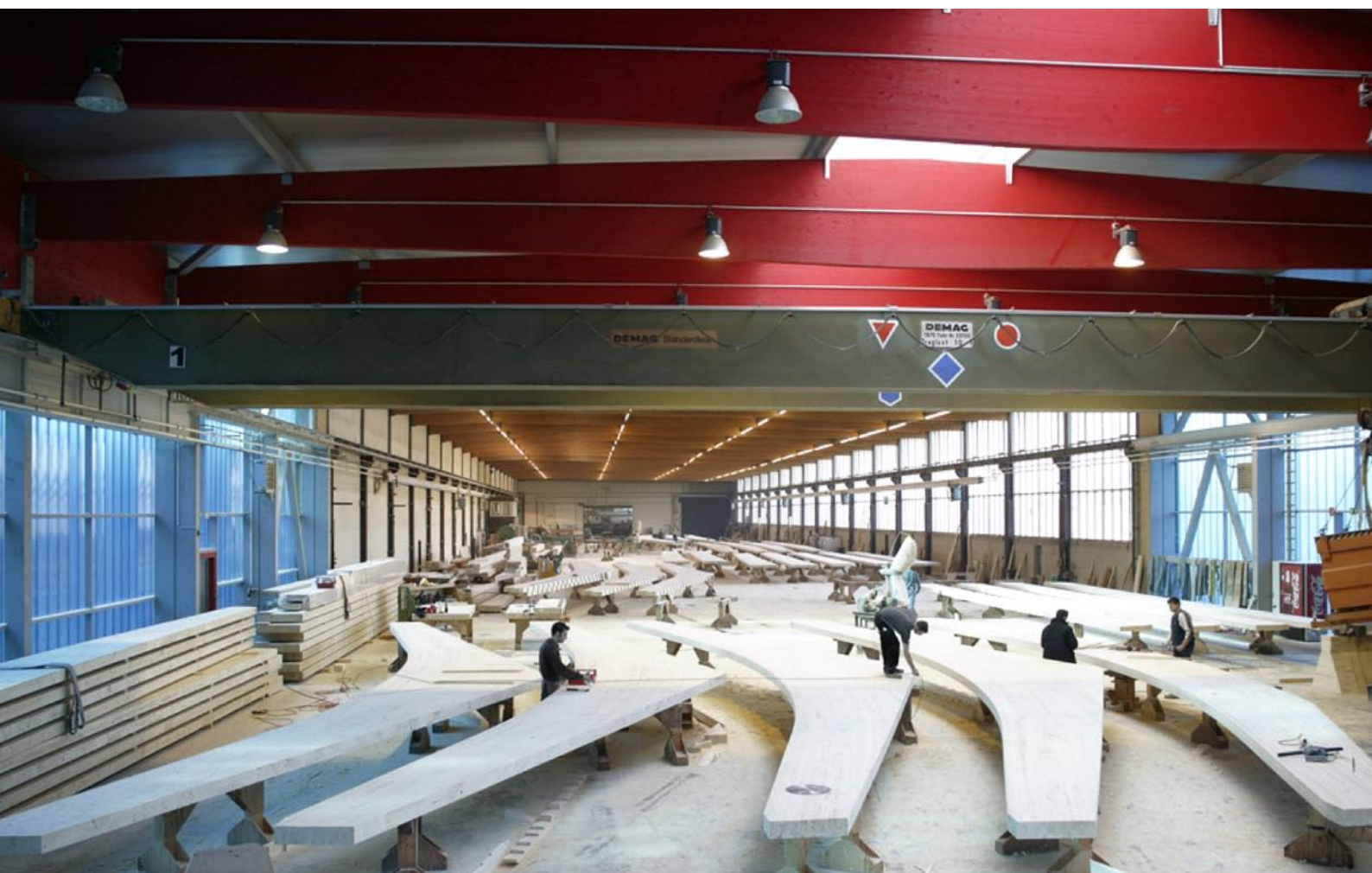
4.1.3 _ Besondere statische und dynamische Lasten

Bei Gewerbebauten sind Abhängigkeiten von Nutzung und Fördermitteln sowie statische und dynamische Lasten zu berücksichtigen. Größe und Gewicht eingesetzter Flurförder-

zeuge/Gabelstapler sind ausschlaggebend für mögliche Anpralllasten an Stützen. Horizontale und vertikale Transportmittel wie Aufzüge oder Kranbahnen beeinflussen in besonderem Maß statische Systeme und deren Aussteifung.

Abb. 4.03

Produktions- und Lagerhalle in Westerkappeln: Die Holzstützen tragen eine Kranbahn für 25 t Last



4.1.4 _ Außergewöhnliche Einwirkungen

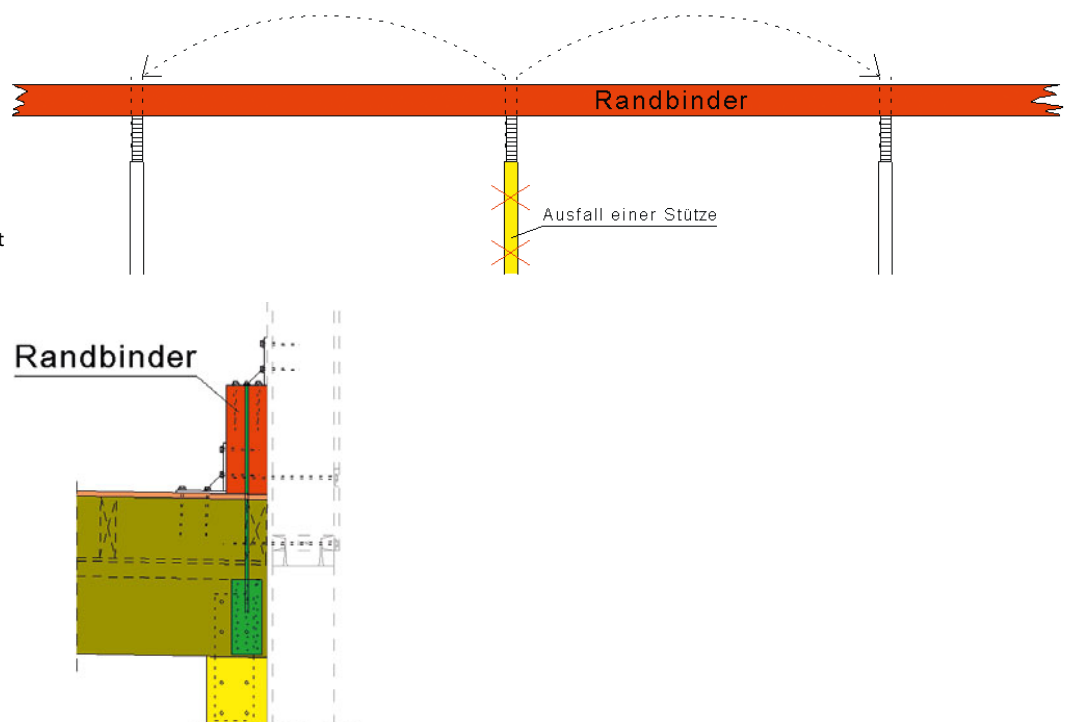
Außergewöhnliche Lasten (Stoß, Explosion) aus einer Produktion oder aus Produktionsunterbrechungen sind im Einzelfall zu definieren und gegebenenfalls im Tragwerk zu berücksichtigen. Dazu kann auch ein partielles Versagen der Tragkonstruktion gehören, das durch einen Unfall verursacht wird. Eine ausreichende Dimensionierung von Holzstützen für Anpralllasten aus dem Gabelstaplerbetrieb hätte bei dem Bau eines Produktionsgebäudes in Braunschweig (siehe Abb. 4.04 und 4.05) zu unwirtschaftlichen Abmessungen oder ein gesonderter Anprallschutz auch zum Verlust von wertvoller Verkehrsfläche geführt. Der Tragwerksentwurf stellt nun durch zusätzliche Tragelemente sicher, dass ein partielles Versagen mit Ausfall einer Stütze ohne Folgen für die Standsicherheit bleibt. Dieses Konzept ist sehr viel wirtschaftlicher als übliche Schutzmaßnahmen.

4.1.5 _ Gebrauchstauglichkeitsanforderungen für tragende Holzkonstruktionen

Verformungsnachweis

Die Gebrauchstauglichkeit von Konstruktionen wird durch Verformungen, Verschiebungen und durch Schwingungen beeinflusst. Zur Vermeidung von Schäden an Trennwänden, Installationen und Bekleidungen sowie zur Gewährleistung der Benutzbarkeit ist das Tragwerk mit ausreichender Steifigkeit herzustellen. Die Grenzwerte der Verformungen sind entsprechend der vorgesehenen Nutzung des Tragwerks besonders zu vereinbaren. Je nach Anforderung und Nutzung des Tragwerks oder Vorverformungen bei Bauteilen im Bestand können auch andere Anforderungen (größere oder kleinere Grenzwerte der Verformungen) als die in der DIN 1052 empfohlenen Werte zweckmäßig sein. Genauso wie bei der Lastermittlung gehören diese Festlegungen zur Grundlagenermittlung. Empfohlene Durchbiegungsbegrenzungen können in Abhängigkeit von den Nutzungsklassen und der

Abb. 4.04 und 4.05
Produktionsgebäude in
Braunschweig,
Banz + Riecks Architekten,
B. Walter Ingenieurgesellschaft



Lasteinwirkungsdauer Tabelle 4.03 entnommen werden. Bei Gebrauchstauglichkeitsnachweisen sind auch Verformungen der Holzbaustoffe infolge Kriechens zu berücksichtigen. Dies geschieht rechnerisch mit Hilfe von Verformungsbeiwerten k_{def} , mit denen der Kriecheinfluss bei ständiger Lasteinwirkung zu berechnen ist (siehe auch Tabelle 4.02).

Schwingungsnachweis

Die Gebrauchstauglichkeit schließt das Schwingungsverhalten von tragenden Bauteilen ein. Um Unbehagen verursachende Schwingungen zu vermeiden, sollten Decken unter Büros und Gewerberäumen einen Mindestwert an Steifigkeit erfüllen. Die an einem ideellen Einfeldträger ermittelte Durchbiegung aus ständigen und quasi-ständigen Einwirkungen ist auf ≤ 6 mm zu begrenzen. Hiermit soll sichergestellt werden, dass bei niederfrequenten Belastungen wie durch Gehen die Schwingungsamplitude gering gehalten wird. Für Decken unter Räumen mit erschütterungsempfindlichen Geräten oder

Räumen, die aufgrund ihrer Nutzung dynamisch beansprucht werden, können besondere Untersuchungen sowie spezifische Anforderungen an Grenzwerte notwendig sein.

4.1.6 _ Szenarien der Änderung der Nutzung

Alle weiteren planmäßigen Einwirkungen auf die Tragkonstruktion aus Nutzungskonzepten, Produktionsabläufen und Entwicklungsszenarien sind zusätzlich zu erfassen.

Für die Praxis der Industrieplanung empfiehlt es sich, in der Grundlagenermittlung die Lastannahmen des Gebäudes sowie die Lastannahmen aus Prozess und Logistik in gemeinsamer Darstellung zu erfassen und mit allen Beteiligten abzustimmen. Der Aspekt der Wandlungsfähigkeit führt hier oft zu einer gegenseitigen „Überbemessung“ von Bauteilen durch die gebotene Berücksichtigung zukünftiger Optionen, so etwa der Einbindung schwerer Maschinen auf die Bodenplatte, höhere Ablagelasten an der Dachkonstruktion oder Vorkehrungen für Brandwandfundamente in Erweiterungsrichtungen.

Tabelle 4.03

Empfohlene Begrenzungen von Durchbiegungen

	Charakteristische (seltene) Bemessungssituation		Quasi-ständige Bemessungssituation
	$\omega_{Q, inst}$	$\omega_{fin} - \omega_{Q, inst}$	$\omega_{fin} - \omega_Q$
Träger aus Vollholz oder BS-Holz, Fachwerkträger (genaue Bemessung)	$\leq l/300$	$\leq l/200$	$l/200$
Kragträger: bezogen auf Kraglänge l	$\leq l/150$	$\leq l/100$	$l/100$

Erläuterungen:

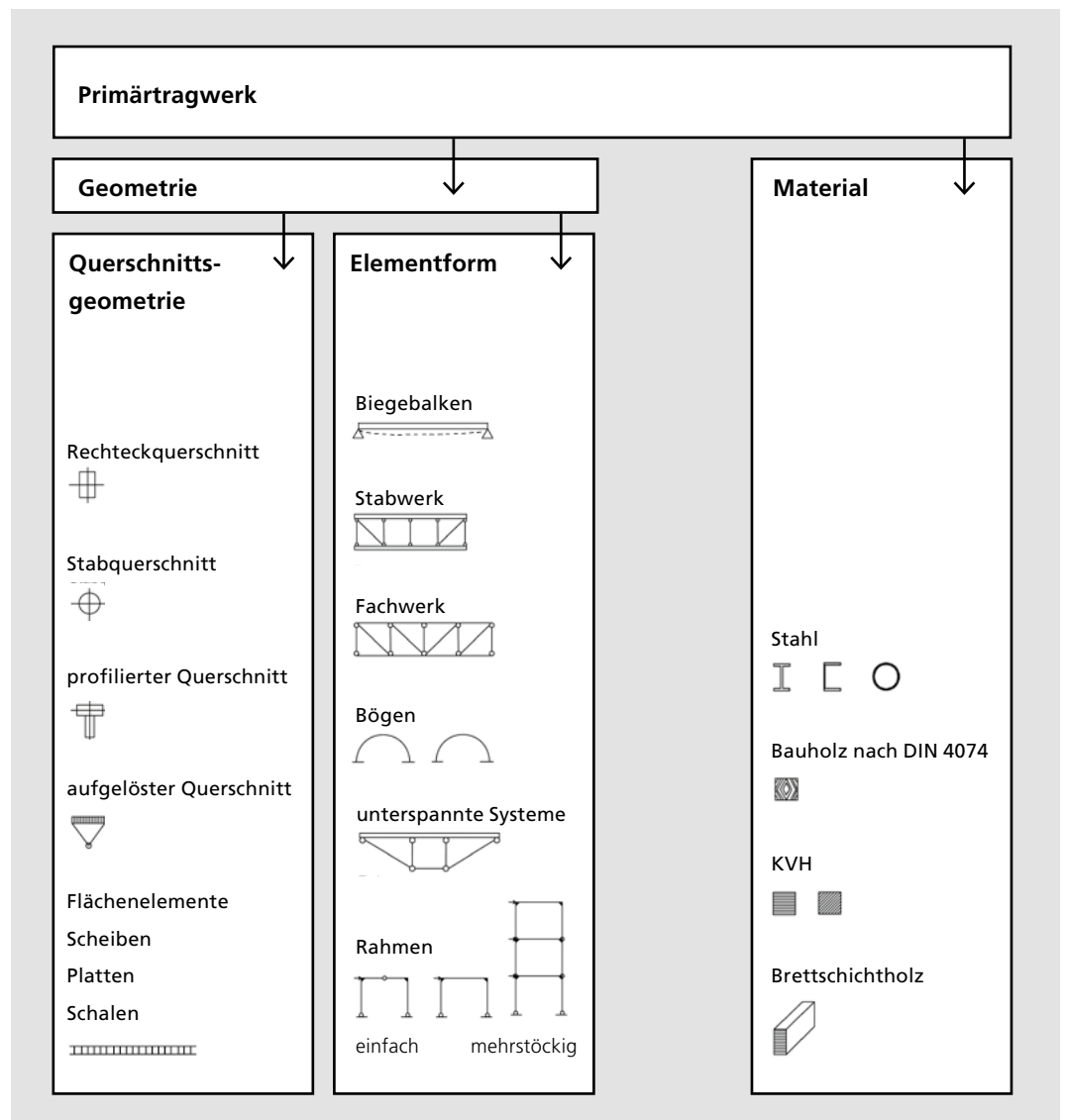
- Index_{inst} für Anfangs-, Index_{fin} für Enddurchbiegung
- Die Endverformung ω_{fin} wird aus der Anfangsdurchbiegung berechnet unter Berücksichtigung von Lasteinwirkungsdauer und Nutzungsklasse zu $\omega_{fin} = \omega_{inst} (1 + k_{def})$.
- ω_Q Überhöhung im lastfreien Zustand (falls vorhanden)
- ω_G Durchbiegung aus ständigen Einwirkungen
- ω_Q Durchbiegung aus veränderlichen Einwirkungen
- Bemessungssituation nach DIN 1055:100
- Bei einer Lastfallkombination mit verschiedenen Lasteinwirkungsdauern sind die Durchbiegungsanteile bei der Bestimmung der Endverformung mit den jeweils zugehörigen Werten für k_{def} zu berechnen.

4.2 _ Primärtragwerk

Die Struktur der Tragwerkselemente des Primärtragwerks ergibt sich aus dem Raster, der Gliederung des Nutzungskonzepts und dem erforderlichen Lichtraumprofil. Das Haupttragwerk spannt möglichst über die kürzere Gebäuseite und wird additiv aus baugleichen Elementen angeordnet. Besondere Gründungs-

verhältnisse oder Produktionsabläufe rechtfertigen die Anordnung des Primärtragwerks in Gebäudelängsrichtung. Je nach gewählter Dachform – Flachdach, Satteldach oder Tonnendach – ergibt sich die Elementform des Haupttragwerks; die Querschnittsgeometrie ergibt sich je nach gewählten Materialien und Querschnittsprofil (siehe Abb. 4.06).

Abb. 4.06
Übersicht Primärtragwerk



4.3 _ Sekundärtragwerk

Die Tragstruktur der Nebentragsysteme bildet durch die Wahl der Element- und Querschnittsform die Oberflächenform der Dachfläche. Aus produktions- und montagetechnischen Gründen ist das Sekundärtragwerk häufig elementiert. Die vorgefertigten Bauteile werden kraftschlüssig zu einem Gesamtsystem zusammengefügt und

können dann zur Stabilisierung und Abtragung der Horizontallasten herangezogen werden (siehe Abb. 4.07).

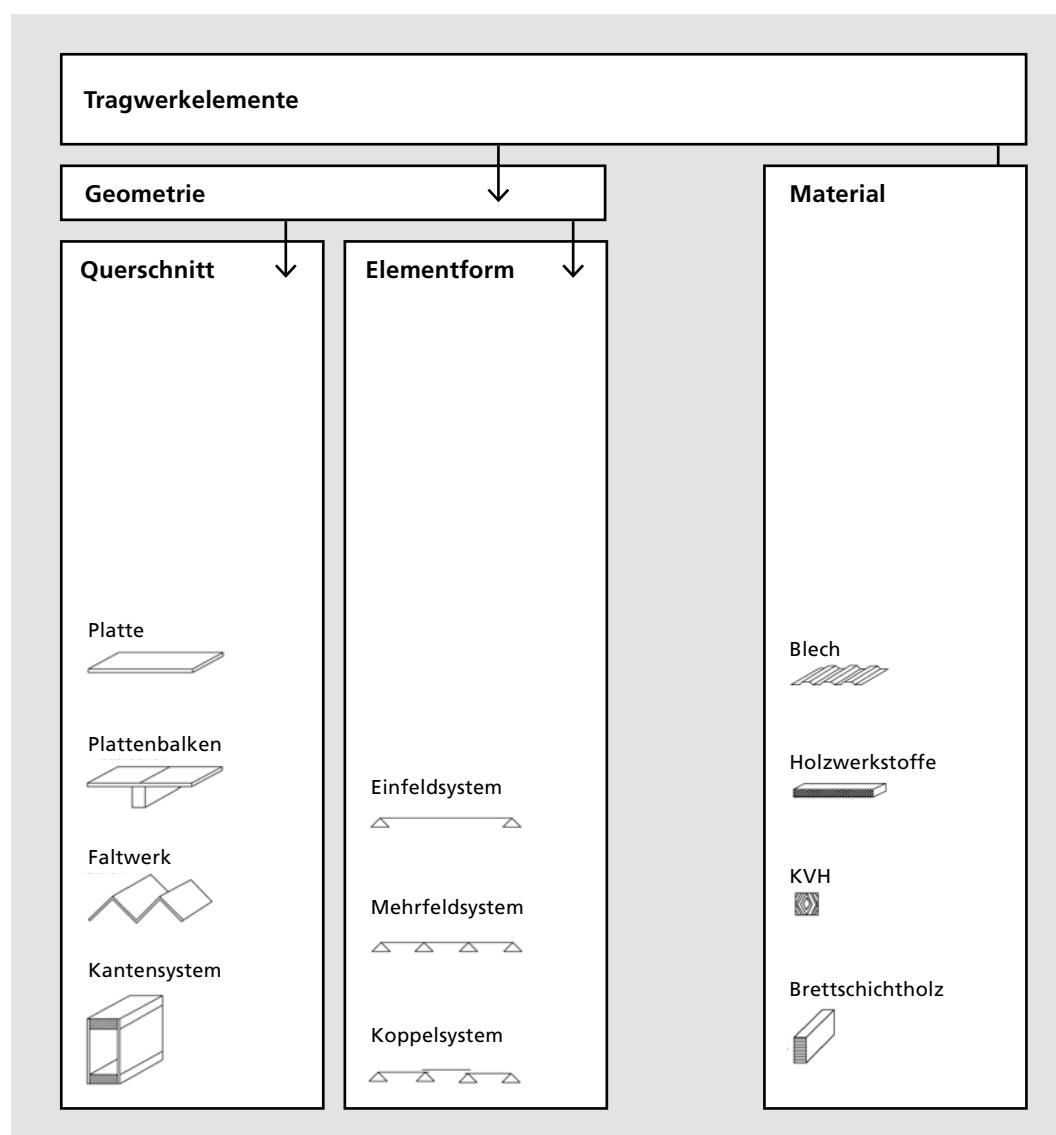


Abb. 4.07

Übersicht Sekundärtragwerk

4.4 _ Aussteifungssysteme Stabilisierung

Die Aussteifung des Gesamtsystems muss projektbezogen entwickelt werden. Durch die Anordnung der Stützen und die Wahl der Aussteifungselemente wird das Primär- und Sekundärtragsystem zu einem räumlich stabilen Gesamtsystem zusammengefasst (siehe Abb. 4.08).

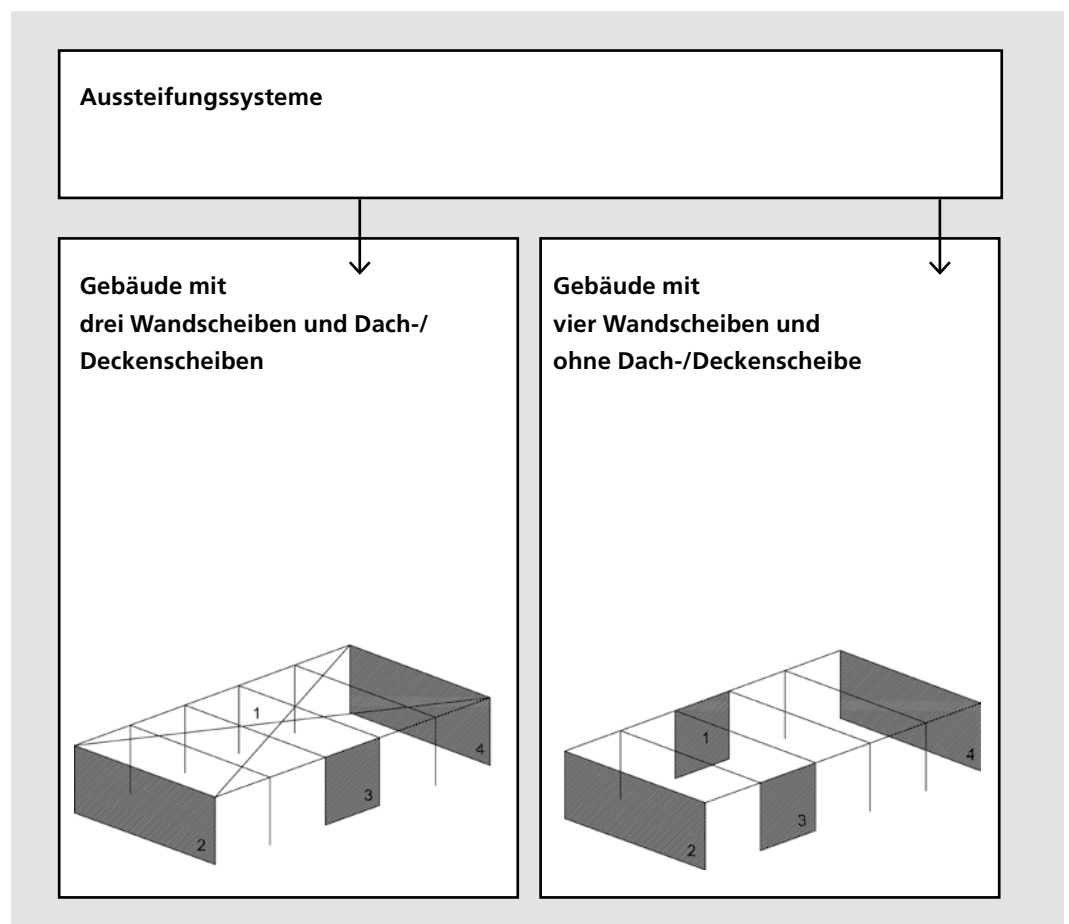
Die Stabilisierung kann erfolgen

- durch in die Fundamente eingespannte Stützen,
- durch mindestens drei Wandscheiben bzw. Wandverbände und einer statisch wirksamen Dach- bzw. Deckenscheibe oder
- nur über Wandscheiben in jeder Ebene des Primärsystems – außer bei radial angeordneten Konstruktionselementen.

Besonders wichtig ist die frühzeitige Bestimmung der Lage der vertikalen Aussteifung durch Wände oder Diagonalverbände mit den Erweiterungseinrichtungen der Produktion. Die strategische Wandlungsfähigkeit sollte möglichst nicht durch Zwangspunkte der Aussteifung beeinträchtigt werden.

Abb. 4.08

Aussteifungssysteme



4.5 _ Tragwerksmodule und Holzbausysteme

Bedingt durch vielfältige Abhängigkeiten ist die Zusammenarbeit von Produktionsplanern, Architekten, Haustechnikern und Tragwerksplanern bei Industriebauten klarer als bei anderen Bauaufgaben zu bestimmen. Bereits im Vorentwurf erfordert die Festlegung des Grundrisses und der notwendigen Lichtraumprofile aus den Nutzungsfunktionen den Gedankenbezug auf das mögliche Tragsystem der Überdachung und Rückwirkung dieser auf den Entwurfsgedanken. Daher ist es von Anfang an notwendig, dass Architekten und Ingenieure als Partner eine gemeinsame Sprache finden und nicht nur die Aufgaben verteilen.

Bedingungen des Grundrisses und der Raumprofile führen bei jeder Planungsaufgabe zu anderen Entwurfsansätzen. Funktion, Form und Bedingungen des Standortes sowie des baulichen Umfeldes sind dabei immer neu zu werten und ergeben in ihrer Konsequenz die optimale Konstruktion und Gestalt. Für die Variantenbewertung und finale Lösungsfindung des Tragwerks bieten sich mit der Produktionsplanung und dem Architekturentwurf abgestimmte Tragwerksmodule für kubische Bauformen, Sattelformen und Schalenformen an (vgl. Kapitel 2 und 3).

4.5.1 _ Tragwerke für kubische Bauformen

Je nach Ausprägung der Anforderungen insbesondere aus Prozess und Logistik, Kommunikation und Büro, RWA und Belichtung sowie Ver- und Entsorgung stehen im Holzbau folgende statische Systeme zur Verfügung (siehe Abb. 4.11):

- Vollwandträger aus Brettschichtholz
- kombinierte, unterspannte Träger
- Rahmen
- Fachwerkträger

Vollwandträger können abhängig vom Hersteller mit Bauteillängen bis zu 65 m gefertigt werden. Bei größeren erforderlichen Längen, etwa gebogenen Bauteilen, deren Stich einen Transport in einem Teil unmöglich macht, werden einzelne Segmente auf der Baustelle durch mechanische Verbindungen oder in selteneren Fällen auch durch Baustellenklebung miteinander verbunden. Standardbinder mit konstanten Querschnitten oder Querschnitten mit veränderlichen Höhen lassen sich als Ein- oder Mehrfeldträger wirtschaftlich einsetzen.

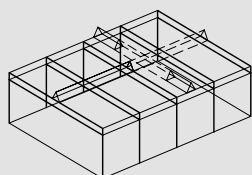
Belichtungsflächen werden meist über Lichtkuppeln oder aufgesetzte Reiter ausgebildet; eine elegante Art der Shedbelichtung ist ein Höhenversatz in der Dachfläche auf Unter- und Obergurtebene. Weiterhin können bei Fachwerkkonstruktionen durch die Geometrie der Fachwerke vertikale Lichtflächen geschaffen werden. Büroflächen lassen sich als separater, freistehender Baukörper als kopf- oder langseitiger Randbau oder auf Galerieflächen innerhalb des Tragwerks realisieren. Bei genügender Höhe der Fachwerke bietet sich der Zwischenraum für Technikgeräte oder Technikzentralen an.

Für sehr weit und frei gespannte Tragwerke sind aufgelöste Träger in allen Formen gebräuchlich, so als ebene Fachwerkträger, Trägerroste oder räumliche Tragwerke. Auch für kleinere Spannweiten kommen Fachwerkträger zum Einsatz, dann jedoch aus wirtschaftlichen Gründen aus Systemträgern wie z.B. Nagelplattenbindern.

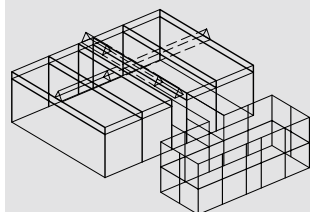
Während für die Ausführung von Trägerrosten meist homogene Träger mit bewährten Verbindungsmitteln genutzt werden, profitieren andere Tragwerke von den vielfältigen Kombinationsmöglichkeiten des BS-Holzes mit anderen Baustoffen. Denn häufig genug erfordern formale Vorgaben der Planer schlanke Bestandteile in den Tragsystemen, die auf angemessene Weise in Stahl gefertigt werden können. Die Ausführung von auf Zug beanspruchten Teilen in Stahl eines unterspannten Trägers entspricht bei der Forderung, leichte Tragwerke umzusetzen, konsequent der Maßgabe, Baustoffe mit ihren spezifischen Vorteilen in den für sie optimalen Beanspruchungsbereichen einzusetzen.

Baukörper**Kommunikation / Büro****RWA / Belichtung****Ver- / Entsorgung**

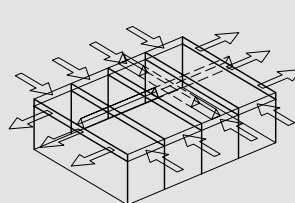
Statisches System
Vollwandträger



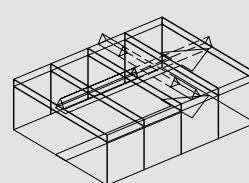
– Reiter



– freistehend

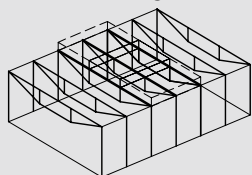


– seitlich / Fassade

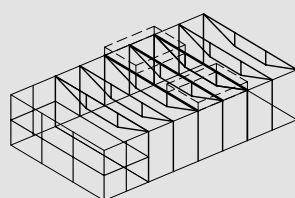


– Trasse Dach / Boden

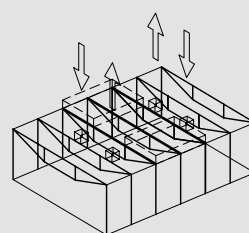
Statisches System
Kombinierter Träger



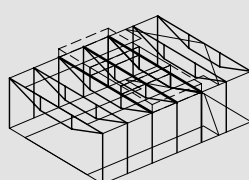
– Laterne / Staffelung



– Randbau

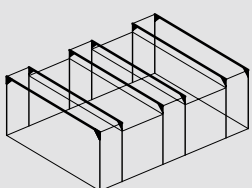


– Kuppel / Dach

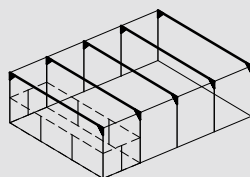


– Fläche Dach / Boden

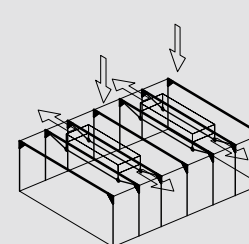
Statisches System
Rahmen



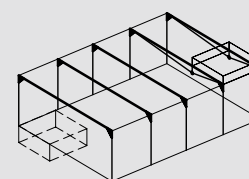
– Shed



– integriert

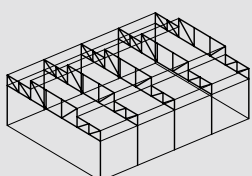


– Aufbauten / Dach

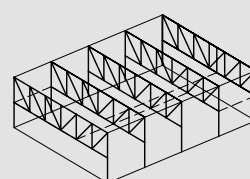


– Zentralen extern

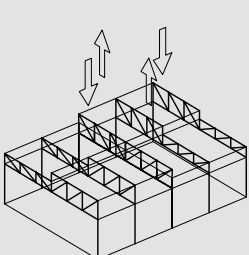
Statisches System
Fachwerkträger



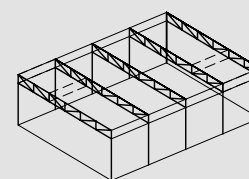
– Schiffe



– Galerien



– Staffelung / Dach



– Zentralen / intern

Abb. 4.09

Tragwerksmodelle für kubische Bauformen

4.5.2 _Tragwerke für Satteldachformen

Durch die Überhöhung der Träger in der Mitte des Raumschnittes ergeben sich bei Satteldachformen Vorteile für die gerichtete Dachentwässerung. Die erreichbare große statische Höhe in Feld-

mitte des Biegemomentes ist förderlich für wirtschaftliche Konstruktionen. Auch aufwändigere Systeme wie Zweigelenrahmen aus Vollwandträgern gehören zum planerischen Alltag. Die im Industriebau häufig realisierte Dachform des

nordgerichteten „Sheds“ ist im Grunde eine Addition von Sattelformen, allerdings auf Grundlage parallelgurtiger Träger. Je filigraner die Fachwerke ausgebildet werden, umso mehr blendfreies Licht dringt in die Halle (siehe Abb. 4.10).

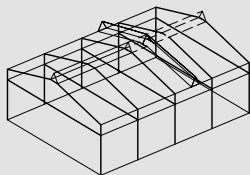
Baukörper

Kommunikation / Büro

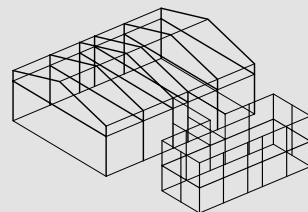
RWA / Belichtung

Ver- / Entsorgung

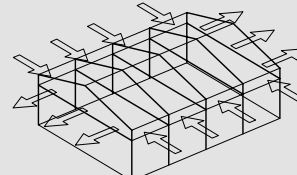
Statisches System
Vollwandträger



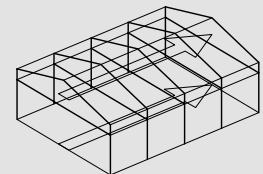
– Reiter



– freistehend

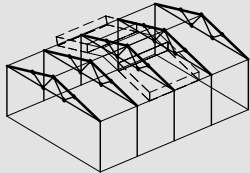


– seitlich/Fassade

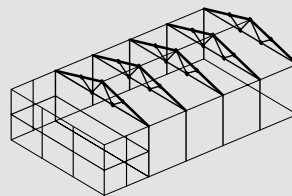


– Trasse Dach/Boden

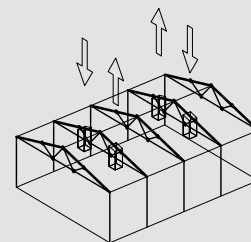
Statisches System
Kombinierter Träger



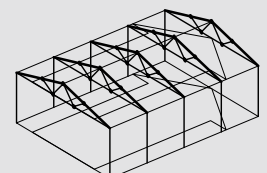
– Laterne/Staffelung



– Randbau

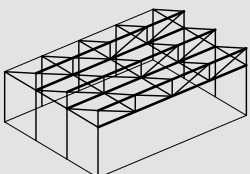


– Kuppel/Dach

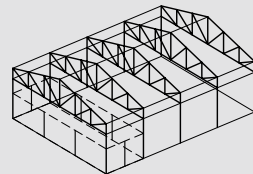


– Fläche Dach/Boden

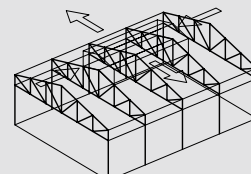
Statisches System
Fachwerkträger



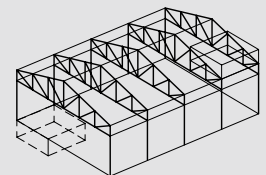
– Shed



– integriert

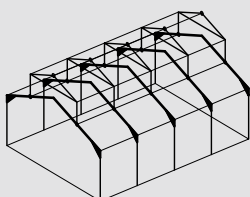


– Aufbauten/Dach

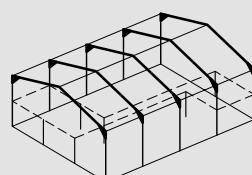


– Zentralen extern

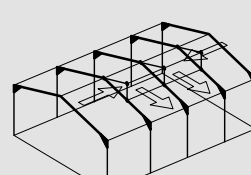
Statisches System
Rahmen



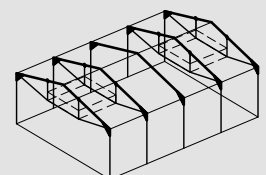
– Schiffe



– Galerien



– Staffelung/Dach



– Zentralen/intern

Abb. 4.10

Tragwerksmodelle für Satteldachformen

4.5.3 _Tragwerke für Schalenformen

Für Baukörper mit schalenförmigen Dachflächen stehen gleichartige Systeme und entsprechende Tragsysteme wie für kubische Bauformen und Sattelformen zur Verfügung. Durch die Überhöhung

der Träger in der Raummitte ergibt sich wie bei Sattelformen eine große statische Höhe an der Stelle des größten Biegemomentes sowie eine gerichtete Dachentwässerung (siehe Abb. 4.11).

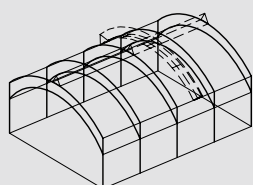
Baukörper

Kommunikation / Büro

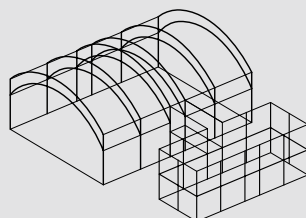
RWA / Belichtung

Ver- / Entsorgung

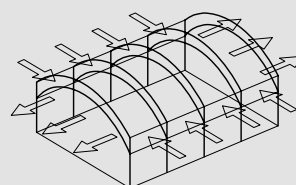
Statisches System
Vollwandträger



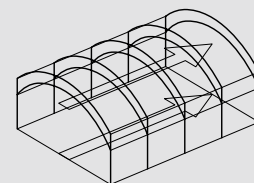
– Reiter



– freistehend

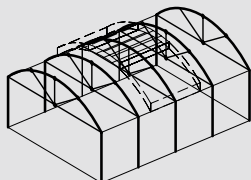


– seitlich / Fassade

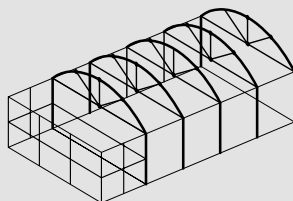


– Trasse Dach / Boden

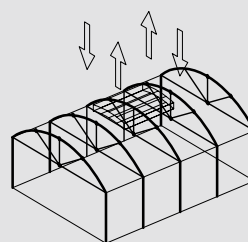
Statisches System
Kombinierter Träger



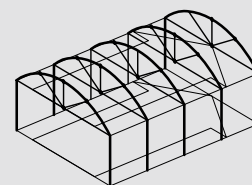
– Laterne / Staffelung



– Randbau

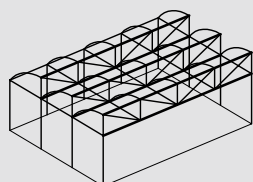


– Kuppel / Dach

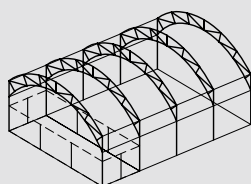


– Fläche Dach / Boden

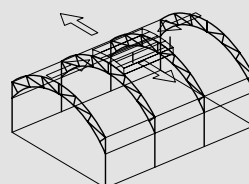
Statisches System
Fachwerkträger



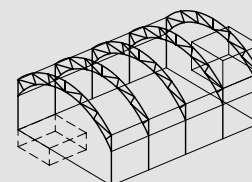
– Shed



– integriert

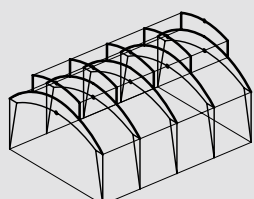


– Aufbauten / Dach

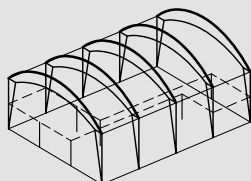


– Zentralen extern

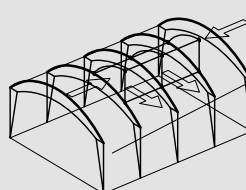
Statisches System
Rahmen



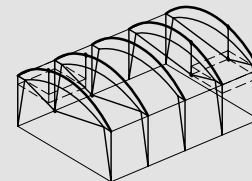
– Schiffe



– Galerien



– Staffelung / Dach



– Zentralen / intern

Abb. 4.11

Tragwerksmodelle für Schalendachformen

5_ Der Bausatz als integrales Konstruktionsmodell

5.1 _ Strukturmerkmale des Bausatzes bei Holzkonstruktionen

Die architektonische Durchbildung eines einzelnen Gebäudes umfasst die vier gestaltprägenden Gestaltungsfelder der Komponenten seiner Baustruktur: Tragwerk, Hülle, Medien und Ausbau sowie deren Anmutung.

Ein Tragwerk besteht aus den für die Standsicherheit eines Gebäudes notwendigen flächenartigen und stabartigen Bauteilen, Aussteifungen und Fundamenten. Dabei finden vor Ort gefertigte oder elementierte Komponenten aus Holz und Holzwerkstoffen sowie deren Kombination mit Materialien wie Stahlbeton, Leichtmetall oder Stahl Verwendung.

Die Hülle grenzt einen geschützten Innenraum als eigenständigen klimatischen Bereich gegenüber dem Außenraum ab. Sie besteht aus unbeweglichen geschlossenen oder transparenten Elementen für Fassaden und Dächer sowie beweglichen Teilen wie Toren, Türen, Fenstern oder Rauchabzugselementen.

Der Begriff Medien kennzeichnet die Gesamtheit aller für Produktionsprozesse, Nutzerbehaglichkeit und Gebäudesicherheit notwendigen Zentralen, Leitungswege und Anschlüsse.

Unter Ausbau sind Treppen, Kernbereiche, besondere Einbauten sowie alle statisch nicht notwendigen Bauteile zu verstehen. Gerade im Holzbau ist es naheliegend, nicht tragende Innenwände in leicht veränderlichen, flexiblen Elementierungen

auszubilden. Dies stellt einen grundsätzlichen Vorteil gegenüber schwer veränderlichen Massivbauweisen dar.

Diese unter funktionellen und baukonstruktiven Aspekten objektivierbaren Kriterien ergänzen im Gestaltungsfeld Anmutung den Blick auf die mehr subjektiven ästhetischen Qualitäten eines Gebäudes. Die Kombination aller unveränderlichen, schwer veränderlichen und veränderlichen Strukturmerkmale bedingt die Wandlungsfähigkeit des Gebäudes für gegenwärtige, erweiterte sowie neue Aufgaben (siehe Abb. 5.02).

Unveränderliches Strukturmerkmal ist die Auslegung der Tragfähigkeit von Fundamenten und Bodenplatten. Schwer veränderlich ist die Tragfähigkeit von Stützen- und Trägerquerschnitten oder Diagonalverbänden der statischen Aussteifung, die die Erweiterung einer Halle einschränken. Als veränderliche Strukturmerkmale gelten versetzbare geschlossene oder transparente Fassadenelemente, die je nach Bedarf die Tageslichtzuführung an der Hallenfassade oder Dachfläche gestatten. Auf Grundlage der von der Produktionsplanung optimierten Betriebseinrichtung erweist sich eine übergreifende Modularität durch gemeinsame Maßordnung von Prozess und Raum als besonders hilfreich. Sie koordiniert die Lage von Mediensystemen zu Produktionseinheiten sowie deren Anpassung im Sinne von Wandlungsfähigkeit. Darüber hinaus erleichtert sie die einfache Nachrüstbarkeit von Gebäudeelementen wie etwa Hallentoren in der Fassade.

Abb. 5.01

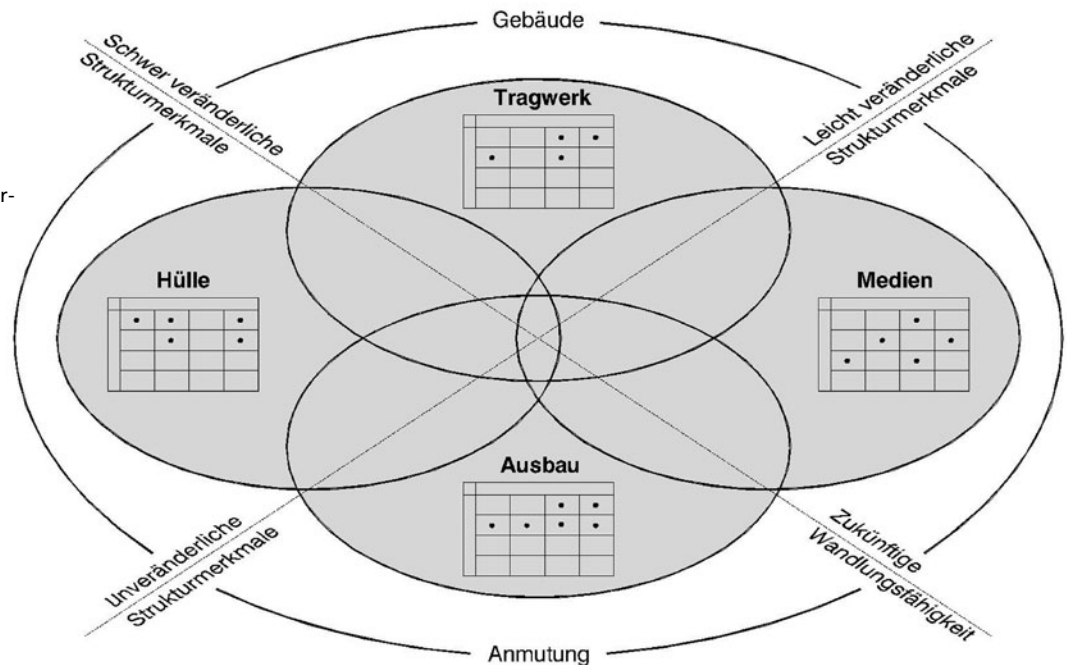
Kitty Hawk, 1902, Gebrüder Wright

Das Idealbild eines Bausatzes: Die Flugmaschine bestand aus Holz, Draht und einer Stoffbespannung



Abb. 5.02

Gestaltungsfelder Gebäude:
Diskussion Bewertung Struktur-
merkmale



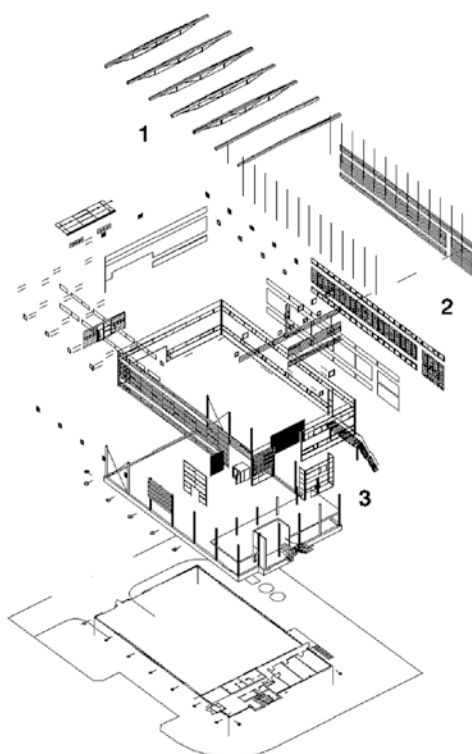
Dringlichstes Ziel der Gebäudeplanung ist die eingehende Diskussion und einvernehmliche Abstimmung umfassender Leistungsmerkmale mit allen Planungsbeteiligten. Generell erleichtert die strikte bauliche Trennung der Systeme von Tragwerk, Hülle, Medien und Ausbau Veränderungen sowie den Austausch von Subsystemen. Abb. 5.03 zeigt Beispiele nach dem Baukastenprinzip organisierter Baustrukturen für Industrieprojekte in Holzkonstruktionen. Die Trennung elementierter Bausätze für Tragwerk, Hülle, Medien und Ausbau erlaubt jederzeitige Veränderungen und Anpassungen. Im Falle einer aus Gründen der Prozessumstellung notwendigen Erweiterung einer Großbäckerei konnte dank Entkopplung der Bausysteme durch einfaches „Verschieben“ der durch Dachaustragung geschützten Fassade in drei Tagen die Hallenfläche um 20% erweitert werden.

Die zunehmende Komplexität insbesondere wirtschaftlicher, konstruktiver und klimatischer Anforderungen an elementierte Konstruktionen ist ohne ein Höchstmaß an räumlicher Vorstel-

lung nicht zu bewältigen. Mit Hilfe gegenwärtig verfügbarer objektorientierter 3D-CAD-Techniken können bereits in der Konzeptionsphase Architekt, Tragwerksplaner, Haustechniker und Fertigungsindustrie Skelettstrukturen als räumlichen, integral durchdachten „Bausatz“ erstellen. Auf Grundlage dieses Konstruktionsmodells sind weitergehende Fragen etwa für Fügemethoden, Bauphysik, Brandschutz, Fertigung und Montage bis hin zur virtuellen Baustelle und Facility Management frühzeitig im Planungs- und Bauteam optimierbar. Diese für vielfältige Projektsichten durchgängige Auswertung und Optimierung erfüllt gleichsam eine zentrale Schnittstellenfunktion zwischen allen Disziplinen des Planens und Bauens (Abb. 5.04).

Voraussetzung ist die unbedingte Lesbarkeit und Adaptierbarkeit der 3D-Modelldaten in weiteren Softwarepaketen der Fachdisziplinen wie Klimasimulation, Tragwerksplanung oder Fertigung. Die folgenden Beispiele erläutern Aspekte von Konstruktionsmodellen als „Bausätze“ für elementierte Holzkonstruktionen, auch im

Pharmazeutische Produktion



Großbäckerei

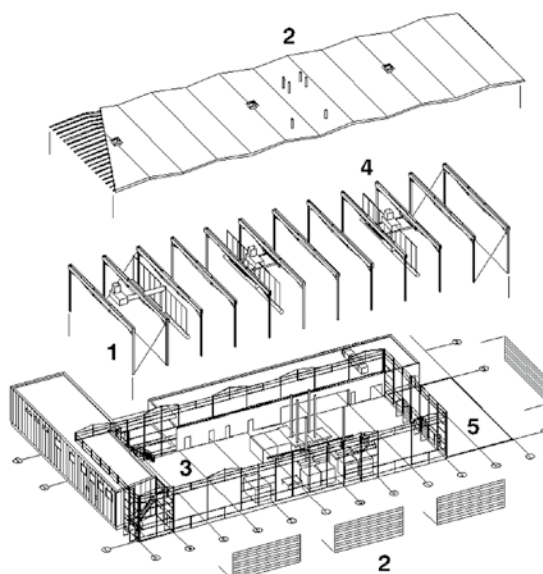


Abb. 5.03

Baukastenprinzip Gebäude:
Trennung Tragwerk, Hülle,
Medien, Ausbau

- 1 Tragwerk
- 2 Hülle
- 3 Ausbau
- 4 Medien
- 5 Hallenerweiterung
durch Verschieben der
Fassade

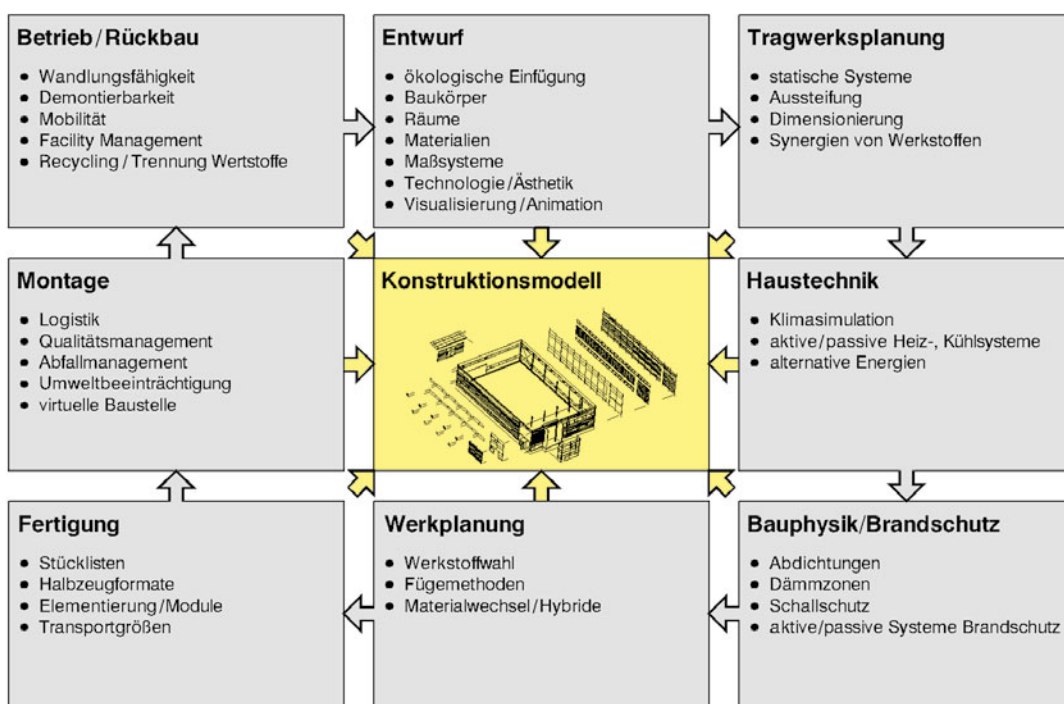


Abb. 5.04

Planungsprinzip Bausatz:
zentrale Schnittstellenfunk-
tion im Planen und Bauen

Zusammenspiel mit ergänzenden Materialien wie Stahl, Stahlbeton oder Glas. Die Zielprojektionen der Anforderungen an einen Bausatz sind für jedes Projekt immer neu zu definieren, die gefundene „Leistungsform“ ist eine höchst individuelle Beantwortung der jeweiligen architektonischen und konstruktiven Fragestellungen und daher keinesfalls mit der Banalität von Baukastensystemen für Kataloglösungen zu verwechseln.

Die ganzheitliche Planungsmethodik des „Bausatzes“ [14] ermöglicht vielfältige Synergien im komplexen Prozess des Planens und Bauens. Fragen und Antworten sind aus vielen sich frühzeitig ergänzenden Projektsichten individuell im Planungs- und Bauteam zu erarbeiten.

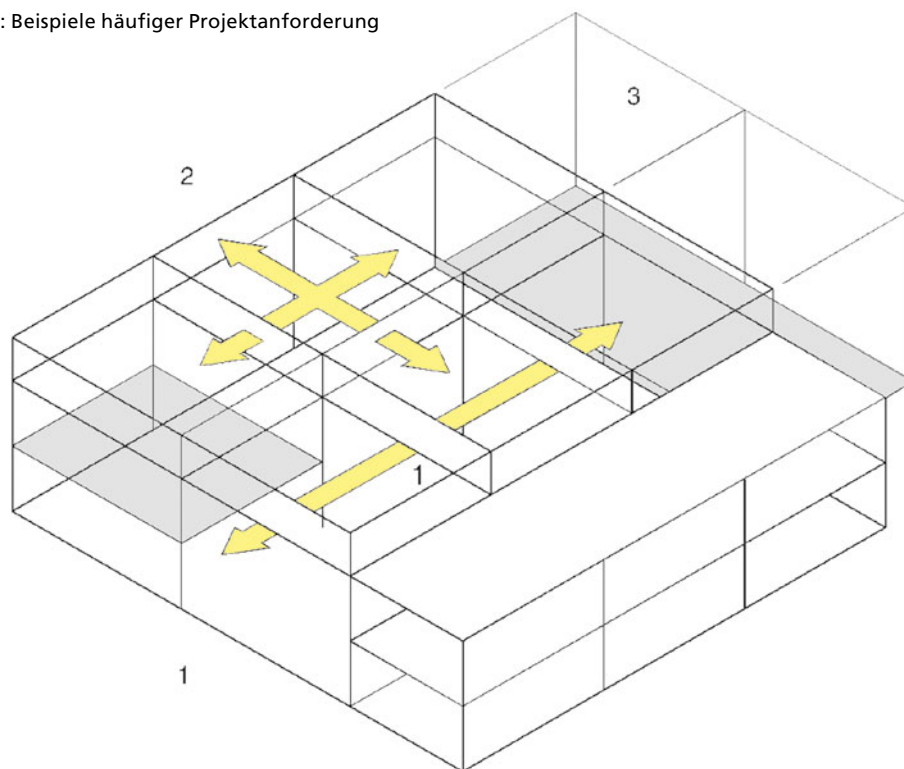
Dieser Mehrwert steigt weiter mit dem prozesshaften Verständnis einer Bauaufgabe, die nicht mit Schlüsselübergabe eines „Objektes“ endet, sondern den gesamten Lebenszyklus bis hin zu Rückbau, Werkstofftrennung und Recycling betrachtet. Im technischen Produktdesign werden derartige integrale Planungs- und Fertigungsansätze bereits seit vielen Jahren genutzt. Auch die „Zünfte“ des traditionell rückständigen Bauwesens werden sich unter zunehmenden äußeren Zwängen zukünftig an der Technologieführerschaft beispielsweise der Flugzeugindustrie orientieren müssen. Gerade für einen derart verstandenen Holzbau eröffnen sich dann neue Potenziale mit verbesserten Marktchancen. Sollte der Begriff „Bausatz“ noch nicht ganz deutlich sein, illustriert vielleicht eine allseits bekannte, mehr als 100 Jahre alte Hybridkonstruktion die Synergie von Denken, Bauen und progressivem Holzleichtbau (siehe Abb. 5.01): die „Kitty Hawk“ der Gebrüder Wright!

5.1.1 _ Tragwerk

Das Tragwerk ist das zeitbeständigste und somit am schwersten veränderbare System einer Baustruktur. In der Regel ist es ausgelegt für die gesamte Nutzungsdauer des Gebäudes. Die Wahl der Tragstruktur hat großen Einfluss auf die langfristige Nutzbarkeit sowie die architektonische innere und äußere Gestalt. Ein gelungener architektonischer Entwurf integriert die Bedingungen des strukturellen Aufbaus, auch mit Blick auf die Kosten, zu einem sinnvollen Ganzen. Leider wird in der Praxis häufig der Aspekt der geforderten Wirtschaftlichkeit des Tragwerks mit der Suche nach der billigsten Konstruktion verwechselt – oft ein folgenschwerer Fehler.

Für die komplexen Anforderungen eines spezifischen Projektes ist nur die Optimierung aller Parameter zielführend und stellt den langfristigen Projekterfolg sicher. Abb 5.05 zeigt Beispiele von häufigen Projektanforderungen an Tragwerke.

Sind zumindest grundsätzliche Projektanforderungen geklärt, geht es zu einem sehr frühen Zeitpunkt um eine überschlägige erste Dimensionierung der Tragwerksteile. Hierzu sind die Lastannahmen für Verkehrslasten, Einzellasten und dynamische Lasten zu ermitteln. Sollten nicht alle Daten verfügbar sein, müssen im Team Annahmen getroffen werden. So stellen sich in jedem Projekt frühzeitig Fragen zu Lasten der Technikzentralen oder Medienabhängungen, die mit entsprechendem Weitblick mangels genauer Definition abzuschätzen sind. Es empfiehlt sich, die in der Praxis zusammengeführte Kombination aus Festlegungen und Annahmen als matrixartig aufgebaute Grundlagenermittlung der Lastannahmen zu dokumentieren und mit dem Projektfortgang immer weiter zu präzisieren.

Abb. 5.05**Tragwerk: Beispiele häufiger Projektanforderung****Prozess, Logistik**

- 1 – Fertigungseinrichtungen, Förder-, Lagertechnik
- Stützenstellung
- Raumhöhen, Deckenhöhen
- Schwingungssteifigkeit
- 2 – Installationsführung

Veränderbarkeit

- 3 – erweiterbare Flächen
- Verstärkbarkeit
- 4 – Bühneneinbauten

Personenschutz

- Brandschutz
- Fluchtwege

Sachschutz

- Warenwerte
- Versicherungskonditionen

Behaglichkeit

- Schallschutz
- energetische Speicherfähigkeit

Bauerstellung, Kosten

- Bauzeit
- Nutzungsdauer
- Recycling Baustoffe
- Wirtschaftlichkeit

Der Aspekt der Lastreserven verdient hier eingehendere Diskussion. Hohe Lastreserven bedingen finanzielle Vorinvestitionen durch Überdimensionierung von Tragwerksteilen, stellen aber gleichzeitig einen entsprechenden Grad an Wandlungsfähigkeit dar. Hier gilt es, strategische und wirtschaftliche Gesichtspunkte sinnvoll abzuwägen. Erweiterungsrichtungen in Fläche oder Höhe müssen bei den jeweiligen Lastannahmen vorausschauend berücksichtigt werden, ebenso erwartete Änderungen der Produktion mit neuer Generation von Einrichtungstechnik und deren baulichen Anforderungen.

Bei einfachen Systemen empfehlen sich Vollwandträger, bei denen der Einsatz von Einfeldträgern in gekrümmten, trapezförmigen oder parallelgurtigen Bindern angeraten ist. Ebene Fachwerke oder Trägerroste stehen als aufgelöste Träger für weit und frei gespannte Tragwerke zur Verfügung. Sie bieten den besonderen Vorteil der Medienführung innerhalb des Konstruktionspaketes ohne spätere Einschränkung der für Prozesse und Logistik nutzbaren lichten Raumhöhe.

5.1.2 _ Hülle

Die bauliche Umhüllung eines Tragwerks umfasst vertikale Fassadenflächen sowie horizontale oder geneigte Dachflächen. Sie bestehen in der Regel aus einer Kombination von geschlossenen und transparenten Flächen. Nach funktionaler Notwendigkeit sind Öffnungselemente als Fenster, Türen oder Tore in die Hüllflächen integriert. Die Aufgaben einer Hülle sind sehr vielseitig, sie umfassen Schutzfunktionen, Anforderungen aus Produktion und Logistik, Belichtung, Ausblick, Kommunikation sowie Ökologie und Energiegewinnung.

Schutzfunktionen

Je nach geographischem Standort ist die Hülle für den geeigneten Klimaschutz auszulegen. Nach Angaben der Wetterdienste sind durchschnittliche Gradzahltag für Kälte- und Hitzeperiode sowie Regenperioden, Windrichtungen und Windstärken bestimmbar. Zur Festlegung der Wand- und Dachaufbauten empfiehlt sich eine integrale 3D-Betrachtung von Energieverlusten und Energiegewinnen der Hülle. Hierbei müssen auch alle prozessbedingten Energieströme wie Maschinenabwärme in die Betrachtung einfließen. Diese Betrachtung sollte alternativ für mehrere Wandaufbauten sowie unter der Zugrundelegung zukünftiger Energiepreis-Szenarien erfolgen. Die Lage des Gebäudes zu vorherrschenden Windrichtungen hat Einfluss auf die Anordnung von Toren, Vordächern sowie Rauchwärmeabzügen. Fordern Gesetze und Auflagen die Einhaltung bestimmter Schallwerte, sind geschlossene Flächen und Öffnungen der Hülle entsprechend auszulegen. Die Lage an Autobahnen oder Flughäfen kann einen Lärmschutz von außen nach innen erfordern, so etwa spezielle Schutzmaßnahmen vor der Fassade. Die Vorstellung einer hohen Wandlungsfähigkeit der Hülle bedeutet in der Regel die Vermeidung

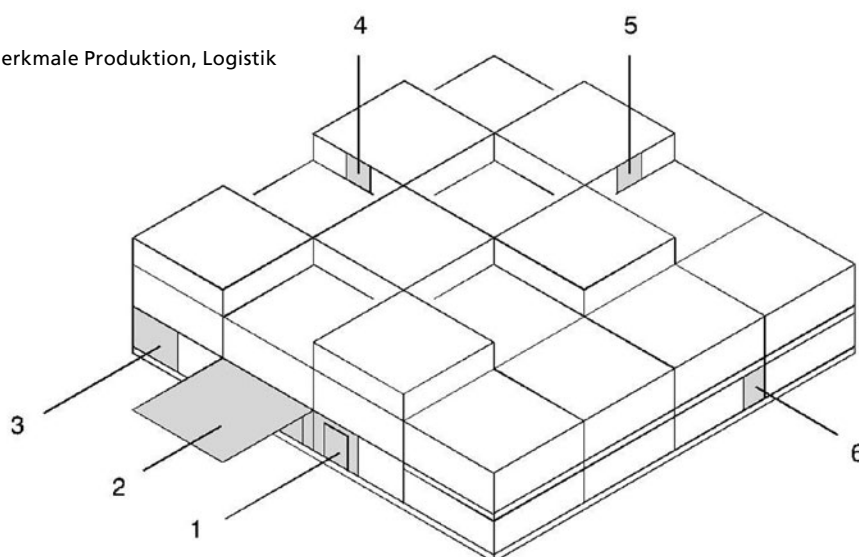
tragender Außenwände, da Massivkonstruktionen Umbauten oder Erweiterungen einen großen Widerstand entgegensetzen. Modulare, elementierbare Systeme lassen sich hingegen schneller und wirtschaftlicher an neue Anforderungen adaptieren. Gerade im Holzbau stehen auf Grundlage von im Wohnungsbau erprobten Niedrigenergie- und Passivbauweisen energetisch höchst leistungsfähige Wandsysteme zur Verfügung. Aus diesen sind speziell für den Gewerbe- und Industriebau großformatige, vorgefertigte Wand- und Dachelemente entwickelt worden.

Anforderungen aus Produktion und Logistik

Bauliche Anforderungen der Hülle aus Produktion und Logistik beziehen sich nach Abb. 5.06 vor allem auf An- und Ablieferstellen, Fluchtwege, Montageöffnungen der Einrichtung sowie Durchdringungen der Hülle mit Medientechnik aus Prozess, Brandschutz und Haustechnik. Im Sinne eines hohen Grades baulicher Wandlungsfähigkeit sollten Massivkonstruktionen für Dach und Wand vermieden werden, stattdessen eine Vielzahl weicher, also leicht veränderbarer Zonen vorgesehen werden. Für die vertikalen Fassaden empfiehlt sich eine Elementierung transparenter oder diffuser Bauteile im Torraster von ca. 3,00/4,50 m x 4,50 m. Auf dieser Grundlage sind übliche Torgrößen, seitliche Fluchttüren sowie Lkw-Einfahrten in die Halle wandlungsfähig zu gestalten. Vordächer für wettergeschützte Ladung sollten mit eigener Fundamentierung an beliebiger Stelle möglich sein. Die grundsätzliche Auswechselbarkeit der Fassadenstiele zwischen Bodenplatte und Tragurten erlaubt größere Fassadenöffnungen zur Einbringung großer Maschinen und ist auch für eine rasche Hallenerweiterung sinnvoll. Belichtungsflächen, Rauchwärmeabzugsanlagen sowie notwendige Durchstoßpunkte für Prozessabluft

Abb. 5.06

Hülle: Übersicht Merkmale Produktion, Logistik

**An-, Auslieferung**

1 Tore

2 Vordächer

Montageöffnungen3 Ein-, Ausbringung
sperriger Einrichtung**Durchdringung**

4 Ansaugung, Abluft

Brandschutz

5 Rauchwärmeabzug

Fluchtwege

6 Nottüren

lassen sich in bandartigen Dachstrukturen integrieren. Elementierte transparente und geschlossene Paneelsysteme für Sheds und Stehverglasungen können jederzeit an neue Erfordernisse angepasst werden.

Belichtung, Ausblick, Kommunikation

Nach den Bestimmungen der Arbeitsstättenrichtlinien sind für Arbeitsräume bis 600 m² Größe 10 % der Grundfläche für transparente Fassaden in Augenhöhe vorzuhalten. Für größere Hallen ergibt sich aufgrund der Hallentiefe keine Forderung nach direktem Ausblick, hier wird von möglicher Tageslichteinführung durch Oberlichter ausgegangen. Um das Wohlbefinden ihrer Angestellten zu steigern, achten Unternehmen zunehmend auf helle Arbeitsplätze. Wandlungsfähige Arbeitsräume sind keine Dunkelflächen, sondern bieten über entsprechende Öffnungen der Hülle Anteil an den Veränderungen des Wetters. Sie sind Kraftquelle der Sinne. Durch entsprechende Profilierung der Dachflächen kann

eine blendfreie Grundversorgung der Arbeitsflächen mit natürlichem Zenitlicht erfolgen, eine Voraussetzung für angenehmes Arbeiten, gleich welcher Tätigkeit. Über Ausblick und Belichtung hinaus können Fassaden wichtige Beiträge zur Kommunikation eines Gebäudes mit der Umgebung leisten, Identität und Signifikanz vermitteln. Ein besonderes Augenmerk verdient die Entwässerung ausgedehnter Dachflächen. Über entsprechende Profilierung der Teilflächen muss an jeder Stelle des Daches eine Neigung von mindestens 2 % zur eindeutig gerichteten Ableitung der Regenspenden erfolgen. Dies kann bei weitgespannten Tragwerken zur Notwendigkeit der statischen Überhöhung der Tragurte führen. Schadensfälle an Dächern durch kurzzeitigen Schlagregen mit Überlastung der Einläufe führten zur Überarbeitung der nationalen und europäischen Normen mit der Berücksichtigung regionaler Mengenangaben für Jahrhundertregen mit Auswirkungen auf die Gestaltung von Notüberläufen.

Ökologie, Energiegewinnung

Fassadenflächen eignen sich hervorragend für aktive Maßnahmen zur Verbesserung von Ökologie und Energiebilanz. Begrünte Fassaden und Dächer können als ökologisch wertvolle Maßnahmen in die Berechnung von Ausgleichsflächen einbezogen werden. Dachbegrünungen wirken verzögernd und damit entlastend auf die Einbringung von Regenspendern in die kommenden Vorfluter, sie bewirken entwässerungstechnische Erleichterungen in schwierigen Genehmigungsverfahren. Mittlerweile stehen eine große Zahl erprobter Systeme für aktive Energiegewinnung an Fassaden bereit. Thermische Kollektoren zur Warmwassererzeugung, Photovoltaikkollektoren zur Stromerzeugung und Windkraftanlagen sind als separat aufgestellte oder in die Fassaden- und Dachelemente integrierte Systeme denkbar. Ihre Effizienz in Abhängigkeit zur Gebäudeausrichtung sowie Wirtschaftlichkeitsüberlegungen sollten im Rahmen der Synergetischen Fabrikplanung™ am 3D-Computermodell optimiert werden. Aus ökologischen wie energiepolitischen Gegebenheiten kommt hier dem nachwachsenden Baustoff Holz eine immer wichtigere Rolle zu, der zur Verarbeitung als Baumaterial sowie bei Transport und Montage vergleichsweise wenig Energie benötigt.

5.1.3 _ Medien

Die energetischen und klimatischen Anforderungen an Industrie- und Gewerbebauten sind höher als bei Wohn- oder Verwaltungsgebäuden. Nutzungsänderungen und Umstrukturierungen von Produktionsprozessen fordern oft eine Anpassung der Umgebungsbedingungen an wechselnde Anforderungen an Temperatur, Belichtung und Luftfeuchtigkeit [15].

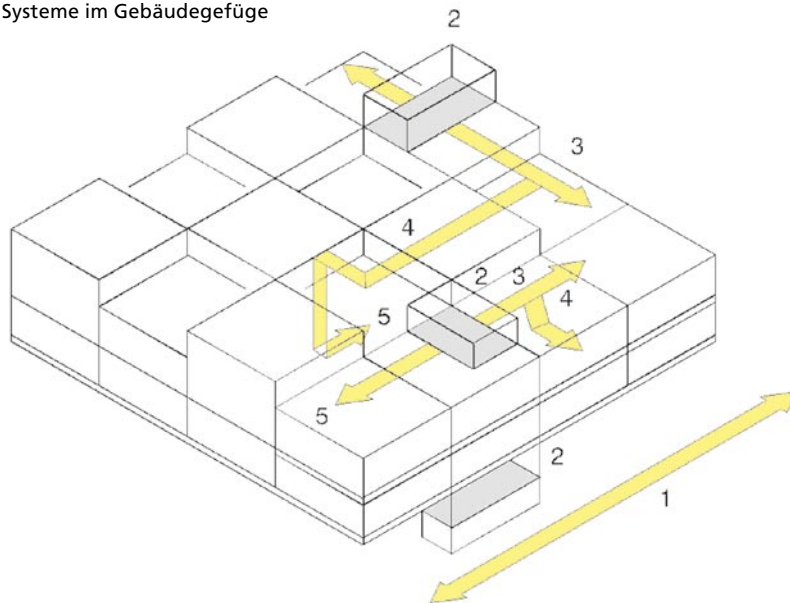
Technikzentralen

Zur Medienerzeugung, Bedienung und Überwachung sowie Filterung werden die wichtigsten maschinentechnischen Bauteile in Zentralen zusammengefasst. Lage im Gebäude, Raumbedarf, Raumanforderungen und Erweiterungsmöglichkeiten sind in eine sinnvolle Gesamtkonzeption einzubeziehen.

Die Lage im Gebäude bestimmt die Kombination der Aspekte für zentrale oder dezentrale Anordnung sowie in baulicher Einbauung oder freier Aufstellung. Lüftungs- und Klimaanlage haben ihre Zentrale oft in einem Technikgeschoss, in der Nähe der Wärmezentrale (Heizraum und Verteilung) und der Kälteanlage (Kältemaschine). Die gemeinsame Unterbringung von Lüftungszentrale und Heizungsanlage in einem Raum ist aus Gründen des Feuerschutzes nicht zulässig. Vorteilhaft ist eine kurze räumliche Anbindung der Zentralen an die vertikalen Installationsschächte der Gebäudekerne. Wichtig für die Bauplanung sind die frühzeitige Angabe der Lastannahmen für den Endausbau der Technikzentralen sowie Vorkehrungen für den nachträglichen Austausch von Technikaggregaten. Weiterhin sind Abschottungen gegen Lärm, Brand sowie Schwingungen zu bedenken. Die Vorteile einer zentralen Anordnung bewirken zumeist niedrigere Investitionen durch insgesamt kleineren Flächenbedarf und Synergien bei der Maschinenausrüstung. Dezentrale Anlagen begünstigen die Wandlungsfähigkeit, da beim Umbau einzelner

Abb. 5.07

Medien: Hierarchie der Systeme im Gebäudegefüge



- 1 Medienmagistrale Werk**
- 2 Technikzentren**
 - Penthouse Halle
 - Penthouse Geschossbau
 - Tiefgeschoss
- 3 Haupttrassen**
 - Halle
 - Geschossbau
- 4 Leitungsnetze**
 - Halle
 - Geschossbau
- 5 Auslässe**
 - Halle
 - Geschossbau

Produktionsbereiche die notwendigen Mediensysteme feingliedriger angepasst, bei partiellem Ersatz von Trassen oder Netzen Störungen der laufenden Produktion minimiert werden.

Die Lage im Untergeschoss hat den Vorteil der günstigen Abschirmung von Geräuschen und Erschütterungen, hohe Gerätegewichte sind ohne große Bedeutung für das Tragwerk. Nachteilig wirken sich gerade bei hohen Hallen lange Wege und Grundrissverlustflächen für die Führung der Haupttrassen aus, die Auswechsellung der Anlagen kann über einfache Förderzüge sichergestellt werden. Die Lage von Zentralen im Erdgeschoss sollte grundsätzlich vermieden werden, da sie für jegliche Erweiterungsoptionen meist unverrückbare Zwangspunkte darstellen; selbst Trafoanlagen lassen sich ohne große Mühe aus der ebenen Fläche verbannen. Wesentlicher Vorteil einer Zentrale im Zwischengeschoss sind insgesamt kleinere Kanalquerschnitte, allerdings müssen erhöhte Schallschutzmaßnahmen durch Abschirmung und federnde Aufstellung aller schwingenden Anlagenteile getroffen werden.

Gute Wandlungsfähigkeit bieten bei nicht allzu hohen Gebäuden wetterfeste „units“ als auf die Dachdecke oder seitlich an Fassaden gesetzte, frei aufgestellte Technikkomponenten an. Als bauliche Vorkehrung sollte dann eine für diesen Zweck entworfene Rahmenkonstruktion weitere Technikmodule für einen optionalen Werks-umbau oder -ausbau aufnehmen und zukünftig erwartete Lasten frühzeitig berücksichtigen. Eine Variante ist die Unterbringung von Zentralen innerhalb der oft geschosshohen Tragwerkszonen weitgespannter Hallen. Die Untergurte der Träger können zur Auflage von Traversen für Technikbühnen oder Wartungsstege genutzt werden, zudem steht der gesamte Dachhimmel zum variablen Einbau von Technikanlagen zur Verfügung.

Die Raumanforderungen der Technikzentralen richten sich nach den entsprechenden Bestimmungen der jeweiligen Medien. Bei Heizzentralen müssen umschließende Bauteile sowie Öffnungen Feuerwiderstandswerte erfüllen. Motoren, Ventilatoren und Pumpen sind gegen

Einleitung von Körperschall und Vibrationen in das Gebäude zu schützen. In kritischen Fällen muss die gesamte Zentrale eine schalldämmende Auskleidung erhalten oder durch eine zweite Schale vom Gebäude vollständig getrennt werden. Für die Lastannahmen des Tragwerks sind in der Regel zusätzliche Verkehrslasten in der Größenordnung von 10 bis 15 kN/m² zu berücksichtigen.

Für gute Erweiterungsmöglichkeiten sollten entsprechende bauliche sowie technische Vorkehrungen getroffen werden. Da der Lebenszyklus der Technikaggregate in der Regel 5 bis 15 Jahre beträgt, sollten die Maschinenkomponenten der Zentralen modular aufgebaut, austauschbar und erweiterungsfähig sein.

Haupttrassen

Von den Technikzentralen führen die vertikalen und horizontalen Sammelstränge der Haupttrassen zu den weiteren Verteilsystemen der Leitungswege. Vertikale Haupttrassen werden oft in den Schächten der Gebäudekerne geführt, horizontale Haupttrassen in oder unterhalb der Tragkonstruktion von Hallendächern oder Geschossdecken. Mit besonderem Bedacht muss die Positionierung der Haupttrassen im Weitblick auf mögliche horizontale oder vertikale Erweiterungsoptionen gewählt werden. Oft blockieren nur mit größtem Aufwand verlegbare Medienpakete sinnvolle Wachstumseinrichtungen eines Gebäudes und strangulieren förmlich seine weitere Entwicklung.

Schächte und Kanäle der Haupttrassen müssen so geplant werden, dass sie den Anforderungen an Standsicherheit, Brandschutz, Feuchtigkeitsschutz, Wärmeschutz und Hygiene entsprechen. Darüber hinaus ist eine gute Zugänglichkeit für Wartung und Reinigung anzustreben.

Leitungsnetze

Nach der Festlegung der Haupttrassen gilt es ein sinnvolles Leitungsnetz zu den Auslässen aufzubauen. Die weitere Verästelung der Medien verhält sich in ihren vertikalen und horizontalen Gebäudewegen wie bereits für Haupttrassen ausgeführt. Als weiterer Aspekt kommt der geometrischen Festlegung der verschiedenen Netze gerade für die langfristige Wandlungsfähigkeit besondere Bedeutung zu. Der Modularität der Gebäudestruktur sollte eine alle Leitungsnetze koordinierende Systemplanung entsprechen. Die Dichte der flächen- und raumdeckenden Ver- und Entsorgung muss weitsichtig aufgebaut, Belange von Haustechnik und Prozess zusammengeführt werden. Alle Netze sollten leicht zugänglich und ohne Störungen der Produktion veränderbar sein. Horizontale und vertikale Befestigungspunkte am Gebäude sollten nach übergeordneten Systemmaßen mit einheitlichen Montagesystemen erfolgen. Die Farbcodierung nach Werkskonzept mit Angabe der Flussrichtungen der Medien stellt eine wertvolle Hilfe zur jederzeitigen Identifikation der Leitungsnetze dar.

Auslässe

Auslässe sind die Übergangsstellen der Leitungsnetze, durch die Medien in den Raum eintreten (z.B. Zuluftauslass) oder aus dem Raum abströmen (z.B. Abluftauslass). Sie müssen mit größter Sorgfalt bemessen und ausgeführt werden, um Störungen (Zugerscheinungen, Verschmutzungen am Arbeitsplatz) zu vermeiden. Bei vielen Arbeitsprozessen wird die Luft durch Staub, Gase oder Dämpfe verunreinigt. Die Absaugung schädlicher oder störender Stoffe geschieht am besten am Ort ihrer Entstehung. Medienauslässe sollten vom Grundsatz immer räumlich leicht veränderbar sein, wechselnde Layoutplanungen und neue Betriebseinrichtungen nicht behindern.

5.1.4 _ Ausbau

Für den nach der Wahl der grundlegenden Strukturen von Tragwerk, Hülle und Medien weiteren Ausbau der Räume steht eine Vielzahl von Systemen und Materialien zur Verfügung. Die Ausbausysteme für Böden, Wände und Decken sollten soweit möglich auf die Belange der Benutzer abgestimmt sein, jedoch unter Vermeidung von veränderungshemmenden Zwangspunkten. Dem Anspruch eines hohen Grades an Wandlungsfähigkeit von Ausbauten käme die Vorstellung einer von Akt zu Akt leicht veränderlichen Theaterbühne entgegen, also einer vielleicht Messeständen vergleichbaren, bewusst temporären Raumgestaltung. Dies bedeutet den weitestgehenden Verzicht auf Massivkonstruktionen für Ausbaufunktionen zugunsten von modularen, variablen, einfach umzurüstenden Ausbausystemen auch für Treppen und Kernbereiche.

Böden, Wände, Decken, Kerne und Treppen sollten folglich in ihren gestalterischen wie technischen Details als elementierte Bausätze entwickelt werden, selbst hohe Brandschutzanforderungen können hierbei ohne Einsatz von Massivbauweisen in reversibler Leichtbaukonstruktion ausgeführt werden. Als Haus-im-Haus-

ausgeführte Kabinenbauweisen erfüllen sie diese Vorstellung, bei entsprechender Detailausbildung sind sie in hohem Maße räumlich variabel und erlauben einfachen Umbau ohne Beeinträchtigung der laufenden Prozesse. Abb. 5.08 zeigt einen Überblick der Gestaltungsfelder und Gestaltungselemente des Ausbaus. Nachfolgend sollen mögliche Anforderungen an Strukturmerkmale aufgezeigt werden.

Böden

Baustoffe für Industrieböden sollten über hohe Beanspruchbarkeit bei gleichzeitiger langer Lebensdauer verfügen, eine gemäß den Anforderungen angemessene Ebenheit der Fläche aufweisen und einen geringen Unterhaltsaufwand erfordern. Außerdem sollten sie wirtschaftlich, schnell, einfach und rationell zu erstellen sein. Diese Anforderungen lassen sich mit monolithischen oder mehrschaligen Konstruktionen erfüllen. Oberflächen aus Beton haben sich als dauerhafter Fußbodenbelag bewährt. Bei mehrlagigen Konstruktionen wird meist eine Hartstoffverschleißschicht nachträglich aufgebracht. Eine seit Jahrzehnten bewährte Alternative sind Holzpflasterböden. Die Herstellung erfolgt aus scharfkantigen Holzklötzen, die

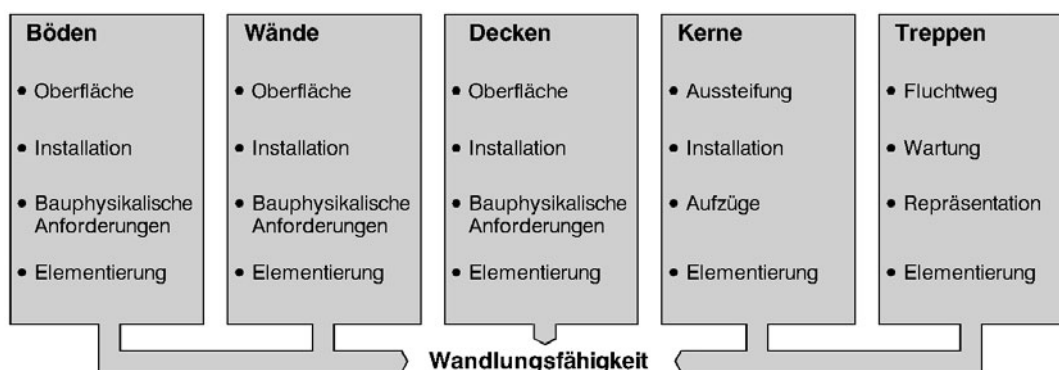


Abb. 5.08

Ausbau:
Strukturelemente
Übersicht

so zu gepflasterten Flächen verlegt werden, dass eine Hirnholzoberfläche als Lauffläche dient. Holzpflaster GE nach DIN 68 702 [16] kommt für gewerbliche und industrielle Bereich in Frage, an die besondere Anforderungen hinsichtlich Schub- und Zugbeanspruchung durch Stapler- und Fahrverkehr mit hoher Frequenz oder Momentlasten zu stellen sind.

Weitere Strukturmerkmale der Oberfläche sind ausreichende Rutsicherheit nach DIN 51 130 [17] und einfache Reinigung. Hier ist langfristig auch andere Nutzungen ermöglichenden Belägen der Vorzug zu geben. Hallenböden sollten im Sinne einer hohen Wandlungsfähigkeit von Prozess und Logistik möglichst frei von Installationen sein, bei Geschossdecken empfiehlt sich oft die Integration von Systemen für Elektro, EDV/ Telefon, Lüftung sowie Kühlung und Heizung. Es ist ratsam, derartige Installationen nicht direkt in die statische Deckenkonstruktion einzuarbeiten, sondern als Teil eines hiervon unabhängigen Belages auszubilden. Montagesysteme wie Hohlraumböden oder Doppelböden ermöglichen auf vielfache Weise eine nachrüstbare Medienführung und variable Medienauslässe.

Bauphysikalische Anforderungen an Böden entstehen aus Projektvorgaben vor allem für Wärmeschutz, Schallschutz, Brandschutz, Ableitfähigkeit sowie Dichtigkeit.

Anforderungen aus Brandschutz, Schallschutz und Ableitfähigkeit beziehen sich zumeist auf Geschossdecken. Auch im Holzbau stehen aufgrund vielfältiger Erfahrungen im mehrgeschossigen Wohnungsbau brandgeschützte Deckenkonstruktionen zur Verfügung. Für als Doppelböden aufgebrachte Montageplatten sind Plattenraster von 30, 40, 50 oder 60 cm gebräuchlich. Bei der

Detailausbildung notwendiger Konstruktionsfugen sollten Störstellen etwa mit Induktionsschleifen oder Transponderpunkten aus Prozess und Logistik beachtet werden.

Wände

Gerade moderne Arbeitsformen mit dynamischem Wechsel von Labor-, Büro- oder Werkstattarbeit erfordern an die jeweiligen Größen der Arbeitsgruppen und ihre Arbeitsinhalte leicht anpassbare Raumgrenzen. In Abkehr von der Massivbauweise ermöglicht hier die Systembauweise eine nachträgliche Freizügigkeit bei der Wahl der Wandoberfläche sowie die beliebige Positionierung von geschlossenen Flächen, Verglasungen und Türen. Der Aspekt der Bereiche verbindenden Transparenz ist für die Kommunikation im Werk besonderes wichtig, Sichtkontakt fördert das Teamverständnis.

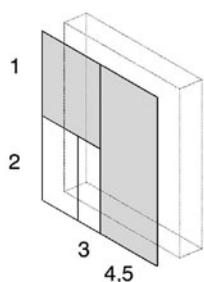
Trockenwände aus Gipsplatten werden auf Aluminium- oder Holzständerwerken aufgebracht, verspachtelt und gestrichen oder mit Tapete belegt. Schalenwände bestehen im Unterschied hierzu aus oberflächenfertig angelieferten und über Systemfügungen verbundene Elemente. Verglasungen und Türen sind nicht Störungen der Wandfläche, sondern gleichberechtigte Elemente: Dieser Bausatz kann in wenigen Tagen abgebaut und in neuer Kombination an einem anderen Ort des Werkes wieder aufgebaut werden. Bei entsprechender Detailausbildung können Installationen für Elektro, EDV/Telefon sowie Heizung und Kühlung in Sockelbereiche oder Fensterbankkanäle integriert werden. Bei einigen Systemen sind Büromöbel wie Hängeschränke oder Bücherborde in den Systemfügungen der Schalen arretierbar.

Abb. 5.09

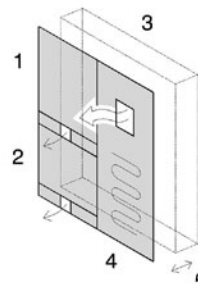
Wände: Strukturmerkmale Wandlungsfähigkeit

Oberfläche

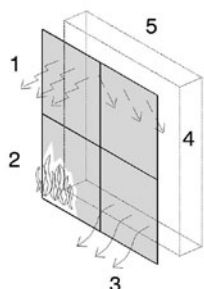
- 1 geschlossene Felder
- 2 Verglasung
- 3 Türen
- 4 Beständigkeit
- 5 Reinigung

**Installation**

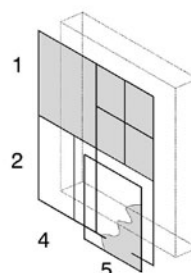
- 1 Elektro
- 2 EDV, Telefon
- 3 Lüftung
- 4 Heizung, Kühlung
- 5 lichter Installationsraum

**Bauphysikalische****Anforderungen**

- 1 Schallschutz
- 2 Brandschutz
- 3 Wärmeschutz
- 4 Feuchteschutz
- 5 Reinraum

**Elementierung**

- 1 maßliche Systematik
- 2 geschlossene Felder
- 3 Verglasungen
- 4 Türen
- 5 Aufwand Umbau



Durch die zusätzliche Anordnung von Dämmelementen im Zwischenraum von Gipsplatten können besondere bauphysikalische Anforderungen aus Schallschutz, Wärmeschutz oder Brandschutz erfüllt werden. Trockenwände mit entsprechenden Plattenfüllungen erfüllen Anforderungen bis zu drei Stunden Feuerwiderstand, entsprechen hiermit Komplextrennwänden F 180. Grundlage jeglicher Elementierung ist eine durchgängige maßliche Systematik für alle geschlossenen Flächen, Verglasungen und Türen. Vorzugsraster für die Grundrissanordnung sind 1,00 m, 1,20 m, 1,25 m, 1,50 m. Abb. 5.09 zeigt die angesprochenen Strukturmerkmale der Wandlungsfähigkeit von Wänden im Überblick.

Decken

Die wechselnden Raumanforderungen moderner Arbeitsformen erfordern in Entsprechung der Wandsysteme flexible Deckensysteme. Kabinenbauweisen bieten den Vorteil aufeinander abgestimmter Wand- und Deckenelemente. Die Präzision der industriellen Vorfertigung bietet hier beste Gewähr für den Nachweis bauphysikalischer Anforderungen sowie durchdachter Elementierung der Installation.

5.2 _ Ausführung

Nach den Definitionen der Ausschreibungen erstellen die ausführenden Unternehmer unter Regie der Fachplaner die Bauleistungen für Standort, Gebäude, Medien und Einrichtung. Entlang der Realisierungsphase entstehen Probleme für die Bewirtschaftung oft dadurch, dass Veränderungen gegenüber der Planung nicht in den Planungsunterlagen nachgetragen werden. In der Realisierungsphase sollte idealerweise der Planbestand immer mit dem Realbestand übereinstimmen oder der Planbestand regelmäßig nachgeführt werden. Nur so lassen sich die erbrachten Leistungen kontrollieren und damit auch die Kosten und Termine der Projekte steuern. Es empfiehlt sich, die Abschlagszahlungen an die ausführenden Firmen nicht pauschal, sondern in Übereinstimmung mit dem Leistungsstand der jeweiligen Gewerke oder Kostenelemente gemäß DIN 276 vorzunehmen. Bei der späteren Bewirtschaftung muss auch auf diese Planungsergebnisse zurückgegriffen werden, z.B. für die Flächenermittlung zur Ausschreibung von Reinigungsarbeiten (Fußboden, Fenster usw.) oder von Instandhaltungstätigkeiten (technische Gebäudeausrüstung).

Im Rahmen der Realisierung ist die Aktualisierung dieser Planungsergebnisse durch die Nähe zum Geschehen noch wirtschaftlich durchführbar. Werden in der Realisierung keine Planbestände nachgeführt, so bleibt nach Abschluss des Projektes meist nur noch eine umfassende, kostenintensive Neuaufnahme der Bestände übrig, um gesicherte Bestandsunterlagen zu erhalten. Gerade hier entwickelt sich für die Projektsteuerung vor dem Hintergrund des Facility Managements ein verantwortungsvolles Aufga-

benfeld. Nach Abschluss der Realisierung sollten alle Planunterlagen und Objektbeschreibungen in aktueller Form vorliegen. Die Erstellung dieser Planunterlagen und Objektbeschreibungen sollte vertraglich vom realisierenden Unternehmen gefordert und von der Projektsteuerung kontrolliert werden. In der Realisierung werden aber auch Planungsfehler an die Planungsbeteiligten zurückgemeldet. Sie führen häufig zu Terminverzügen. Sofern nicht korrigierbar, muss der Planbestand nach der Realisierung überarbeitet werden. Meist findet im Regelkreis Realisierer – Planer ein Informationsaustausch statt, der durch die in der Regel starke Einbindung des Architekten (Planer) in die Bauüberwachung oder des Maschinenlieferanten (Konstruktion und Planung) in die Montage von Anlagen verstärkt wird.

5.3 _ Betrieb

Das wesentliche Ziel der Planung und Realisierung ist der Betrieb von Objekten. Die Betriebsphase ist sowohl von der Zeitdauer als auch von den kumulierten Kosten die bedeutendste des gesamten Lebenszyklus. Zielsetzung innerhalb dieser Phase ist es, die in der Zieldefinition geforderten Funktionen sicher und wirtschaftlich zu erfüllen. In dieser Phase unterliegen die materiellen Sachressourcen einer Abnutzung durch den Gebrauch. Die Betriebsphase ist dadurch charakterisiert, dass an den Sachressourcen bis auf die Abnutzung keine wesentlichen Veränderungen stattfinden. Für das Facility Management stellt sich hier die Aufgabe, den Betrieb aufrechtzuerhalten, wozu es erforderlich ist, den Abnutzungsvorgang und die zugeordneten Betriebssysteme zu dokumentieren und zu kontrollieren. Neben Problemen, die aus der späten Einbindung der Betreiber in der Planungs- und Realisierungsphase resultieren, bestehen in der Betriebsphase noch weitere Schwierigkeiten. Die Verantwortungen für den Betrieb von Sachressourcen liegen in den verschiedensten Händen, teilweise unternehmensintern, aber auch extern. Eine detaillierte Aussage über alle Betriebskosten je Objekt lässt sich daher meist nur mit viel Mühe treffen. Gerade in dieser Phase zeigt die ganzheitliche Sichtweise durch Facility Management mögliche Ansatzpunkte zur Erhöhung der Kosten- und Leistungstransparenz.

Umplanungsphasen unterbrechen die Betriebsphase mit dem Ziel, die Sachressourcen bezüglich ihrer funktionalen Anforderungen zu optimieren. Es finden die gleichen Abläufe wie in der Planungsphase statt mit dem Unterschied, dass bei der Umplanung ein Bestand zu berücksichti-

gen ist. Wurden die Ausschreibungsunterlagen der Neuplanungsphase sauber abgelegt, können diese für eine erneute Ausschreibung weiterbenutzt werden. Direkt im Anschluss an die Umplanung findet wiederum eine Realisierung statt. Im Wesentlichen laufen die gleichen Vorgänge ab wie bei einer Neuplanung. Bei umfangreichen Umplanungen kann auf Bestandspläne nicht verzichtet werden, da z.B. aufgrund der Genehmigungspflicht Veränderungsprozesse (Nutzungsänderungen, umfangreiche bauliche Maßnahmen usw.) planlich zu dokumentieren und freizugeben sind. Damit besteht ein äußerer Zwang, die Veränderungen zu dokumentieren. Bei kleineren Umplanungen ist dies jedoch nicht immer erforderlich. Hier besteht die Gefahr, vor Ort die Veränderungen vorzunehmen, ohne die Bestandspläne und zugehörigen Unterlagen zu aktualisieren. Aufgrund fehlender Bestandspläne oder Unterlagen werden Veränderungen häufig auf Zuruf ausgeführt und die Bestandspläne nicht fortgeschrieben. Da der betriebliche Alltag aber gerade durch die Menge kleiner Veränderungen und Anpassungen gekennzeichnet ist und umfangreiche Anpassungsprozesse die Ausnahme bilden, nimmt die Aktualität durch diese kleinen Veränderungen permanent ab. Viele kleine undokumentierte Veränderungen machen die Bestandspläne innerhalb kürzester Zeit unbrauchbar. Schnell ist ein Informationsniveau erreicht, bei dem nur eine umfassende Bestandsaufnahme wieder ausreichend Planungssicherheit liefert.

5.4 _ Facility Management

Neben Mitarbeitern, Kapital und Technologie werden Immobilien zunehmend als strategische Ressource für die Erhaltung und Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen im global zunehmenden Konkurrenzdruck der Märkte anerkannt [18]. Aus diesem Grund bezeichnen viele Fachleute Facility Management als die „stille Revolution“ in den Unternehmen. Dieser Begriff wird häufig ohne eine klare Begriffsdefinition verwendet. In Bezug auf Standort, Gebäude und Einrichtung wird in Anlehnung an die GEFMA-Richtlinie 100 [19] folgende Definition vorgeschlagen: „Facility Management ist die Betrachtung, Analyse und Optimierung aller kosten- und qualitätsrelevanten Vorgänge von Standort, Gebäude, technischen und anderen Einrichtungen.“

Als „Facilities“ werden folgerichtig alle Grundstücke, Infrastrukturen, Gebäude, Anlagen, Maschinen und Einrichtungen betrachtet, also das gesamte „Anlagevermögen“ eines Unternehmens. Somit umfasst Facility Management alle Kriterien der dauerhaften wirtschaftlichen wie nutzungsoptimierten Leistungsfähigkeit eines Vorhabens, spiegelt also, in Anknüpfung des in Kapitel 1.2 eingeführten Begriffes Leis-

tungsform, deren „performance“ wider. Facility Management umfasst also alle Bereiche, die in irgendeiner Weise mit dem Lebenszyklus von Immobilienanlagen, deren Bewirtschaftung und Vermarktung zu tun haben. Konkret geht es um die Beratung, Planung, Organisation, Steuerung und Kontrolle von allen Prozessen, baulichen Maßnahmen sowie Marketingaktivitäten während der gesamten Lebenszeit eines Standortes mitsamt Gebäude und Einrichtung.

Eigentümer und Mieter stellen zunehmend höhere Anforderungen an Qualität, Leistungsspektrum und Rendite einer Liegenschaft. Das Erfolgsrezept heißt: Immobilien nicht einfach als Objekte, sondern als Anlage betrachten. Marktfähigkeit, auch in einem zyklischen Immobilienmarkt, sowie Wertschöpfung sind zentrale Erfolgsfaktoren einer ganzheitlichen Immobilienstrategie, die im Begriff Facility Management zusammengefasst sind. Facility Management begleitet ein Bauprojekt von der Planung über die Nutzungsphase bis zum Rückbau. Dabei wird schnell klar, dass die reinen Baukosten nur ein Teil der während der gesamten Nutzungsdauer aufzubringenden Kosten sind. Je nach Projekt liegen die jährlichen Unterhalts-, Infrastruktur- und Betriebskosten zwischen 10 und 20%

der Erstellungskosten. Diese werden also über die Gesamtzeit der Nutzung um ein Vielfaches überschritten. Der gesamte FM-Markt ist sehr weitläufig. Eine Vielzahl von Anbietern offeriert Dienstleistungen in unterschiedlicher Ausprägung, so sehen sich Reinigungsfirmen oder Lieferanten haustechnischer Komponenten als Facility-Management-Anbieter. Gegenwärtig werden von „Fachfirmen“ internetbasierende Programme etwa für Wartungsarbeiten an Technikzentralen oder die Vergabe von Ausschreibungsleistungen angeboten. Es mangelt nach wie vor an einer schnittstellenminimierenden ganzheitlichen Sicht der Immobilie. Bei entsprechender Ausrichtung scheinen Architekten aufgrund ihrer breit gefächerten Ausbildung hierfür besonders geeignet.

Die Mehrzahl älterer Fachveröffentlichungen geht davon aus, dass der günstigste Zeitpunkt für den Aufbau eines Facility-Management-Systems mit der Fertigstellung des Gebäudes und Einrichtung gekommen sei, da doch hier alle Dokumentationen letztendlich vorlägen. Dieser Vorstellung soll hier entschieden widersprochen werden. Der beste Zeitpunkt für die Einführung eines FM-Systems ist der Beginn einer Neuplanung, weil

- viele Eigenschaften der Immobilien im Hinblick auf Betrieb, Nutzung, Wandlungsfähigkeit bereits in der Neubauphase festgelegt werden,
- die Zonierung und Modularität des Bauwerkes und der haustechnischen Systeme mit insbesondere der überlegten Anordnung schwerveränderlicher Erschließungs- und Installationskerne über die langfristige Vermietbarkeit entscheidet,
- die Datenstruktur von „Dokumentationen“ der Realisierung für Standort, Gebäude, Haustechnik und Einrichtung in der Regel chaotisch ist und nur unter großem finanziellem Aufwand im Nachhinein geordnet werden kann,
- die Kostenstruktur bei einer Neuplanung durchgängig gemäß DIN 276-1 [20] nach Kostenelementen geordnet werden kann und
- insbesondere die Gesamtkosten der Immobilie während ihres Lebenszyklusses auf dieser Grundlage synergetisch im transparenten Zusammenspiel der Aspekte von Standort, Gebäude, Haustechnik und Einrichtung kontrolliert werden können.

6_ Detaillierungsebenen und Toolboxes

Die einzelnen Wissensblöcke werden als aufeinander aufbauende Komponenten – Toolboxes – dargestellt. Es werden notwendige Planungsparameter, die gängigen Holzbauprodukte sowie die aus ihnen hergestellten Bauelemente und Systeme erörtert.

6.1 _ Bauphysik

Der Holzbau ist im Gegensatz zum Massivbau und abgesehen von Massivholzkonstruktionen weniger durch eine monolithische Bauweise als vielmehr durch vielschichtige Bauteilaufbauten geprägt. Dabei übernehmen die Schichten unterschiedliche Funktionen. Mit definierten Materialeigenschaften, Schichtdicken und Schichtanordnungen lassen sich die bauphysikalischen Bauteileigenschaften sehr genau beeinflussen und steuern.

Die Funktionsschichten müssen folgende Aspekte sicherstellen:

- Wärmeschutz
- Feuchteschutz
- Luftdichtheit
- Winddichtheit
- Schallschutz
- Brandschutz

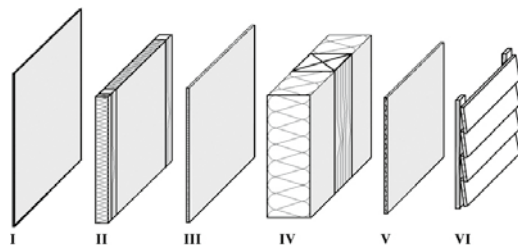


Abb. 6.02

Vielschichtiger Wandaufbau

6.1.1 _ Wärmeschutz

Der Wärmeschutz hat die Aufgabe, mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand die erforderlichen Raumtemperaturen zu ermöglichen und ausreichend hohe Oberflächentemperaturen zur Verhinderung von Schimmelpilzbildung oder Bauschäden zu gewährleisten. In der Folge eines unzureichenden Wärmeschutzes können sich unbehagliche und unhygienische raumklimatische Verhältnisse einstellen. Der Wärmeschutz beeinflusst die Hygiene, die Behaglichkeit und die Gesundheit. Er umfasst die Aspekte Transmissionswärmeverluste, Lüftungswärmeverluste und solare Wärmegevinne.

Für wärmetechnische Berechnungen werden seit Einführung der EnEV [21] Bemessungswerte verwendet, die sich in DIN V 4108-4 [22] und DIN EN 12 524 [23] finden. Die Novellierung der EnEV 2007 zur Umsetzung der EU-Richtlinie 2002/91/EG über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden berücksichtigt aktuell neue Nachweisregeln für den Nichtwohnungsbau, also auch den Industrie- und Gewerbebau. Nachweisvorschrift ist die DIN V 18 599 [24], in der die Wechselwirkungen zwischen der Gebäudetechnik und Anlagentechnik differenziert abgebildet werden. Bisher wurden für die energetische Bilanzierung von Bestandsgebäuden und Neubau die Bereiche Heizung und Warmwasser betrachtet, nicht jedoch die Bereiche Kühlung und Beleuchtung. Dieser ganzheitliche Bilanzierungsansatz hat weitreichende Konsequenzen in der Nachweisführung wie für die Planung.

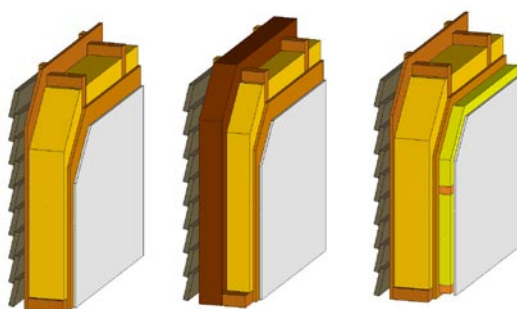
Abb. 6.01

Hochregallager in Weiler (A),
Johannes Kaufmann Architektur



Abb. 6.03

- a) einfache Holzrahmenbauwand
- b) Holzrahmenbauwand mit Außendämmung
- c) Holzrahmenbauwand mit gedämmter Installationsebene



Wesentlichster Faktor ist die Reduzierung der Transmissionswärmeverluste. Der Wärmedurchlasswiderstand R ($\text{m}^2\text{K/W}$) als Kenngröße zur Beschreibung der wärmeschutztechnischen Wirkung errechnet sich aus der Schichtdicke und der Wärmeleitfähigkeit. Die Wertigkeit der einzelnen Bauteilschichten einer Außenwand für den Wärmeschutz hebt Abb. 6.04 hervor.

Für eine wärmeschutztechnische Berechnung von Holztafelbauelementen muss berücksichtigt werden, dass es sich um zusammengesetzte Bauteile mit einem Gefach und einem Rippenbereich handelt. Der mittlere Wärmedurchgangskoeffizient für den zusammengesetzten Regelquer-

schnitt wird üblicherweise mit einem in DIN EN ISO 6946 [25] angegebenen Näherungsverfahren berechnet. Die Wärmebrückenwirkung von Konstruktionshölzern kann entweder durch die Bildung einer mittleren Wärmeleitfähigkeit oder durch den mittleren Wärmedurchlasswiderstand der einzelnen Schichten Berücksichtigung finden.

Bauordnungsrechtlich verbindlich ist ein Mindestwärmeschutz zu gewährleisten, der an jeder Stelle der Innenoberfläche von Außenbauteilen bei ausreichender Beheizung und Belüftung eine Tauwasserfreiheit sicherstellt. Ziel ist die Vermeidung von Schäden, etwa eine unzulässige Minderung des Wärmeschutzes, Schimmelbildung oder Korrosion. Darüber hinausgehende Anforderungen erwachsen aus den spezifischen Besonderheiten der jeweiligen gewerblichen oder industriellen Nutzung. So herrschen z.B. in Bäckereien Klimata mit relativen Luftfeuchtigkeiten bis zu 80 % und Temperaturen von 18 bis 27° C, die aber insbesondere wegen des starken Mehlstaubumtriebes zu keiner Zeit zu Tauwasserbildung führen dürfen. An den Mindestwärmeschutz sind hier sicherlich andere Bedingungen

Abb. 6.04

Wärmetechnische Eigenschaften einzelner Bauteilschichten einer Außenwand

	λ [W/(mK)]	R [$\text{m}^2\text{K/W}$]
	0,70	0,01
	0,04	1,50
	0,13	0,09
	0,04	4,00
	0,13	0,09
	0,25	0,02

zu stellen als an eine wenig beheizte Maschinenhalle. Die Möglichkeit der raumseitigen Tauwasserbildung aus einströmender Außenluft in den Innenraum (Sommerkondensation) ist dabei ebenso zu berücksichtigen wie auch ein ggf. durch spezifische Nutzungen instationärer Heizbetrieb, der besondere Anforderungen an den Wärmeschutz der Außenbauteile stellt.

Die Mindestwärmedurchlasswiderstände von Bauteilen gemäß DIN 4108-2, Tabelle 3 [26] sind einzuhalten, bei extremen Raumklimata jedoch anzupassen. Günstig wirkt sich bei der Holzbauweise die geringe Wärmeleitfähigkeit der Tragkonstruktion aus. Wärmebrückeneffekte bilden sich im Vergleich mit anderen Bauweisen nur in sehr geringem Maße aus und führen nur bei groben Planungs- und Ausführungsfehlern zu Schäden [27], [28].

Da mit hochgedämmten Holzbaukonstruktionen die Transmissionswärmeverluste sehr gering gehalten werden können, gewinnen die Lüftungswärmeverluste zunehmend größere Bedeutung. Eine Optimierung hinsichtlich

Wärmeschutz muss daher auch immer ein energieeffizientes Lüftungskonzept beinhalten. Technische Ausstattungen wie etwa Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung oder bauliche Konzepte wie die Zonierung des Grundrisses nach energetischen Gesichtspunkten sind schon sehr früh in der Planungsphase zu berücksichtigen. Ebenso müssen hohe interne Heizlasten durch Maschinen, Geräte, Beleuchtung oder Produktionsvorgänge planerisch berücksichtigt werden.

Der sommerliche Wärmeschutz ist in der Regel durch einen außenliegenden Sonnenschutz vor den transparenten Gebäudeöffnungen zu gewährleisten. Daneben tragen hochgedämmte Holzbauteile mit hoher spezifischer Wärmespeicherfähigkeit zur Reduzierung der Aufheizung bei.

6.1.2 _ Feuchteschutz

Alle Gebäude und insbesondere Holzbaukonstruktionen benötigen einen ausreichenden Schutz gegen Feuchteinwirkungen. Schlagregen sowie Wasserdampf beanspruchen die Außenbauteile und führen bei ungenügendem Schutz zu vermindertem Wärmeschutz, Schimmelpilz und Korrosion, bei Holzbauteilen zu biotischen Schädigungen. Wirtschaftliche Konstruktionen entstehen, wenn tragende und aussteifende Holzbauteile durch Gebäudehülle oder Abdeckungen vollständig vor freier Bewitterung geschützt werden.

Außenbauteile in Holzbauweise sind hinsichtlich Materialwahl, Schichtenanordnung und Schichtdicken so zu konstruieren, dass es im Bauteilinneren nicht zu einer schädigenden Anreicherung von Wasser kommt. Moderne Holzbaukonstruktionen zeichnen sich wegen ihres diffusionsoffenen Schichtenaufbaus gegenüber Feuchte als robuste Bauteile aus, da auch ungewollt eingedrungene Feuchte wieder sehr schnell austrocknen kann.

Maßgebliche Regelwerke sind hier DIN 4108-3 Klimabedingter Feuchteschutz [29] sowie die DIN 68 800-2 Vorbeugender baulicher Holzschutz [30].

In diesen Normen finden sich auch Hinweise zu Feuchtebelastungen, die nutzungsbedingt sind. Gewerblich oder industriell genutzte Gebäude, deren Bauteiloberflächen einer starken direkten Feuchtebeanspruchung ausgesetzt sind, bedürfen eines besonderen Schutzes. Während in den meisten Fällen solche Bereiche in Massivbauweise ausgeführt werden, schließt sich der Holzbau jedoch nicht immer aus. Die ICE-Waschstraße in Cottbus wurde z.B. ganz bewusst mit Holzbauteilen erstellt, da andere Baustoffe

einen unwirtschaftlich hohen Korrosionsschutz verlangt hätten. Im Waschbetrieb für vollständige Zuggarnituren ergeben sich allerhöchste Beanspruchungen durch chemisch-aggressive Waschmedien und Spritzwasser. Das Bauwerk mit einem Tragwerk aus hölzernen Zweigelenrahmen und einer Innenschale aus kesseldruckimprägnierten Furnierschichtholzplatten trotz dieser Belastung.



Abb. 6.05

ICE-Waschstraße in Cottbus

6.1.3 _ Luftdichtheit

Wesentlich für den Feuchteschutz, aber auch für alle anderen Disziplinen wie Wärme-, Schall- und Brandschutz, ist die luftdichte Ausbildung von raumabschließenden Bauteilen. Die Luftdichtigkeit verhindert den Eintrag von Feuchtigkeit in das Bauteilinnere über Konvektion. Zudem wird ein unkontrollierter Lüftungswärmeverlust sowie der Eintrag von Außenlärm durch Fugen verhindert. Im Brandfall stellt eine luftdichte Konstruktion sicher, dass kein Rauch und keine Brandgase in Hohlräume oder benachbarte Nutzungseinheiten eindringen. Der Betrieb von Lüftungsanlagen erfordert eine luftdichte Gebäudehülle. Die Luftdichtheit wird häufig mit der Winddichtheit verwechselt. Die Gebäudehülle muss ausreichend luftdicht sein, um eine Durchströmung der Bauteile mit Außen- oder Raumluft zu verhindern.

6.1.4 _ Winddichtheit

Die Winddichtheit stellt sicher, dass keine Außenluft in die äußeren Schichten der Wärmedämmungen oder unter die Dämmschicht eindringen kann und die Konstruktion so auskühlt oder hinterströmt wird. Hierfür bieten sich äußere Bauteilschichten an, die Hohlräume oder Dämmschichten komplett abdecken.

6.1.5 _ Schallschutz

Für Gewerbe- und Industriebauten sind branchenspezifische Anforderungen an den Schall- und Lärmschutz zu stellen. Während für Gebäude mit Aufenthaltsräumen (Wohn- und Arbeitsräume) die DIN 4109 [31] mit ihren Beiblättern sowie Korrekturen (DIN 4109-A1 [32]) für Gebäude mit Aufenthaltsräumen (Wohn- und Arbeitsräume) den Schallschutz vor Geräuschen aus fremden Räumen, aus haustechnischen Anlagen, vor Verkehrslärm sowie Lärm aus

Gewerbe- und Industriebetrieben regelt, müssen für gewerblich und industriell genutzte Bauten weitere Regeln beachtet werden. So gelten das Bundes-Immissionsschutz (BImSchG), die dazu gehörige Verwaltungsvorschrift Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm), EU-Richtlinien, die Arbeitsstättenverordnung, Vorschriften der Berufsgenossenschaft und andere. Lärm am Arbeitsplatz wirkt störend und leistungsmindernd, erhöht die Fehlerhäufigkeit und das Unfallrisiko, gefährdet die Gesundheit und das Hörvermögen.

Wirkung des Lärms

- Schallpegel unter 65 dB(A) lösen psychische Reaktionen aus (Belästigung).
- Bei Schallpegeln über 65 dB(A) kann es zusätzlich zu vegetativen Reaktionen kommen, etwa im Kreislaufsystem. Dadurch kann die körperliche und geistige Belastung bei der Arbeit ansteigen.
- Bei einem Dauerschallpegel von 90 dB(A) besteht nach jahrelanger Einwirkung über mehrere Stunden am Tag die Gefahr einer Schädigung des Hörorgans, die zur Lärmschwerhörigkeit führt. Bei höheren Schallpegeln ist mit Gehörschäden entsprechend früher zu rechnen. Auch bei Dauerlärm mit mehr als 85 dB(A) können bereits Gehörschäden auftreten.
- Hohe Frequenzen und Impulslärm schädigen das Gehör besonders.

Richtwerte für den Arbeitsplatz

Der Lärm am Arbeitsplatz soll daher so niedrig wie möglich sein. In der Praxis findet man häufig einen zeitlich schwankenden Schallpegel vor. Um ein einheitliches Maß für die physiologische Geräuscheinwirkung zu bekommen, wird aus den Messwerten unter Berücksichtigung von Geräuschart und Einwirkungsdauer ein zeitlicher Mittelwert – der Beurteilungspegel – errechnet. Nach der Arbeitsstättenverordnung soll der Beurteilungspegel am Arbeitsplatz folgende Werte nicht überschreiten:

- bei überwiegend geistigen Tätigkeiten
..... 55 dB (A)
- bei einfachen oder überwiegend mechanisierten Bürotätigkeiten und vergleichbaren Tätigkeiten 70 dB (A)
- bei allen sonstigen Tätigkeiten
..... 85 dB (A)

Die 2004 neu erlassene Arbeitsstättenverordnung enthält ebenfalls die generelle Pflicht zur Lärminderung und legt für die Geräuschemission am Arbeitsplatz einen Grenzwert von $LAR = 85 \text{ dB (A)}$ fest. Ihr Ziel ist es lediglich, Gehörschäden zu vermeiden (siehe auch VDI 2058 Bl. 3). 2007 ist die Verordnung zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm und Vibrationen (Lärm- und Vibrations-Arbeitschutzverordnung – ArbSchLärmVibrationsV) in Kraft getreten. Die Verordnung setzt u.a. die EG-Vibrationsrichtlinie (2002/44/EG) und die EG-Lärmrichtlinie (2003/10/EG) in nationales Recht um. Sie legt bereits einen um 5 dB niedri-

geren Tagesexpositionspegel $L_{EX,8h}$ von 80 dB (A) zugrunde.

Für konzentrierte Arbeit z.B. am PC-Arbeitsplatz müssen nach Erkenntnissen der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin strengere Maßstäbe herangezogen werden. Die Obergrenzen von 70 dB (A) für einfache und überwiegend mechanisierte Bürotätigkeiten und 55 dB (A) für überwiegend geistige Tätigkeiten werden als nicht ausreichend angesehen.

Anzustreben ist ein Schalldruckpegel

- von höchstens 30 bis 40 dB (A) bei hohen Konzentrationserfordernissen wie bei anspruchsvoller Sachbearbeitung, beim Programmieren oder bei wissenschaftlicher Arbeit,
- von maximal 55 dB (A) bei vorwiegend geistigen Tätigkeiten,
- von maximal 70 dB (A) bei überwiegend einfachen oder mechanisierten Bürotätigkeiten, die es aber kaum mehr gibt.
- Bei notwendiger sprachlicher Verständigung oder Kundengesprächen ist ein Grenzwert von 40 dB (A) sinnvoll.

Nach der Bildschirmarbeitsplatz-Verordnung, Anhang Nr. 17, ist der Lärm so zu mindern, dass Sprachverständigung und Konzentration nicht gestört werden. Hinsichtlich der Sprachverständigung in Räumen werden in der DIN 18 041 [33] Empfehlungen zur akustischen Gestaltung von kleinen bis mittelgroßen Räumen gegeben.

Richtwerte für Gewerbelärm

Die maßgeblichen Richtwerte zur Beurteilung von Gewerbelärm (Arbeitslärm) bei den nächstbetroffenen Anwohnern der Lärm verursachenden Anlagen wurden in der Verwaltungsvorschrift TA Lärm festgesetzt. Dort ist festgelegt, welche Richtwerte zum Schutz der Allgemeinheit vor schädlichen Auswirkungen des Lärms von Betriebsanlagen einzuhalten sind. Sie findet heute praktisch für alle Industrie- und Gewerbebetriebe Anwendung. Grundsätzlich soll jede Arbeitsstätte oder Anlage so wenig Lärm wie möglich an die Nachbarschaft abgeben. Falls erforderlich, sind die dem Stand der Technik entsprechenden und wirtschaftlich vertretbaren Maßnahmen zum Schutz gegen Lärm anzuwenden.

Die Tabelle 6.01 gibt die Immissionsrichtwerte für den Beurteilungspegel für Immissionsorte außerhalb von Gebäuden wieder.

Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen dürfen die Immissionsrichtwerte am Tage um nicht mehr als 30 dB (A) und in der Nacht um nicht mehr als 20 dB (A) überschreiten.

Bei Geräuschübertragungen innerhalb von Gebäuden betragen die Immissionsrichtwerte für den Beurteilungspegel unabhängig von der Lage des Gebäudes in einem der genannten Gebiete tagsüber 35 dB (A) und nachts 25 dB (A). Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen dürfen die Immissionsrichtwerte um nicht mehr als 10 dB (A) überschreiten.

Tabelle 6.01

Immissionsrichtwerte aus TA Lärm

	tagsüber	nachts
Industriegebiete	70 dB (A)	70 dB (A)
Gewerbegebiete	65 dB (A)	50 dB (A)
Kerngebiete, Dorfgebiete und Mischgebiete	60 dB (A)	45 dB (A)
allgemeine Wohngebiete und Kleinsiedlungsgebiete	55 dB (A)	40 dB (A)
reine Wohngebiete	50 dB (A)	35 dB (A)
Kurgebiete, Krankenhäuser und Pflegeanstalten	45 dB (A)	35 dB (A)

Konstruktive Maßnahmen

Es muss unterschieden werden zwischen Schall-emission, ein von einer Quelle abgegebener Lärm, der aktive Maßnahmen wie Kapselung oder Abschirmung verlangt, und Schallimmission, also einwirkender Lärm, dem durch passive Schallschutzmaßnahmen wie etwa Schallschutzfenster zu begegnen ist. Grundlage jeder Maßnahme zum Schutz vor Lärm ist einerseits die Kenntnis der Schallursachen und -ausbreitungswege, andererseits der Umfang der anzustrebenden Lärminderung. In Arbeitsbereichen haben Maßnahmen zur Lärminderung Vorrang vor dem Gebrauch von Gehörschutzmitteln. Das Grundproblem der technischen Lärmabwehr ist die Beseitigung der Lärmursache. Bereits vorhandener Lärm kann nur noch an seiner Ausbreitung gehindert werden.

Die Geräuscentwicklung und ihre Auswirkung auf Arbeitsplätze und die Umgebung des Betriebs sollte schon bei der Planung berücksichtigt werden. Bei der Errichtung der Gebäude und der Anordnung der Hallen und Räume sind die technischen Erfahrungen für den Schallschutz im Hochbau zu beachten.

Vorbeugung bei der Planung:

- Arbeitsbereiche mit starkem Lärm von Räumen mit niedrigem Lärmpegel trennen
- für die Überwachung oder Bedienung innerhalb lauter Maschinenräume schallgeschützte Kabinen (Leitstände) einrichten
- Materialwahl

Bekämpfung an der Lärmquelle:

- Ausbildung der Lärmquelle
- dämmende Ummantelung
- Körperschallübertragung im Bauwerk vermeiden

Bekämpfung der Lärmausbreitung:

- räumliche Abtrennung von Lärmquellen
- schallschluckende Auskleidung des Arbeitsraumes
- abschirmende Wirkung von Betriebsgebäuden ausnützen (Schutz der Nachbarschaft)

Maßnahmen an der Lärmquelle berühren Konstruktion und Ausführung der Maschinen, Anlagen und Geräte. Sie wenden sich in erster Linie an den Hersteller, weniger an die Gebäudeplanung. Der Betreiber kann beim Erwerb der Maschinen die Einhaltung der dem Stand der Technik entsprechenden Lärmschutzvorkehrungen verlangen.

Es kann notwendig sein, die Maschinen schwingungsisoliert aufzustellen (Schwingungsdämpfer, Gummi- oder Federelemente, unter Umständen eigene Fundamente). Bei Berührung von schwingungserregten Anlagenteilen mit der Hochbaukonstruktion sind isolierende Dämmstoffe zu verwenden. Gute Körperschallisolierung wirkt sich nicht so sehr im Betriebsraum selbst als in den angrenzenden oder darüber liegenden Räumen aus. Die Ausbreitung von Luftschall lässt sich oft durch Kapselung lärmender Maschinen oder Anlagenteile vermindern. Sie empfiehlt sich vor allem dann, wenn Maschinen oder Teile nicht laufend bedient werden müssen.

Schalldämpfung

Darunter versteht man die Absorption von Schallenergie durch Umwandlung in Wärme, z.B. an porösen Oberflächen. Stoffe mit großer spezifischer Oberfläche (z.B. Mineralwolle, faserige Strukturen) haben ein hohes Schluckvermögen; Stoffe mit dichter, harter Oberfläche (z.B. Betonwände, Kacheln) haben ein geringes Schallschluckvermögen.

Die Bekleidung von Wänden und Decken mit schallschluckenden Materialien kann die Schallreflexion reduzieren, sollte aber in ihrer Wirkung nicht überschätzt werden: Der direkte Schall in unmittelbarer Nähe der Schallquelle wird dadurch nicht vermindert. Eine Schallpegelminderung durch Auskleidung des Raumes mit schallschluckenden Stoffen ist erst in einiger Entfernung von der Schallquelle feststellbar. Die Verkleidung kann auch die Geräuscheinwirkung

günstig beeinflussen, z.B. wenn dadurch besonders hervortretende Frequenzbereiche gedämpft werden können. Der Schutz gegenüber Lärmausbreitung über Lüftungsöffnungen, Ventilatoren und dergleichen kann mit Schalldämpferkulissen sichergestellt werden. Jedoch ist die Verträglichkeit mit anderen gewerbehygienischen und betrieblichen Aspekten (z.B. starke Verstaubung, ausreichende Belüftung) zu überprüfen.

Schalldämmung

Darunter versteht man die Hinderung der Schallausbreitung durch Trennflächen. Im Entstehungsraum der Schallenergie kann es infolge der Dämmung zu einer Erhöhung des Schallpegels kommen. Es sind dann unter Umständen zugleich Maßnahmen zur Schalldämpfung zweckmäßig.



Abb. 6.06

Druckerei in
Lustenau (A),
Johannes Kaufmann
Architektur

Wandbauteile

Die Schalldämmung massiver, einschaliger Wände hängt gemäß dem Bergerschen Gesetz vom Flächengewicht ab. Bei mehrschaligen Bauteilen wie Holzbauelementen aus biegeweichen Schalen mit innenliegendem Kern spielen neben dem Flächengewicht die Art und Dicke der Schalen, der Schalenabstand und das Kernmaterial eine Rolle. Gute Schalldämmungen werden mit Füllungen hoher Strömungswiderstände erreicht, wie sie etwa bei Faserdämmstoffen üblich sind.

Im Industrie- und Gewerbebau sind ebenso wie im Wohnungsbau Bauteile mit hohen Wärmedämmwerten einzusetzen. In der Regel wird im Massivbau eine höhere Wärmedämmung mit leichten, porösen Materialien erreicht. Allerdings ist die Schalldämmung von leichten Massivbauwänden aus Gasbeton oder Leichtziegeln deutlich geringer. Durch das Anbringen steifer, verputzter Dämmschichten z.B. aus Hartschaumplatten kann der Wärmedämmwert massiver Wände erhöht werden. Die Resonanzfrequenz dieser zweischaligen Bauteile liegt jedoch häufig im bauakustisch relevanten Frequenzbereich, wodurch sich das Schalldämmmaß des Bauteils erheblich verringern kann.

Hier kann die mehrschalige Holzbauweise neben einem traditionell sehr guten Wärmeschutz durch das günstigere Materialverhalten der biegeweichen Schalen gute Schallschutzwerte entgegensetzen.

Die Schalldämmung von Außenbauteilen wird nicht nur durch die Schalldämmung von Außenwand und Dach alleine bestimmt. Fenster, Türen oder Lüftungseinrichtungen beeinflussen die Dämmung der Gesamtfassade ebenfalls sehr stark.

Die meisten Wandkonstruktionen im Holzbau lassen sich unabhängig von ihrem konkreten Einsatz auf wenige Grundkonstruktionen zurückführen:

Holzständerwände

Sie bestehen als Innen- oder Außenwände aus einem Ständerwerk (Holzständer, Schwelle, Rähm) aus konstruktivem Vollholz oder Stegträgern, das mindestens einseitig mit Plattenmaterialien beplankt ist und dessen Hohlräume mit einer Hohlraumdämmung ausgefüllt sind.

Die für die Schalldämmung wesentlichen Einflussparameter:

- Beplankungen: üblicherweise aus Holzwerkstoffen (OSB, zementgebundene Spanplatte, Holzweichfaserplatte, Holzwoleleichtbauplatte) oder Gipskartonplatten/Gipsfaserplatten.
- Befestigung bzw. Entkopplung der Beplankungen: Eine Unterbrechung der Schallübertragung von schallaufnehmender zu schallabgebender Fläche kann die Schalldämmung der Konstruktion verbessern. Konstruktiv kann dies durch eine Trennung des Ständerwerks

oder eine Montage der Beplankung auf Feder-schienen erreicht werden.

- Hohlraumdämmung: Der schalltechnische Einfluss der Hohlraumdämmung besteht aus der schallabsorbierenden Wirkung im Hohlraum. Deshalb werden für diesen Zweck fast ausschließlich Faserdämmstoffe eingesetzt. Darüber hinaus macht sich bei einigen Dämmstoffen auch die höhere Rohdichte positiv bemerkbar.
- Einfluss von Ständerwerk und Raster: Eine Veränderung im Ständerraster verschiebt die Frequenzen der Eigenschwingungen der Beplankungen stark. Hierdurch erfolgt eine wirkungsvolle Änderung im mittel- bis niederfrequenten Bereich der Schalldämmkurve. Geht man von einem üblichen Ständerraster von 62,5 cm aus, so ergibt eine Verkleinerung des Rastermaßes in den meisten Fällen eine Verbesserung in der niederfrequenten Schalldämmung, allerdings auch eine Verschlechterung des Schallschutzmaßes R_w (als Einzahlwert). Durch die Vergrößerung des Ständerrasters wird in der Regel eine Verbesserung im Schallschutzwert R_w erzielt.

Massivholzkonstruktionen

Bei Massivholzkonstruktionen besteht die Grundwand aus einer mehr oder weniger massiven Holzkonstruktion, zumeist mit einseitiger oder beidseitiger Bekleidung.

Wesentliche Einflussparameter:

- Gesamtdicke der Grundkonstruktion: Die maximal mögliche Schalldämmung der Konstruktion wird durch deren Flächen-gewicht und Biegesteifigkeit bestimmt.
- Bekleidungen: Prinzipiell kann die Schalldämmung durch Beplankungen aus Plattenmaterialien eventuell in Verbindung mit einer gedämmten Vorsatzschale deutlich erhöht werden.

Dächer

Ein erheblicher Anteil des Schalls aus Industriebauten emittiert über die Dachflächen. Lüftungssteine und Hinterlüftung setzen der tatsächlich erreichbaren Schalldämmung deutliche Grenzen. Darüber hinaus werden aus wirtschaftlichen Gründen häufig Dachaufbauten mit Hartschaummaterialien realisiert, die eine hohe Wärmedämmung bieten, sich jedoch für eine effektive Schalldämmung weniger eignen. Auf Steinwollebasis hergestellte Dämmungen eignen sich sowohl für den Wärmeschutz als auch für den Schallschutz, sind jedoch teurer. Realisiert werden daher auch mehrlagige Kombinationen unterschiedlicher Dämmstoffe.

Wesentliche Einflussparameter:

- Raumseitige Beplankungen oder Bekleidungen: Bei ausgebauten Dächern werden üblicherweise Gipskartonplatten oder Holzwerkstoffplatten verwendet. Eine Schallschutzverbesserung ergibt sich durch flexible Befestigung über Federbügel oder -schienen. Dies empfiehlt sich jedoch eher für Gewerbebauten, an die höchste Schallschutzanforderungen gestellt werden.
- Hohlraumdämpfung: Passgenau eingebrachte Wärmedämmstoffe zwischen Dachtraggliedern tragen neben dem Wärmeschutz auch zur Verbesserung des Schallschutzes bei.
- Äußere Dachbekleidung: Bei ausgebauten Dächern ergeben Aufbauten mit Unterspannbahnen bessere R_{w} -Werte als solche mit Dachschalungen, die – je schwerer, umso besser – die niederfrequente Schalldämmung verbessern.
- Dacheindeckung: Trapezblecheindeckungen ergeben aufgrund der geringen flächenbezogenen Masse geringere Schallschutzwerte als schwere Eindeckungen. Bei leichten Dächern besteht zudem die Gefahr der Störung der darunter liegenden Räume durch direkte Anregung der Dachhaut infolge Regen oder Hagelschlag. Auch durch Wärmedehnungen bei großformatigen Dachtafeln aus Metall können störende Geräusche entstehen. Für Dächer mit Aufdachdämmungen muss bei der Wärmedämmung zwischen Faserdämmstoffen und Hartschaumplatten unterschieden werden. Letztere verhalten sich schalltechnisch ungünstiger, lassen sich jedoch durch Kaschierungen mit Faser- oder Holzweichfaserplatten verbessern.

6.2 _ Holzschutz

Eine dauerhafte Funktionstüchtigkeit einer hölzernen Tragkonstruktion ist durch vorbeugende Holzschutzmaßnahmen sicherzustellen. Grundsätzlich sind immer vorbeugende bauliche Maßnahmen zu planen und umzusetzen. Das bauliche Konzept bestimmt nachhaltig die Dauerhaftigkeit und Werthaltigkeit des Bauwerks. Die Schutzwirkung von baulichen Maßnahmen ermöglicht eine Einstufung in niedrigere Gefährdungsklassen und zur Minderung der Beanspruchungen. Für den Holzhausbau sind diese „besonderen baulichen Maßnahmen“, die zur Gefährdungsklasse 0 führen, in der DIN 68 800-2 [30] definiert.

Holzbauteile sind zu schützen gegen einen holzerstörenden Insektenbefall sowie eine unzuträgliche Feuchtebelastung aus

- Niederschlägen bzw. Bewitterung,
- Kondensateintrag in Bauteile durch Diffusions- und Konvektionsvorgänge,
- Oberflächenkondensat und
- Nässe aus Nutzung.

Eine langfristig zu hohe Holzfeuchte reduziert nicht nur die Festigkeitseigenschaften, sondern bewirkt eine Gefährdung der Hölzer durch holzerstörenden Pilzbefall oder strukturelle Schädigungen an Holzwerkstoffplatten. Regeltgerecht ist für übliche Nadelholzsnitthölzer die Holzfeuchte auf $u_{\max} = 20 \%$ zu begrenzen. Konstruktionen können zeitweise Holzfeuchten aufweisen (siehe Nutzungs-kategorie 3), wenn sie frei bewittert sind, ständig hohem Wasserdampf-anfall durch industrielle Verfahren ausgesetzt werden oder sich in Bauten mit intensiv genutzten Nassräumen befinden.

Wenn sich nicht durch bauliche Maßnahmen die Gefährdung reduzieren lässt, sind zusätzliche Maßnahmen wie die Verwendung von dauerhafteren Holzarten und Klebstoffen oder vorbeugende chemische Holzschutzmaßnahmen erforderlich. In der Planung ist zu berücksichtigen, dass solche Bauteile immer einen sehr hohen Wartungs- und Instandsetzungsaufwand nach sich ziehen oder eine begrenzte Lebensdauer haben. Dies kann durchaus bei einfachen Bauwerken zu wirtschaftlichen Konstruktionen führen, wenn die betroffenen Bauteile einfach auszutauschen sind. Generell ist die Einbausituation entscheidend. Senkrechte Bauteile wie Ständer oder Stiele sind erheblich weniger durch eine unzuträgliche Auffeuchtung gefährdet als waagerechte Rähme, die deshalb grundsätzlich zu vermeiden oder konstruktiv abzudecken sind.

Neben den üblichen Beanspruchungen sind bei einigen Industrie- und Gewerbebranchen auch solche durch chemisch-aggressive Medien zu berücksichtigen, so etwa in

- Bauwerken der chemischen Industrie wie Zellstoffwerke, Färbereien, Eloxalwerke und Gerbereien,
- Umschlaghallen für chemische Produkte,
- Salz-, Dünger- und Streugutlagerstätten,
- landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden,
- Kompostier-, Klär- und Biogasanlagen.

Der Baustoff Holz wird durch chemische oder chemisch-physikalische Reaktionen nur bei sehr aggressiven Bedingungen und dann auch nur sehr langsam geschädigt. Holz ist deshalb für Konstruktionen in chemisch-aggressiver Umgebung gut geeignet und zeigt sich im Vergleich zu

**Abb. 6.07**

Salzlagerrhalle in Schwalbach,
Architekten Marzluft Maschita Zürcher

anderen Baustoffen als wesentlich resistenter. Es ist gegenüber Basen gut widerstandsfähig. Bei der Belastung durch Säuren gilt es als begrenzt resistent, ist jedoch um ein Vielfaches dauerhafter als Stahl. Besonders gegenüber Salzen ist der Baustoff Holz – anders als Beton und Stahl – weitgehend beständig.

Chemisch-aggressive Medien wirken häufig in Gasform auf die Konstruktion ein, in Verbindung mit Wasserdampf oder Kondensat kann sich die Wirkung verstärken. Hier erweist sich die geringe Wärmeleitfähigkeit von Holz als positiv, da sie die Gefahr von Oberflächenkondensat reduziert.

Allgemein gültige Angaben zu unbedenklichen pH-Grenzwerten bei Holz im sauren und basischen Bereich sind für unterschiedliche Chemikalien aufgrund verschiedener Einflussfaktoren

nur eingeschränkt möglich. Im Bereich des pH-Wertes von 2,5 bis 7,0 wird keine Schädigung zu erwarten sein [35].

Auch bei hoher Beanspruchung bleibt die Schädigung der Holzstruktur nahezu vollständig auf die äußeren Schichten beschränkt. Ist mit hohen Korrosionserscheinungen zu rechnen, kann bei der Bemessung die zu erwartende Abminderung der Querschnitte berücksichtigt werden.

Metallische Bauteile oder Verbindungsmittel sind bei beanspruchten Konstruktionen entweder ausreichend gegen Korrosion durch Metallüberzüge, Beschichtungen oder durch Verwendung nicht rostender Stähle zu schützen. Hierbei können durchaus hölzerne Verbindungen wie Holzwerkstoffflaschen oder anderes eingesetzt werden.

6.3 _ Brandschutz

Der sinnvollen Verwendung des Baustoffes Holz bei Industriebauten steht oft eine Verunsicherung von Planern, Bauherren und Versicherungen beim Umgang damit gegenüber, wobei oftmals Fragen des Brandschutzes im Mittelpunkt stehen. Dabei ist das Tragverhalten eines Materials im Brandfall nicht alleine von der Brennbarkeit (Entzündbarkeit) des Baustoffes abhängig. Die brandschutztechnisch ungeschützte Stahlkonstruktion einer Lagerhalle ist in diesem Sinne weitaus kritischer zu beurteilen als eine vergleichbare Holzkonstruktion, die auch ungeschützt eine definierte Feuerwiderstandsdauer erreichen kann. Und auch im Hinblick auf Brandparallelererscheinungen wie Rauchdichte und Toxizität, die einen maßgebenden Einfluss auf Personenschäden haben, verhält sich Holz im Vergleich zu anderen Baustoffen sehr günstig [36].

Einem nach den Regeln der Technik geplanten und erstellten Gebäude und seiner planmäßigen Nutzung sind nur sehr geringe Brandentstehungsrisiken zuzuschreiben. Brände entstehen überwiegend durch Fahrlässigkeiten und unplanmäßige Nutzung. Dabei ergeben sich die wesentlichen Brandlasten aus den Einrichtungen, der Nutzung und dem Betrieb, nicht aus den Bauprodukten und -arten.

Zur Schadensvermeidung oder -reduzierung müssen bei Planung und Ausführung größerer Industriebauwerke – unabhängig von den verwendeten Baustoffen – klare Konzepte zur

Bildung von Brandabschnitten erarbeitet werden. Feuer und Rauch dürfen nicht von einem Nutzungsabschnitt in den benachbarten gelangen. In der Regel werden dazu Brandwände im Abstand von 40 m gefordert, Ausnahmen sind im Rahmen eines Brandschutzkonzeptes jedoch möglich.

Zahlreiche Publikationen aus der Reihe INFORMATIONSDIENST HOLZ beschäftigen sich speziell mit brandschutztechnischen Anforderungen bei Holzbauten [37], [38]. Aus der gleichen Reihe greift dabei eine Publikation speziell die Besonderheiten beim Hallenbau auf [39]. Nachfolgend werden die für Industriebauten wesentlichen Vorschriften und Richtlinien kurz vorgestellt, die für Sonderbauten nahezu unumgänglichen Brandschutzkonzepte erläutert und die auch aus Kompensationsgründen wichtigen technischen Anlagen für den Brandschutz dargestellt.

6.3.1 _ Vorschriften und Richtlinien

Die bauordnungsrechtlich geforderten brandschutztechnischen Schutzziele sind in der Bundesrepublik Deutschland in den einzelnen Landesbauordnungen sowie der Musterbauordnung (MBO) im so genannten „Grundsatz-Paragraphen“ geregelt. Stellvertretend sei hier § 14 „Brandschutz“ der MBO 2002 zitiert: „Bauliche Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch vorgebeugt wird und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind.“

Die Umsetzung dieser im Grundsatzparagraphen definierten Schutzziele wird in denjenigen Abschnitten der Landesbauordnungen näher definiert, die sich mit Bauteilen, Rettungswegen und der technischen Gebäudeausrüstung beschäftigen. Darüber hinaus existieren in zahlreichen Bundesländern ergänzende Durchführungs- und Verwaltungsvorschriften, die zusätzlich bei einer brandschutztechnischen Beurteilung zu berücksichtigen sind.

Damit beschreibt die jeweilige Landesbauordnung mit ihren Anforderungen an Baustoffe, Bauteile, Brandabschnitte und Rettungswege für den Großteil der durchzuführenden Bauvorhaben praktisch ein Standardbrandschutzkonzept mit aufeinander abgestimmten Komponenten. Entsprechend der Nutzungsarten und Gebäudehöhen ergeben sich unterschiedliche Anforderungsstufen. Diese sind jedoch weitgehend auf Wohngebäude und Bauwerke mit ähnlicher Nutzung ausgelegt. Industriebauten zählen

jedoch zu den Sonderbauten, für die ergänzend zu den Anforderungen der Landesbauordnungen weitere Vorschriften zu beachten sind.

Für häufig vorkommende bauliche Anlagen besonderer Art oder Nutzung sind in Sonderbauverordnungen daher standardisierte Zusatzanforderungen formuliert (z.B. in der Muster-Industriebau-Richtlinie [MIndBauRL]), der Muster-Versammlungsstättenverordnung [MVStättV] usw.). Diese Sonderbauverordnungen bilden zusammen mit der jeweiligen Bauordnung ein aufeinander aufbauendes Vorschriftenpaket. Ist ein Bauvorhaben wegen einer gemischten oder wechselnden Nutzung mehreren Sonderbauverordnungen zuzuordnen, sind die jeweils zutreffenden Vorschriften auf die Gebäudeteile mit der entsprechenden Nutzung bei der Gesamtkonzeption zu berücksichtigen.

Nachfolgend werden einige Verordnungen und Richtlinien kurz vorgestellt, die für den Brandschutz im Industriebau von besonderer Bedeutung sind. Dabei ist zu beachten, dass die von der ARGEBAU verabschiedeten „Muster“-Verordnungen und Richtlinien lediglich als Grundlage für die Umsetzung in das spezifische Landesrecht dienen und somit keine unmittelbare Rechtswirkung entfalten. Die Bauaufsichtsbehörden der Länder setzen die Vorschläge der ARGEBAU zwar meist ohne oder mit nur geringfügigen Änderungen um, vereinzelt kann es jedoch zu Abweichungen kommen.

Muster-Industriebaurichtlinie (MIndBauRL)

Die MIndBauRL in der aktuellen Fassung (2000-03) gilt zunächst für alle Industriebauten unabhängig von ihrer Größe oder Grundfläche. Sie nimmt jedoch die Industriebauten aus, für die aufgrund ihres Gefahrenpotenzials und ihres besonderen Zwecks die Anforderungen überzogen wären (etwa bei Industriebauten, die von Personen nur vorübergehend zu Wartungs- und Kontrollzwecken begangen werden, überdachte Freianlagen oder Freilager usw.).

Das Ziel der MIndBauRL besteht darin, Mindestanforderungen an den vorbeugenden Brandschutz von Industriebauten festzulegen. Dabei handelt es sich insbesondere um die Anforderungen an

- die Feuerwiderstandsfähigkeit der Bauteile und die Brennbarkeit der Baustoffe,
- die Größe der Brandabschnitte oder der Brandbekämpfungsabschnitte,
- die Anordnung, Lage und Länge der Rettungswege.

Zur Berücksichtigung der brandschutztechnischen Infrastruktur werden Brandabschnitte oder Brandbekämpfungsabschnitte verschiedenen Sicherheitskategorien zugeordnet: von Sicherheitskategorie K1 (ohne besondere Maßnahmen für Brandmeldung und Brandbekämpfung) bis hin zu Sicherheitskategorie K4 (mit selbsttätiger Feuerlöschanlage).

Für das brandschutztechnische Nachweisverfahren stehen drei Methoden zur Verfügung. Sind jeweils die Mindestanforderungen eingehalten, gelten die Schutzziele gemäß §14 MBO als erfüllt.

Um Genehmigungsverfahren zu erleichtern und zusätzliche Rechtssicherheit zu schaffen, kann in der aktuellen Fassung der MIndBauRL die zulässige Fläche eines Brandabschnittes bzw. Brandbekämpfungsabschnittes vereinfacht tabellarisch ermittelt werden, ohne das aufwändige Berechnungsverfahren der DIN 18 230-1 [40] anwenden zu müssen.

Vereinfachtes Nachweisverfahren

Die zulässige Größe der Brandabschnittsfläche ergibt sich in Abhängigkeit von der brandschutztechnischen Infrastruktur (Sicherheitskategorie) aus der Feuerwiderstandsklasse der tragenden und aussteifenden Bauteile sowie der Zahl der Geschosse.

Tabelle 6.02

Zulässige Größe der Brandabschnittsflächen in m²
(Auszug)

Sicherheits- kategorie o.A.* 1, 5	erdgeschossig		zwei- geschossig
	F30 ¹	F30 ¹	
K1	1.800 ²	3.000	800 ^{3, 4}
K2	2.700 ²	4.500	1.200 ^{3, 4}
K3.1	3.200 ²	5.400	1.400 ^{3, 4}
K3.2	3.600 ²	6.000	1.600 ³
K3.3	4.200 ²	7.000	1.800 ³
K3.4	4.500 ²	7.500	2.000 ³
K4	10.000 ²	10.000	8.500 ³

* o.A. = ohne Anforderung

- 1 Feuerwiderstandsdauer der tragenden und aussteifenden Bauteile
- 2 Breite des Industriebaus ≥ 40 m und Wärmeabzugsfläche (DIN 18 230-1) ≥ 5 %
- 3 Wärmeabzugsfläche (DIN 18 230-1) ≥ 5 %
- 4 Für Gebäude geringer Höhe ergibt sich eine zulässige Größe von 1.600 m²
- 5 nur nichtbrennbare Baustoffe zulässig

Die tragenden und aussteifenden Bauteile sowie das Haupttragwerk des Daches müssen dabei aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen; dies gilt jedoch nicht für Bauteile der Feuerwiderstandsdauer F30. Tragwerke aus Holz sind damit für Hallengrößen nach Tabelle 6.02 auch ohne besondere Brandschutzkonzepte einsetzbar. Für Lagergebäude und Gebäude mit Lagerbereichen gelten besondere Anforderungen (siehe Abschnitt 6.2 der MIndBauRL).

Vollinhaltliches Nachweisverfahren

Auf Grundlage der ermittelten Brandlasten wird durch das Rechenverfahren der DIN 18 230-1 [40] die äquivalente Branddauer t_a sowie die erforderliche Feuerwiderstandsdauer $erf. t_f$ für einen Brandbekämpfungsabschnitt ermittelt.

Ingenieurmethoden

Anstelle der vorgenannten Methoden dürfen auch Methoden des Brandschutzingenieurwesens eingesetzt werden, um nachzuweisen, dass die Schutzziele der MBO erfüllt sind (§3 Abs. 3 Satz 3 der MBO).

Bedachungen (Dachhaut, Dämmschicht, Dampfsperre und Träger der Dachhaut) von Brandabschnitten oder Brandbekämpfungsabschnitten mit einer Fläche von mehr als 2.500 m² müssen gemäß Abschnitt 5.11 aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen; Holz als Baustoff scheidet aus. Abweichend davon dürfen die Bedachungen erdgeschossiger Lagerhallen mit einer Dachfläche bis zu 3.000 m² aus brennbaren Baustoffen bestehen, wenn im Lager ausschließlich nichtbrennbare Stoffe oder Waren gelagert werden.

Während die Anwendung der MIndBauRL bei Industriebauten beispielsweise in Bayern erst ab einer Grundfläche von 1.600 m² vorgeschrieben

ist, muss sie in anderen Bundesländern (z.B. in Baden-Württemberg) unabhängig von der Grundfläche stets angewandt werden!

DIN 18 230-1:

Baulicher Brandschutz im Industriebau

DIN 18 230-1 [40] gilt für Gebäude oder Teile von Gebäuden, die für Produktions- oder Lagernutzung eines Unternehmens bestimmt sind (Industriebauten). Sie dient der Ermittlung der rechnerisch erforderlichen Feuerwiderstandsdauer $erf. t_f$ der Bauteile von Brandbekämpfungsabschnitten und ist Grundlage bauordnungsrechtlicher Anforderungen an den Brandschutz (z.B. in der MIndBauRL). Die Festlegungen der DIN 18 230-1 [40] resultieren aus der Anforderung, dass bei einem Brand ein Versagen der Einzelbauteile mit ausreichender Wahrscheinlichkeit nicht eintritt bzw. nicht zum Einsturz des Gesamttragwerkes führt und ein Löschangriff auch innerhalb des Gebäudes über eine angemessene Zeitspanne vorgetragen werden kann. Unter Berücksichtigung von Bewertungsfaktoren und Sicherheitsfaktoren werden für jeden Brandbekämpfungsabschnitt die auf die Normbrandbeanspruchung nach DIN 4102-2 [41] bezogenen erforderlichen Feuerwiderstandsdauern ermittelt, aus denen Brandschutzklassen abgeleitet werden können. Die Norm enthält keine Anforderungen für die brandschutztechnisch wirksame Ausbildung der Gesamtkonstruktion; dazu sind in der Regel zusätzliche Maßnahmen erforderlich (z.B. Berücksichtigung der Verformungen und Dehnungen im Brandfall usw.).

VdS-Richtlinien

Die VdS Schadenverhütung GmbH ist aus den technischen Abteilungen des Verbandes der Sachversicherer (VdS) hervorgegangen. Wesentliche Abteilungen sind die Bereiche Brandschutz und Einbruchdiebstahlschutz.

VdS-Richtlinien werden durch Arbeitsgremien erarbeitet, in die mit der Schadenpraxis vertraute Fachleute aus den Mitgliedsunternehmen des Gesamtverbands der deutschen Versicherungswirtschaft delegiert werden. Die Erstellung des Regelwerks basiert auf den Schadenerkenntnissen der Versicherer.

Die von der VdS herausgegebenen technischen Regeln sind keine Vorschriften mit Gesetzes- oder gesetzesähnlichem Charakter. Es handelt sich um (unverbindliche) Empfehlungen einer privatrechtlichen Institution; ihre Anwendung steht jedermann frei. Dennoch haben sie in der Praxis eine große Bedeutung, da sie zur Definition des Standes der Technik beitragen und Grundlage respektive Bestandteil von Versicherungsverträgen sind.

Für Industriebauten ist folgende Auswahl aus den zahlreichen VdS-Veröffentlichungen besonders interessant:

- VdS 2000: Brandschutz im Betrieb
- VdS 2191: Brandschutz im Lager
- VdS 2034: Nichtöffentliche Feuerwehren
- VdS 2038: Fabriken und gewerbliche Anlagen
- VdS 2234: Brand- und Komplextrennwände
- VdS 2097: Produkte und Anlagen des baulichen Brandschutzes (Teil 1 bis 10)
- VdS 2092: Sprinkleranlagen (Ablösung durch die europäische Bemessungsvorschrift VdS CEA 4001)
- VdS 2095: Brandmeldeanlagen

6.3.2 _ Brandschutzkonzept

Die Landesbauordnungen und ergänzend die Sonderbauvorschriften sind für ein breites Spektrum unterschiedlicher Gebäudearten und Nutzungen vorgesehen. Dadurch ist es unausweichlich, dass nicht alle Gebäude mit ihren Bestandteilen vollständig in die Systematik passen. Es sind daher grundsätzlich Abweichungen von den Regelungen der Technischen Baubestimmungen zulässig (insbesondere auch die Verwendung des Baustoffes Holz) wenn gewährleistet ist, dass mit einer anderen Lösung in gleichem Maße die Anforderungen erfüllt werden.

Den Nachweis, dass beim Abweichen von einer technischen Anforderung deren Zweck auf andere Weise entsprochen wird, hat der Bauherr zu erbringen. Dies geschieht in der Regel durch ein Brandschutzkonzept, mit dem nachgewiesen wird, dass das eigentliche, im Grundsatz-Paragraphen geregelte Schutzziel durch eine abweichende Lösung in gleicher Weise erreicht wird. Ein Brandschutzkonzept empfiehlt sich insbesondere bei Sonderbauten, da hier die gesetzlichen Vorschriften häufig sehr allgemein gehalten sind und sich bei multifunktionaler Nutzung sogar widersprechen können. In einigen Bundesländern wird bei Sonderbauten generell ein Brandschutzkonzept gefordert (z.B. in Brandenburg [§44.3.1 der VVBbgBO]), in anderen (z.B. Berlin, Hessen, Nordrhein-Westfalen, Saarland, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen) wird darauf hingewiesen, dass an Sonderbauten im Einzelfall besondere Anforderungen gestellt werden können (etwa die Vorlage eines Brandschutzkonzeptes).

Bei den Sonderbauvorschriften fordert die Muster-Versammlungsstätten-Verordnung (MVStättV) in § 44 die Vorlage eines Brandschutzkonzeptes, in dem insbesondere die

Abb. 6.08

Gebäude zur Produktion
solarer Heizsysteme in
Braunschweig,
Architekten Banz + Riecks

Die brandschutztechnische Beurteilung erfolgte in Form eines Brandschutzkonzeptes. Für die Produktionsstätte sind die Anforderungen der MIndBauRL anzuwenden. Durch den Einbau einer Feuerlöschanlage (Sprinkleranlage) ergab sich für das Gebäude die Sicherheitskategorie K4. Die Nutzfläche von 8.200 m² muss hiernach nicht in Brandabschnitte unterteilt werden, es bestehen keine weiteren brandschutztechnischen Anforderungen. Im Bereich der Fassade werden zur Abtragung der Deckenlasten Stützen aus BS-Holz eingesetzt. Der reduzierte Stützenquerschnitt einer 60-minütigen Brandbeanspruchung wurde beim Standsicherheitsnachweis (Warmbemessung) berücksichtigt.



maximal zulässige Zahl der Besucher, die Anordnung und Bemessung der Rettungswege und die zur Erfüllung der brandschutztechnischen Anforderungen erforderlichen baulichen, technischen und betrieblichen Maßnahmen dargestellt sind. Und auch die MIndBauRL fordert in Abschnitt 8 zusätzliche Bauvorlagen mit definierten Angaben, die in Form eines Brandschutzkonzeptes erbracht werden sollen.

Unabhängig von den unterschiedlichen Anforderungen empfiehlt es sich bei Sonderbauten immer, ein individuelles Brandschutzkonzept zu erstellen und zusammen mit dem Bauantrag einzureichen; bei der Verwendung des brennbaren Baustoffes Holz oftmals unumgänglich. Enthält der Bauantrag keine oder falsche Angaben zum Brandschutz, werden ansonsten häufig zu hohe Anforderungen in den Baugenehmigungen festgeschrieben.

Grundlage eines Brandschutzkonzeptes sind zunächst die Anforderungen der jeweiligen Bauordnung. Ergänzend werden Anforderungen weiterer tangierter Richtlinien, Normen und Verordnungen eingearbeitet. Weiterhin müssen die Wünsche und Anforderungen des Bauherren, der Architekten, der Bauaufsicht, der Feuerwehr und gegebenenfalls der Versicherer berücksichtigt werden. Auf der Grundlage dieses Anforderungskatalogs erfolgt eine Risikoanalyse unter Berücksichtigung der Nutzung, der Bauweise, der Brandlasten sowie des abwehrenden Brandschutzes.

Ein Brandschutzkonzept führt nicht nur zu einer hohen Sicherheit für das Gebäude, sondern kann durch die ganzheitliche Brandschutzbetrachtung zusätzlich zur Senkung der Baukosten beitragen. Mit Blick auf die Schutzziele sollen in einem Brandschutzkonzept die gewählten Einzelkom-

ponenten und deren Abstimmung aufeinander, unter Berücksichtigung der Nutzung, des Brandrisikos sowie des zu erwartenden Schadensmaßes, beschrieben werden. Dabei ist zu bewerten, inwieweit die definierten Schutzziele erreicht werden.

Bezüglich eines Brandschutzkonzeptes hat die Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes eine Richtlinie „Brandschutzkonzept“ (vfdb 01-01) veröffentlicht.

Ein Brandschutzkonzept sollte demnach folgende Grobgliederung aufweisen:

- allgemeine Angaben zum Gebäude (Lage, Abmessung, Nutzung, nutzender Personenkreis, Brandlasten, bauaufsichtliche Einstufung usw.),
- vorbeugender Brandschutz,
- baulicher Brandschutz (Rettungswege, Brand- und Rauchabschnitte, Baustoff- und Feuerwiderstandsklassen der tragenden und raumabschließenden Bauteile, Flächen für die Feuerwehr usw.),
- anlagentechnischer Brandschutz (Brandmelde-, Rauchabzug-, Feuerlöschanlagen usw.),
- organisatorischer (betrieblicher) Brandschutz (Brandschutzordnung, Werkfeuerwehr, Rettungswegkennzeichnung usw.),
- abwehrender Brandschutz (Löschwasserversorgung, Feuerwehrpläne usw.).

Dabei sollen unter Berücksichtigung der Nutzung, des Brandrisikos und des zu erwartenden Schadensmaßes die Einzelkomponenten und ihre Verknüpfung im Hinblick auf die Schutzziele beschrieben werden.

Im Rahmen eines Brandschutzkonzeptes ist es möglich, Abweichungen von bauaufsichtlichen Anforderungen zu begründen und damit durchzusetzen. Das zugrunde liegende Schutzziel muss selbstverständlich bestehen bleiben. Die Abweichungen können häufig durch zusätzliche brandschutztechnisch wirksame Maßnahmen, etwa den anlagentechnischen Brandschutz, kompensiert werden.

6.3.3 _ Technische Anlagen für den Brandschutz

Der anlagentechnische Brandschutz ergänzt die baulichen Vorkehrungen, kann aber auch fehlende bauliche Maßnahmen im Rahmen eines Brandschutzkonzeptes kompensieren (etwa die Reduzierung der Feuerwiderstandsdauer, den Einsatz brennbarer Materialien, Vergrößerung der Brandabschnittsflächen usw.).

Um einen Schaden durch ein Feuer möglichst gering zu halten, ist das frühzeitige Entdecken des Brandes von besonderer Bedeutung. Daher besteht der Zweck einer Brandmeldeanlage gemäß DIN EN 54 [42] darin „... Schadenfeuer zum frühestmöglichen Zeitpunkt zu erkennen und so zu melden, dass geeignete Gegenmaßnahmen ergriffen werden können.“ Eine Brandmeldeanlage besteht grundsätzlich aus Brandmeldern (Sensoren), Übertragungseinrichtungen und einer Brandmeldezentrale, die die Informationen der Brandmelder auswertet und die Brandmeldung an eine Meldezentrale weiterleitet. Gegebenenfalls werden automatische Löscheinrichtungen aktiviert, örtliche Alarmeinrichtungen ausgelöst und Maßnahmen zur Brandeindämmung (Rauchklappen, Brandabschlüsse usw.) eingeleitet. Brandmeldeanlagen in Zweckbauten werden meist im Rahmen eines Brandschutzkonzeptes vorgeschlagen und damit

Grundlage behördlicher Genehmigungen. Sie werden aber auch von den Versicherungen empfohlen, um den Brandschutz zu verbessern oder die Versicherungsprämien zu reduzieren.

Durch den Einsatz einer Rauch-Wärme-Abzugsanlage (RWA) sollen Rettungswege für die Fluchtenden benutzbar bleiben, den Einsatzkräften der Zugang zum Einsatzort erleichtert und einer thermischen Überlastung der Konstruktion vorgebeugt werden. Man unterscheidet natürliche RWA, die auf dem thermischen Auftriebs-Prinzip beruhen (z.B. Lichtkuppeln), und maschinelle RWA, wenn ihre Funktion mit motorischem Antrieb erfolgt (z.B. Ventilatoren). Die Dimensionierungen erfolgen in der Regel gemäß DIN 18 232 [43] oder nach der VdS-Richtlinie 2098.

Das Ziel einer Feuerlöschanlage besteht darin, einen Brand selbständig zu entdecken, Alarm auszulösen und das Feuer zu löschen bzw. bis zum Eintreffen der Feuerwehr unter Kontrolle zu halten. Zum Einsatz kommen Nass- (Wasser oder Schaum) oder Trockenlöschanlagen (Kohlendioxid, Argon). Die Anlagen arbeiten selektiv, d.h. auf den Wirkungsbereich des Brandes beschränkt (z.B. Sprinkleranlagen) oder abschnittsweise für einen ganzen Raum oder ein gesamtes Einzelobjekt (z.B. Kohlendioxidlöschanlagen).

6.4 _ Bauprodukte und -systeme

Der Industrie- und Gewerbebau ist auf standardisierte Bauprodukte und Bausysteme angewiesen. Definierte Qualitäten und Abmessungen sind unabdingbar. Auch das Baurecht fordert die Verwendung von bauaufsichtlich eingeführten Bauprodukten oder solche, die ihren Verwendungsnachweis u.a. durch nationale oder europäische Zulassungen und Prüfzeugnisse erbringen. Diese Anforderungen gelten natürlich auch für Bauprodukte aus Holz sowie für Holzbauelemente und -systeme, die aus Holzbauprodukten gefertigt werden.

6.4.1 _ Bauprodukte

Für den Industrie- und Gewerbebau erfüllen alle Holzbauprodukte die für eine industrielle Vorfertigung notwendigen Qualitäten wie hohe Maßhaltigkeit und Formstabilität, regelgerechte Holzfeuchte sowie standardisierte Abmessungen. Darüber hinaus ergeben verklebte Produkte nahezu jede Art von Bauteilabmessungen, die durch hochtechnisierte Bearbeitungsanlagen abgebunden werden können. Neben der Erfüllung der baurechtlichen Anforderungen leisten die meisten Holzbauprodukte höhere Qualitäten, die den Kriterien von Qualitäts- und Gütegemeinschaften entsprechen.

Vollholzprodukte

Die wichtigsten Forderungen an Holzbauprodukte betreffen die Holzfeuchte, die Sortierung nach der Tragfähigkeit sowie die Maßhaltigkeit der Produkte. In den für den Holzbau maßgebenden Ausführungsnormen DIN 1052 [44] und DIN 18 334 [45] wurde eine Holzfeuchte von 20 % bzw. für den Holzhausbau von 18 % festgelegt. Dieser Wert korrespondiert mit der Messbezugsfeuchte für die Sortierkriterien sowie für die Maßhaltigkeit des Schnittholzes. Damit wird auch den Forderungen des Holzschutzes entsprochen.

Für eine statische Bemessung wird Bauholz hinsichtlich der Tragfähigkeit sortiert. Dabei ist jede Festigkeitsklasse durch einen festen Satz aller für den Standsicherheitsnachweis erforderlichen charakteristischen Festigkeits-, Steifigkeits- und Rohdichtekennwerte gekennzeichnet.

Für die zulässigen Maßtoleranzen gilt in der Regel DIN EN 336, Maßtoleranzklasse 1 [46]. Danach betragen die auf eine Holzfeuchte von 20% bezogenen zulässigen Abweichungen für Holzdicken und -breiten bis 100 mm +3/-1 mm und für Dicken und Breiten über 100 mm +4/-2 mm. Geringere Toleranzen, wie z.B. die Maßtoleranzklasse 2 mit ± 1 mm für Holzdicken und -breiten bis 100 mm und $\pm 1,5$ mm bei größeren Abmessungen, können in der Regel nur durch zusätzliches Egalisieren oder Hobeln des Schnittholzes nach dem Trocknen gewährleistet werden.

Vollholzprodukte werden zum größten Teil als stabförmige Elemente in Form von Stützen, Rähmen oder Unterzügen verwendet. Eine Neuerung ist der Einsatz von flächigen Bauteilen, die entweder aus horizontal liegenden Brett-

schichtholzelementen oder aus großflächigem Brettsperrholz bestehen.

Die wesentlichen Bauprodukte sind in verschiedenen Veröffentlichungen des INFORMATIONSDIENST HOLZ bereits umfassend dargestellt worden. Hinweise zu Vollholzprodukten wie Bauschnittholz aus Nadel- und Laubholz, Konstruktionsvollholz, Balkenschichtholz (Duo- und Triobalken) sowie Brettschichtholz und Brettsperrholz sind zu finden in der Veröffentlichung „Holz als konstruktiver Baustoff“ (hh 4/1/1).

Holzwerkstoffe

Der moderne Holzbau ist ohne Holzwerkstoffe nicht denkbar. Ihre Entwicklung hat das Potenzial der Holzbauweise nachdrücklich befördert und gesteigert. Neben den OSB-Platten, die im Bauwesen die „alten“ Holzspanplatten mehr oder weniger ersetzt haben, finden insbesondere im Industrie- und Gewerbebau Furnierschichtholzplatten Anwendung. Sie bieten sich durch die enormen Abmessungen sowie durch ihre hohe Tragfähigkeit für weit spannende Konstruktionen an. Darüber hinaus werden Holzfaserverprodukte als konstruktive wie wärmedämmende Platten verwendet. Mit ihnen lassen sich auf besondere Weise die bauphysikalischen Anforderungen im Holzbau erfüllen.

> hh 4/1/1

INFORMATIONSDIENST HOLZ

holzbau handbuch,

Reihe 4, Teil 1, Folge 1,

„Holz als konstruktiver

Baustoff“ [47]

Tabelle 6.03

Anwendungsbereiche und Mindestdicken für Holzwerkstoffe nach DIN 1052:2004-08

Holzwerkstoffe für tragende Zwecke nach DIN EN 13 986	Norm	Nutzungsklassen 1052			Mindestdicke der Platten in mm		
	DIN	NKL 1	NKL 2	NKL 3	tragend		aussteifend
Kunstharzgebundene Spanplatten							
P4, P6	EN 312	x	-	-	8	6	aussteifende Beplankungen, Holztafeln
P5, P7	EN 312	x	x	-	8	6	
OSB-Platten							
OSB/2	EN 300	x	-	-	8	6	aussteifende Beplankungen, Holztafeln
OSB/3, OSB/4	EN 300	x	x	-	8	6	
Sperrholzplatten							
DIN EN 636-1 (Trocken)	EN 636-1	x	-	-	6	nach DIN 1052 mind. 5 Lagen	nach DIN 1052 mind. 3 Lagen
DIN EN 636-2 (Feucht)	EN 636-2	x	x	-	6		
DIN EN 636-3 (Außen)	EN 636-3	x	x	x	6		
Massivholzplatten							
SWP/1 (Trocken)	EN 13 353	x	-	-	keine Angaben		keine Angaben
SWP/2 (Feucht)	EN 13 353	x	x	-			
SWP/3 (Außen)	EN 13 353	x	x	x			
Furnierschichtholzplatten							
LVL	EN 14 374	Anwendungsbereiche und mechanische Kennwerte werden bei Aufnahme in DIN V 20 000 geregelt.					
LVL nach abZ	-	Der Nachweis der Verwendbarkeit wird durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ) geregelt.					
Zementgebundene Spanplatten							
DIN EN 634-1/-2	EN 634-2	x	x	x	8	8	
Faserplatten							
Harte HB.HLA2	EN 622-2	x	x	-	4	4	
Mittelharte MBH.LA2,	EN 622-3	x	-	-	6	6	
Poröse SB.LS/HLS	EN 622-4	keine Angaben			keine Angaben	keine Angaben	
MDF, MDF.LA/HLS	EN 622-5	keine Angaben			keine Angaben	keine Angaben	
Gipskartonplatten (informativ)							
GKB, GKF	18 180	x	-	-	-	12,5	aussteifende
GKBI, GKFI	18 180	x	x	-	-	12,5	Beplankungen, Holztafeln

In der Veröffentlichung „Konstruktive Holzwerkstoffe“ (hh 4/4/1) sind alle gängigen Produkte dargestellt.

Seit 2004 gelten europäische Produktnormen, die auch andere Bezeichnungen der Platten mit sich brachten. Die Auswahl der verschiedenen Plattentypen für den jeweiligen Anwendungsbereich erfolgt nach der Eignung für die zulässige Nutzungsklasse. Der INFORMATIONSDIENST HOLZ spezial „Die europäische Normung von Holzwerkstoffen für das Bauwesen“ ergänzt die vorgenannte Publikation mit Erläuterungen der Änderungen, die sich im Zuge der europäischen Harmonisierung ergeben haben.

6.4.2 _ Bausysteme

Der Holzbau zeichnet sich immer schon durch Vorfertigung aus. Der heutige Entwicklungsstand führt zu sehr hohen Vorfertigungsgraden, die eine hohe Qualität und sehr schnelle Richt- und Bauzeiten ermöglichen. Ausgehend von der Entwicklung des einfachen Holzrahmenbaus hat sich mittlerweile eine Vielzahl von weiteren Bauweisen und Bausystemen im Markt etabliert, deren konstruktive Typologie von der stabförmigen Konstruktion bis zu zusammengesetzten oder massiven Querschnitten reicht.

Aktuelle Holzbausysteme sind in der Regel offene Systeme und als bauteilbezogene Produkte konzipiert. Sie haben unterschiedliche Anwendungsbereiche (Wand, Decke, Dach) und bieten eine große Flexibilität und damit Marktbreite. Offene Systeme müssen notwendigerweise mit anderen Systemen kombiniert und somit auch darauf abgestimmt werden (Ausbausysteme, haustechnische Systeme).

Die angebotenen Produkte können als Bauteilsysteme bezeichnet werden, da sie für den

Einsatz als Wand, Decke und/oder Dach konzipiert sind. Sie haben meistens kein zwingendes Planungsraaster. Die Bauteile werden seriell oder projektbezogen gefertigt, individuell abgebunden und kommissioniert auf die Baustelle geliefert. Alle Herstellerangaben zur Umsetzung einer Systemlösung dürfen nicht als vereinfachtes Konstruktions- und Nachweisprinzip aufgefasst werden. Die werkstoffgerechte Umsetzung aller Anforderungen ist nicht automatisch durch die Anwendung eines Systems garantiert. Ein gutes System stellt für Standardsituationen Regeldetails unter Nennung der Voraussetzungen und Anwendungsgrenzen zur Verfügung.

Als stabförmige Systeme werden zum größten Teil verschiedene Holzrahmenbauweisen angeboten, die sich durch Verwendung und Kombination von bestimmten Vollholz- mit Holzwerkstoffprodukten sowie eine unterschiedliche Bauteilgestaltung unterscheiden.

Flächige Bausysteme werden hauptsächlich aus miteinander verklebten, seltener über Verbindungsmittel gehaltenen Vollholzprodukten hergestellt. Als Hohlkasten- oder massive Elemente erlauben diese Systeme schnell montierbare und zugleich hoch tragfähige Konstruktionen. Je nach System sind komplexe Bauelemente herstellbar, die hohen Anforderungen an Bauphysik, Tragfähigkeit sowie Optik gerecht werden.

Raumbildende Bausysteme werden häufig aus stabförmigen Systemen zu Modulen gefügt, die als Raumzellen höchste Vorfertigung und eine sehr schnelle Bauzeit erlauben. Solche Elemente sind jedoch in ihrer Flexibilität eingeschränkt.

Umfassende Informationen zu diesem Thema finden sich in der Veröffentlichung „Holzbausysteme“ (hh 1/1/4).

> hh 4/4/1

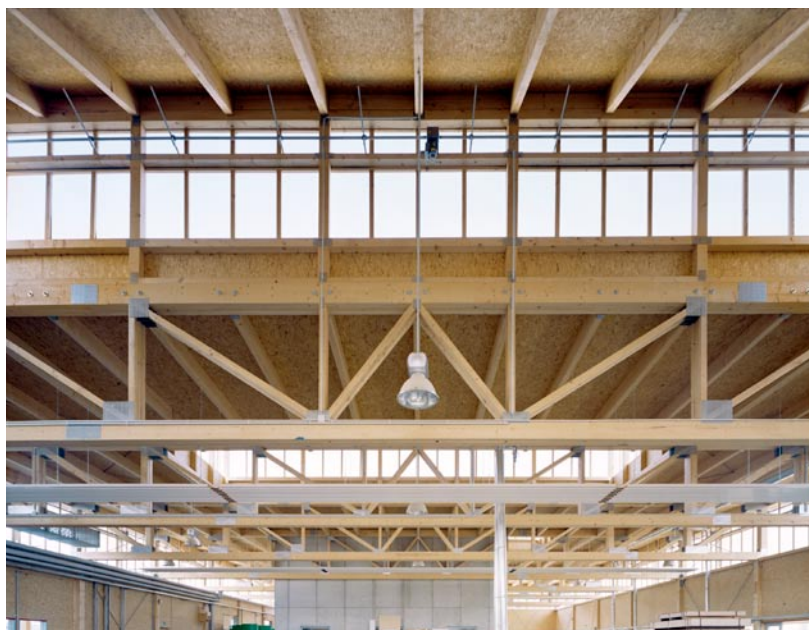
INFORMATIONSDIENST HOLZ
holzbau handbuch,
Reihe 4, Teil 4, Folge 1,
„Konstruktive Holzwerkstoffe“
[48]

> IDH spezial 10/2006

INFORMATIONSDIENST HOLZ
spezial 10/2006:
„Die europäische Normung
von Holzwerkstoffen für das
Bauwesen“ [49]

> hh 1/1/4

INFORMATIONSDIENST HOLZ
holzbau handbuch,
Reihe 1, Teil 1, Folge 4,
„Holzbausystem“ [50]

**Abb. 6.09**

Tischlerei in Coswig,
Klinkenbusch + Kunze
Architekten

> hh 1/1/4

INFORMATIONSDIENST HOLZ
holzbau handbuch,
Reihe 1, Teil 8, Folge 1,
„Planungshilfen für Nagel-
plattenkonstruktionen“ [51]

6.4.3 _ Nagelplattenkonstruktionen

Bei Nagelplattenbindern handelt es sich um ebene Stabtragwerke (zumeist Fachwerkträger oder Fachwerkrahmen) aus Vollholzstäben unter vorwiegend ruhender Beanspruchung. Nagelplatten bestehen aus einem 1-2 mm dicken, feuerverzinkten – bei höheren korrosiven Beanspruchungen auch nichtrostenden – Stahlblech mit einseitigen nagelförmigen Ausstanzungen. Mit diesen Nagelplatten werden die Knotenpunkte industriell gefertigter Holzfachwerke gebildet.

Diese Bauweise ist eine bewährte Konstruktionsweise für weitspannende Dachtragwerke. Die

Nagelplattenbauweise ist flexibel im Hinblick auf Form und Spannweite der Binder und damit prädestiniert für Hallenbauten im Industrie- und Gewerbebau. Durch den hohen Vorfertigungsgrad, die für die jeweilige Beanspruchung optimierten Binder und die schnelle Montage sind Nagelplattenkonstruktionen sehr wirtschaftlich.

Je nach allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung sind freie Stützweiten bis zu 35 m realisierbar. Größere Stützweiten bedürfen im Einzelfall einer Zustimmung. Besonders wirtschaftliche Konstruktionen ergeben sich bei Achsabständen von 1,00 bis 1,25 m; größere Abstände sind aber möglich. Bei großen Nagelplattenbindern kann es durch begrenzte Transportabmessungen oder Fertigungsbedingungen im Werk notwendig werden, diese in mehreren Teilen vorzufertigen und erst auf der Baustelle mittels Montagestößen zu verbinden.

Der Hersteller der Binder liefert dabei prüffähige statische Unterlagen mit der Bemessung der Nagelplattenbinder, ihrer Aussteifung sowie aller notwendigen Anschlüsse. Die Weiterleitung der Auflagerkräfte in die Unterkonstruktion ist vom verantwortlichen Tragwerksplaner nachzuweisen. Aufgrund der geringen Holzbreiten haben Nagelplattenbinder senkrecht zur Binderebene eine geringe Biegefestigkeit und müssen daher sorgfältig stabilisiert werden.

Weitere Informationen finden sich in der Veröffentlichung „Planungshilfen für Nagelplattenkonstruktionen“ (hh 1/8/1).

6.4.4 _ Holz-Beton-Verbundsysteme

Bei dieser Mischbauweise wird die hohe Druckfestigkeit des Betons mit der Zugfestigkeit des Holzes zu einem Verbundbauteil kombiniert. Eine flächige Holzkonstruktion, z.B. aus Brettstapeldecken, flächigen BS-Holz- oder Brettsperrholzelementen, erhält einen Aufbeton. Zugelassene Verbindungssysteme wie Schrägverschraubungen, Dollen oder eingeklebte Flachstahl- oder Streckmetallgitterstreifen stellen den Schubsteifen Verbund her.

Decken in Holz-Beton-Verbundbauweise weisen eine erhöhte Tragfähigkeit sowie eine Verbesserung des Schwingungsverhaltens auf. Das Zusammenwirken der Baustoffe Beton und Holz bewirkt eine Erhöhung des Schall- und Brandschutzes. Mit der Holz-Beton-Verbundbauweise lassen sich wirtschaftliche Deckenkonstruktionen mit Spannweiten von 8 bis 9 m erstellen, darüber hinaus sind Ertüchtigungen von Decken in Altbauten sehr gut herstellbar, deren Decken für eine Umnutzung mit höheren Lasten sonst nicht tragfähig sind. Dies umfasst auch Decken mit stabförmigen Konstruktionsgliedern.

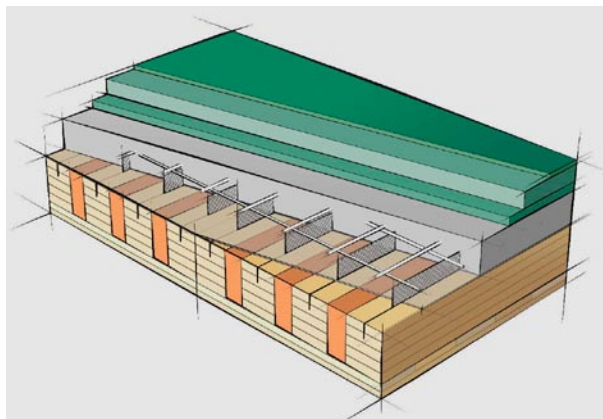


Abb. 6.10

Konstruktionsschema Holz-Beton-Verbundbauweise, Kaufhaus in Junglinster (L), Arch. Préfalux

Abb. 6.11

Holz-Beton-Verbundbauweise, Kaufhaus in Junglinster (L), Arch. Préfalux

6.4.5 _ Industriell vorgefertigte Träger und Flächenbauteile

Speziell für den Industrie- und Gewerbebau werden von einzelnen Herstellern vorgefertigte Trägersysteme angeboten, deren Qualitäten vordefiniert sind und über Typenstatiken verfügen. Dies sind zumeist Bogen- oder Satteldach-Fachwerkträger, die als Einfeldträger für Spannweiten von ca. 20 m bis 40 m verwendet werden können. Für andere Dachformen sind Sonderformen möglich.

Darüber hinaus werden vorgefertigte Wand- und Dachbauteile für Gebäudehüllen hergestellt, die als Sekundärtragwerk oder lediglich selbsttragende Elemente dem Gebäudeverschluss dienen. Sie erfüllen in der Regel zusätzlich alle Anforderungen hinsichtlich Wärme-, Schall- und Brandschutz.

Teilweise werden die Elemente in Rippenbauweise, teilweise als Sandwich-Elemente mit Wabenkern oder als C-förmiges Bauteilelement angeboten. Sie stellen eine gute Alternative zu den Metallblechdurchführungen dar, insbesondere dann, wenn an das Außenbauteil höhere Anforderungen gestellt werden als nur der Witterungsschutz. Verlegt werden diese Elemente als Ein- oder Mehrfeldträger mit Elementbreiten bis zu 6 m.

Je nach Hersteller können die Bauteile bereits werkseitig mit Dacheindeckungen und Fassadenbekleidungen versehen werden. Der modulare Aufbau der Elemente ermöglicht bei weitgehender Vorfertigung einen flexiblen Einsatz sowie durch die Standardisierung die wirtschaftliche Kombination mit Ausbauelementen wie Fenster oder Türen.



Abb. 6.12

Montage vorgefertigter
Dachbauteile

6.5 _ Standardlösungen

6.5.1 _ Tragwerke

Haupttragsysteme: Vollwandträger

In vielen Fällen kann mit Einfeldträgern aus Vollwandträgern in Brettschichtholz für Spannweiten bis zu 40 Metern das wirtschaftlichste Tragwerk erstellt werden. Normalerweise werden Träger bis zu einem Verhältnis von 1:10 (Breite: Höhe) eingesetzt. Bis zu dieser Grenze gelten auch die üblicherweise benutzten Bemessungsgleichungen der DIN 1052 [44]. Vollwandträger ermöglichen ohne großen Aufwand die Herstellung unterschiedlicher Trägerformen.

Satteldachträger

Satteldachträger mit geradem Untergurt und geneigter Oberkante lassen sich sehr wirtschaftlich an flache Dachneigungen mit 2 - 5° anpassen. Die Ausführung mit ein- oder beidseitigem Kragarm erhöht die Wirtschaftlichkeit, da hierdurch die Momentenverteilung optimiert wird. Die Länge des Kragarmes sollte 25 % der Feldlänge nicht überschreiten. Dadurch entstehende Vordächer können als überdachtes Zwischenlager oder auch als Unterstellmöglichkeit für Kraftfahrzeuge genutzt werden.

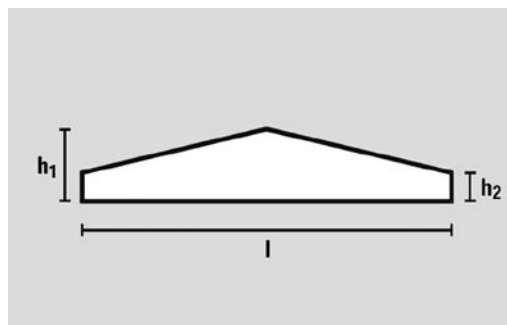


Abb. 6.13

Konstruktionsschema
Satteldachträger

Mögliche Spannweiten:	10 - 50 m
Übliche Dachneigung:	2 - 5°
Übliche Trägerabstände:	5 - 7 m
Kragarme:	beidseitig möglich
Trägerbreiten:	10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 30 cm
Höhe der Bauteile (Vorbemessung):	$h_1 = l / 16$ $h_2 = l / 30$ bis $l / 40$
Pfettensysteme:	· Koppelpfetten · zwischenliegende Einfeldpfetten · oberseitige Mehrfeldpfetten
Mögliche Feuerwiderstandsklassen:	· F30 = problemlos · F60 = mit Mehrkosten · F90 = erschwert möglich
Bevorzugte Festigkeitsklassen:	BS14, BS16

Abb. 6.14

Übersicht Einsatz



Abb. 6.15

Anwendung

Abb. 6.16
 Konstruktionsschema
 Satteldachträger mit
 Untergurt

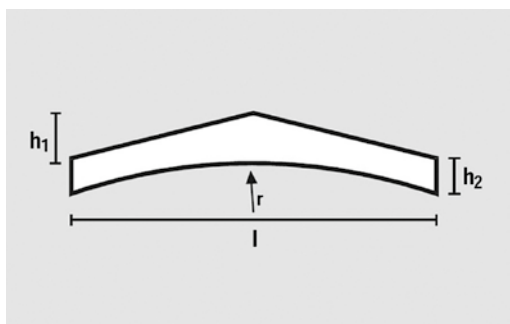


Abb. 6.17
 Übersicht Einsatz

Mögliche Spannweiten:	10 - 40 m
Übliche Dachneigung:	5 - 20°
Übliche Trägerabstände:	5 - 7 m
Kragarme:	beidseitig möglich
Trägerbreiten:	10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26 cm
Höhe der Bauteile (Vorbemessung):	$h_1 = l / 14$ bis $l / 18$ $h_2 = l / 24$ bis $l / 32$
Pfettensysteme:	· Koppelpfetten · zwischenliegende Einfeldpfetten · oberseitige Mehrfeldpfetten
Mögliche Feuerwiderstandsklassen:	· F30 = problemlos · F60 = mit Mehrkosten
Bevorzugte Festigkeitsklassen:	BS14, BS16

Abb. 6.18
 Anwendung



Satteldachträger mit angehobenem Untergurt

Dieser Trägertyp bietet ähnliche Vorteile wie der vorbeschriebene Satteldachträger, jedoch kann hier die Dachneigung bis max. 20° – empfohlen werden 15° – angesetzt werden. Gekrümmte Bauteile weisen durch ihre Geometrie Querkzugsbeanspruchungen im mittleren Trägerbereich auf, die bei höheren Ausnutzungen der Festigkeiten zusätzliche Querkzugsicherungen wie eingeleimte Gewindestangen, Vollgewindestrauben oder außenliegende Beplankungen erfordern. Der Firstsattel dieser Binder ist meist statisch nicht beansprucht und kann auch durch Aufständering ersetzt werden. Bei Ausbildung eines Lichtbandes im Firstbereich kann diese komplett entfallen.

Bogenträger

Bogendächer sind heutzutage ein nicht mehr wegzudenkendes Gestaltungselement, bei dem der Werkstoff BS-Holz alle Stärken ausspielen kann: Einfache Formgebung, hohe Wirtschaftlichkeit, geringes Eigengewicht und geringe Trägerhöhen können beim Einsatz von BS-Holz durch Stahl und Beton nicht übertroffen werden. Der Krümmungsradius hängt von der Lamellendicke und der klimatischen Beanspruchung ab (siehe Nutzungsklassen). Gekrümmte Bauteile sollten üblicherweise mindestens mit einem Radius von 6,60 m gekrümmt werden. Dies entspricht dem Mindestradius bei der üblichen Lamellenstärke von 33 mm. Die DIN 1052 [44] lässt zwar kleinere Radien zu, diese können aber nur mit dünneren Lamellen und entsprechend höherem Kostenaufwand ausgeführt werden.

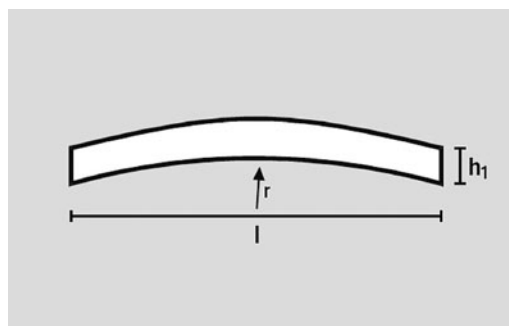


Abb. 6.19
Konstruktionsschema
Bogenträger

Mögliche Spannweiten:	5 - 25 m
Übliche Trägerabstände:	2 - 6 m
Kragarme:	beidseitig möglich
Trägerbreiten:	10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26 cm
Höhe der Bauteile (Vorbemessung):	$h_1 = l/17$ bis $l/25$ $r \geq 7$ m
Pfettensysteme:	· Koppelpfetten · zwischenliegende Einfeldpfetten · oberseitige Mehrfeldpfetten
Mögliche Feuerwiderstandsklassen:	· F30 = problemlos · F60 = mit Mehrkosten · F90 = möglich
Bevorzugte Festigkeitsklassen:	BS14, BS16

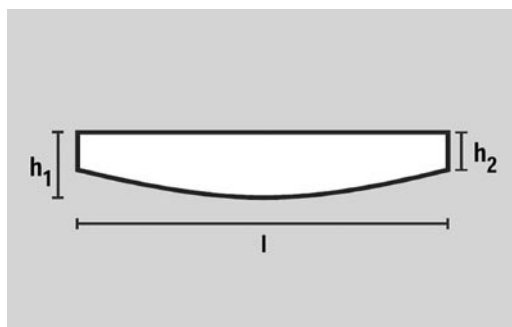
Abb. 6.20
Übersicht Einsatz



Abb. 6.21
Anwendung

Abb. 6.22

Konstruktionsschema
Fischbauchträger

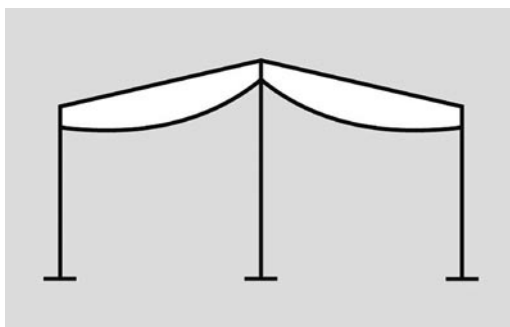
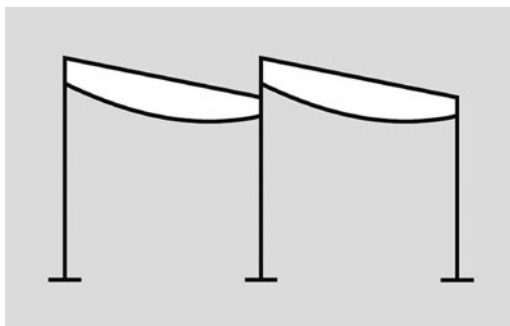
**Abb. 6.23**

Übersicht Einsatz

Übliche Spannweiten:	20 - 35 m
Übliche Trägerabstände:	5 - 7 m
Kragarme:	beidseitig möglich
Trägerbreiten:	10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26 cm
Höhe der Bauteile (Vorbemessung):	$h_1 = l/16$ $h_2 = l/32$
Pfettensysteme:	· Koppelpfetten · zwischenliegende Einfeldpfetten · oberseitige Mehrfeldpfetten
Mögliche Feuerwiderstandsklassen:	· F30 = problemlos · F60 = mit Mehrkosten · F90 = erschwert möglich
Übliche Festigkeitsklassen:	BS14, BS16

Abb. 6.24

Fischbauchträger bei
mehrschiffigen
Hallenquerschnitten

**Abb. 6.25**

Fischbauchträger

Durch die Anpassung der Trägerform an die Beanspruchung oder den statischen Momentenverlauf ist der Materialeinsatz bei Fischbauchträgern optimal ausgenutzt. Dieser wirtschaftliche Träger hat eine elegante Erscheinung, zudem ist der Kräfteverlauf ablesbar. Die Tragfähigkeit kann durch die Ausbildung als inhomogener Brettschichtholzträger mit Lamellen höherer Festigkeit an den Rändern des Querschnittes optimiert werden. Bei einer einschiffigen Halle wird das Dach als Pultdach ausgeführt, bei zwei- oder mehrschiffigen Hallen mit Mittelstützen entstehen Satteldächer oder – bei Versprung der Auflagerhöhen in der Mittelachse – Sheddächer. Neben dem Einsatz als Dachträger können auch Unterzüge und Abfangträger in Fischbauchform ausgeführt werden.

Durchbrüche für Installationen sind in Brettschichtholzträgern zulässig, ihre Ausführung und Anordnung ist allerdings begrenzt. Sie müssen ab einem Durchmesser von 50 mm nach der DIN 1052 [44] bemessen werden. Insbesondere die an den Ecken auftretenden Querkzugspannungen sind gegebenenfalls konstruktiv durch Schrauben oder aufgeleimte Furnierplatten zu verstärken.

Bei der Wahl der Dacheindeckung können Kalt- und Warmdächer zur Ausführung kommen.

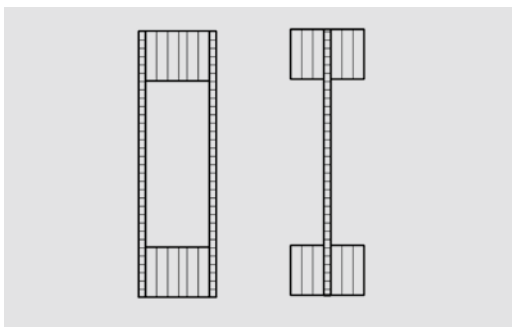
Hierbei werden die Profile entweder ohne zusätzliches Sekundärtragwerk von Binder zu Binder in Längsrichtung der Halle verlegt oder aber über Pfettensysteme vom First zur Traufe. Zu vermeiden sind Dachkonstruktionen, bei denen die Träger die Dämmebene durchdringen. Binder, die so unterschiedliche klimatische Beanspruchungen erfahren, sind durch die klimabedingten hohen Querkzugspannungen sehr stark rissgefährdet.

Haupttragsysteme:**Mehrteilige Biegeträger**

Mit zunehmender Spannweite werden bei vollwandigen Bindern sehr große Querschnitte erforderlich. Größere Spannweiten durch geringere Binderabstände oder durch überhohe Trägerhöhen zu realisieren ist nicht sinnvoll. Der Querschnitt von mehrteiligen Biegeträgern lässt sich effizienter ausnutzen, da er in einen Zug- und Druckgurt aufgelöst wird. Damit ist ein hohes Trägheitsmoment bei geringem Eigengewicht und geringem Materialverbrauch zu erreichen. Die Träger sind leichter und können größere Räume überspannen.

Verbundquerschnitte

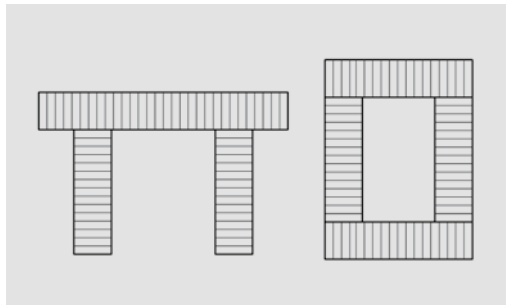
Die einfachste Art, um einen vollwandigen Träger aufzulösen, sind Verbundquerschnitte aus Vollholz oder Holzwerkstoffplatten. Dabei werden



Ober- und Untergurt mit dünnwandigen Stegen verbunden, die hauptsächlich die Schubkräfte übertragen. Das Ausbeulen der Stege lässt sich durch Beulsteifen vor allem im Auflagerbereich verhindern. Verbundquerschnitte mit dünnwandigen Stegen sind für Spannweiten bis zu 50 m sinnvoll.

Blockverleimungen

Kastenprofile besitzen dabei eine höhere Torsionssteifigkeit, sind weniger kippgefährdet und haben eine geschlossene glatte Oberfläche. Noch



leistungsfähiger sind Verbundquerschnitte, die über Blockverleimungen mit einzelnen Brett-schichtholzelementen hergestellt werden. Die Blockverleimung ist in der DIN 1052 [44] erstmals normativ geregelt.

Aufgelöste Träger/Fachwerkträger

Eine weitere Möglichkeit der Querschnittsauflösung ist das Fachwerk. Fachwerkträger werden heute überwiegend mit einteiligen Stäben aus-

**Abb. 6.27**

Blockverleimungen

Abb. 6.26

Verbundquerschnitte

Abb. 6.28

Fachwerkträger

Flugzeughangar Köln/Bonn

geführt. Fachwerkbinder mit massiven Vollholzquerschnitten überbrücken problemlos größere Spannweiten. Die Stäbe können an den Knotenpunkten mit eingeschlitzten Blechen und Stabdübeln, aber auch über moderne Ankerkörper, die in die Stabenden eingelassen werden, verbunden werden. Übliche Ausführungen sind Parallel-, Dreiecks- oder Trapezträger, es lassen sich jedoch fast alle Sonderdachformen realisieren. Für einen einfachen Transport lassen sich beim Fachwerkträger Montagestöbe realisieren, die jedoch geplant und konstruiert werden müssen.

Unterspannter Träger

Unterspannte Träger sind Fachwerkträgern sehr ähnlich. Der Querschnitt wird hier auch in einen Druck- und einen Zuggurt aufgelöst. Aus dem Einfeldträger wird durch die Unterspannung mit Zugband und Spreize ein Mehrfeldträger mit elastischen Unterstüzungen. Die einfachste Form ist die Unterspannung mit einer Spreize. Es können auch mehrere Spreizen und aussteifende Diagonalen angeordnet werden. In diesem Fall geht der unterspannte Binder in einen Fachwerkträger mit Fischbauchform über. Unterspannte Balken sind bei Spannweiten bis zu 30 m zweckmäßig. Die Konstruktionshöhe beträgt ca. ein Zwölftel der Trägerlänge. Durch die Zugbänder aus Rundstahl wirken unterspannte Balken sehr filigran. Es lassen sich aber auch Holzquerschnitte als Zugbänder einsetzen. Unterspannte Binder werden mit Überhöhung eingebaut.

Abb. 6.29

Unterspannter Träger

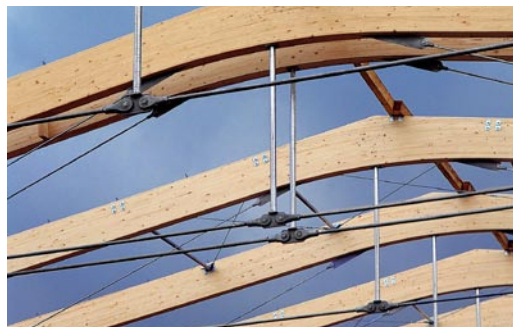
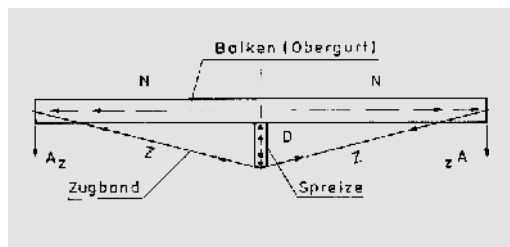


Abb. 6.30

Unterspannter Träger
Prinzipiskizze



Haupttragsysteme:

Rahmensysteme

Vielfach werden Hallen als Rahmentragwerk ausgebildet. Durch das statische System ist der Rahmen horizontal ausgesteift (Reihenstabilisierung). Von Vorteil ist auch, dass die Schnittkräfte auf den Riegel und die Stütze aufgeteilt werden. Der Riegel des Rahmens lässt sich bedeutend kleiner ausführen als der Einfeldträger. Rahmen sind sowohl bei Vollwandträgern als auch bei aufgelösten Querschnitten möglich. Aufgrund des zusätzlichen Gelenks tritt beim Dreigelenkrahn das maximale Biegemoment in der Rahmenecke auf. Da Dreigelenkrahn statisch bestimmt sind, eignen sie sich im Gegensatz zu den einfach statisch unbestimmten Zweigelenkrahn auch für Bergsenkungsgebiete. Dreigelenk-Rahmensysteme gehören zu den architektonisch anspruchsvolleren Tragwerkssystemen, die wegen der äußerst effizienten Kraftabtragung sehr materialsparend sind. Der geringe Gründungsaufwand trägt in der Gesamtbetrachtung zur Wirtschaftlichkeit bei.

Rahmentragwerke

Eingeschränkt wird der Einsatz durch die notwendigen großen Transportkapazitäten und das geringere Lichtraumprofil der Halle im Vergleich zu den anderen Tragwerkssystemen. Insbesondere der Einbau von Brückenkränen ist durch die groß dimensionierte Rahmenecke schwierig, aber möglich. Zum Einsatz kommt dieses Tragsystem für stützenfreie Gewerbe- und Lagerhallen sowie für landwirtschaftliche Bauten.

Für die Konstruktion der Rahmenecke gibt es insbesondere für vollwandige Brettschichtholzquerschnitte bewährte Standardlösungen. Geklebte, keilgezinkte Rahmenecken und gebogene Rahmenecken sind starr und haben eine hohe Tragfähigkeit. Auch eingeschlitzte Stahlbleche sind möglich. Sobald jedoch mechanische Verbindungsmittel eingesetzt werden, ist die Drehfedersteifigkeit der Rahmenecke maßgebend. Der Einfluss der Nachgiebigkeit der Anschlüsse auf die Schnittgrößen ist dabei zu beachten.

„Aufgelöste“ Rahmenecken sind sehr einfach biegesteif herzustellen, so etwa für Zweigelenkrahmen mit Fachwerkiegel, bei dem die Vorteile des horizontal ausgesteiften Rahmens mit einem Fachwerk vereint sind. Eine mögliche Montage der Rahmenecken auf der Baustelle kann die Transportwand erheblich vereinfachen. Bei Dreigelenk-Rahmensystemen lassen sich ebenso Kragarme anfügen wie Nebenbauten mit leichten Schleppdächern.

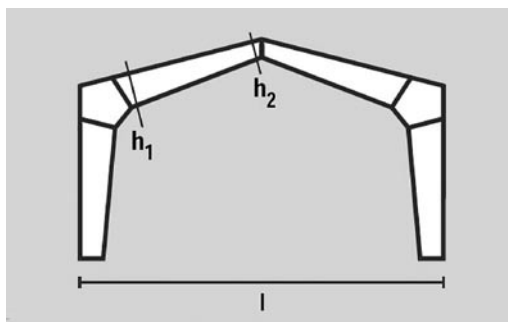


Abb. 6.31

Konstruktionsschema
Rahmentragwerk

Übliche Spannweiten:	15 - 50 m
Übliche Dachneigung:	10 - 40°
Übliche Trägerabstände:	5 - 7 m
Kragarme:	· keilgezinkter Rahmen = bedingt (~2,00 m) · gebogene Ecke = bedingt (~3,00 m) · Rahmenecke mit Dübelkreis = problemlos
Trägerbreiten:	10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24 cm
Höhe der Bauteile (Vorbemessung):	$h_1 = l / 15$ bis $l / 22$ $h_2 = l / 36$ bis $l / 60$
Pfettensysteme:	· Koppelpfetten · zwischenliegende Einfeldpfetten · oberseitige Mehrfeldpfetten
Mögliche Feuerwiderstandsklassen:	· F30 > problemlos · F60 > mit Mehrkosten
Bevorzugte Festigkeitsklassen:	BS11 bei keilgezinkten Rahmenecken, BS14

Abb. 6.32

Übersicht Einsatz



Abb. 6.33

Anwendung

**Abb. 6.34**

Eingespante Holzstützen

Haupttragsysteme:**Stützen und Auflager**

Zur Ableitung der Vertikalkräfte aus dem Dach und den Windkräften auf die Wand kommen Holz-, Stahl- und Stahlbetonstützen zur Anwendung. Die Werkstoffwahl muss im Gesamtzusammenhang des Bauwerks erfolgen. Brandschutztechnische oder anschlusstechnische Gesichtspunkte sind wichtige Kriterien. Mit Stahlbetonstützen lassen sich z.B. Feuerwiderstandszeiten von F90 problemlos realisieren. Stahl bietet hingegen keinen Brandschutz, da er bei Hitzeeinwirkung sehr schnell die Tragfähigkeit verliert. Stahlstützen haben jedoch einen etwas geringeren Platzbedarf. Bei der Wahl von Stahl- oder Betonstützen ist bauphysikalisch auch die mögliche Ausbildung von Kältebrücken zu berücksichtigen. Holzstützen haben hier Vorteile, jedoch überwiegt noch die Verwendung von Stahl- oder Stahlbetonstützen.

Grundsätzlich ist zwischen eingespannten und gependelten Stützensystemen zu unterscheiden.

Statisch bestimmte Systeme – Pendelstützen – enthalten Gelenke, die einfach und preiswert hergestellt werden können. Die gelenkigen Anschlüsse an den Fundamenten führen zu meist wirtschaftlichen Gründungen, die Aussteifung der Halle erfolgt dabei über aufwändigere Dach- und Wandscheiben. Biegesteife Anschlüsse sind aufwändiger und erlauben häufig nicht die Ausnutzung der Tragfähigkeit der Holzquerschnitte. Beidseitig unmittelbar in die Fundamente eingespannte Holzstützen sind derzeit nicht zugelassen. Zulässige Konstruktionen wie Tragsysteme mit einer eingespannten Stütze auf einer und einer Pendelstütze auf der anderen Seite führen zwar zu wirtschaftlichen Querschnitten, nachteilig ist aber die dabei entstehende asymmetrische Ausführung, die zu unterschiedlichen Detaillösungen auf den beiden Hallenseiten führt. Einspannungen von Holzstützen mittels Stahlteilen sind dagegen seit langem zulässig, jedoch durch die hohe Anzahl der Verbindungsmittel aufwändig. Es kann sich als wirtschaftlich erweisen, die multifunktionalen Qualitäten von hölzernen Außenwandelementen zu nutzen. Neben den Funktionen des Gebäudeabschlusses können im Gegensatz zu anderen industriell vorgefertigten Außenwandelementen Holztafeln ohne großen Mehraufwand tragend und aussteifend ausgeführt werden und somit Stützen unnötig machen.



Abb. 6.35

Eissporthalle in Romanshorn: Bögen verursachen große horizontale Auflagerkräfte, dies erfordert besondere Maßnahmen bei der Gründung und ein gut konstruiertes Auflager

Bei der Ausführung von Einfeldträgern ist neben den Stabilisierungselementen immer eine Gabel Lagerung am Endauflager vorzusehen. In der Regel sollte die Gabellagerung $\frac{2}{3}$ der Trägerhöhe am Auflager betragen. Bei der Planung ist eine ausreichende Auflagerfläche zur Ableitung zu berücksichtigen. Als grobe Faustformel gilt: $L \text{ (Auflager) [cm]} = L \text{ (Binder) [m]}$. Der Anschluss muss so gestaltet sein, dass keine Zwängungskräfte etwa durch Schwinden des Holzes auftreten können.

Abb. 6.36
Konstruktionsschema
Mehrfeldträger

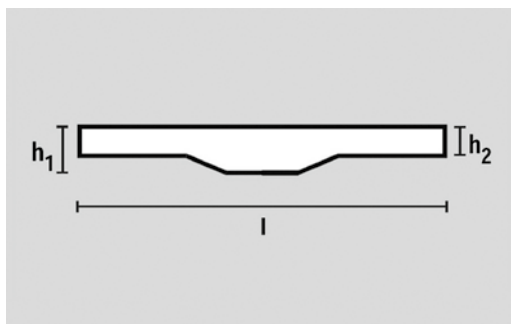
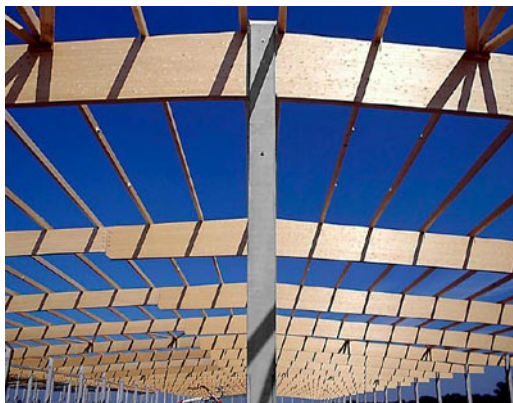


Abb. 6.37
Übersicht Einsatz

Übliche Spannweiten l_1 :	10 - 25 m
Übliche Dachneigung:	2 - 5°
Übliche Trägerabstände:	5 - 10 m
Kragarme:	beiseitig möglich
Trägerbreiten:	10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 30 cm
Höhe der Bauteile (Vorbemessung):	$h_1 = l / 16$ $h_2 = l / 22$
Pfettensysteme:	· Koppelpfetten · zwischenliegende Einfeldpfetten · oberseitige Mehrfeldpfetten
Mögliche Feuerwiderstandsklassen:	· F30 = problemlos · F60 = mit Mehrkosten · F90 = möglich
Übliche Festigkeitsklassen:	BS16, BS18

Abb. 6.38
Anwendung



Sekundärtragsysteme: Mehrfeldträger

Aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten werden Mehrfeldträger als Pfettensysteme im Dach, aber auch im Bereich der Hallengiebel bei großflächigen Produktions- und Lagerhallen favorisiert. Aufgrund der günstigen Momentverteilung werden Durchbiegung und Spannungsverteilung optimiert. Zur Aufnahme der höheren Stützmomente können Vouten angeleimt werden. Bei größeren Spannweiten werden aufgrund der Transportierbarkeit der Bauteile im Momenten-nullpunkt Gelenke eingeplant.

Sekundärtragsysteme: Pfettensysteme

Kann die Dachhaut aufgrund der Spannweite nicht von Träger zu Träger verlegt werden, kommt als Sekundärtragwerk ein Pfettensystem zum Einsatz. Als Pfettensysteme kommen Einfeld-Pfetten und Mehrfeld-Pfetten in Form von Durchlauf-, Gelenk- oder Koppelpfetten zur Ausführung. Mehrfeld-Pfettensysteme sind wegen der Momentenumlagerung grundsätzlich wirtschaftlicher, erhöhen jedoch die Dachkonstruktion, da sie oberhalb der Binderebene verlegt werden.

Da bei Zweifeld-Trägern das Mittelaufleger 25 % mehr Last abträgt als die äußeren Auflager, sollten aufgrund der gleichmäßigeren Lastabtragung

auf die Unterkonstruktion immer Systeme mit mehr als zwei Feldern gewählt werden. Dies gilt auch für Stahltrapezbleche, die in Hallenlängsrichtung gespannt werden. Alternativ können bei der Wahl von Zweifeld-Trägern die Mittelauflager wechselseitig versetzt werden.

Bei größeren Dachneigungen werden die Pfetten entweder auf die geneigte Binderoberkante verlegt, hierdurch werden sie auf Doppelbiegung beansprucht, oder aber lotrecht zwischen die Hauptbinder als Einfeld-Pfette eingehängt. Im zweiten Fall werden die Oberkanten der Pfetten zur Aufnahme der Dachhaut entsprechend der Dachneigung angepasst. Koppelpfetten bestehen bei üblichen Spannweiten aus Bauschnittholz oder bei höheren optischen Ansprüchen aus Konstruktionsvollhölzern, die an den Koppungen vernagelt, verschraubt oder mit Dübeln besonderer Bauart verbolzt werden. Gelenkträger werden in der Regel bei größeren Spannweiten mit BS-Holz ausgeführt, die Verbindung erfolgt meistens über Stahlblechverbinder.

Bei der Verwendung von Sandwichpaneelen sollte aufgrund der höheren Abstände und der Gefährdung durch Undichtigkeiten infolge einer Verdrehung der Unterkonstruktion immer Brett-schichtholz verwendet werden.



Abb. 6.39

Koppelpfetten auf Dreigelenkrahmen

Sekundärtragsysteme:

Dach- und Wandelemente

Industriell vorgefertigte Dach- und Wandelemente können auch die Funktion des Sekundärtragwerks übernehmen, wenn sie durch ihren Aufbau die Spannweiten des Primärtragwerks überbrücken und dabei neben den Eigenlasten alle äußeren Lasten abtragen können. Als wirtschaftliche Bauteile sind Holztafeln mit Rippen- oder Wabenstruktur oder Verbundelemente mit tragfähigen Profilblechen im Handel.

Aussteifung und Stabilisierung

Bei der Planung eines Tragwerks ist als wichtiger Schritt das räumliche Aussteifungssystem zu definieren. Prinzipiell können drei verschiedene Aussteifungsarten unterschieden werden:

Abb. 6.40

Scheibenstabilisierung

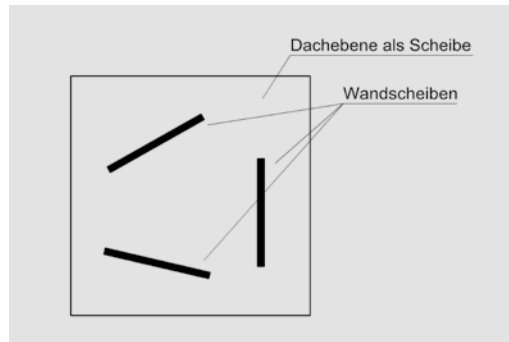


Abb. 6.41

Reihenstabilisierung

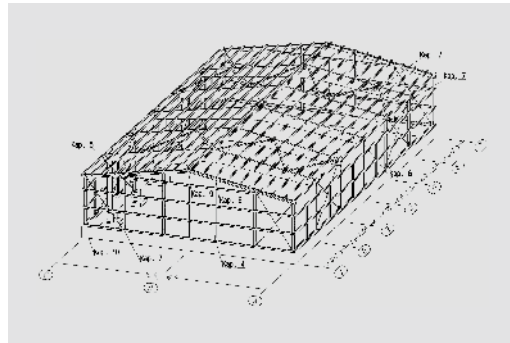
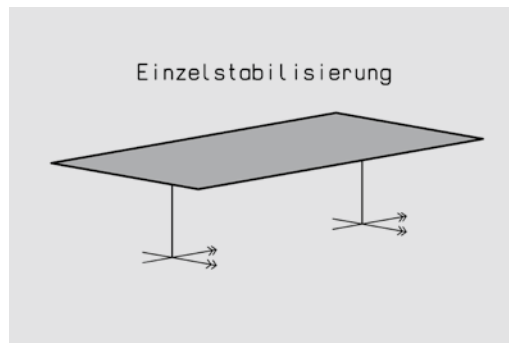
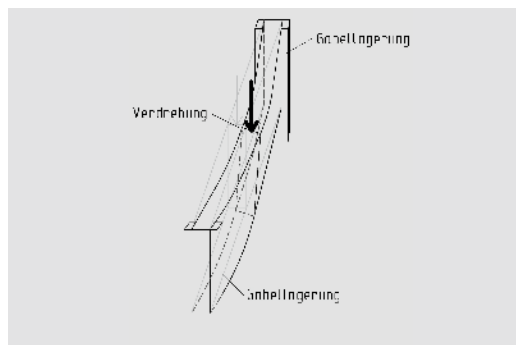


Abb. 6.42

Einzelstabilisierung



Scheibenstabilisierung meint, dass die Dachebene – ausgeführt als horizontal ausgesteifte Scheibe gemäß der DIN 1052 [44] – und mindestens drei vertikale Wandscheiben vorhanden sind, deren Wirkungslinien sich nicht in einem Punkt kreuzen dürfen. Die Wandscheiben können in allen Baustoffen oder alternativ als Verbände ausgeführt werden. Die Ausführung der Verbände kann über Stahlkreuze oder aber druck- und zugsteife Diagonalverbände aus Holz erfolgen. Sie lässt sich aber auch aus Holzwerkstoffplatten gemäß der DIN 1052 [44] ausführen. Verbände aus BS-Holz lassen sich wirtschaftlich in der Feuerwiderstandsklasse F30 und F60 ausführen. Bei der Konstruktion von Hallen wird üblicherweise die Reihenstabilisierung vorgezogen. Jede Achse (Reihe) ist durch Rahmen, Bögen oder eingespannte Stützen ausgesteift, die Aussteifung in Längsrichtung erfolgt über die Dachscheibe und Wandverbände. Bei der Einzelstabilisierung erfolgt die Aussteifung über jeweils zweiachsig eingespannte Stützen.

Abb. 6.43**Seitliches Kippen**

Neben der räumlichen Gesamtaussteifung ist insbesondere das Stabilitätsversagen der einzelnen Bauteile von besonderer Bedeutung. Stellvertretend sei hier das Biegedrillknicken schlanker Brettschichtholzträger erwähnt. Durch vertikale Belastung weicht der gedrückte Obergurt aus, er „kippt“ seitlich weg. Biegeträger weichen immer an den gedrückten Rand aus, bei Einfeldträgern ist dies der Obergurt, der durch Kippverbände stabilisiert wird. Bei Rahmentragkonstruktionen stellt sich der Momentenverlauf anders dar, Kippverbände sind in den biegesteifen Ecken oder im oberen Bereich entsprechend anzupassen.

Die Kippverbände werden meistens mit den erforderlichen Windverbänden kombiniert. Zusammen mit den Pfetten und diagonal ange-

**Abb. 6.44****Kippverbände**

ordneten Rundstahldiagonalen wird ein horizontal liegendes Fachwerk in der Dachebene als Kipp- und Windverband angeordnet. Alternativ sind Diagonalen aus Holz möglich, die über verdeckte Verbindungen zug- und druckfest angeschlossen werden. Da die Verbände maßgebend für die Tragfähigkeit der Binder sind, müssen sie denselben Brandschutzanforderungen wie auch das Haupttragwerk genügen. Die Größe der entstehenden Seitenlasten ist abhängig von der Verbandsteifigkeit. Daher darf die maximale Durchbiegung der Verbände $l/500$ nach DIN 1052 [44] nicht überschreiten.

Horizontale Lasten sind über die Verbände in den tragfähigen Baugrund abzuleiten. Ohne genaueren Verformungsnachweis soll nach DIN 1052 [44] der lichte Abstand zwischen den einzelnen Aussteifungsverbänden 25,00 m nicht überschreiten. Der Abstand der Haltepunkte bzw. der Befestigungspunkte am Träger beträgt üblicherweise 5,00 - 7,00 m, er ist jedoch in jedem Fall vom Statiker zu bemessen.

Die Verbände zur Abtragung der Windkräfte werden häufig auf die Giebelseiten gelegt. Die Giebelstützen werden dann gependelt gelagert und können bei einer späteren Hallenerweiterung problemlos demontiert oder versetzt werden. Wird die Dachscheibe zur Aussteifung der Konstruktion herangezogen, ist zu gewährleisten, dass die Konstruktion während der Bauphase ausreichend gesichert ist. Diese Nachweise der Stabilisierung müssen auch bei Bogentragwerken und Rahmen geführt werden.

Die Bauteile der Kippstabilisierung sind häufig von Bedeutung für die Gestaltung.

6.5.2 _ Hülle

Funktionsschichten

Außenbauteile für Holzbauelemente setzen sich aus einer Vielzahl von einzelnen Schichten zusammen. Damit die Bauelemente alle Funktionen erfüllen können, müssen auch alle Bauteilanschlüsse fachgerecht ausgebildet werden. Mit definierten Materialeigenschaften, Schichtdicken und -anordnungen lassen sich die bauphysikalischen und konstruktiven Bauteileigenschaften differenziert steuern. Die Funktionen unterliegen teilweise einer bauordnungsrechtlichen Reglementierung. Je nach Nutzung des Gebäudes sind bauphysikalische Anforderungen zu erfüllen wie

- die Luftdichtheit,
- die Winddichtheit,
- die Wärmedämmung,
- der Feuchteschutz,
- der Schallschutz,
- der Brandschutz.

Im Folgenden sind die einzelnen Funktionsschichten im Hinblick auf die zuvor genannten Aufgaben und Schutzziele erläutert.

Luftdichtheit

Die Luftdichtheitsebene hat die Aufgabe, eine Durchströmung der Gebäudehülle zu unterbinden. Verhindert werden soll der Verlust von Wärmeenergie und insbesondere bei Holzbauten der konvektive Feuchteintrag in die Konstruktion. Antrieb für die Luftströmung ist ein anliegendes Gesamtdruckgefälle beispielsweise durch Winddruck oder Temperaturdifferenz zwischen innen und außen. Diese Einflüsse sind unabwendbar.

Eine festzulegende Ebene in den Bauteilen der Gebäudehülle (z.B. Außenwand, Bodenplatte oder Dach) muss die Durchströmung verhindern. Im Holzbau wird üblicherweise die raumseitig angeordnete dampfbremsende Schicht gleichzeitig als Luftdichtung verwendet. Möglich sind jedoch auch luftdichte Ebenen auf der Außenseite des Bauteils. Alle Anschlüsse sind dauerhaft abzudichten. Für Durchdringungen finden sich vorgefertigte Manschetten im Handel, die eine fachgerechte Ausführung gewährleisten.

Winddichtheit

Winddichtheitsschichten sind auf der Außenseite von Dämmschichten angeordnet, um eine Hinterströmung der Dämmebene zu verhindern. Durch Folien oder Unterdeckplatten wird verhindert, dass kalte Außenluft die Wärmedämmschicht infolge eines geringen Strömungswiderstands in den oberflächennahen Schichten auskühlt oder sogar durch Fugen bei Stößen und Flanken von Dämmstoffen diese hinterströmt und Bauschäden verursacht.

Wärmedämmschicht

Der Wärmedurchgangswiderstand eines Außenbauteils bestimmt den Wärmeverlust, die Qualität wird durch die Wärmeleitfähigkeit und das Niveau der Wärmebrücken beeinflusst. Die Holzrahmen- und Holztafelbauart ermöglicht den raumsparenden Einbau von Dämmstoffen in konstruktionsbedingte Zwischenräume. Der Wärmebrückeneffekt kann durch zusätzliche raumseitige oder äußere Dämmschichten minimiert werden. Außenbauteile in Holzbaukonstruktionen können beliebig jeden Standard bis hin zu passivhaustauglichen Hüllen ($U \leq 0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$) erfüllen.

Feuchteschutz

Außenbauteile werden außen und innen durch Wasser beansprucht. Außenwandbekleidungen müssen den Schlagregenschutz gewährleisten, während raumseitig dampfbremsende und luftdichte Schichten den Feuchteintrag über Diffusion und Konvektion regelgerecht begrenzen. Sollte ungewollte Feuchte eingedrungen sein, gewährleisten diffusionsoffene Bauteile die schnelle Austrocknung der Bauteile.

Schallschutz

Bei der Schallübertragung wird die Konstruktion zu Schwingungen angeregt. An der Schallübertragung sind alle Bauteilschichten beteiligt. Die Flächenmasse der Beplankung, die Anordnung der Schichten sowie deren Art der Befestigung ist von Bedeutung für die Schwingungsübertragung innerhalb von Holzbauteilen. Zur Erfüllung der Schallschutzanforderungen steht eine Vielzahl geprüfter Dach-, Wand- und Deckenaufbauten zur Verfügung.

Brandschutz

Wesentliche Bauteile müssen im Brandfall für eine geforderte Dauer ihre tragende oder raumabschließende Funktion aufrechterhalten. Die Leistungsfähigkeit eines Bauteils ist vom Zusammenspiel der Tragkonstruktion, der Beplankungen und der Dämmstoffe abhängig. Die Anforderungen können auch die Baustoffklasse betreffen, wobei sich auch mit brennbaren Baustoffen ein hoher Brandschutz erreichen lässt. Zur Erfüllung der Brandschutzanforderungen können entweder Bauteilaufbauten aus DIN 4102-4 [52] oder geprüfte Aufbauten gewählt werden.

Hinweise und weitere Informationen können der Veröffentlichung „Funktionsschichten und Anschlüsse für den Holzhausbau“ [53] entnommen werden.

6.6 _ Parameter der Umsetzung

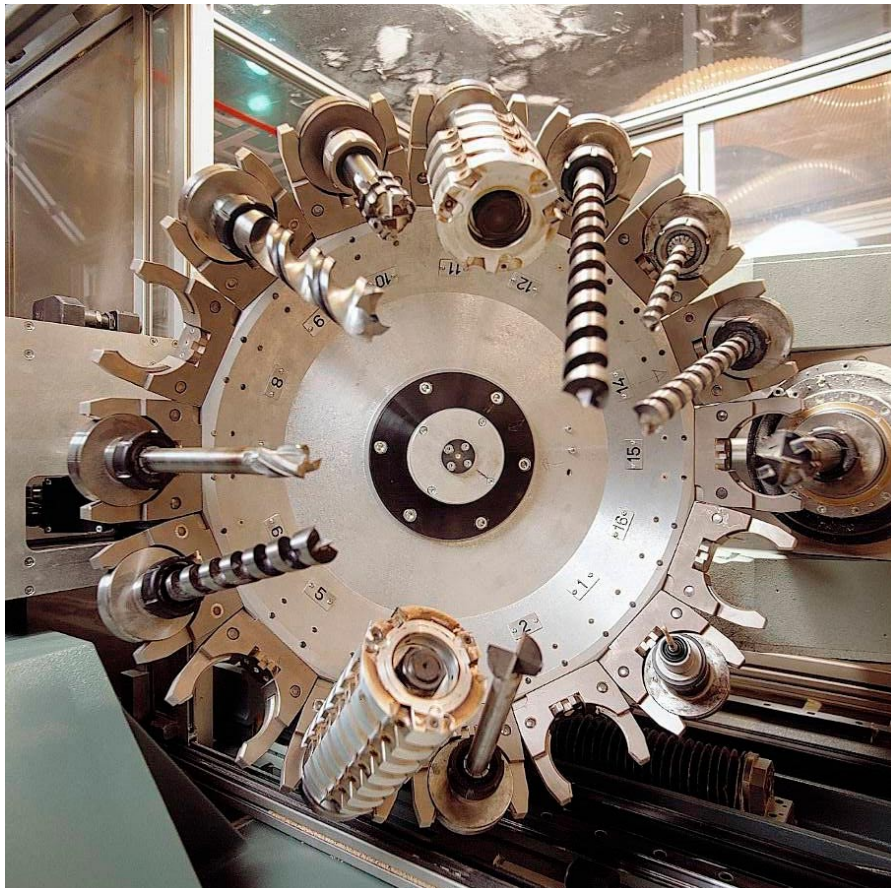
6.6.1 _ Fertigung

Der moderne Holzbau erfolgt heute in der Regel nicht mehr individuell und handwerklich, sondern orientiert sich an Bauweisen und Bausystemen, die die Standardisierung von Bauprodukten sowie der Herstellungsprozesse fördern. Die Produktion wird von der Baustelle in die Werkhalle verlagert und nutzt dort industrielle Verfahren zur Vorfertigung ganzer Bauteile oder Baugruppen. Der Arbeitsaufwand auf der Baustelle wird so gegenüber der traditionellen Bauweise drastisch reduziert. Neben den wirtschaftlichen Vorteilen gewährleisten definierte Fertigungsbedingungen eine wesentlich höhere Qualität. Die Güte- und Qualitätssicherung bei der Fertigung und ganz besonders bei der Montage befindet sich im Holzbau auf einem beispielgebenden Niveau.

Die Vorfertigung umfasst die Fertigung sowohl von Einzelementen wie etwa komplexen Trägern und Bindern, die auf der Baustelle erst zusammengefügt werden, wie auch fast vollständig ausgebaute Elemente, etwa im Großtafel- oder Raumzellenbau.

Für Industrie- und Gewerbebauten ist eine schnelle Bauzeit, verbunden mit Termin- und Kostensicherheit, ein wesentlicher Aspekt. Führt eine Serienbildung in aller Regel zu kostengünstigen Bauwerken, wird heute im Holzbau durch die Entwicklung neuer Fertigungstechniken, wie z.B. CNC-gesteuerter Abbundanlagen, das Prinzip der Massenproduktion modifiziert. Es ist nicht länger die Herstellung des immer gleichen Teiles, die die Ökonomie einer Produktion gewährleistet. Durch die Computertechnologie ist heute die so genannte „Einserserie“ möglich. Die ökonomische Relevanz verlagert sich dadurch auf andere Aspekte wie die Optimierung von Arbeitsabläufen und Materialeinsatz, die optimierte Vorfertigung und als wichtigen Aspekt für den Planer: die systemoptimierte Planung. Dabei werden die Systemvorgaben, wie etwa ein besonderes Tragverhalten, die produktionsbedingten Abmessungen eines Elementes oder die mögliche Integration von haustechnischen oder produktionstechnischen Systemen in der Planung berücksichtigt. Wirtschaftliche Holzbauwerke setzen eine abgeschlossene Planung voraus, die im Industrie- und Gewerbebau ohnehin – wie bereits ausgeführt – zwingend erforderlich ist.

Abb. 6.45
Fräskopf einer Abbundanlage



6.6.2 _ Toleranzen

In DIN 18 202 [54] sind Toleranzen für das Bauwesen festgelegt, die die zulässigen Abweichungen von der vereinbarten Soll-Beschaffenheit eines Bauteils definieren. Ihre Einhaltung ist erforderlich, um die vorgesehene Funktion zu erfüllen und das funktionsgerechte Zusammenfügen von Bauwerken und Bauteilen des Roh- und Ausbaus ohne Anpass- und Nacharbeiten zu ermöglichen. Die Toleranzen berücksichtigen dabei die unvermeidlichen Ungenauigkeiten beim Messen, bei der Fertigung und bei der Montage eines Bauwerks. Sie stellen die im Rahmen üblicher Sorgfalt zu erreichende Genauigkeit dar. Zur Überprüfung der Übereinstimmung des Ist-Zustandes mit dem Soll-Zustand sollten vor der Ausführung Bezugspunkte festgelegt werden, die sich gleichzeitig als Ausgangspunkt der Montage und zur Orientierung anbieten.

Für den Industrie- und Gewerbebau sind im Einzelfall objekt- oder bauteilbezogen andere Regelungen zu vereinbaren, wenn etwa Bauteilabmessungen größer als 30 bzw. 60 m sind oder sich besondere Anforderungen durch den späteren Ausbau ergeben.

Die Normwerte der DIN 18 202 [54] gelten baustoffunabhängig. In Abhängigkeit vom eingesetzten Baustoff und der realisierten Konstruktionsweise sind jedoch hinsichtlich der technischen und wirtschaftlichen Realisierung andere Toleranzen zu prüfen. In der erreichbaren Maßhaltigkeit bestehen zwischen den verschiedenen Bauweisen erhebliche Unterschiede.

Unabhängig vom Vorfertigungsgrad und der Bauweise werden Holzbauteile infolge des maschinengestützten Abbunds mit Maßabweichungen im Millimeterbereich hergestellt. Die Toleranzen für Abmessungen betragen bei üblichen Bauteilgrößen ± 3 mm, die Ebenheits-

abweichungen ± 5 mm. Dabei ist es grundsätzlich möglich, Holzbauteile auf der Basis einer abgestimmten Werkplanung ohne Aufmaß parallel zum sonstigen Baufortschritt zu fertigen. Dann ist es jedoch unter Umständen sinnvoll, erhöhte Anforderungen an die angrenzenden Bauteile zu stellen.

Für vor Ort erstellte Mauerwerks- und Stahlbetonkonstruktionen ist eine entsprechende Genauigkeit nur schwer erreichbar. Im Anschlussbereich zu diesen Massivbauteilen sind Maßabweichungen bis zu ± 20 mm und mehr auszugleichen. Aber auch hier lassen sich durch Vorfertigung die Werte reduzieren. Im Falle einer unzulässigen Abweichung von der vereinbarten Soll-Beschaffenheit hat der Rohbauer eine Nachbesserung vorzunehmen.

Ungeachtet des Umstandes, dass sich mit der Holzbauweise Lösungen umsetzen lassen, die die Maßabweichungen massiver Bauteile kompensieren, sollten die Maßvorgaben der gegenseitig abhängigen Gewerke so aufeinander abgestimmt werden, dass keine zusätzlichen Anpass- und Ausgleichmaßnahmen an den Schnittstellen erforderlich sind. Eine konzertierte Detailadaptation und Festlegung von Maßbezugspunkten mit allen relevanten Projektpartnern zu Beginn der Ausführungsplanung vermeidet Unstimmigkeiten und trägt letztlich zur Wirtschaftlichkeit bei.

So kann es notwendig sein, dass durch den Holzbauunternehmer Bauteile vorab auf die Baustelle geliefert werden, die das vorausgehende Gewerk mit einzubauen hat, so z.B. Stahlbauteile für den Anschluss tragender Elemente. Bei komplexen Bauteilgeometrien empfiehlt es sich, die Einbaulagen der Anschlussbauteile präzise durch einen Vermessungsingenieur ermitteln oder zumindest überprüfen zu lassen. Der Einsatz eines Vermessungsingenieurs kann auch bei der Festlegung

von gewerkeübergreifenden Bezugspunkten oder bei dem Rohbauaufmaß als Grundlage für Holzbaulemente sinnvoll sein.

Bauteulfugen wie auch die mechanischen Verbindungen und Befestigungen von Holzbauteilen müssen die unterschiedlichen Maßabweichungen der Bauelemente, lastabhängige, temperatur- und feuchtebedingte Verformungen sowie

die herstellungsbedingten Maßabweichungen von Baustoffen berücksichtigen. Für einzelne Holzbauteile wie Stützen, Träger, Binder, Wand-, Boden-, Decken- und Dachtafeln gilt die DIN 18 203 [55].

Sollmaße für Bauschnittholz, Konstruktionsvollholz (KVH) und Balkenschichtholz finden sich in der DIN EN 336 [46].

Tabelle 6.04

Toleranzklassen nach DIN EN 336 [46]

Bauschnittholz, KVH, Balkenschichtholz Dicke und Breite in mm	Toleranzklassen nach DIN EN 336:2003-09	
	1	2
≤ 100 mm	-1 mm/+3 mm	-1 mm/+1 mm
≥ 100 mm	-2 mm/+4 mm	-1,5 mm/+1,5 mm

Diese Werte beziehen sich auf eine Messbezugsholzfeuchte von 20 %. Bei der Prüfung ist daher neben den Abmessungen auch die Holzfeuchte zu ermitteln und mit der Bezugsfeuchte zu vergleichen.

Man rechnet bei 1 % Feuchtezunahme oder -abnahme mit einer Volumenänderung um ca. 0,25 %.

Tabelle 6.05

Toleranzen für BS-Holz nach DIN EN 390 [56]

Querschnittsbreite	50 mm ≤ b ≤ 300 mm		
Breitentoleranz	±2 mm		
Querschnittshöhe	100 mm ≤ h ≤ 400 mm		400 mm < h ≤ 2500 mm
Höhentoleranz	+4 mm / -2 mm		+1 % / -0,5 %
Trägerlängen	l ≤ 2,0 m	2,0 m < l ≤ 20 m	l > 20 m
Längentoleranz	±2 mm	±0,1 %	±20 mm

Dabei ist die Messbezugsholzfeuchte für BS-Holz mit 12 % festgelegt.

6.6.3 _ Projektabwicklung im Holzbau

Die Abwicklung eines Bauvorhabens wird wesentlich durch das Projekt selbst und dessen äußere Rahmenbedingungen bestimmt. Jedes Bauvorhaben verlangt eine individuelle Optimierung hinsichtlich der Elementgrößen, die in Abhängigkeit vom Planungsraster, von den Transportbedingungen und -kapazitäten sowie den Baustellenbedingungen festzulegen sind. Die Abmessungen des Rasters verantworten in der Regel die Planer, die neben bautechnischen Parametern auch andere Faktoren zu berücksichtigen haben. Bei wirtschaftlichen Bauwerken sind in diese Strukturplanungen jedoch auch bereits holzbaurelevante Aspekte eingeflossen. Ausgehend vom Raster entwickelt das Holzbaunternehmen die optimale Größe für die Holzbauelemente.

Flächige Elemente

Üblicherweise stellen die betrieblichen Fertigungsmöglichkeiten für Wand-, Decken- und Dachelemente keine Einschränkung in den Bauteildimensionen dar. Moderne Holzbaubetriebe sind in der Lage, Elementgrößen bis zur maximalen Transportkapazität zu erstellen. Nach der Straßenverkehrsordnung lassen sich Elemente üblicherweise mit Höhen von 3,00 bis 3,30 m und Längen bis ca. 14,00 m ohne Sondergenehmigung stehend transportieren. Bei einem liegenden Transport sind als maximale Breite bis zu 2,55 m zulässig. Darüber hinaus lassen sich größere Abmessungen als Sondertransporte bewegen, wenn die Verkehrsverhältnisse der Transportstrecke – Brückenhöhen oder Belastbarkeit – dies zulassen. Darüber hinaus ist auch die Situation auf der Baustelle mit Blick auf die Zugänglichkeit und den Montageraum zu berücksichtigen.

Einzelelemente

Die Dimensionen von Einzelelementen wie Träger oder Binder hängen von den Fertigungsmöglichkeiten der Hersteller oder des Holzbauunternehmens ab. Vollwandbinder aus BS-Holz mit Höhen bis 200 cm und Querschnittsbreiten bis 22 cm können von allen Herstellern gefertigt werden, Höhen bis 300 cm und Breiten bis 26 cm sind nur eingeschränkt realisierbar. Träger lassen sich bis zu einer Länge von 65 m herstellen, jedoch wird hier die Transport- und Montagefrage entscheidend. Die Maximallänge eines Trägers ist somit situationsabhängig.

Träger bis zu einer Länge von 24 m lassen sich ohne Probleme transportieren. Längen bis zu 40 m haben sich auf der Baustelle als praxistauglich erwiesen. Abgewinkelte oder gebogene Binderformen sind bei Überschreitung der zulässigen Höhe nicht mehr stehend, sondern liegend zu transportieren. Für aufgelöste Tragsysteme wie Fachwerkträger oder Raumtragwerke erlauben Montagestöße auf der Baustelle wirtschaftliche Transportgrößen.

Transport und Montage

Die Bauteilanlieferung erfolgt „just in time“ und sichert so einen kontinuierlichen Montageablauf. Eine Zwischenlagerung der Elemente ist nach Möglichkeit zu vermeiden. Die Fertigung im Betrieb sollte mit den Transportterminen und dem Montagefortschritt präzise abgestimmt sein. Die Unternehmer greifen daher trotz eventuell geringerer Ladekapazitäten gerne auf ihren eigenen Fuhrpark zurück, um nicht im Falle von Verzögerungen die Kosten wartender Spediteure tragen zu müssen.

Für die Montage sind die Kranstellung, Hebekapazitäten und bei Bedarf eine Gerüststellung zu berücksichtigen und abzustimmen. Auch hier werden häufig die eigenen Fahrzeugkrane der Holzbauunternehmen eingesetzt, möglicherweise in Kombination mit vorhandenen Turmdrehkränen.

Das vergleichsweise geringe Flächengewicht von Holztafelementen aus stabförmigen Traggliedern mit ca. 50 - 65 kg/m² erlaubt eine gute Ausnutzung der Transportkapazität und eine einfache Montage. Holztafeln aus flächigen Systemen können das vierfache Gewicht aufweisen und sind dennoch deutlich leichter als Betonfertigteile gleicher Größe.

Weniger das Eigengewicht als die Belastung aus Wind ist für die Montage von Bedeutung. Zur Vermeidung von Montageschäden empfehlen sich Hebezeuge mit geringer Hub- und Senkgeschwindigkeit, zudem ist die Standsicherheit jederzeit zu sichern. Hier helfen Hilfskonstruktionen wie Absteifungen oder Abspannungen. Die besonders wirtschaftliche Form der Montage erfolgt ohne Gerüst. Die Holzbaulemente werden durch den Kran unmittelbar vom Transportfahrzeug aus in ihre endgültige Position gebracht und befestigt.

**Abb. 6.46**

Transport

**Abb. 6.47**

Montage

**Abb. 6.48**

Montage

7_ Projektmanagement

Das Projektmanagement eines Fabrikplanungsprojekts stellt eine komplexe Aufgabe dar. Es umfasst die Gesamtheit aller Planungs-, Steuerungs-, Koordinierungs- und Überwachungsaufgaben zur sach-, termin- und kostengerechten Realisierung von Projekten sowie die hierfür benötigten Konzepte und Methoden [57]. Diese Aufgaben müssen ganzheitlich für alle am Fabrikplanungsprozess beteiligten Disziplinen durchgeführt werden.

Eine besondere Herausforderung stellt im Projektmanagement die Projektplanung dar. Sie ist die Vorbereitung der Projektdurchführung. Hier müssen alle Planungsprozesse der beteiligten Fachplaner identifiziert und ihre Abhängigkeiten erkannt werden, um einen ganzheitlichen Projektzeitplan zu erstellen. Die Methode der Synergetischen FabrikplanungTM bietet hierbei eine fundierte Hilfestellung. In Zusammenarbeit des Departments für Baukonstruktion und Industriebau der Fachhochschule Münster und

dem Institut für Fabrikanlagen und Logistik der Leibniz-Universität Hannover wurde diese Methode in Abstimmung mit Vertretern der Industrie entwickelt und stellt einen ganzheitlichen Ansatz dar, der die verschiedenen Sichten auf die Fabrikplanung vereint. Sind alle Planungsprozesse terminiert und ihre Abhängigkeiten definiert, können für die Projektsteuerung, -koordination und -überwachung Standardwerkzeuge verwendet werden. Im Folgenden soll die Methode der Synergetischen FabrikplanungTM vorgestellt werden, um eine Hilfestellung für die Projektplanung komplexer Fabrikplanungsprojekte zu geben und weitere Anforderungen an das Projektmanagement zu definieren.

Basis der Methode der Synergetischen FabrikplanungTM stellen die **Beziehungen der Gestaltungsobjekte** dar. So hängt z.B. die Planung des Fundaments eines Fabrikgebäudes u.a. direkt von der Auswahl der Maschinen und deren Anforderungsprofil ab (siehe Abb. 7.02).

Abb. 7.02

Beispielhaftes Beziehungsgeflecht zwischen Gestaltungsobjekten

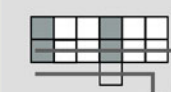
Gestaltungsfelder Detailierungsebenen der Fabrik		Raum	Prozessmittel	Organisation
I Werk (lokaler Standort, Generalbebauung) 		• Gesetze und Auflagen • Grundstück • Generalbebauung • Außenanlagen • Ver- und Entsorgung Gebäude		• Aufbauorganisation
		• Layout • Bauform • Tragwerk • Hülle • Ausbau • Anmutung • Netze • Zentralen	• Informationstechnik	• Produktionskonzept • Logistikkonzept • Struktur
		• Kommunikation • Brandschutz • Auslässe • Ver- und Entsorgung Prozess	• Transportmittel • Lagermittel	• Arbeitsorganisation
		• Arbeitsplatzgestaltung	• Produktionsmittel • Sonstige Mittel	• Qualitätssicherungskonzept

Abb. 7.01

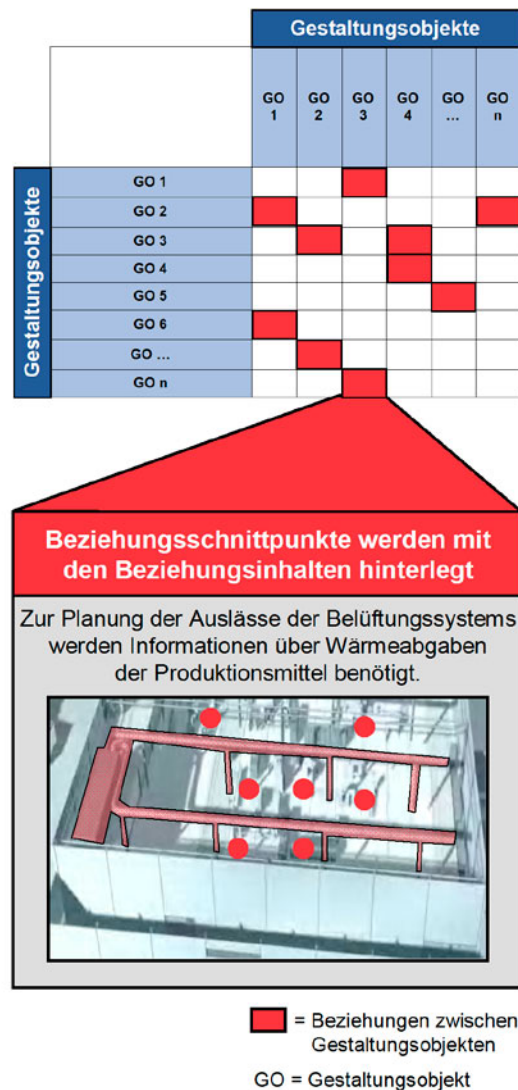
Kohlemischlagerhalle in Bottrop (1987),

Tragwerksplanung: Brüninghoff GmbH & Co. KG



Abb. 7.03

Beziehungsmatrix der
Gestaltungsobjekte



Die Beziehungen werden zur besseren Übersicht in eine Matrix überführt. Diese so genannte Beziehungsmatrix stellt alle Gestaltungsobjekte gegenüber, so dass die Beziehungsinhalte im Schnittpunkt zweier Gestaltungsobjekte eingetragen werden können. Abb. 7.03 stellt die Beziehung zwischen dem Gestaltungsobjekt Auslässe und dem Produktionsmittel dar. Zur

Planung der Auslässe werden Informationen über die Wärmeabgaben der Produktionsmittel benötigt. Dies betrifft die im Betrieb der Produktionsmittel anfallende Höhe der Temperatur sowie die Angabe der örtlichen Position der Wärmeabgabe.

Da in Fabrikplanungsprojekten häufig mit Annahmen und Schätzungen von Informationen gearbeitet wird, die sich im Laufe des Projekts konkretisieren, verändern sich auch die Beziehungsinhalte in den Schnittpunkten im Verlauf eines Planungsprojekts. Deshalb kann die Beziehungsmatrix phasenspezifisch aufgestellt werden. So können einerseits Beziehungen spezifischen Planungsphasen zugeordnet und andererseits sich zeitlich entwickelnde Beziehungen differenziert betrachtet werden. Da durch diese Phasenzuweisung nicht jedes Gestaltungsobjekt in jeder Planungsphase relevant ist, kann durch die Aufteilung der Gesamtmatrix in sechs phasenspezifische Matrizen auch eine Komplexitätsreduzierung der einzelnen Matrizen erreicht werden. Jeder der sechs grundlegenden Planungsphasen wurde eine eigene Matrix zugeordnet (Abb. 7.04).

Dabei lässt sich feststellen, dass zu Beginn des Projekts (Vorbereitungsphase) einige wesentliche Zusammenhänge berücksichtigt werden müssen, in der Konzeptionsphase die meisten Beziehungen identifiziert werden können und im weiteren Verlauf der Großteil der Beziehungen eine Verdichtung und Konkretisierung von Planungsergebnissen ausmacht.

Zur Erstellung eines Projektzeitplans müssen neben der zeitlichen Terminierung von Beziehungen einzelner Gestaltungsobjekte auch wesentliche Meilensteine eines Fabrikplanungs-

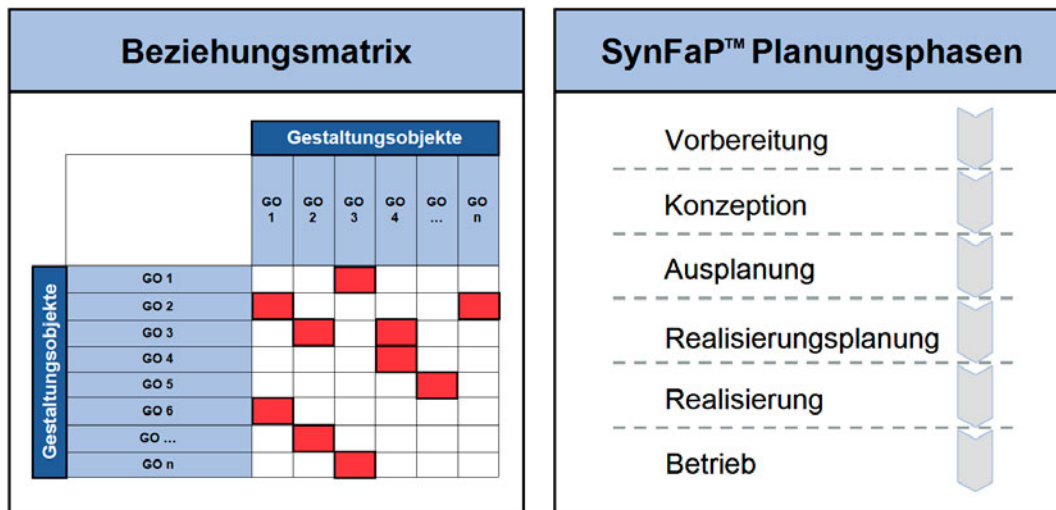
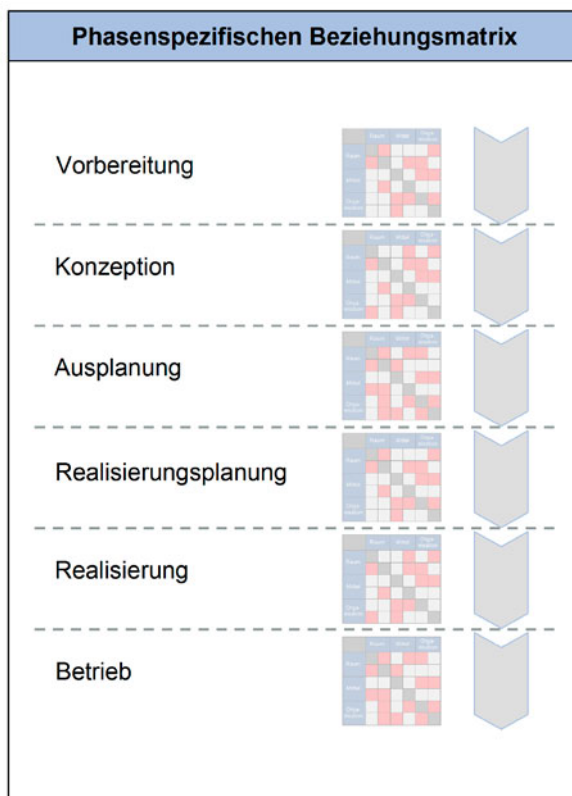


Abb. 7.04

Phasenspezifische
Beziehungsmatrix



vorgehens berücksichtigt werden, die nicht der Ausgestaltung einzelner Gestaltungsobjekte unterliegen. Daher werden Beziehungsgeflechte, die zu einem bestimmten Zeitpunkt vorliegen, zu Gruppen zusammengeführt und diese Gruppen als Meilensteine der Beziehungsmatrix ergänzt.

Das Einreichen von Genehmigungsanträgen oder ein Layoutworkshop sind Beispiele solcher Meilensteine. In der vertikalen Ebene der Matrix ergänzt, zeigen sie so ihren Bedarf an Informationen von Gestaltungsobjekten an (Abb. 7.05).

Abb. 7.05

Erweiterung der Beziehungsmatrix um Meilensteine

Spezifische Meilensteine werden in einzelnen Phasen ergänzt					
So können z.B. alle Objektparameter der für die Einreichung des BImSch-Antrags notwendigen Gestaltungsobjekte eingesehen werden.					
Flexibel sollen im Anwendungsfall Meilensteine ergänzt werden können, z.B. als Controllingpunkte oder projektbedingte Abstimmungstreffen.					
BImSch = Bundes-Immissionsschutz					
	Raum	Prozessmittel	Organisation		
Raum					
Prozessmittel					
Organisation					
Meilensteine					

Die ermittelten phasenspezifischen Beziehungen zwischen den Gestaltungsobjekten müssen in einen zeitlichen Ablauf gebracht werden, um die Erstellung eines ganzheitlichen Projektzeitplans zu ermöglichen (Abb. 7.08).

Hierzu bedarf es eines systematischen Vorgehens, damit z.B. eine Rückwärtsterminierung der Planungsprozesse vom Zeitpunkt der geplanten Fertigstellung der Fabrik durchgeführt werden kann. Dafür ist es notwendig, eine zusätzliche Angabe dem Informationsaustausch zu hinter-

Abb. 7.06

Erweiterung der Beziehungsmatrix um Kosten

Phasenspezifische Kostenbetrachtung							
Gestaltungsobjekte können Kostengruppen und Ausgabenarten zugewiesen werden.							
Phasenspezifisch können diese Informationen zum Kostencontrolling genutzt werden.							
	Raum	Prozessmittel	Organisation	Kosten			
Raum							
Prozessmittel							
Organisation							
Meilensteine							

legen. Es ist entscheidend, ob die geforderten Informationen in der entsprechenden Planungsphase schon vorliegen oder selbst ein Ergebnis oder Teilergebnis der Planungsphase darstellen. Werden diese Angaben den Gestaltungsobjekten hinterlegt, kann aus der so gestalteten Beziehungsmatrix eine logische Reihenfolge für den Beziehungsaustausch abgeleitet werden und führt damit zu einer Grundstruktur eines Projektzeitplans. Dieser kann im Anschluss mit den beteiligten Planern durch konkrete Zeitangaben detailliert werden.

Das Projektmanagement kann mit Hilfe der Methode der Synergetischen Fabrikplanung™ des Weiteren im Bereich der kostengerechten Realisierung unterstützt werden. An die einzelnen Objekte des Modells werden dazu kostenseitige Informationen angehängt, um aus betriebswirtschaftlicher Sicht die Möglichkeit zu haben, Angaben zu Investitionen und Betriebskosten aus dem Planungswerkzeug zu erhalten. So ist es möglich, eine gezielte Kostenübersicht anhand der Gestaltungsobjekte zu erhalten und Auswirkungen von Planungsänderungen leicht

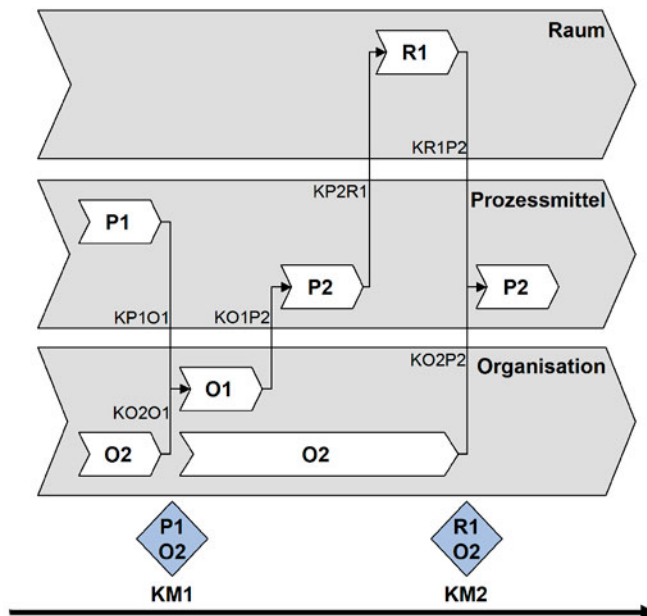
Abb. 7.07

Von der Beziehungsmatrix zur Prozessdarstellung

Konzeption	Raum	Prozessmittel	Organisation
Raum		KR1P2	
Prozessmittel	KP2R1		KP1O1
Organisation		KO1P2	
Meilensteine	KM2R1	KM1P1	KM1O2
			KM2O2

-  Funktionsbereich = Gestaltungsfeld
-  Planungsprozesse der Gestaltungsobjekte
-  Informationsaustausch
-  Meilensteine

Konzeption



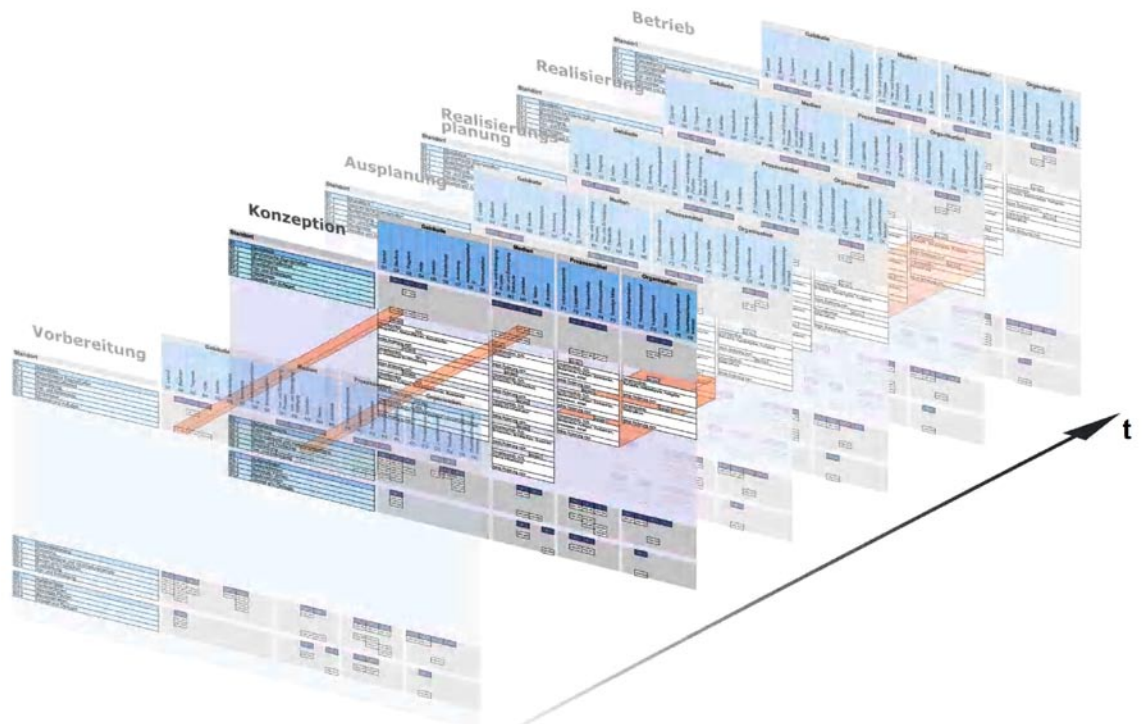
einzusehen. Phasenspezifisch können jeweils ein geschätzter Kostenaufwand oder getätigte Ausgaben für das betroffene Gestaltungsobjekt aus den Planungsdaten der Beziehungsmatrix ermittelt werden. Die Beziehungsmatrix wird für diese Überwachungsaufgabe um Kostenspalten zur direkten Auswertung erweitert (Abb. 7.06). Beispielhafte Kostenspalten sind Kostengruppen nach DIN 276 [20] oder Ausgabenarten eines Gestaltungsobjekts nach aktuellem Planungsstand 05.2006 des VDI Fachausschuss Fabrikplanung. Dabei spielt nicht jedes Gestaltungs-

objekt in jede Kostenspalte ein. Hier erfolgt die Zuweisung gestaltungsobjektspezifisch.

Die Methode zur Synergetischen Fabrikplanung™ birgt für die Aufstellung, die Durchführung und die Dokumentation eines Fabrikplanungsprojekts erhebliche Vorteile bezüglich Zeit-, Kosten- und Qualitätskriterien. Abhängige Planungsprozesse unterschiedlicher Disziplinen können durch die Darstellung von Austauschprozessen nachhaltig verbessert werden.

Abb. 7.08

Beziehungsmatrix als Grundlage zur Erstellung eines Projektzeitplans



8 _ Ausgeführte Beispiele

In diesem Kapitel werden zwölf Bauwerke dokumentiert, die nicht nur die heutigen Anforderungen an Industrie- und Gewerbebauten, sondern vor allem beispielhaft die spezifischen Verwendungsfähigkeiten des Baustoffes Holz in diesem breitgefächerten Aufgabenfeld widerspiegeln.

Ungewöhnliche Holzbauwerke täuschen oftmals in ihrer bestechenden Qualität darüber hinweg, dass der Baustoff einer ökonomischen Betrachtung unterzogen wird und nicht selten genau dieser Aspekt zur Entscheidung für den Baustoff führt. So wurde mit dem Hochregallager in Weiler (Kapitel 8.7) aufgrund der finanziellen Konkurrenzfähigkeit von Holz ein neues Betätigungsfeld erschlossen.

Auch bei scheinbar alltäglichen Aufgaben wie dem Bau einer Lagerhalle erweist sich Holz als günstige Alternative. Das bei der Lagerhalle in Laufenburg (Kapitel 8.6) erdachte Konstruktionsprinzip lässt sich in seiner Einfachheit auf viele andere Bauaufgaben übertragen. Auch für die Dachkonstruktion des Flugzeughangars in Wien (Kapitel 8.8) wurde trotz abgeschlossener Vorplanung in Stahl aus Kostengründen eine Hybridlösung aus Holz und Stahl entwickelt. Wenn auch nicht im Vordergrund stehend, so sollte doch erwähnt sein, dass der Baustoff Holz auf Flughäfen dazu beiträgt, Störungen des Radars zu minimieren.

So sind es häufig spezifische technische Eigenschaften, die den Baustoff Holz für die Nutzung eines Bauwerks prädestinieren. Aufgrund seiner Resistenz gegen chemisch-aggressive Stoffe ist er erste Wahl bei der Realisierung der Salzlagerhalle in Riburg (Kapitel 8.9) gewesen. Auch bei der Bewältigung des extremen Raumklimas der Großbäckerei in Essen (Kapitel 8.5) spielt Holz eine wichtige Rolle.

Holztragwerke zeichnen sich durch ihr geringes Eigengewicht im Verhältnis zur Tragfähigkeit aus und sind deshalb für die Realisierung großer Spannweiten im Industrie- und Gewerbebau von Vorteil. Dies beweisen der Flugzeughangar in Wien (Kapitel 8.8) oder auch – auf sehr repräsentative Weise – die Messehallen in Karlsruhe (Kapitel 8.4).

Ungewöhnliche architektonische Qualität entsteht häufig dann, wenn relativ einfache, standardisierte Konstruktionsmittel intelligent eingesetzt werden. Dass der Holzbau in besonderem Maße zu solchen Lösungen inspiriert, zeigen das Firmengebäude in Rellingen (Kapitel 8.2), das mehrfach prämierte Distributionszentrum in Bobingen (Kapitel 8.1) oder das Betriebsgebäude einer Zimmerei in Feldkirch (Kapitel 8.11).

Weitere Bauwerke werden auch in dem Tagungsband INFORMATIONSDIENST HOLZ „Industrie- und Gewerbebau in Holz: Balance zwischen Technik und Kommunikation“ dargestellt [58].

8.1_ Distributionszentrum in Bobingen



Abb. 8.1.01

Die Lagerhalle ist umhüllt mit Doppelstegplatten – sechs Hubtore gliedern die Südfassade

Bauherr:
Kaufmann Holz AG, Bobingen

Architekt:
Florian Nagler Architekten,
München

Tragwerksplaner:
Merz Kley Partner, Dornbirn

Bauzeit:
Januar - Mai 1999
(Planung und Realisierung)

Fläche:
3.500 m²

Ein Holzbauunternehmen benötigt in einem der Ortschaft Bobingen bei Augsburg vorgelagerten Industriegebiet eine einfache Halle mit Kranbahnen zur Lagerung, Endbearbeitung und Kommissionierung von Leimhölzern. Abgesehen vom enormen Zeitdruck – Planung und Realisierung Januar bis Mai 1999 – stand im Vordergrund, dem Bauherren ein Gebäude mit der Bauaufgabe angemessenen, einfachen Details und Konstruktionen zu errichten. Es sollte zum einen speziell auf den vorgegebenen Produktionsablauf zugeschnitten sein, zum anderen dennoch ein hohes Maß an Flexibilität aufweisen, um künftigen Entwicklungen des Betriebs nicht hinderlich zu sein. Darüber hinaus war es Wunsch des Bauherren, trotz der einfachen Form ein Gebäude zu errichten, das dem Anspruch, eines

des führenden Holzbauunternehmens Europas zu sein, gerecht würde.

Die zweischiffige Halle ist in Längsrichtung im Zweimeterraster gegliedert. In diesem Abstand liegen die Dachbinder aus Brettschichtholz, die jeweils 21 m überspannen. Die Dachschalung ist in Teilbereichen mit Dreischichtplatten zur aussteifenden Scheibe ausgebildet, der überwiegende Teil der Dachfläche ist mit einer 35 mm starken Brettschalung belegt.

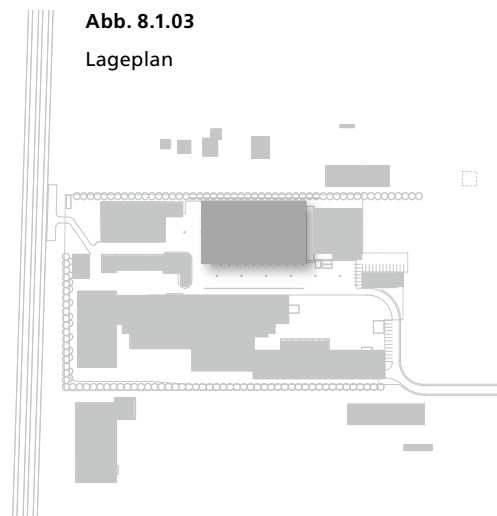
Die Längswandstützen bestehen aus zwei durch Dreischichtplatten gekoppelte BS-Holz-Balken, die über unsichtbar eingelassene Bleche im Fundament eingespannt sind. Sie stehen im dreifachen Achsraster und gewährleisten die Queraussteifung des Gebäudes. Der höhere Gurt

Abb. 8.1.02

Blick in die Halle vom Werkhof aus

**Abb. 8.1.03**

Lageplan

**Abb. 8.1.04**

BS-Holz-Träger im Abstand von 2 m sorgen für eine ruhige und klare Untersicht der Decke

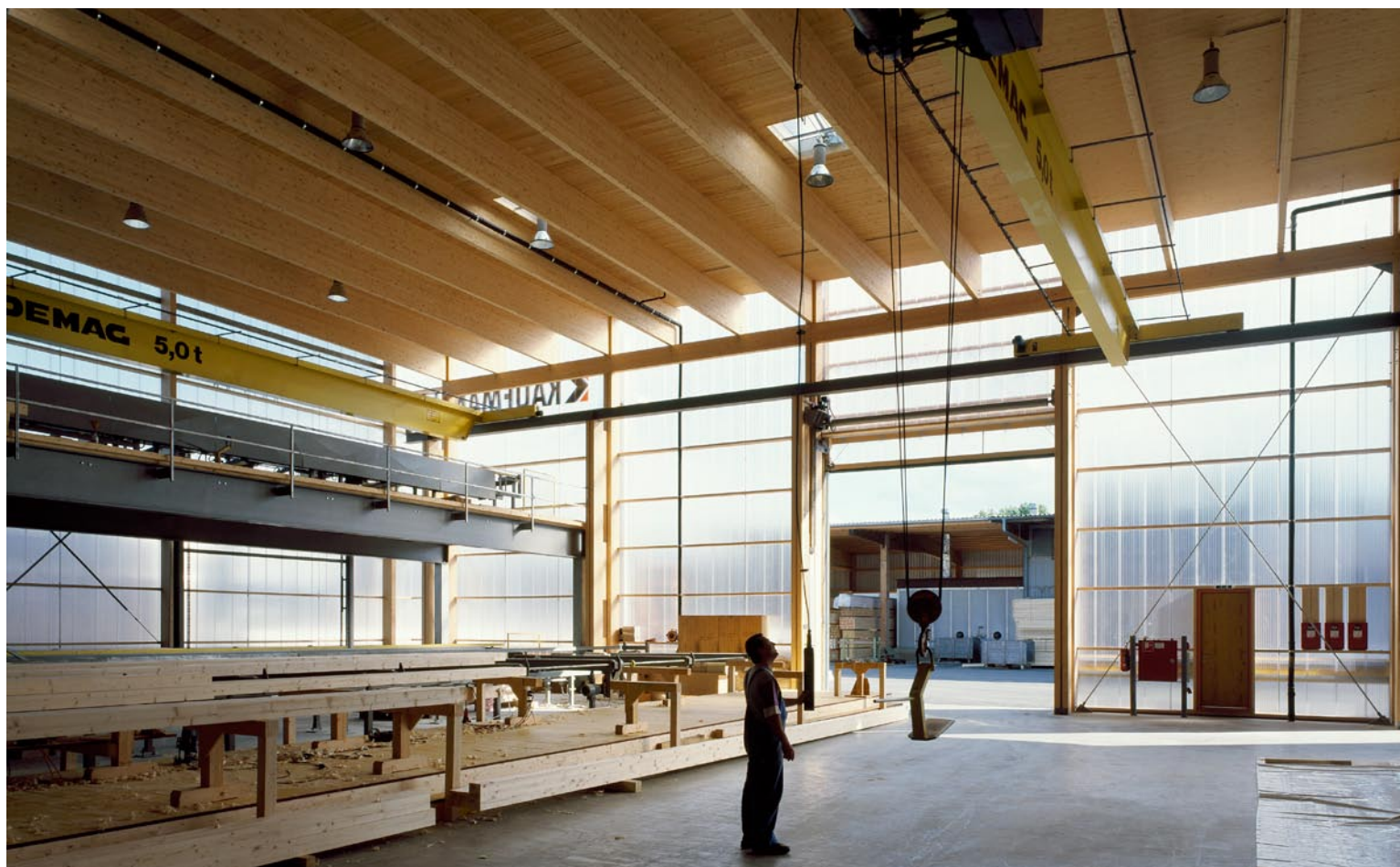


Abb. 8.1.05

Die Transparenz gibt der Halle eine unverwechselbare Erscheinung



Abb. 8.1.06

Durch die Mittelstützen verläuft der Kranführerweg



Abb. 8.1.07

Eingespannte Doppelstützen



der Außenstützen übernimmt die Kräfte aus der Dach- und Fassadenkonstruktion, der niedrigere Innengurt dient als Auflager für die Kranbahnschienen. Zwischen den Gurten der Innenstützen – auch hier tragen sie die Kranbahn – ist ein Kranführerweg integriert, der die Beobachtung und Führung der fünf Kräne in beiden Hallenschiffen ermöglicht. In Längsrichtung wird die Konstruktion durch Verbandkreuze stabilisiert.

Die Tragkonstruktion ist mit einer Haut aus transparenten Polycarbonat-Doppelstegplatten umschlossen. Das allseitig diffus einfallende Tageslicht gibt der Halle eine angenehm weiche Helligkeit. Die senkrecht angeordneten, gebäudehohen Platten – durch Nut und Feder miteinander verbunden – sind am Fußpunkt fest eingespannt und oben lose gefasst, um thermische Längenänderungen zuzulassen. Von außen unsichtbar sind die Platten mit Metallprofilen an schmale, mit Stahlstäben abgehangene Fassadenriegel geklammert.

Die Vielzahl teilweise unmittelbar nebeneinander angeordneter Portaltore war Anlass für die senkrechten Schiebekonstruktionen. Über die Tore, Notausgänge und Rauchabzugsöffnungen in der Decke kann die Halle be- und entlüftet werden. Zusätzlich beugt die hohe Speicherkapazität der Bodenplatte aus flügelgeglättetem Stahlfaserbeton einer Überhitzung der Halle im Sommer vor.

Unabhängig von der Holzkonstruktion sind im Bereich der zweigeschossigen Säge- und Hobelanlage Stahlbühnen eingefügt, die zu einem späteren Zeitpunkt wieder demontiert werden können. Wo es möglich war, setzte man Baustoffe (Schal tafeln, Brettschichtholz, Dreischichtenplatten usw.) ein, die in den verschiedenen Werken des Unternehmens hergestellt werden. So wurden beispielsweise unbehandelte gelbe Schal tafeln mit ihren roten Kanten als Prallschutz entlang der Hofseite und für die kastenartig gebauten Zugänge verwendet. Das rohe Material wirkt signalgebend und wird so zum Ornament.

Abb. 8.1.08

Die mittlere Stützenreihe gliedert die Halle in zwei Joche

**Abb. 8.1.09**

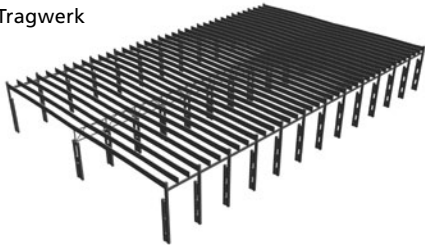
Die Hallendecke ist größtenteils mit einer Brettschalung belegt

**Abb. 8.1.10**

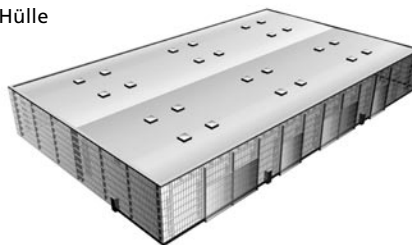
Westseite der Halle

**Abb. 8.1.11**

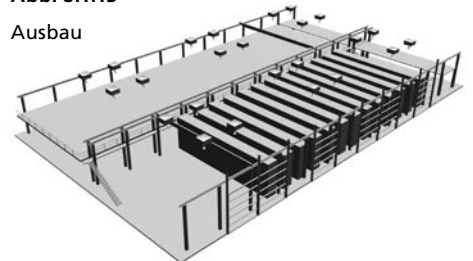
Tragwerk

**Abb. 8.1.12**

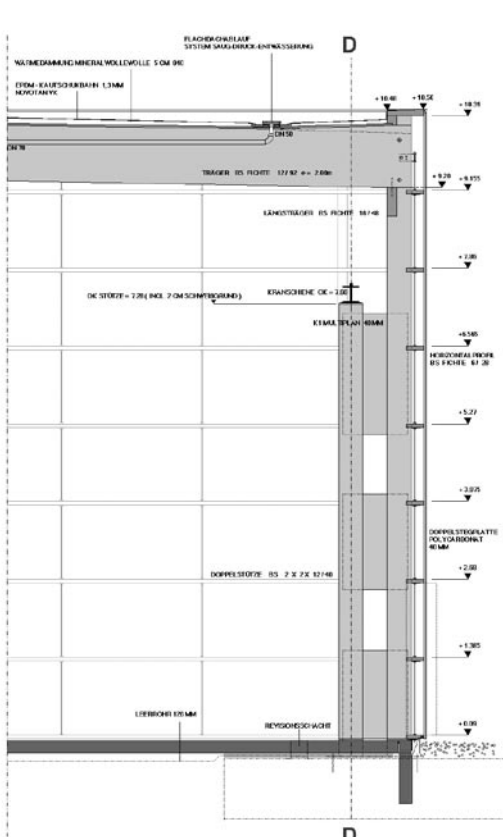
Hülle

**Abb. 8.1.13**

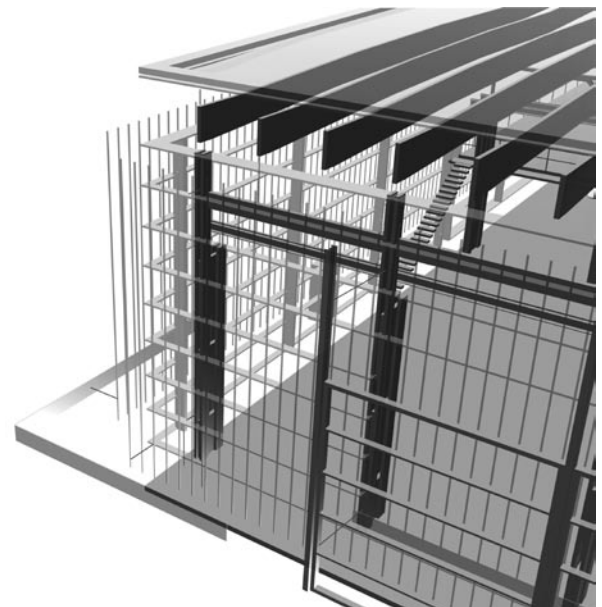
Ausbau

**Abb. 8.1.14**

Fassadenschnitt
(unmaßstäbliche
Verkleinerung)

**Abb. 8.1.15**

Verschneidung Wand/Stütze/Dach



8.2_ Firmengebäude in Rellingen



Abb. 8.2.01

Das Gebäude besteht aus zwei langen Röhren mit einem quergestellten Zwischenbau

Bauherr:

Franziska und Tobias Grau,
Rellingen

Architekt:

BRT Architekten, Hamburg

Tragwerksplanung:

Wetzel & von Seht,
Hamburg

Bauzeit:

1. BA: April 1997 - April 1998

2. BA: Juli 2000 - Juli 2001

Flächen BGF:

1. + 2. BA: 4.160 m²

Die Architekten führten beim Neubau des Firmengebäudes eines Herstellers von Leuchten innovative Technik, funktionale Räume und anspruchsvolle Gestaltung intelligent zusammen. In zwei Bauabschnitten wurde ein zweigeschossiges Bauwerk realisiert, das aus zwei langen Röhren von zeppelinähnlichem Querschnitt mit einem quergestellten Zwischenbau besteht.

Im Erdgeschoss sind Lager, Versand, Technik und Werkstatt untergebracht. Im Obergeschoss befinden sich unhierarchisch organisierte Büroräume. Die Endfassaden der Röhren sind beide verglast, aber dennoch unterschiedlich ausgebildet: Die Südseite steht lotrecht, die Nordseite wurde aus baurechtlichen Gründen abgeschrägt.

In den Obergeschossen gliedert eine Mittelspange aus eingeschnittenen Atrien, Konferenzräumen, Treppen und Sanitärbereichen die Raumfolge. Die obere und untere Ebene werden über ein zweigeschossiges Foyer miteinander verbunden.

Die tragende Konstruktion besteht aus stark gekrümmten BS-Holz-Bindern mit einer Spannweite von 24 m und 8 m Höhe, die im Abstand von 5 m aufgestellt wurden. Sie tragen die Außenfassade aus Aluminium. Ein eingestellter Betontisch ergibt eine zweigeschossige Nutzung und dient gleichzeitig als Aussteifung. Im Obergeschoss werden die Binder in den Drittelpunkten durch schräg gestellte Pendelstützen aus Eichenholz unterstützt.

Abb. 8.2.03

Lageplan

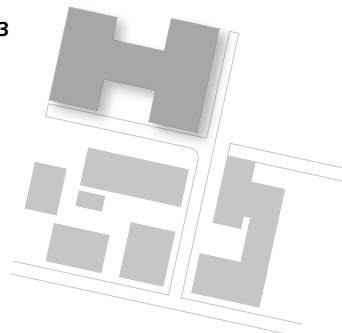


Abb. 8.2.02

Fließender Übergang von Büro- und Ausstellungsflächen

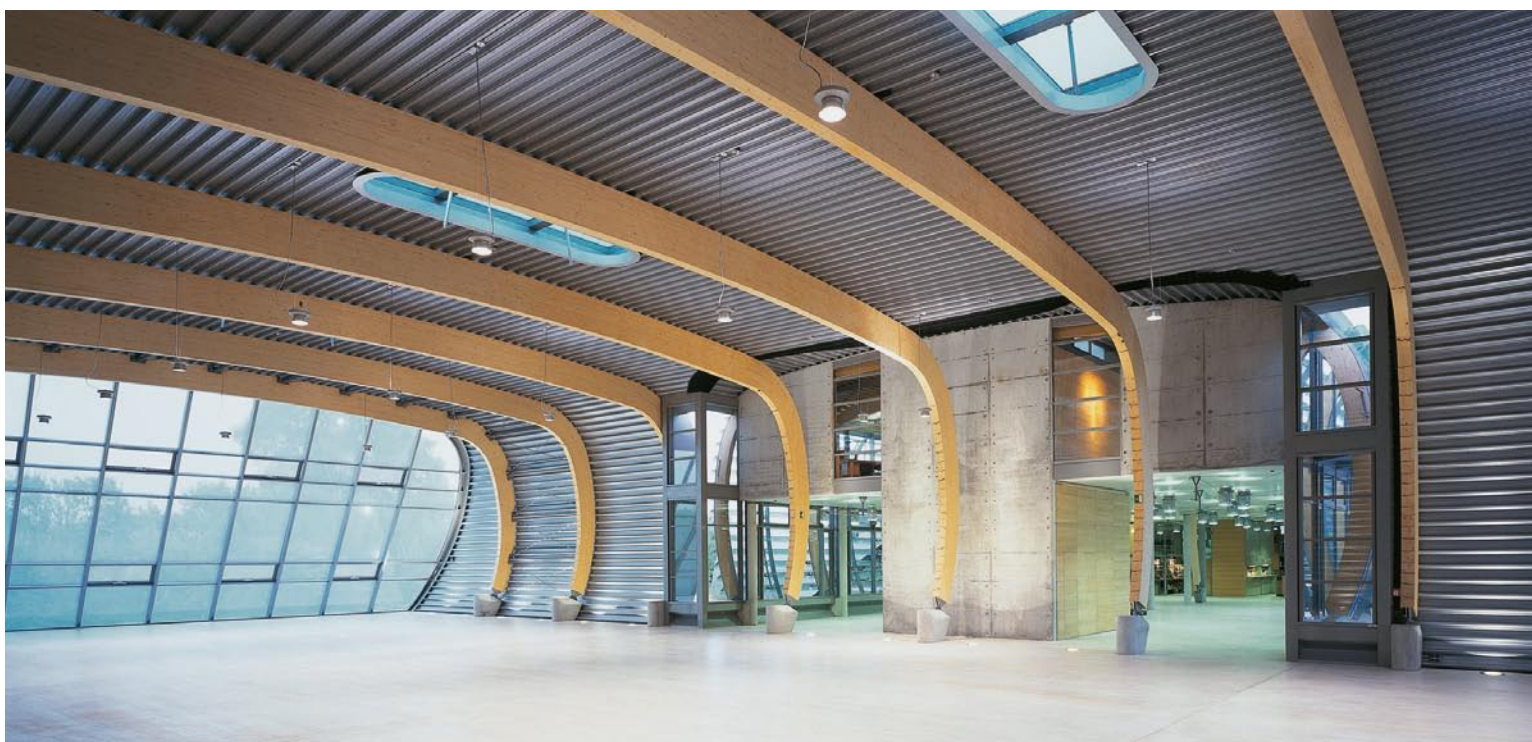
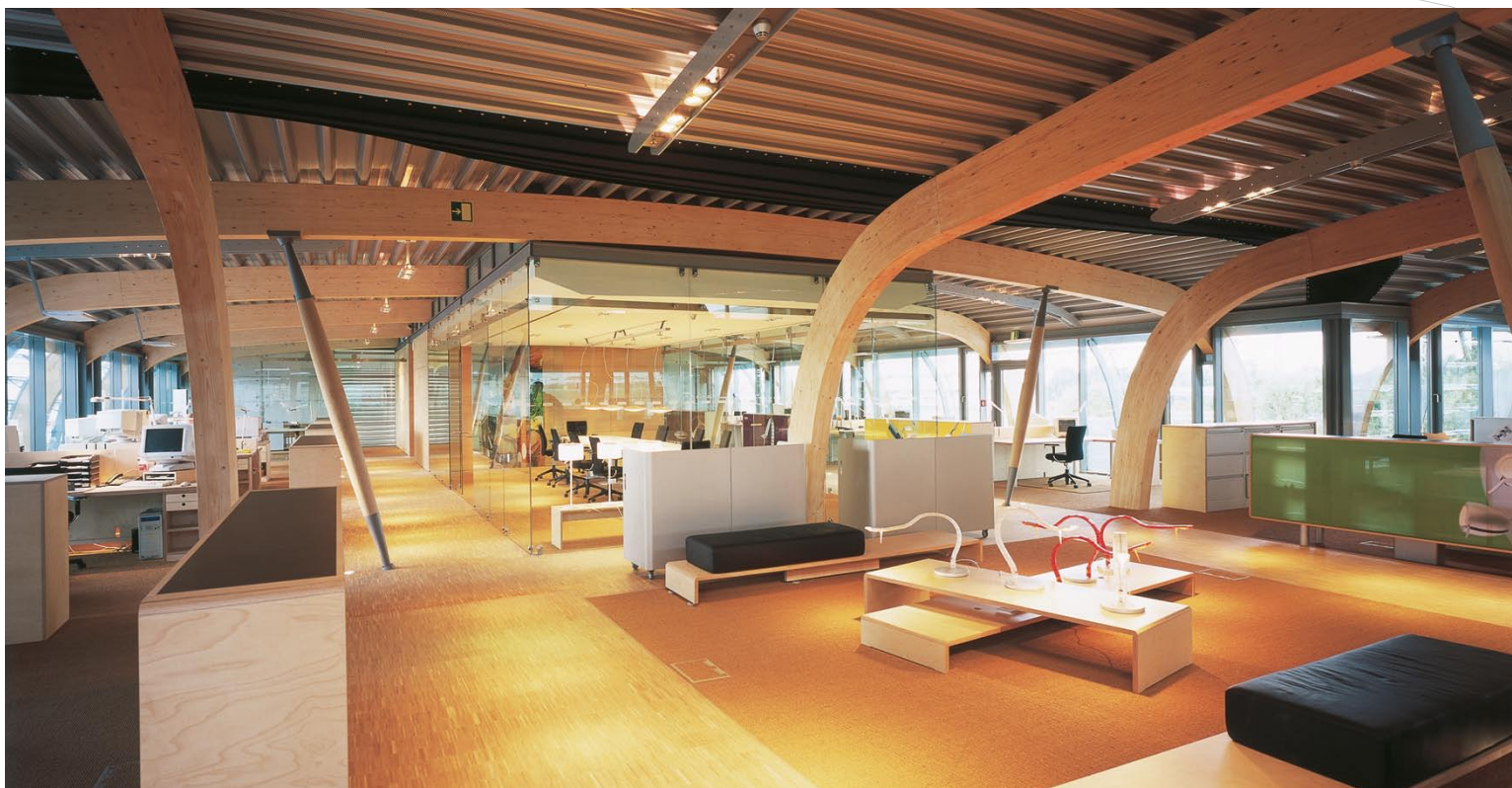


Abb. 8.2.04

Die Lagerhalle vor Einzug der Werkstätten

Die BS-Holz-Binder bilden gleichzeitig an der Ost- und Westseite die Aufnahmepunkte für eine zweite Haut in Form von eigens entwickelten Sonnenschutzlamellen aus gebogenem und bedrucktem Glas. Diese sind individuell regelbar und lassen sich in Abhängigkeit von der Sonneneinstrahlung automatisch ausrichten.

Durch die Wölbung des Glases konnte bei der notwendigen Länge von 2,50 m auf eine zusätzliche Unterkonstruktion verzichtet werden. Treten im Sommer außerordentlich hohe Temperaturen auf, wird über eine Betonkernkühlung und die mit kaltem Wasser beschickte Fußbodenheizung in beiden Geschossen ein angenehmes Raumklima erreicht. Die Photovoltaik-Konstruktionen an den Südseiten der beiden Röhren sind als Structural-Glazing-Fassaden ausgeführt. Dabei wurden die einzelnen Solarmodule in einem Raster so auf Abstand gesetzt, dass Tageslicht einfallen kann, gleichzeitig aber auch ein Sonnenschutz gewährleistet ist.

Die BS-Holz-Binder tragen als Haupttragwerk eine Aluminiumaußenhaut aus Alucobondtafeln und Glas sowie davor liegenden Glaslamellen, die gleichermaßen Dach und Wand des Gebäudes bilden. Die Dachschalung ist als Sparschalung zusätzlich Träger der Wärmedämmung, der Dachhaut und der Schallabsorber.

Besondere Aufmerksamkeit wurde der Lichtführung und Belichtung gewidmet. Das architektonische Thema heißt Transparenz. Das große Rohr leuchtet nachts wie eine riesige Laterne und steht tagsüber als dunkelgraues, glänzendes Objekt fremdartig auf der grünen Wiese. Licht und Transparenz sind auch die dominierenden Themen der Innenräume. Die großen Glasflächen an der Ost- und Westfassade und die eingestellten Atrien sorgen für natürliche Belichtung. Die teilweise lichtdurchlässige Südfassade erzeugt ein raffiniertes Schattenspiel im Innenraum.

Die Nordfassade ohne Sonnenschutz ist schräg gestellt und ermöglicht so einen Lichteinfall tief ins Gebäudeinnere. Aus dem Abstand der BS-Holz-Binder ergibt sich eine Bürogröße von jeweils 25 m². Die individuell entworfenen Möbel sind als niedrige Raumteiler gebaut, um die Transparenz zu erhalten. Jedes Büro wird durch einen Tresen begrenzt, der die Funktion eines Kommunikationsplatzes hat.

Abb. 8.2.05

Fassadenschnitt (unmaßstäbliche Verkleinerung)

- 1 Dachaufbau:
Alucobond Tafeln, d= 4mm, bombiert, farbbeschichtet, auf UK geschraubt, Kalzip-Blech, bombiert, h=50mm, d=1mm, b=233mm mit Klipp-Profilen auf dem Unterdach befestigt, Wärmedämmung, h=12cm, Dampfsperre Trapezblech h=10cm, gelocht
- 2 Verdeckte Kastenrinne, Zinkblech
- 3 Pfostenriegel-Konstruktion aus Alu, b= 5cm, pulverbeschichtet, U-förmige Deckschalen
- 4 Gebogener Holzeinbinder 20/45 cm, aus Brettschichtholz
- 5 Sonnenschutzlamellen aus gekrümmten VSG-Glasschalen, innenseitig bedruckt, Halter aus Edelstahl
- 6 Deckenaufbau Bürogeschoß:
Lamellenparkett, Eiche, d= 22mm, schwimmender Heizestrich auf Trittschalldämmung, d= 12cm, Ortbetondecke, d= 20-30cm Untersicht als Kappendecke, Sichtbeton
- 7 Gitterrost-Konstruktion:
begehbare, Stahl verzinkt, Tragstruktur aus Stahlschwertern, verzinkt, horizontales F30 Paneel, blechverkleidet
- 8 Innenstütze mit Binderauflager:
Stahlbetonfertigteile e 30cm, Oberfläche Sichtbeton
- 9 Sohlbankabdeckung aus Alucobond-Tafeln, mehrlagige Abdichtung, Hartschaumdämmung, d= 12cm Trapezblech d=10cm
- 10 Brüstungsverkleidung innen:
gebogenes Stahlblech, farbbeschichtet, auf UK
- 11 Deckenaufbau Lagergeschoß:
Magnesiaestrich, d= 22mm, Heizestrich als Verbundkonstruktion d=7cm Ortbetonsohle, d= 30cm Sauberkeitsschicht, Magerbeton, d= 10cm
- 12 Sockelaufbau:
Frostschürze Ortbeton, d= 20cm, Bituminöse Abdichtung, Perimeterdämmung, d= 10cm

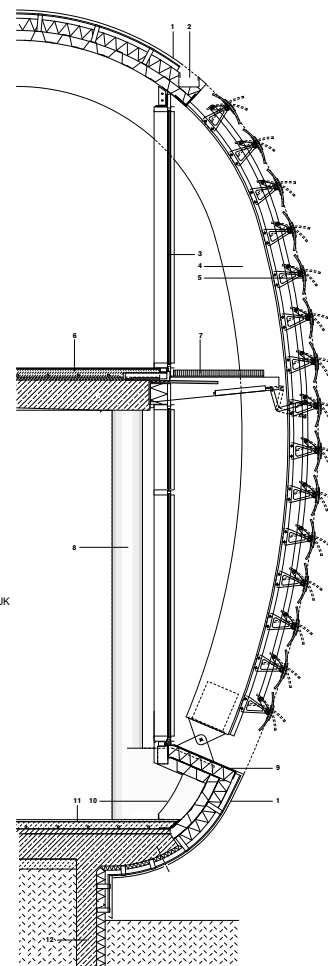


Abb. 8.2.06

Bürobereiche werden durch niedrige
Raumteiler getrennt

**Abb. 8.2.07**

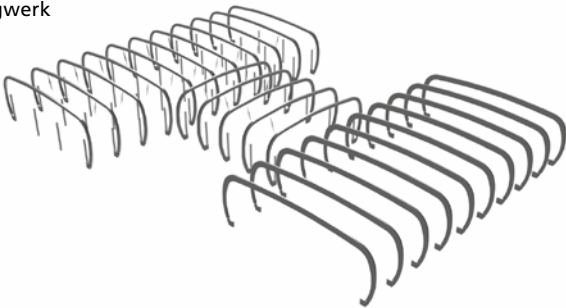
Schräggestellte
Pendelstützen

**Abb. 8.2.08**

Montage der
BS-Holz-Binder

**Abb. 8.2.09**

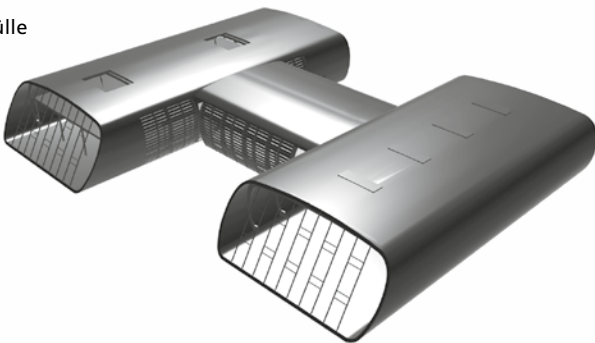
Tragwerk

**Abb. 8.2.12**

Stahlrahmen für
die Südfassade

**Abb. 8.2.10**

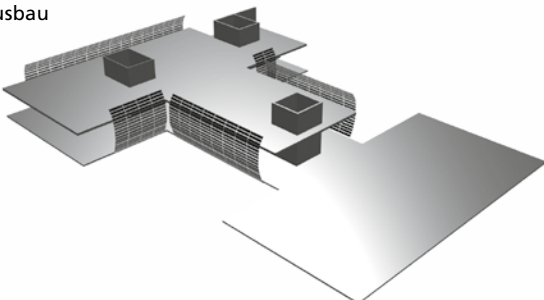
Hülle

**Abb. 8.2.13**

Aussteifung der
Holzkonstruktion

**Abb. 8.2.11**

Ausbau



8.3_ Firmensitz in Niederstetten



Abb. 8.3.01

Der flach gelagerte Firmensitz zeichnet sich durch größtmögliche Transparenz aus

Bauherr:

BASS GmbH & Co. KG,
Niederstetten, München

Architekt:

Florian Nagler Architekten,
München

Tragwerksplanung:

Merz Kley Partner, Dornbirn (A)

Bauzeit:

März 2003 - Dezember 2004
(Planung und Bau)

Fläche (BGF):

6.900 m²

Der Entwurf lässt sich ganz auf die Besonderheiten des Ortes ein und macht das Schauen zum prägenden Erlebnis im neuen Firmensitz eines Unternehmens, das Präzisionsgewindebohrer herstellt. Die Abfolge der drei großen Hallen für die Werkbereiche Weichbearbeitung, Hartbearbeitung und Versand mit zwei eingefügten Kern- und zwei Randzonen ist sehr einfach und erklärt die Produktionsschritte unmittelbar.

Im Erdgeschoss sind beide Längsseiten nach Westen und Osten nahezu vollständig verglast. Die gebäudelangen Panoramafenster geben den Blick auf die umliegende Landschaft frei, lassen

aber auch von außen den Produktionsablauf der Fertigung klar erkennen.

Hinter beiden Längsfassaden verlaufen interne Wege. Im Westen ist es der 4 m breite Erschließungsweg mit zwei einläufigen Treppen ins Obergeschoss zur Verwaltung, im Osten der ebenfalls 4 m breite Transportweg, der sich durch große Schiebetore von Halle zu Halle öffnen lässt. Die Nordseite dient der Anlieferung und als Mitarbeiteringang, die Südseite der Auslieferung und als Kundeneingang. Die Anordnung der Hallen senkrecht zu den Haupteerschließungen ermöglicht einen reibungslosen

**Abb. 8.3.02**

Das Tragwerk der Hallen setzt sich aus einem Hauptträger mit je einem Ober- und Untergurt sowie verbindenden Stahlzangen zusammen

Materialfluss, sowohl im ersten Bauabschnitt als auch in weiteren Ausbaustufen. Im Obergeschoss gliedern sich die Büros entlang einer offenen Flurzone in drei Blocks, die in der Fassade auskragen und mit Aluminiumblechlamellen verkleidet sind. Dazwischen sind Terrassen angeordnet. Von den Büros aus schaut man nicht nur in die Werkhallen hinunter, sondern auch in die Konstruktion der drei Hallendächer hinein, da der Dachaufbau in etwa der Höhe des gesamten Obergeschosses entspricht.

Die vier erdgeschossigen Kerne sind als sichtbar bleibende Stahlbetonkonstruktion ausgeführt.

Darauf lagern drei geschosshohe Kuben als F30-Holzkonstruktion, die nach Westen hin die Verwaltungsräume aufnehmen, im Mittelteil das Dachtragwerk über den 28 m breiten Produktionshallen und nach Osten hin mit den Technikbühnen abschließen. Verwaltung und Technikbühnen sind als Holztafelbau mit schlanken Stahlstützen konstruiert.

Das Haupttragwerk besteht aus dreiteiligen BS-Holz-Trägern mit einem 12 cm hohen Obergurt, auf dem die Dachhaut aufliegt und der als Druckgurt wirkt, einem 1,28 m hohen Hauptträger, der die eigentliche Last aus dem Tragwerk

Abb. 8.3.03

In den auskragenden Obergeschossen befinden sich die Verwaltungsräume



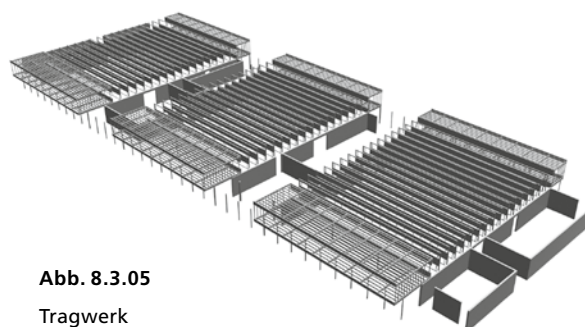
aufnimmt, und einem ebenfalls 12 cm hohen Untergurt, der in seiner Funktion als Zuggurt zur Montage der kompletten Feininstallation (Starkstrom, Datenleitungen, Beleuchtung, Wasser, Heizung, Druckluft und Schleiföl) dient. Die drei Teile mit einer Gesamthöhe von rund 3,50 m werden über eine stählerne Zangenkonstruktion zusammengehalten. Die Führung der großen Lüftungsquerschnitte erfolgt zwischen Hauptträger und Obergurt. In den so gewonne-

nen Freiräumen finden sämtliche Installationen Platz, sind leicht erreichbar, und für die Mitarbeiter bleibt das Raumvolumen der gesamten Halle erhalten. Um das „hölzerne“ Obergeschoss spinnt sich eine feine Hülle aus Standardlüftungsprofilen, die eine Vielzahl von dahinter liegenden technischen Einrichtungen abdecken und als „Wetterschutzgitter“ dienen.

Für das Gebäude wurde ein Energie- und Klimakonzept mit dem Ziel entwickelt, in allen drei Hallen ganzjährig eine konstante Temperatur von 22° C zu garantieren. Der hierfür notwendige technische Aufwand war zu minimieren, es soll nur wenig Primärenergie eingesetzt werden. Um Synergien zu nutzen, wurde die Gebäudetechnik mit den Produktionsprozessen in einem Verbundkonzept verknüpft: Im Winter wird die Maschinenabwärme genutzt, um die Hallen zu heizen. Im Sommer werden Gebäude und Produktion durch Nutzung des natürlichen Kühlpotenzials über freie Lüftung, adiabate Befeuchtung der Abluft (mechanische Lüftung mit Kälterückgewinnung) sowie der Außenluft (Kühlwasser über Hybridturm) gekühlt. Es entstand ein komplexes Zusammenspiel aus marktgängigen und damit wirtschaftlichen Komponenten.

Abb. 8.3.04

Schwarzplan

**Abb. 8.3.05**

Tragwerk

Abb. 8.3.06

Die äußere Gestalt wird durch drei miteinander verbundene Haupthallen bestimmt

**Abb. 8.3.07**

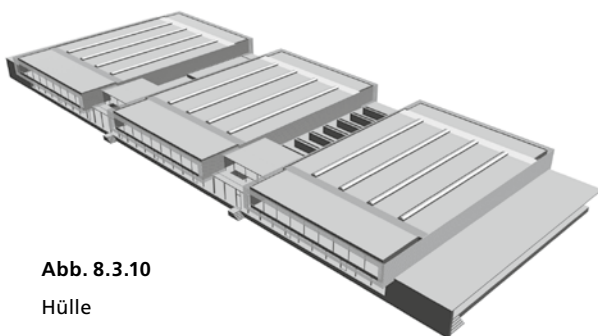
Der Haupteingang wird durch ein gebäudelanges Panoramafenster begleitet

**Abb. 8.3.08**

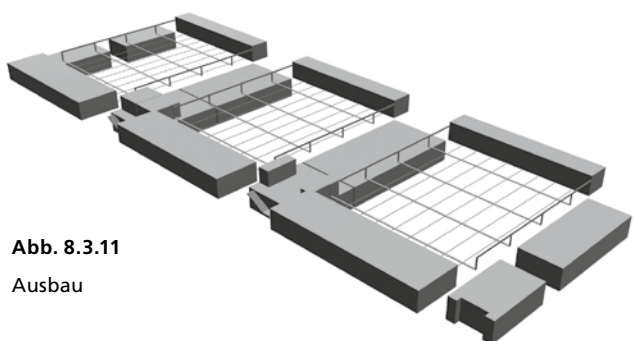
Auch der Blick aus den Produktionsbereichen führt in die umgebende Landschaft

**Abb. 8.3.09**

Das geschosshohe Tragwerk der Produktionshallen lagert auf vier Kernen aus Stahlbeton

**Abb. 8.3.10**

Hülle

**Abb. 8.3.11**

Ausbau

8.4_ Messehallen in Karlsruhe



Abb. 8.4.01

Die für Veranstaltungen nutzbare Mehrzweckhalle wird von einem Rautenfachwerk überspannt

Bauherr:

Karlsruher Messe- und
Kongress GmbH

Architekt:

Gerber Architekten, Dortmund

Tragwerksplanung:

Bollinger und Grohmann,
Frankfurt

Bauzeit:

Oktober 2001 - Oktober 2003

Fläche (BGF):

ca. 14.000 m² (pro Halle)

Die gesamte Messe orientiert sich an einem Landschaftsband, das mit einem See vor dem Haupteingang beginnt und sich durch die Gebäude bis in die offene Landschaft zum Schwarzwald zieht. Rechts und links von dieser Landschaftsachse sind vier jeweils 170 m lange und 80 m breite Hallen symmetrisch angeordnet, die von luftigen Holzkonstruktionen in Bogenform frei überspannt werden.

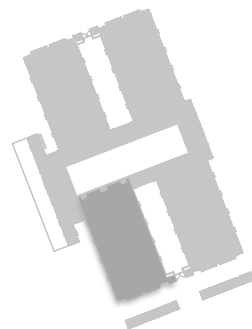
Die Hallen werden durch teilweise verglaste Giebelflächen und vier in Querrichtung verlaufende, taillenförmige Lichtbänder natürlich

belichtet. Diese verglasten Dachbereiche haben im First eine Breite von etwa 1,50 m und weiten sich zur Traufe auf 6,00 m auf. Sie gliedern die vier Hallen, rhythmisieren und belichten die sehr langen Räume. An den Seitenwänden kommen verglaste Hubtore zum Einsatz.

Zwischen diesen Lichtbändern spannen sich die jeweils zu einer Schale verbundenen Holzdächer, wobei die nach außen drängenden horizontalen Kräfte durch runde Stahlbänder, die ihrerseits vom Deckenbogen diagonal abgespannt sind, aufgenommen werden.

**Abb. 8.4.03**

Lageplan, unten links
die Mehrzweckhalle

**Abb. 8.4.02**

Die Ausstellungshallen weisen eine glatte Untersicht mit großen Holztafeln auf

**Abb. 8.4.04**

Hinter dem Eingangsgebäude liegen symmetrisch angeordnet die vier Messehallen

Drei Ausstellungshallen (sog. Standardhallen) sind jeweils mit einfachen Parallelbindern mit einer glatten Untersicht aus großen Holztafeln überspannt, während eine für Veranstaltungen nutzbare, 14.000 Besucher fassende Mehrzweckhalle (Halle 4) mit einer Diagonalkonstruktion (Rautenfachwerk) ausgestattet ist.

Beim Bau der Standardhallendächer wurden die Hauptbinder aus BS-Holz seitlich der Lichtfugen aufgestellt und die Bogenhälften im Scheitelpunkt zusammengefügt. Rundrohre verbinden

über die Lichtfuge hinweg die taillenförmig zueinander gelegten Binder und bilden ein sich selbst aussteifendes Gesamtelement. Es folgte die untere Bekleidung und anschließend die obere horizontal aussteifende Schale aus Trapezblech. Die Wärmedämmung und die wasserführende Metaldachhaut, die auch die seitlichen Betonwände außen verkleidet, bilden den Abschluss.

Die Bogenkonstruktion der höheren Mehrzweckhalle folgt in ihrer modularen Gliederung

Abb. 8.4.05

Tailenförmige Lichtbänder
im Dach

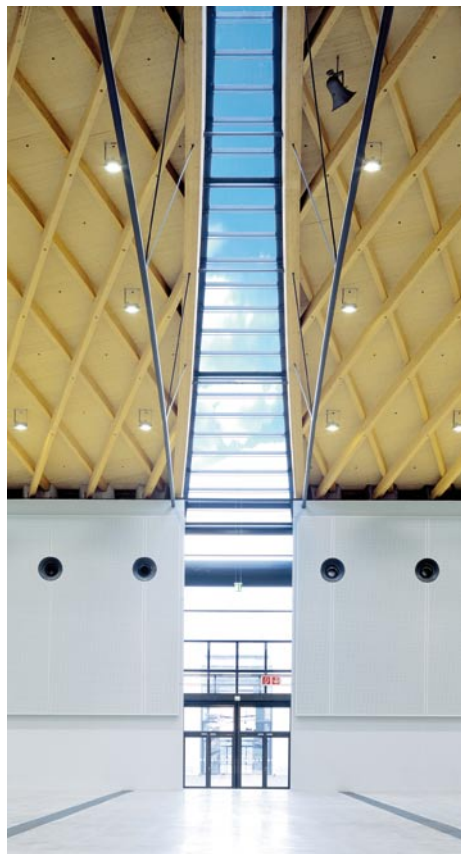


Abb. 8.4.06

Montagestoß der
Giebelbögen im First



Abb. 8.4.07

Aufrichten
der Trägerhälften



Abb. 8.4.08

Schubfest verbundene obere und untere Bogenscharen



Abb. 8.4.09

Auflager Bogenscharen

dem Prinzip der Standardhallen. Die einzelnen Schalen zwischen den taillierten Lichtfugen sind jedoch rautenförmig konstruiert, um die hohen temporären Lasten bei Veranstaltungen durch Scheinwerfer und Tontechnik tragen zu können. Diese Rautenkonstruktion besteht aus sich im Abstand von 2,73 m kreuzenden Scharen von Bogendiagonalen.

Der Grundriss des Rautennetzwerks entspricht einem Zollingerdach, allerdings liegen die sich kreuzenden Stäbe nicht in einer Ebene, sondern sind in der Höhe versetzt und bilden so eine obere und untere Bogenschar. Dadurch können beide Diagonalen an den Kreuzungspunkten ohne Stoß durchlaufen und sind lediglich schubfest miteinander verbunden. Auf die obere Bogenschar ist eine Beplankung aus zwei Lagen Holzwerkstoffplatten (39 mm Kerto-Q und 30 mm OSB) genagelt. Sie sind als tragende Bauteile bei der statischen Berechnung mit angesetzt. Die Höhe der Holzbögen beträgt im Scheitel 10 m.

Die Rautenkonstruktion bleibt von unten sichtbar, so dass die Anschlüsse und Montage-stöße weitestgehend nicht sichtbar ausgeführt wurden. Der Horizontalschub der Tonnendächer wird in Traufhöhe durch stählerne Zugstangen kurzgeschlossen. Die Stahlzugglieder sind nur an den vier Glasfugen, also an den Rändern der Einzelfelder angeordnet.

Da der Dachschieb nicht kontinuierlich, sondern lediglich an den Rändern der einzelnen Dachfelder durch die Zugstangen aufgenommen wird, müssen die horizontalen Auflagerkräfte der Bogenträger aufgesammelt und zu den Zug-elementen am Rand weitergeleitet werden. Diese Aufgabe wird von den in Hallenlängsrichtung liegenden Stahlbeton-Endquerträgern übernommen. Mit dieser Konstruktion wird der Luftraum unter den Tonnendächern nutzbar.

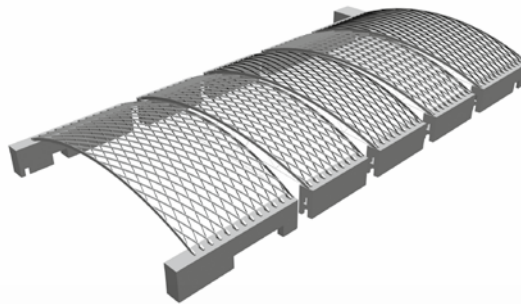


Abb. 8.4.10
Tragwerk

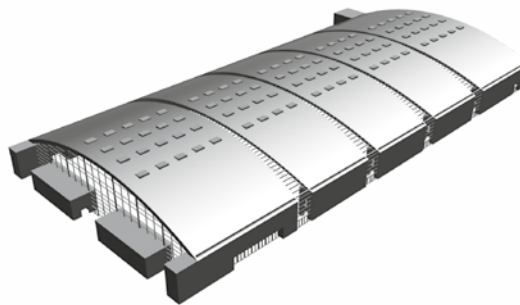


Abb. 8.4.11
Hülle

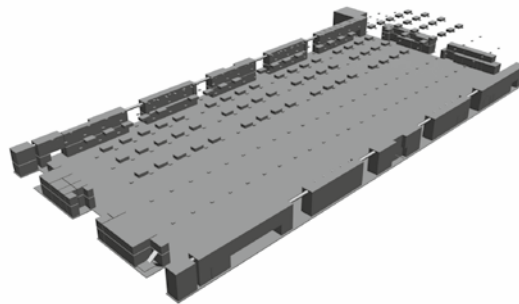


Abb. 8.4.12
Ausbau

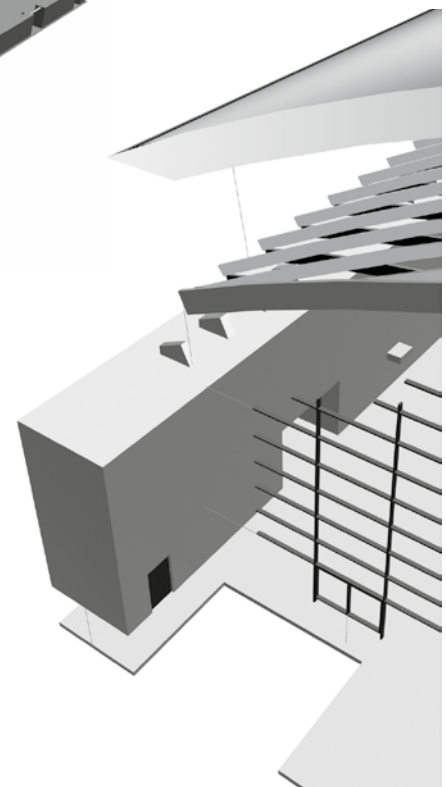


Abb. 8.4.13
Verschneidung Wand/Stütze/Dach

8.5_ Großbäckerei in Essen



Abb. 8.5.01

Der Baustoff Holz wird hier als Mischkonstruktion im Deckentragwerk eingesetzt

Bauherr:

Christa Peter, Essen

Architekt:

Reichardt Architekten

Tragwerksplanung:

Baum und Weiher,

Bergisch Gladbach

Bauzeit:

1996 - 1998

Fläche (NF):

2.600 m²

Das Bäckerhandwerk verändert sich gegenwärtig rasant von der „Backstube“ zu industriell gesteuerten Prozesstechniken und einem hochtechnisierten Einsatz von Heiz- und Kühlanlagen im Sinne einer „Backfabrik“. Bisher wurde in kleineren Bäckereien mit sehr groben Erfahrungswerten gearbeitet, die meist mit zu hohem Energieeinsatz, entsprechenden Fixkosten sowie resultierenden Umweltbeeinträchtigungen führten.

Bei diesem Neubau wurde mittels integrativer 3D-Simulationstechniken für Gebäudestruktur, Haus- und Prozesstechnik eine sich gegenseitig bedingende ökologische, ökonomische wie ästhetische Synergie von Gebäudeanordnung, Tragwerk, Hülle, Haustechnik, Prozesstechnik und Arbeitsplatzqualität gesucht.

Der vergleichsweise kostengünstige und ökologisch einwandfreie Baustoff Holz wurde bei diesem Beispiel als Mischkonstruktion im Deckentragwerk verwendet. Die eigentliche Backhalle ist als stützenfreies Raumvolumen von 48 x 21 x 8 m ausgeführt. Ein 15 x 21 m großes Vordach in Verlängerung der Dachkonstruktion gestattet eine wettergeschützte Ab- und Anlieferung.

An die Backhalle gliedern sich zwei jeweils 9 m tiefe Gebäuderiegel an. Der westliche ist mit Zusatzfunktionen für den Backbetrieb ausgestattet, der südliche beinhaltet neben Werkstatt, Lebensmittellager, Technik- und Aufenthaltsräumen auch die Verwaltungs- und Büroräume, die gegeneinander und zur Backhalle verglast sind.

Abb. 8.5.02

Lageplan

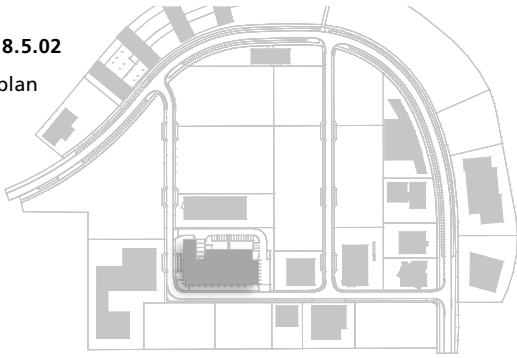


Abb. 8.5.03

Das Tragskelett der Backhalle besteht aus einer Kombination von Stahlstützen mit unterspannten BS-Holz-Zangen

Das Tragskelett der Backhalle besteht aus einer Kombination von Stahlstützen mit unterspannten Brettchichtholzzangen. Für die Dachflächen wurde eine durch Holzrippen verstärkte, gefaltete Furnierschichtholzkonstruktion gewählt. Die Stahlstützen (MSH 200) bilden im Raster 6 x 21 m zusammen mit den doppelt (M 36/St 52) unterspannten Brettchichtholzzangen 20/60 cm einen eingespannten Binder. Die Anbauten wurden als zweigeschossige Bauteile in Massivbauweise (Stahlbeton, Mauerwerk) und als eingeschossige Skelett-Anbauten errichtet.

Auf Oberlichter in Form von Sheds oder Kuppeln wurde aufgrund des Ergebnisses einer Energiesimulation verzichtet. Stattdessen wurden unter

dem Dachüberstand an allen Seiten des Gebäudes Stehverglasungen ausgeführt. Diese werden durch Fensterbänder sowie die vollverglasten Seiten des Gebäudes ergänzt. Vor den Fensterwänden angeordnete Vertikalmarkisen dienen der Verschattung. Das gefaltete Hallendach unterstützt die rasche Abführung der Warmluft aus den Öfen. Der Trakt hinter der Backhalle trägt eine Hülle aus Metallblech, der Verwaltungstrakt hat eine Klinkerfassade.

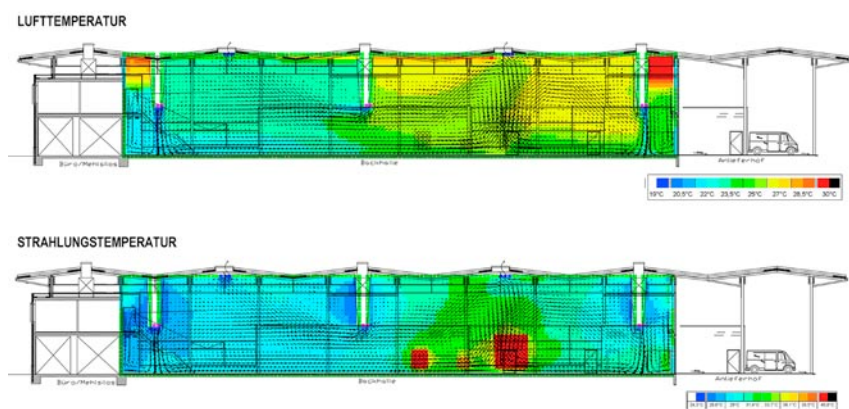
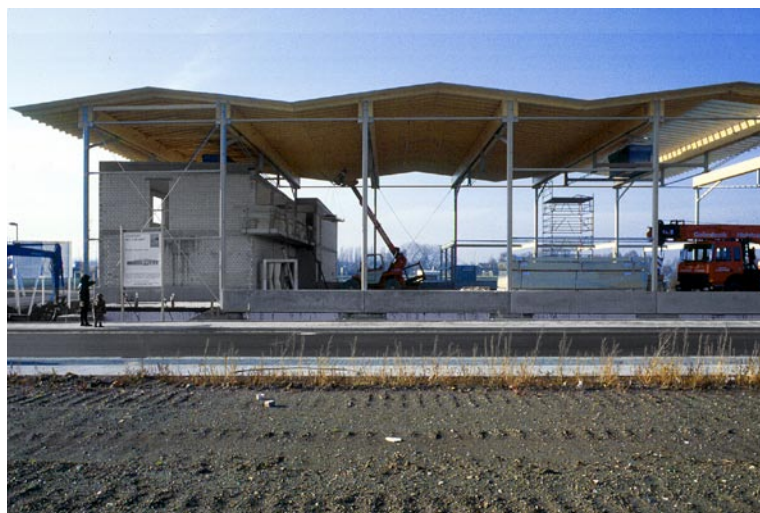
Das Raumklima spielt bei der Konstruktion einer Großbäckerei eine entscheidende Rolle. Deshalb wurde eine besondere Belüftungs- und Beheizungsanlage eingesetzt. Diese besteht aus Zuluftanlagen mit Textilgewebe-Ausblassehläu-

Abb. 8.5.04

Montage der Stahlstützen mit unterspannten BS-Holz-Zangen

**Abb. 8.5.05**

Die Dachfläche entsteht aus gefalteten Furnierschichtholzplatten

**Abb. 8.5.06**

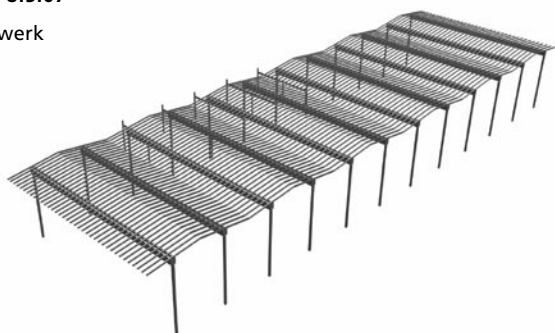
Simulation Luft- und Strahlungstemperatur

chen, auf denen sich kein Staub ablagern kann. Die Deckenkonstruktion aus Holz wirkt sich aufgrund der Feuchtigkeitsaufnahme stabilisierend auf das Klima aus. Die Warmwasserversorgung erfolgt durch eine Solaranlage. Im Hinblick auf zukünftige Anforderungen wurde auf recyclingfähige Materialien Wert gelegt.

Die Unterkonstruktion für das Dach bilden durch Holzrippen verstärkte, gefaltete Furnierschichtholzplatten. Diese liegen auf dem Haupt-

Abb. 8.5.07

Tragwerk

**Abb. 8.5.08**

Hülle

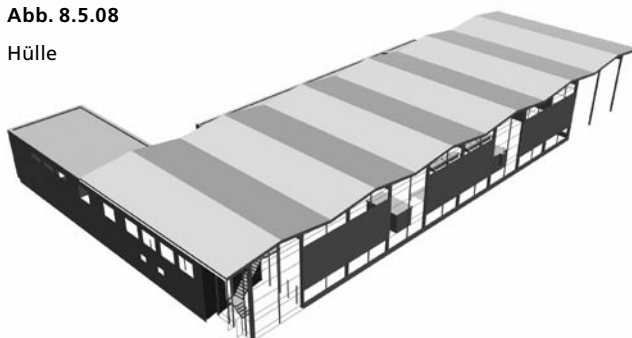


Abb. 8.5.09

Knotenpunkt Stütze, Träger und rippenverstärkte Dachfläche

**Abb. 8.5.10**

An die Backhalle gliedert sich im Westen ein Gebäuderiegel an



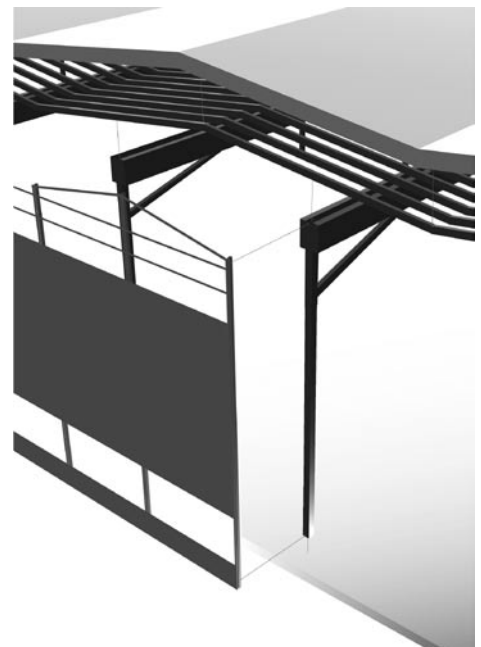
tragwerk auf, das aus zwei unterspannten Brettschichtholzzangen besteht, zwischen die an den Außenwänden eine Stahlstütze eingespannt ist. Diese Konstruktion zeigt besonders deutlich, wie vielseitig man den Baustoff Holz mit anderen Materialien kombinieren kann.

Das Traggerüst der Fassade bildet eine verglaste Pfosten-Riegel-Konstruktion. Diese ist an den Stahlstützen des Haupttragwerks befestigt. Die Glasfassade wird nur durch große Vertikal-

markisen unterbrochen. Die Stützen sind im Betonboden eingespannt. In der Produktionshalle wurde an allen verglasten Seiten ein Betonsockel gebaut. Er dient der empfindlichen Stahlkonstruktion auf der Innenseite als Stoßschutz und der Außenfassade als Spritzwasserschutz.

Abb. 8.5.11

Ausbau

**Abb. 8.5.12**Verschneidung
Wand/Stütze/Dach

8.6_ Lagerhalle in Laufenburg



Abb. 8.6.01

Das Konstruktionsprinzip der alltäglichen Bauaufgabe ist auf viele andere Projekte übertragbar

Bauherr:
Farbax GmbH, Laufenburg

Architekt:
Manfred Strittmatter,
Albstadt

Tragwerksplaner:
Stefan Schlechter, Albstadt

Fertigstellung:
2000

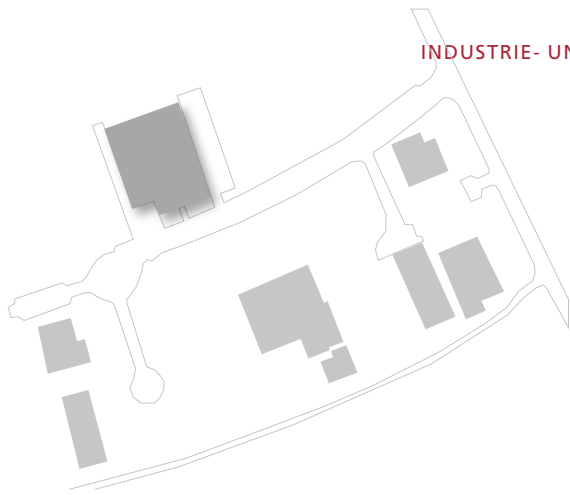
Fläche (Hallengrundriss):
1.600 m²

Obwohl für die alltägliche Bauaufgabe einer Lagerhalle bereits eine vollständige Planung in Stahlbauweise vorlag, konnte auf dieser Basis das zu einem Alternativangebot aufgeforderte Holzbauunternehmen ein konkurrenzfähiges Angebot vorlegen. Dank einer Minimierung des umbauten Volumens und damit der Fassadenfläche sowie einer kostengünstigeren Gebäudebelichtung setzte sich das neue Konzept durch. Das dabei entstandene Konstruktionsprinzip ist auf viele Gewerbehallen übertragbar.

Ein Tragwerk in großen Zügen mit einfachen Details hat sich trotz des etwas höheren Mate-

rialbedarfs als günstigere Variante erwiesen. Angesichts der Hallenhöhe von 9 m war der ursprüngliche Ansatz von Zweigelenkrahmen sinnvoll und wurde für die Holzbaukonstruktion übernommen. Eine wesentliche Änderung stellte die Verlegung der Dachfläche in die Ebene der Unterkante der Binder dar, da sich dadurch erhebliche Einsparungen bei der Außenwandfläche ergaben.

Da einfache BS-Holz-Balken günstig und mit wenig Aufwand abzubinden und zu verlegen sind, wurde das Haupttragwerk auf zwei Lichtbandzonen konzentriert. Die Hallenlänge von

**Abb. 8.6.02**

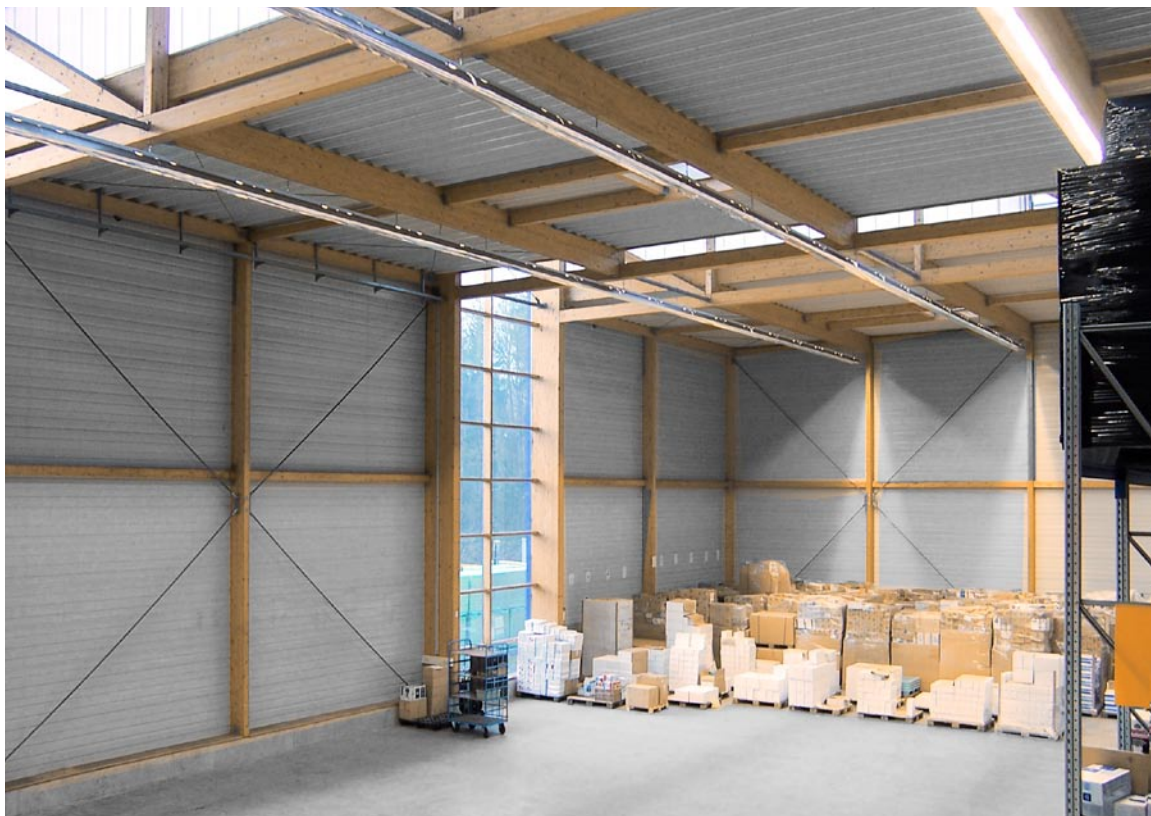
Lageplan

39 m wurde in drei tiefer liegende Dachflächen mit je rund 10,80 m Stützweite geteilt, die auf den Außenwänden und den beiden Hauptbinderfeldern lagern. Für die Dachpfetten ergibt sich zwar knapp der doppelte Materialbedarf im Vergleich zu halb so großen Spannweiten, jedoch halbierten sich auch die Anschlüsse und die Zahl der Hauptbinder wurde von sieben auf vier reduziert.

Die verbliebenen Hauptbinder sind zwangsläufig höher belastet, jedoch steigt der Aufwand pro Binder unterproportional gegenüber dem Anstieg der Belastung, wenn genügend statische Höhe zur Verfügung steht. Diese statische Höhe wurde

funktional thematisiert, indem statt Vollwand-Rahmenriegeln Fachwerkriegel realisiert wurden. Sie treten über die Dachfläche hinaus und erfüllen – mit Polycarbonat-Stegplatten bekleidet – die Funktion von Lichtbändern.

Zweigelenkrahmen mit Fachwerkriegeln sind in Holz bei größeren Stützweiten besonders günstig, weil aufgrund des Zusammenbaus auf der Baustelle Transportprobleme vermieden werden. Der Materialbedarf ist gering und die biegesteifen Rahmenecken lassen sich bei aufgelösten Formen einfach herstellen. Zur Hallenaussteifung wurden parallel zu den Hauptträgern auf der Hallenseite mit dem eingeschossigen Büroteil

**Abb. 8.6.03**

Trotz abgeschlossener Planung in Stahlbauweise setzte sich der Holzbau aus Kostengründen durch

Abb. 8.6.04

Das Haupttragwerk wird auf zwei Lichtbandzonen konzentriert

**Abb. 8.6.05**

Die Dachfläche liegt auf der Ebene der Unterkante der Binder

**Abb. 8.6.06**

Neben der Holzkonstruktion entsteht ein eingeschossiger Bürotrakt

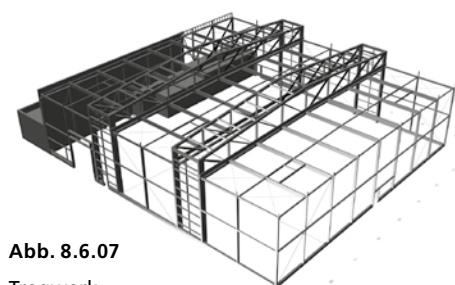
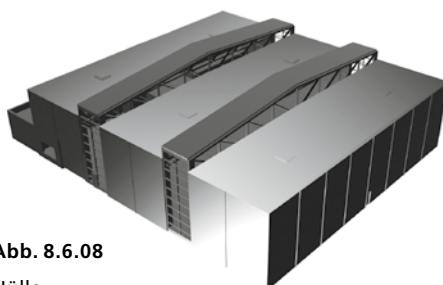
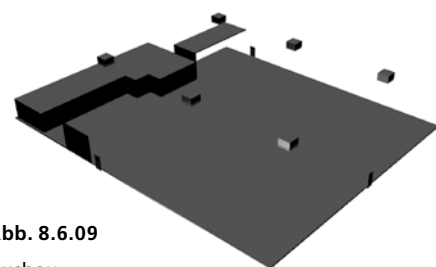
**Abb. 8.6.07**
Tragwerk**Abb. 8.6.08**
Hülle**Abb. 8.6.09**
Ausbau

Abb. 8.6.10

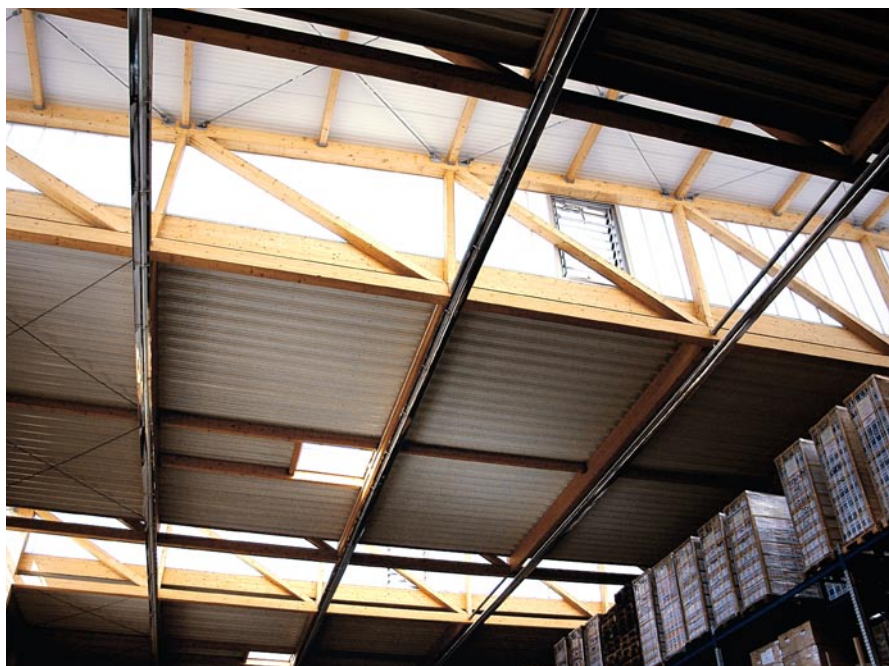
Aussteifungsverband

**Abb. 8.6.12**

Der Rohbau ist abgeschlossen

**Abb. 8.6.11**

Die Dachflächen erhalten Scheiben aus Trapezblechen



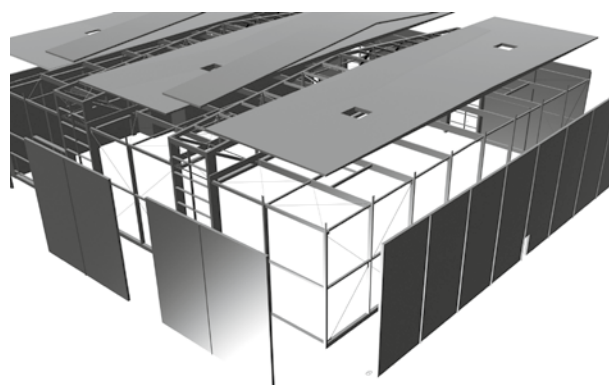
Stahlbetonstützen in die Konstruktion integriert und auf der gegenüber liegenden Außenwand auskreuzende Wandverbände vorgesehen. Die Obergurtebenen zwischen den Rahmenriegeln wurden ausgefacht. Die Dachflächen erhielten Scheiben (Schubfelder) aus Trapezblechen. Der Holzbau sollte sich bei Projekten, die ausschließlich über den Preis entschieden werden, Trapezbleche als weittragendes, flächenbildendes Material zunutze machen. Um bei der Kombination von Holz und Metall eine hohe Wirtschaftlichkeit

zu erreichen, ist es von wesentlicher Bedeutung, Formate, Tragfähigkeiten und Befestigungen zwischen Holzstruktur und Metallflächen im Detail aufeinander abzustimmen. Wie immer kommt es darauf an, möglichst vollständig auf konfektionierte Teile zurückzugreifen, um teure handwerkliche Komplikationsbewältigung zu vermeiden. Bei der Lagerhalle in Laufenburg entfiel die eine Hälfte der Kosten auf das Holztragwerk und die andere auf die Flächenbildungen einschließlich Türen oder Toren.

Abb. 8.6.13

Verschneidung

Wand/Stütze/Dach



8.7_ Hochregallager in Weiler (A)



Abb. 8.7.01

Über dem Umgebungsgebäude erhebt sich der 15 m hohe Lagerturm



Abb. 8.7.02

Der Baustoff Holz bestimmt die Optik im Innern

Bauherr:

Giko Verpackungen GmbH,
Weiler (A)

Architekt:

Johannes Kaufmann Architektur,
Dornbirn (A)

Tragwerksplaner:

Merz Kley Partner, Dornbirn (A)

Bauzeit:

Juli - Dezember 2005

Fläche (NF):

2.029 m²

Für den Hersteller von hochwertigen Lebensmittel-Verpackungsfolien sollte ein neues zentrales Lager gebaut werden, das Rohwaren, Druckzylinder und Halbfabrikate flexibel dem Betriebsablauf andient und Fertigwaren zur Zwischenlagerung aufnimmt. Eine Analyse der Warendurchlaufstruktur des Dreischichtbetriebes vom Eingang bis zum Versand ergab für die Planung die funktionale Kombination eines Blocklagers mit Einzelstellplätzen.

Aufgrund der steigenden Stahlpreise während der Planungsphase wurde alternativ die Umsetzbarkeit in Holzbauweise geprüft. Das Ergebnis ist nach Angaben der Planer das weltweit erste

Hochregallager aus Holz. Die Erfahrungen aus diesem Projekt haben später zu einem wesentlich größeren Projekt in Österreich geführt und damit dem Holzbau ein neues Betätigungsfeld erschlossen. Als besonders vorteilhaft erweisen sich neben der sehr schnellen Montage und den niedrigeren Kosten das einfache Brandschutzkonzept sowie die vorbildliche Erfüllung der an dieses Projekt gestellten Hygieneanforderungen.

In Abhängigkeit von der örtlichen Bauordnung sowie dem Baugrund wurde das 20 m hohe Lagergebäude 5 m unterhalb des Geländeneiveaus gegründet. Zusammen mit dem 6 m hohen Umgebungsgebäude ließ sich ein klarer,

**Abb. 8.7.03**

Ein halbautomatisches Regalbediengerät bedient sechs Übergabeschnittstellen

des Gebäudes

der Funktion verpflichteter Baukörper entwickeln, der auch auf Zustimmung der Anlieger des Unternehmens stieß.

Die Konstruktion des Hochregallagers besteht aus 78 vertikal stehenden, eingespannten Trägern aus BS-Holz (Abmessungen je 95 x 12 x ca. 2.000 cm) in einem Systemraster von 3 m, die in sechs Längsreihen angeordnet sind. Die Lastabtragung am Boden erfolgt über Bodenplatten, die auf Nivellierschrauben stehen und nach Montage untergossen wurden. Alle Träger sind horizontal durch sigmaförmige Stahlprofile des Regallagersystems verbunden. Diagonalverbände aus Flachstahl mit Spannschlössern bilden die Aussteifung.

An jeden zweiten Vertikalträger werden direkt die Dachträger der umlaufenden Vorzonenhalle im Raster von 6 m angeschlossen. Die gedämmten Außenwandpaneele aus Blech wurden auf einer gesonderten Unterkonstruktion aus Holz befestigt.

Die Warenbewegung übernimmt ein halbautomatisches Regalbediengerät, das mit einer Person an Bord schienengeführt und kurvengängig sechs Übergabeschnittstellen bedient.

Abb. 8.7.04

Tragwerk

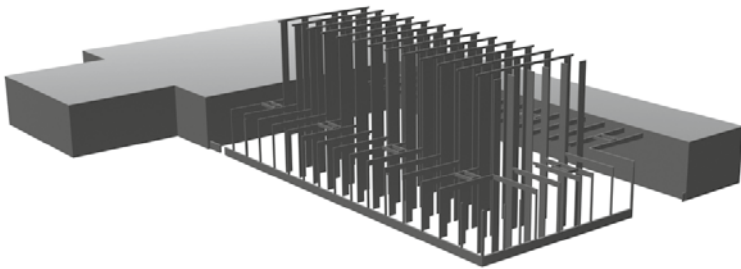


Abb. 8.7.05

Hülle

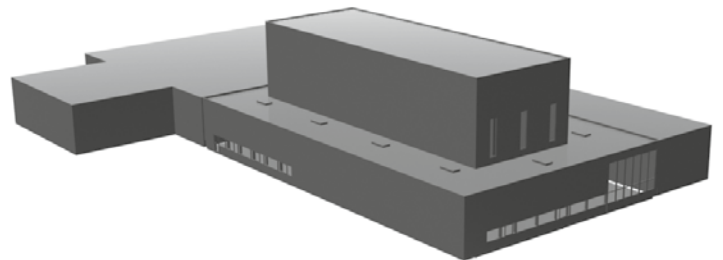


Abb. 8.7.06

Schnitte

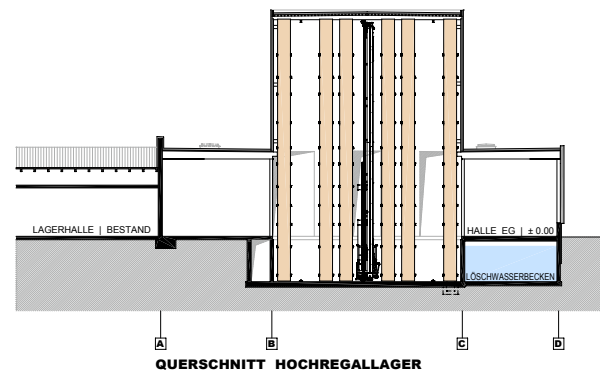
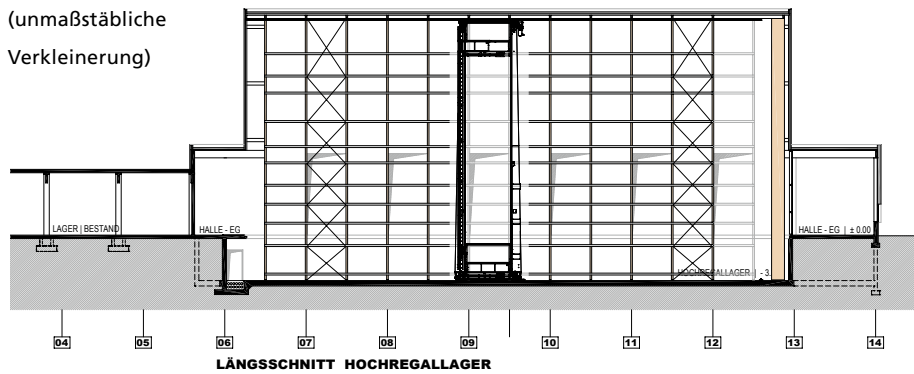
(unmaßstäbliche
Verkleinerung)

Abb. 8.7.07



Abb. 8.7.08



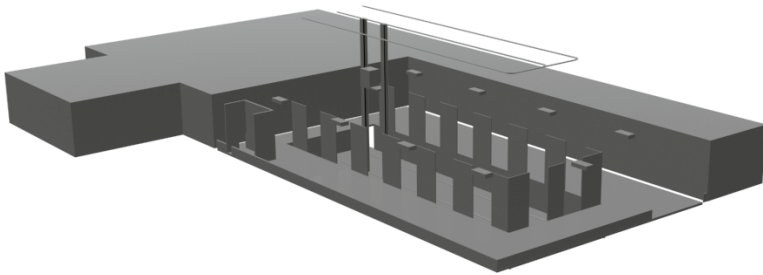
Abb. 8.7.09



Abb. 8.7.10

Abb. 8.7.11

Ausbau

**Abb. 8.7.12**

Das Hochregallager entspricht höchsten brandschutz-
technischen und hygienischen Ansprüchen

**Abb. 8.7.13**

Die Lagerware wird über
die Längsseiten entnommen

**Abb. 8.7.14**

Alle Träger sind horizontal durch Stahl-
profile des Regallagersystems verbunden

**Abb. 8.7.15****Abb. 8.7.16****Abb. 8.7.17**

Die Konstruktion des Hochregals
besteht aus 78 vertikal stehen-
den BS-Holz-Trägern. Links die
wesentlichen Montageschritte

8.8_ Flugzeughangar in Wien (A)



Abb. 8.8.01

Der Hangar 5 wurde zusammen mit einem neuen Terminal errichtet

Bauherr:

Flughafen Wien AG

Architekten:

Holzbauer und Partner, Wien (A)

Tragwerksplaner:

Vasko und Partner, Wien (A)

Bauzeit:

Januar - November 2005

Fläche (nur Halle):

4.500 m²

Dank der Osterweiterung der Europäischen Union wird die Bausubstanz des Flughafens Wien seit mehreren Jahren modernisiert und durch zahlreiche Gebäude erweitert. Hierbei sind mehrere große Hallentragwerke in Holzbauweise entstanden, die ursprünglich als Stahlkonstruktionen vorgesehen waren. Ausschlaggebend dafür waren neben bauphysikalischen Voraussetzungen (Brandschutz und Radartauglichkeit) weitere Vorteile des Holzbaus: hoher Vorfertigungsgrad der Bauteile, geringes Gewicht beim Transport und kurze Montagezeiten sowie letztlich das günstige Kostenverhältnis aufgrund steigender Stahlpreise.

Als Beispiel soll hier der Neubau eines Einstellhangars für Privatjets mit angeschlossenen Werkstätten und Büros im Rahmen der Errichtung des neuen General Aviation Centers dargestellt werden (Hangar 5). Trotz abgeschlossener Vorplanung in Stahl wurde in kürzester Zeit aus technischen wie finanziellen Gründen eine Hybridlösung aus Holz und Stahl entwickelt. Die geforderte Spannweite von 75 m für die besondere Breite der Flugzeuge, ein stark über die Norm hinaus beschränktes Verformungsverhalten des Torfachwerks und der Halle insgesamt, hohe Eigengewichts-, Schnee- und

Abb. 8.8.03

Lageplan

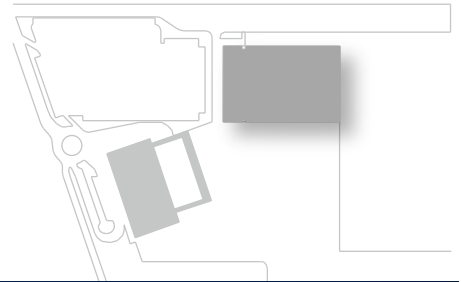


Abb. 8.8.02

Großformatige Fassadentafeln aus Faserzement bilden die markante Außenbekleidung

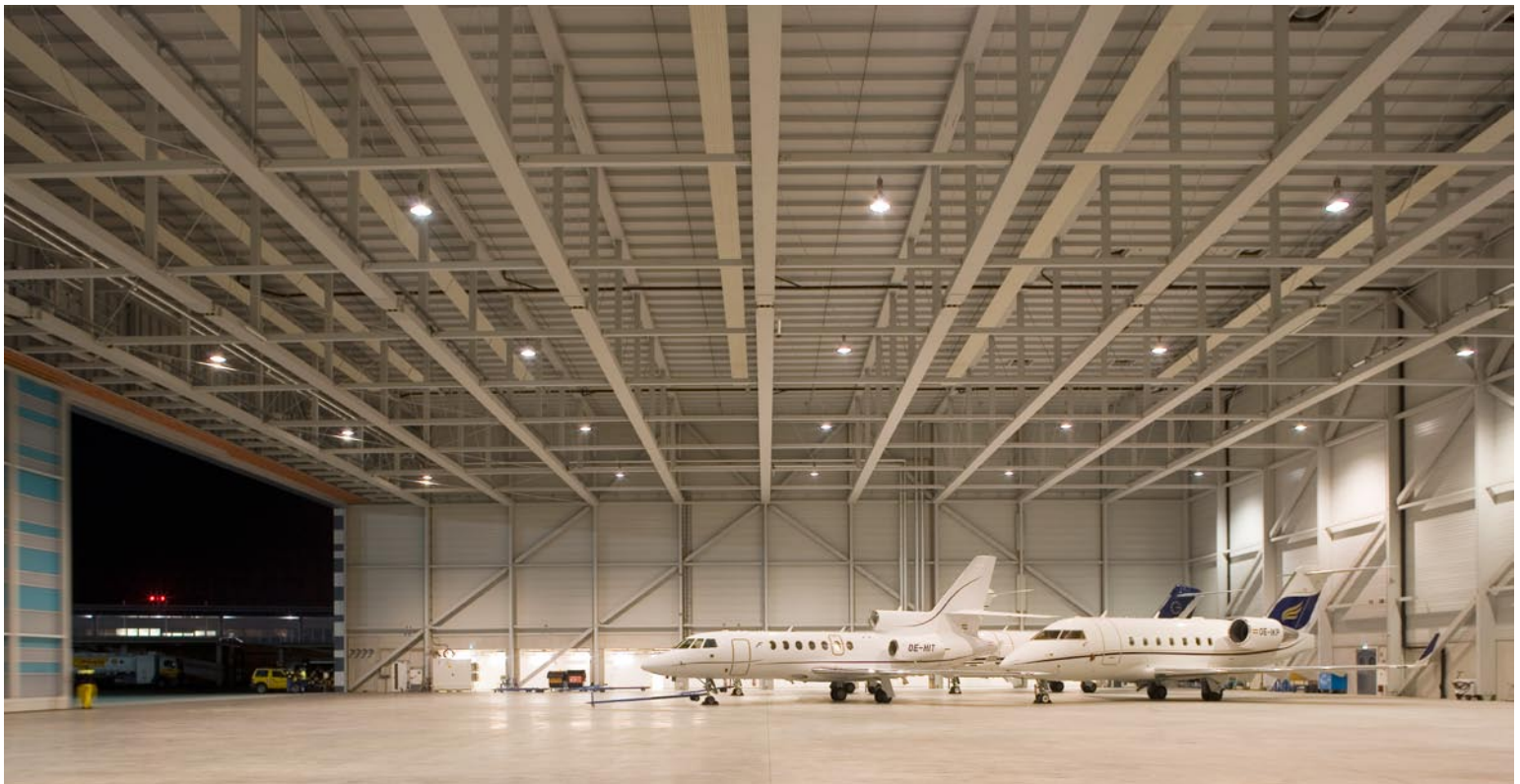


Abb. 8.8.04

Trotz gewaltiger Achsmaße ergibt sich ein filigranes Tragwerk

Abb. 8.8.05

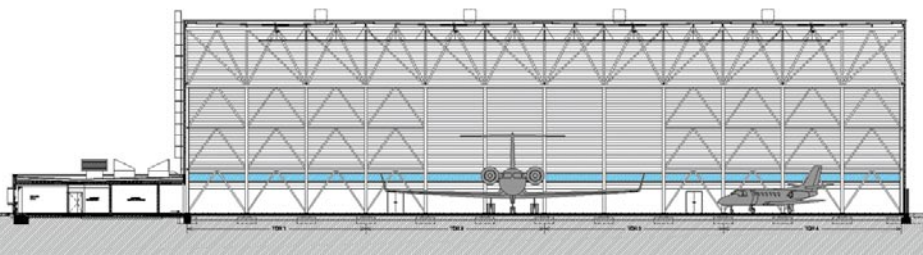
Das Tragwerk besteht aus 11 Fachwerkträgern

**Abb. 8.8.06**

Gurte und Vertikale bestehen aus BS-Holz

Abb. 8.8.07

Längsschnitt (unmaßstäbliche Verkleinerung)



Nutzlasten sowie ungewöhnliche Windbedingungen während des Baus stellten besondere Anforderungen an das Projekt. Das Ergebnis ist eine äußerst leicht wirkende Dachkonstruktion, die dank kluger Proportionierung der Fachwerkstäbe und Zugstangen einen minimalen Materialeinsatz und höchste Effizienz versinnbildlicht.

Der Hangar 5 am Flughafen Wien wurde mit einer Konstruktion aus BS-Holz der Festigkeitsklasse BS 14 ausgeführt. Das Tragwerk besteht aus 11 Hauptfachwerkträgern mit einer lichten Spannweite von 75 m. Vollwandige Träger wären aufgrund dieser Spannweite nur schwer zu produzieren und nahezu unmöglich zu transportieren gewesen. Das Fachwerk hingegen konnte statt einer komplizierten Montage in der Luft vor Ort am Boden vormontiert werden. Die Gurte und Vertikalen sind ebenfalls aus BS-Holz ausgeführt. Die Dachbinder sind parallel mit 6,25 m Abstand und in Längsrichtung gestützt.

Aufgrund der statischen Anforderungen an die Querschnitte war bei Holz die Brandschutzanforderung F30 automatisch erfüllt. Im Vergleich dazu wäre eine Stahlkonstruktion mit einem F30-Anstrich zu versehen gewesen. Bei der bestehenden Lösung wurden nur die Diagonalen in Stahl ausgeführt. Durch den hohen Holzanteil mit nur wenigen Stahlteilen lässt sich so die Wartung der Tragkonstruktion auf ein Minimum reduzieren.

Der Binder über der großen Toröffnung ist mit einer Gesamtdurchbiegung von 120 mm berechnet, die Formänderung aus veränderlichen Lasten alleine beträgt 50 mm, wobei die Tore einen Toleranzbereich von 200 mm aufnehmen können. Der Randbinder leitet die Windlasten aus den Toren in die Dachscheibe. Die Aussteifung gegen Horizontallasten aus Wind und Erdbeben erfolgt über die aussteifenden Giebelwände und die hintere Längswand. Die Dachebene ist mit 30 mm

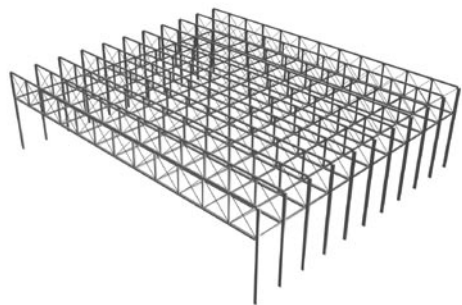
dicken OSB-Platten als statische Scheibe ausgebildet und verbindet die drei Wände. Eine besondere Herausforderung war auch die mögliche Verformung des 13 m hohen Torfachwerks. Auch hier erwies sich der Baustoff Holz gegenüber Stahl als vorteilhaft, da seine durch Temperaturschwankungen hervorgerufenen Längenänderungen vernachlässigbar sind.

Die tragende Struktur der Außenwände besteht aus ca. 20 m hohen BS-Holz-Stützen, deren Abstand zueinander aus der Breite der Fassadenelemente resultiert. Sie wird durch diagonal gesetzte Holzbalken ausgesteift. Die Wände selbst bestehen aus Gasbetonplatten, die auf Stützenkonsolen liegen und mit Winkelankern gehalten werden. Die Außenbekleidung bilden großformatige Fassadentafeln aus Faserzement. Eine einfache und leichte Befestigungsmöglichkeit für die Wandkonstruktionen und Dachaufbauten ergibt sich durch selbstbohrende Holzverschraubungen. Auf der Westseite ist an den Hangar ein eingeschossiges Nebengebäude in Stahlbeton gebaut.

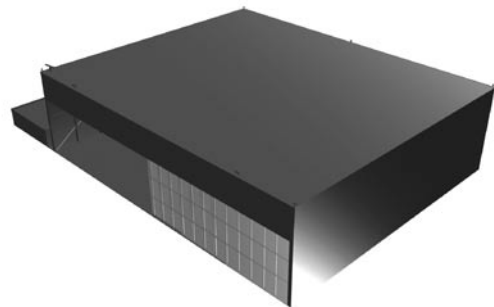
Als wesentliches bauphysikalisch wirksames Bauelement des Hangars dient die große Speichermasse der massiven Stahlbeton-Bodenplatte, die eine entsprechende Temperaturkonstanz für den Hangar gewährleistet. Gemeinsam mit einer Strahlungsheizung ermöglicht sie ein ausgeglichenes Hallenklima zur Einhaltung der Temperaturgrenze von mehr als 5° C für die geparkten und gelagerten Objekte. Für das Brandschutzkonzept erforderliche Brandrauchventilatoren werden auch zur Vermeidung von Überwärmung als günstige Hallen-Querlüftung genutzt. Die Fundamente sind als Einzelfundamente unter den Hauptstützen mit aussteifenden Streifenfundamenten umschließend verbunden. Die Bodenplatte ist nach den Richtlinien für Flugplatzvorfelder erstellt.

Abb. 8.8.08

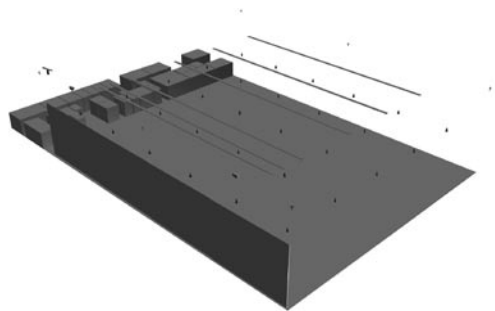
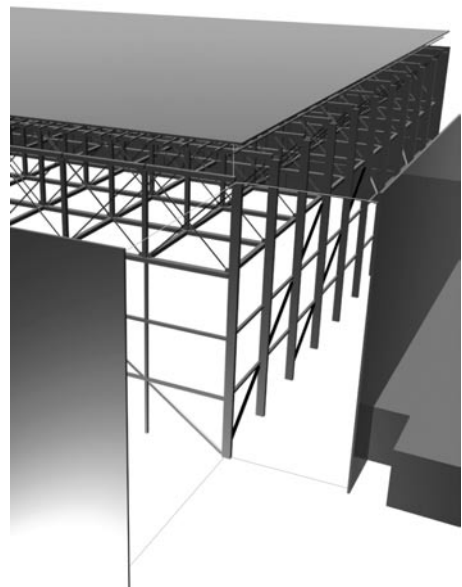
Tragwerk

**Abb. 8.8.09**

Hülle

**Abb. 8.8.10**

Ausbau

**Abb. 8.8.11**Verschneidung
Wand/Stütze/Dach

8.9_ Salzlagerhalle in Riburg (CH)

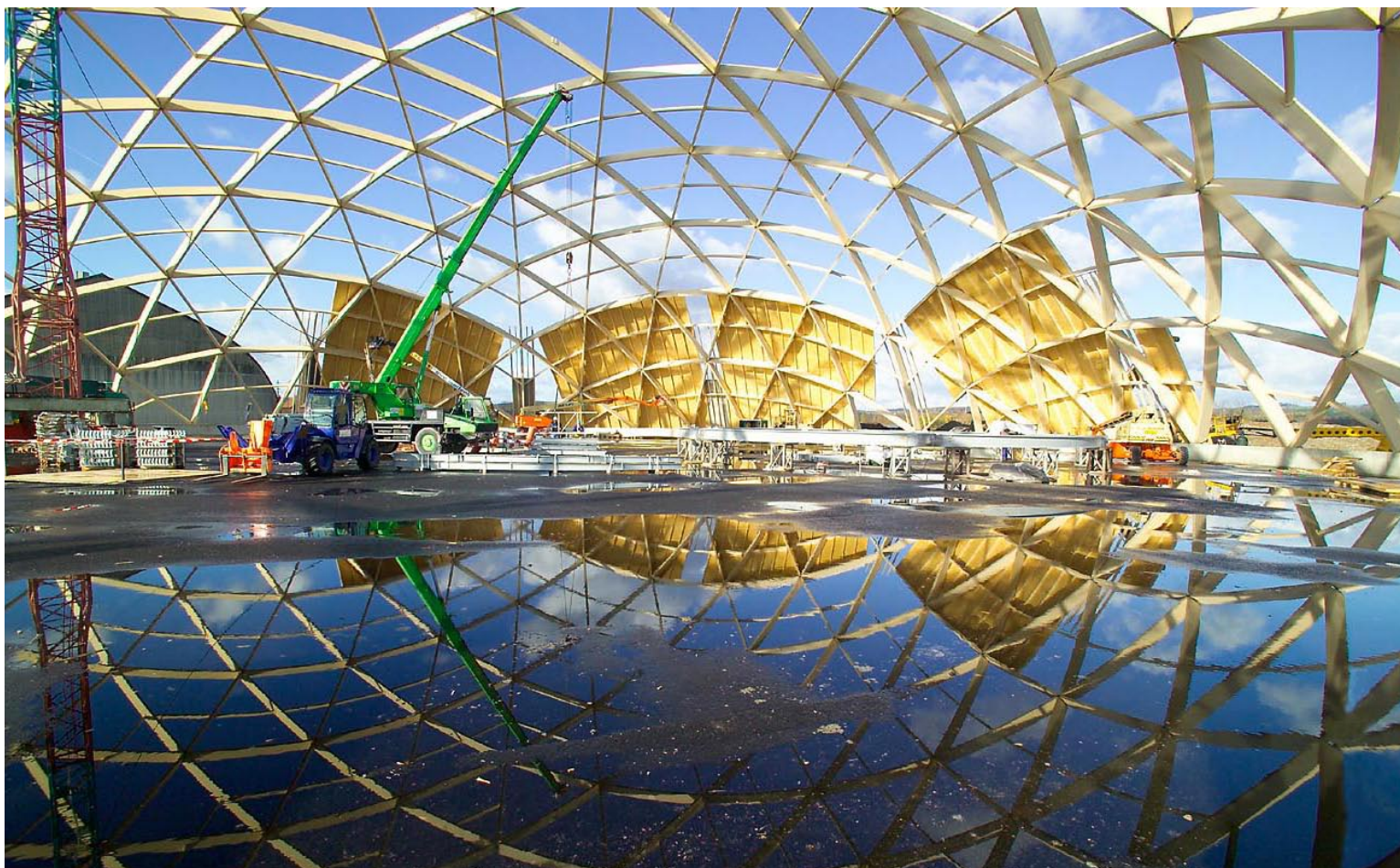


Abb. 8.9.01

Das Tragwerk der Holzkuppel wird aus drei sich durchdringenden Bogensystemen gebildet

Bauherr:

Schweizer Rheinsalinen,
Pratteln (CH)

Planung und Konzept:

Häring + Co. AG,
Pratteln (CH)

Bauzeit:

Mai 2004 - Juli 2005

Fläche:

8.043 m²

Die Salzlagerhalle in Riburg – Saldome genannt – ist mit einem Durchmesser von 93 m und einer Höhe von 31 m der größte Kuppelbau in Mitteleuropa. In der Halle werden 80.000 Tonnen Salz platzsparend und kostengünstig gelagert.

Das Salz gelangt über Förderbänder zum höchsten Punkt der Halle und fällt von dort ins Innere, formt so den Schüttkegel, der von einem langsam rotierenden Schaber in Form gehalten wird. Über ein unterirdisches Förderband kann das Salz dem Lager entnommen und in die Abfüllanlage

geführt werden. Bei maximaler Befüllung ist der Salzberg 28 m hoch.

Oberste Vorgabe für die Planung des Saldome war eine optimale Raumnutzung. Die Halle sollte sich an die bestehenden Infrastrukturen anbinden und weitgehend automatisch bewirtschaften lassen. Weil nur eine stützenfreie Überdachung für diese Art von Lagerung sinnvoll ist, wurde ein Kuppelbau entwickelt. Die Kuppel ist allerdings keine vollständige Halbkugel, sondern weist die Geometrie einer Kugelkalotte auf. Der Baustoff

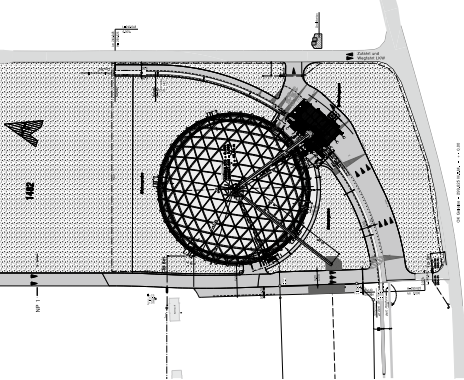


Abb. 8.9.02

Lageplan

Abb. 8.9.03

Das Richtfest wurde mit besonderer Illumination gefeiert



Abb. 8.9.04

Nach Verlegung der Dachhaut ist die Holzkonstruktion nicht mehr sichtbar



spielt im Zusammenhang mit Salz eine besondere Rolle, da Holz unter seinem Einfluss keinen Schaden nimmt, mehr noch, die Einwirkungen des Salzes konservieren das Holz, so dass es nicht behandelt werden muss.

Dass die Halle wirtschaftlich und mit sparsamem Materialeinsatz errichtet werden konnte, liegt nicht nur an der Geometrie, sondern auch an dem darauf aufbauenden Konstruktionssystem. Das Tragwerk der Holzkuppel wird aus drei sich harmonisch durchdringenden Bogensystemen gebildet, deren Ebenen gegeneinander um jeweils 120 Grad versetzt sind. In den 163 Knotenpunkten dieser Holznetzschale sind jeweils sechs Bogenteile aus Brettschichtholz in einem Zentralrohr verschraubt. Der Fachwerkbau besteht aus 402 Leimholz-Fachwerkbalken von 5 bis 11 m Länge und einem Spantquerschnitt von 20 x 86 cm.

Der Innenraum wird so von Boden zu Boden überspannt, wodurch teure Tragsysteme und Außenwände wegfallen. Das wirkungsvolle und statisch günstige Prinzip dieses patentierten Netzschalensystems ermöglicht wirtschaftliche Überdachungen mit Spannweiten bis zu 200 m.

Bei der Berechnung der Konstruktion mussten große Einzellasten berücksichtigt werden, die sich vor allem aus den Förderanlagen ergeben; im Firstbereich etwa kommt ein Gesamtgewicht von 40 Tonnen zusammen. Des Weiteren musste bedacht werden, dass im Netzsystem zwar mehrere gleichartige Segmentfelder entstehen, die aber weisen eine Anzahl verschiedener Knotengeometrien auf, da die Bauelemente unterschiedliche Winkel um die Knoten herum erzeugen.

Eine dritte Komponente hat es möglich gemacht, die Konstruktion zu minimieren. Gebaut wurde überwiegend mit BS-Holz mit eingeleimten Kunstfasern. Die Kunstfasern verstärken die Zugzone von Biegeträgern und ermöglichen dadurch schlankere, leichtere Konstruktionen.

Auch in der Herstellung wurde durch die Geometrie vereinfacht. So konnten sämtliche BS-Holz-Elemente auf einer Schablone mit demselben Radius gefertigt werden. Die Werkstattplanung mit den genauen Längen der Stäbe und den Abbunddetails wurde mit einem Zeichnungsprogramm erstellt, der Abbund erfolgt anschließend maschinell. Diese Bearbeitungstechniken erlau-

ben die hohe Präzision, welche für die Montage notwendig ist. Die Tragkonstruktion lässt sich ohne Probleme transportieren. Ausgehend von genau eingemessenen Auflagern werden die vormontierten Dreieckselemente lagenweise vorgebaut. Die Temperatur- und Formstabilität von Brettschichtholz einerseits und die systematische, sich selbst kontrollierende Geometrie andererseits gewährleisten einen problemlosen und dank der hohen Biegesteifigkeit der Anschlüsse

stützenlosen Freivorbau ohne Gerüste. Schon zwei Monate nach Montagebeginn konnte das Richtfest gefeiert und die Tragwerkstruktur des Saldome mit rippenverstärkten Holzwerkstoffplatten (OSB) eingedeckt werden. Über dieser das Tragwerk aussteifenden Dachscheibe wurden die Dämmlage und die Dachhaut aus eingeschiefert Bitumenbahn verlegt. Durch die zweifarbige Ausgestaltung scheint die riesige Kuppel auf sechs schmalen Stützen zu ruhen.

Abb. 8.9.05



Abb. 8.9.06



Abb. 8.9.07



Baufortschritt in Holz: Schon zwei Monate nach Baubeginn wurde die Tragstruktur mit OSB-Platten eingedeckt



Abb. 8.9.08



Abb. 8.9.09

Abb. 8.9.10

Tragwerk

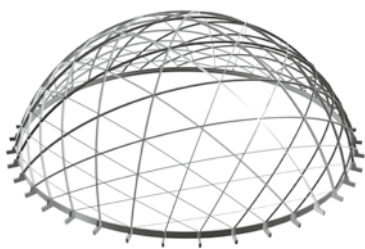


Abb. 8.9.11

Hülle

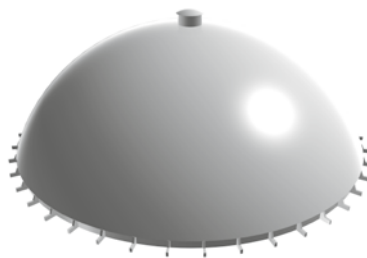


Abb. 8.9.12

Ausbau

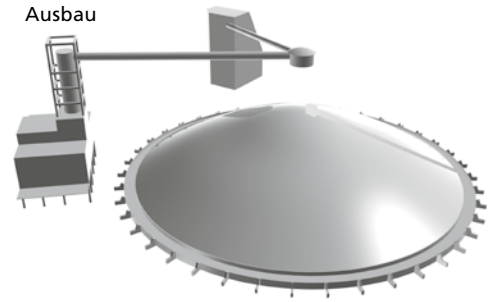


Abb. 8.9.13

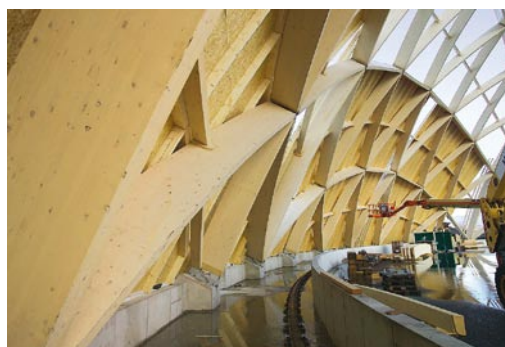


Abb. 8.9.14



Abb. 8.9.15

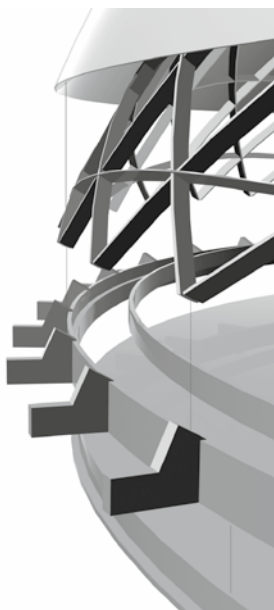
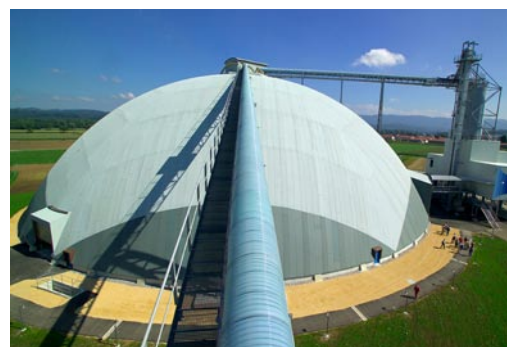


Abb. 8.9.16

Verschneidung Auflager/Tragwerk/Dach



Abb. 8.9.17

Die Holzkonstruktion nimmt keinen Schaden durch das eingelagerte Salz

8.10_ Fertigungshalle in Schwanenstadt (A)



Abb. 8.10.01

Die gegenläufige Dachlandschaft prägt das ungewöhnliche Erscheinungsbild der Halle

Bauherr:

Obermayr Holzkonstruktionen
GmbH, Schwanenstadt (A)

Architekten:

F2 Architekten, Markus Fischer,
Christian Frömel, Schwanenstadt (A)

Tragwerksplanung Holzbau:

Bernhard Obermayr,
Schwanenstadt (A)

Tragwerksplanung Massivbau:

Franz Obermayr, Schwanenstadt (A)

Bauzeit:

Mai - September 2005

Bebaute Fläche (inkl. Vordach):

4.700 m²

Umbauter Raum (inkl. Vordach):

49.300 m³

Neben den vom Bauherrn definierten räumlichen und funktionellen Qualitäten des Gebäudes gab es ein präzises Funktionsschema für die betrieblichen Abläufe in und außerhalb der Fertigungshalle. Zwei Schwerpunkte wurden bei der Konzeption der Halle thematisiert: ein optimales Arbeitsumfeld sowie ein sichtbares Zeichen für die Philosophie und das Know-how des Unternehmens. Die Planer entwickelten ein Falwerk, das an der Westseite aus dem Boden wächst, sich infolge über die Produktionsbereiche spannt und an der Ostseite in einem weitausladenden Vordach endet.

Die nach Süden und Norden orientierten Glasflächen zwischen den Schnittkanten des Falwerkes gewährleisten eine gleichmäßige Ausleuchtung der Produktionsflächen. Das tief

in die Halle eindringende Sonnenlicht versorgt die Produktionsflächen ideal mit Tageslicht und bildet die Basis für den hohen Energiestandard des Gebäudes. Es handelt sich um die erste großvolumige Industriehalle im Passivhausstandard in Österreich. Die Halle besitzt keine Heizung und verbraucht dank des nur minimal notwendigen Einsatzes von elektrischem Licht so wenig Energie wie möglich.

Um den fließenden Übergang des Falwerkes von innen nach außen zu verdeutlichen, ist zudem die Ostseite oberhalb des Arbeitsbereiches großzügig verglast. Aus logistischen Gründen erfolgt die Erschließung der Halle für die drei Produktionsbereiche zur Gänze südseitig. Die Materialisierung der Halle in Form von unbehandeltem Lärchenschalung und braun lasierten

**Abb. 8.10.02**

Die Glasflächen zwischen den Schnittkanten des Faltwerkes sorgen für eine gleichmäßige Ausleuchtung des Innenraumes

Dreischichtplatten (Faltwerk) spiegelt den Unternehmensinhalt wider – Holz. So symbolisiert das Gebäude ein Stück geschnittenes Holz mit seiner dunklen, zerklüfteten Rinde und den vergrauten Schnittkanten.

Von der westseitigen Außenwand beginnend überspannen elf zueinander verschränkte Platten die Halle in Längsrichtung und enden in einem frei auskragenden Vordach. Sie ruhen auf zwei innenliegenden Stützenreihen und auf der

Ostwand. Aufgrund des Stützenabstands von 27 m sowie der Auskragung des Vordaches von 18 m sind die Platten an ihren Rändern mittels Stahlstreben kraftschlüssig verbunden. Sie bestehen aus hochwärmegeprägten Holzsandwich-elementen mit einer Gesamtkonstruktionsstärke von 44 cm.

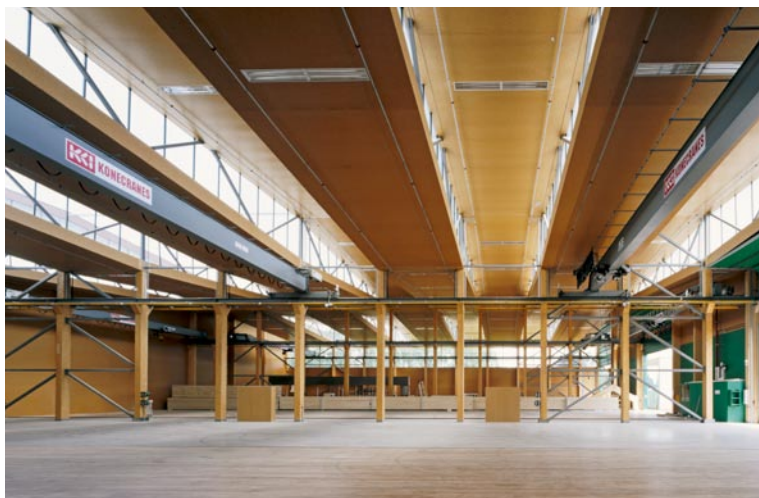
Aufgrund der beidseitigen Beplankung mit Holzwerkstoffplatten (innenseitig Livingboard face, außenseitig OSB) sind die Elemente in sich

Abb. 8.10.03

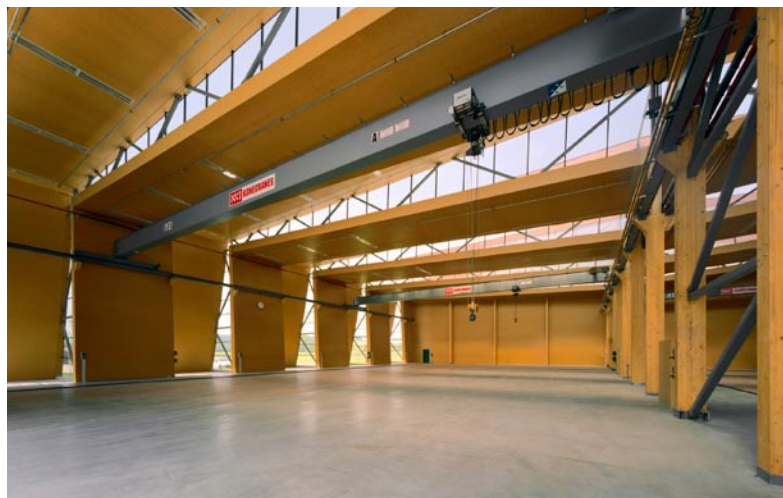
Die Oberflächen der Westseite bestehen aus braun lasierten Dreischichtplatten

**Abb. 8.10.04**

An der Ostseite endet die Halle mit einem weitausladenden Vordach

**Abb. 8.10.05**

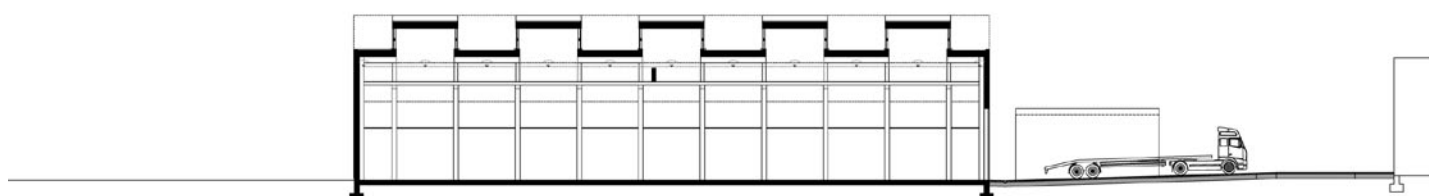
Die erste großangelegte Industriehalle mit Passivhausstandard in Österreich

**Abb. 8.10.06**

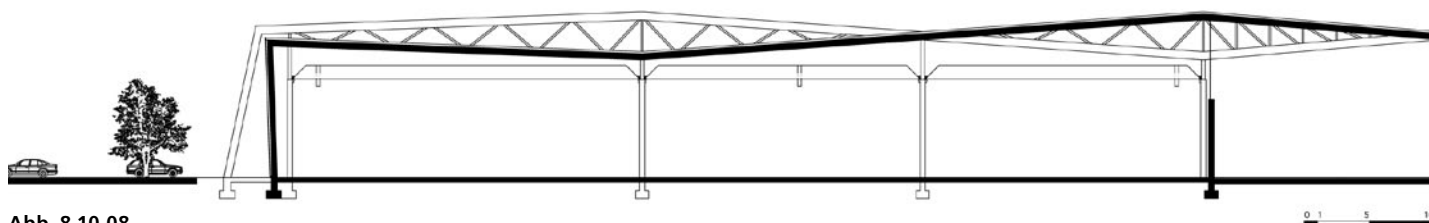
Einfache Mittel schaffen ein außergewöhnliches Arbeitsumfeld

so stabil, dass trotz der komplexen zueinander gegenläufigen Dachlandschaft keine zusätzlichen Konstruktionselemente zur horizontalen Aussteifung erforderlich sind. Die Bauweise bedingte die Aufteilung der Dachkonstruktion in Holz-Stahl-Fachwerksrahmen, die in den Schnittlinien der zueinander verschränkten Platten angeordnet sind, sowie in Holzsandwich-elemente, die zwischen die Fachwerksrahmen gehängt wurden.

Die Hallenkonstruktion wurde in Elementbauweise konzipiert, werkseitig vollständig vorgefertigt und anschließend in vier Wochen montiert. Dies garantierte ein hohes Maß an Qualitätssicherung und reduzierte die Bauzeit beträchtlich. Die verbleibende Außenwandkonstruktion im Süden, Osten und Norden setzt sich aus Brettschichtholzstützen und vorgehängten Holzsandwich-elementen zusammen. Um dem ökologischen Gebäudekonzept zu

**Abb. 8.10.07**

Querschnitt (unmaßstäbliche Verkleinerung)

**Abb. 8.10.08**

Längsschnitt (unmaßstäbliche Verkleinerung)

entsprechen, wurden die Wände mit Hobelspanen gedämmt. Beim Dach waren diese aus brandschutztechnischen Gründen nicht zulässig, weshalb Steinwollspanen verwendet wurden, die bei der Produktion von Metallbrandschutzpaneelen anfallen und bislang deponiert werden.

Die Halle besitzt einen Heizwärmebedarf von $8 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, um die gewünschte Raumtemperatur von 15°C zu erzielen. Grundvoraussetzung für die minimale Energiekennzahl (Passivhausstandard) ist eine hochwärmegeämmte (28 cm in den Wänden, 40 cm im Dach) und luftdichte ($n = 0,12/\text{h}$) Konstruktion. Aufgrund der fehlenden Wärmequellen aus dem Produktionsablauf kommt dem solaren Wärmeeintrag durch die südseitigen Verglasungen eine große Bedeutung zu. Die damit einhergehende sommerliche Überhitzung wird durch die Verwendung einer zentral gesteuerten Nachtkühlung kompensiert.

Die nach Süden und Norden orientierten Glasflächen zwischen den Schnittkanten des Faltwerkes gewährleisten eine gleichmäßige Ausleuchtung der Produktionsflächen. Helle, reflektierende Dachfolien in den unteren Bereichen des Faltwerkes „schaufeln“ zusätzlich Licht ins Innere. Die Ornamentierung der nach Süden orientierten Glasflächen erlaubt den Abgang vom industriellen Standard der Nordsheds und schafft blendungsfreies Tageslicht von ungemeiner Intensität im Inneren der Halle.

Aufgrund des hohen Tageslichtanteiles ist das Kunstlicht tageslichtgesteuert, wodurch sich der Energiebedarf auf ein Sechstel reduziert. Der erst in der Dämmerung entstehende Kunstlichtbedarf wird durch Lichtsimulation und einen Lichtsensor stufenlos gesteuert, so dass konstante Lichtverhältnisse von mindestens 500 Lux geschaffen werden. Die eigens für dieses Projekt entwickelten Leuchten – bestückt mit Leuchtstoffröhren – sind bündig in die Dachkonstruktion integriert.

Abb. 8.10.9-8.10.17

Wesentliche Schritte des Montagesablaufes:

Die Hallenkonstruktion wurde in Elementbauweise konzipiert, vollständig vorgefertigt und in nur vier Wochen montiert

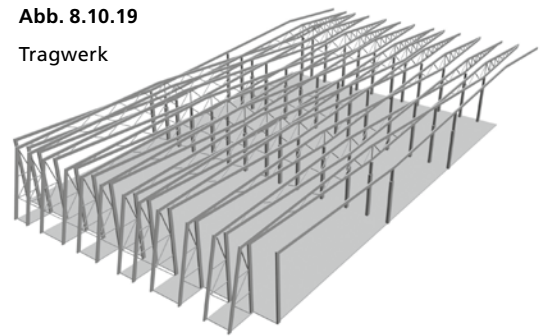


**Abb. 8.10.18**

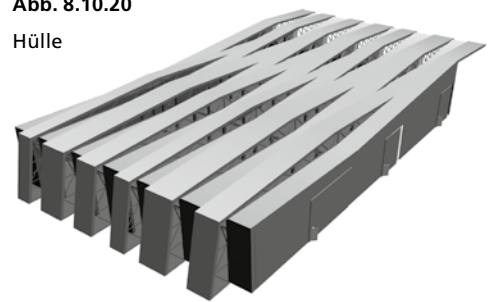
Helle, reflektierende Dachfolien in den tiefer liegenden Bereichen des faltwerkes bringen zusätzlich Licht ins Innere

**Abb. 8.10.19**

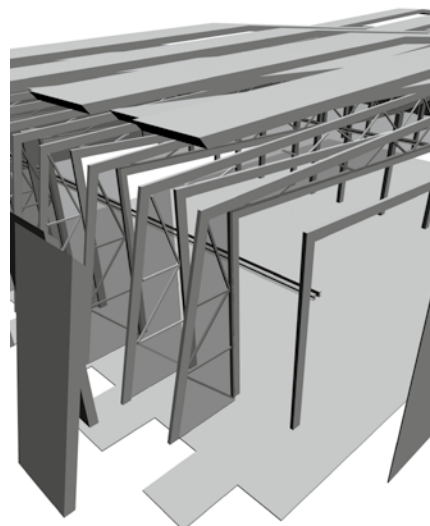
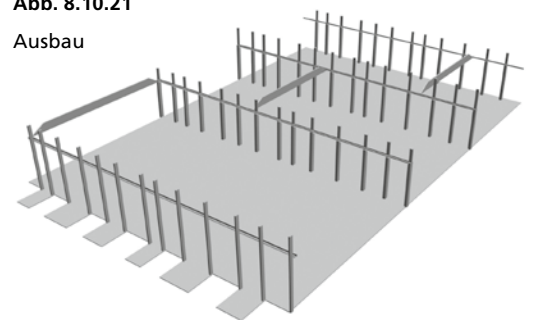
Tragwerk

**Abb. 8.10.20**

Hülle

**Abb. 8.10.21**

Ausbau

**Abb. 8.10.22**

Verschneidung
Wand/Stütze/Dach

8.11_ Betriebsgebäude einer Zimmerei in Feldkirch (A)



Abb. 8.11.01

Halle, Verwaltung und Silo bilden einen äußeren Zugangsraum

Bauherr:

Lot Holzbau, Feldkirch

Architekt:

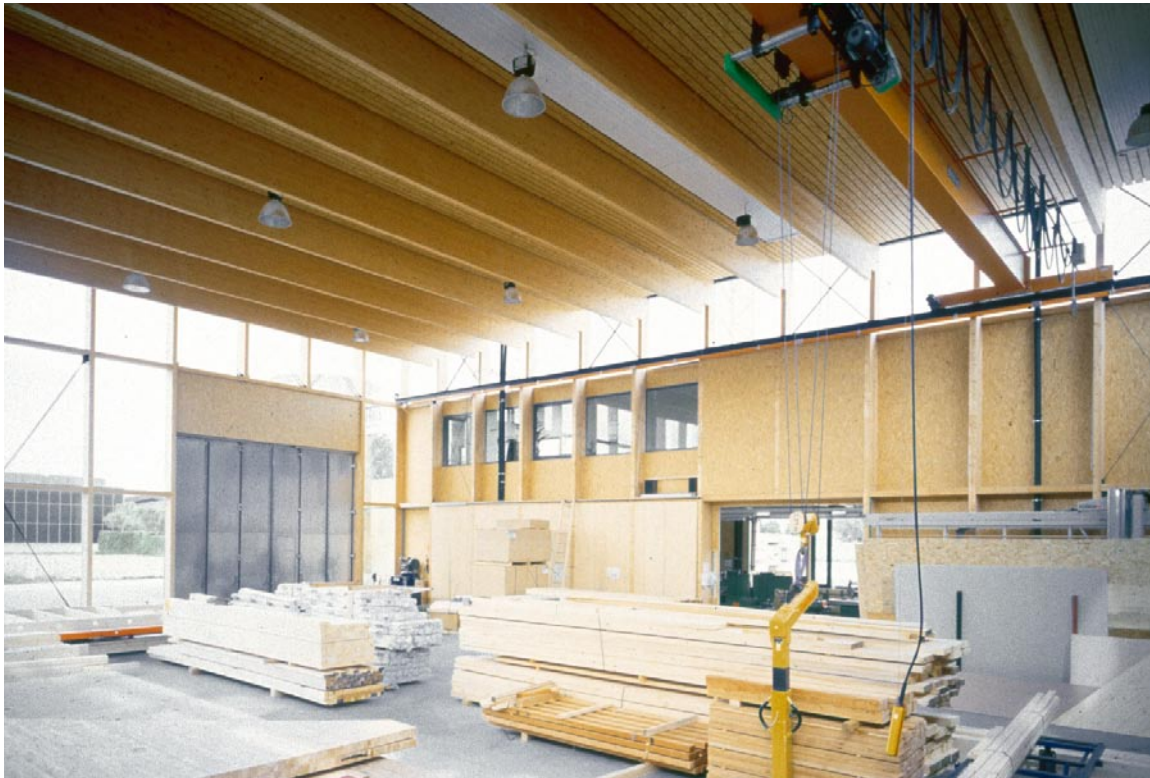
Walter Unterrainer, Feldkirch

Tragwerksplaner:

Merz Kley Partner, Dornbirn

Das Fertigungs- und Bürogebäude für einen Zimmereibetrieb sollte die ökologische Arbeitsweise des Unternehmens zum Ausdruck bringen. Aus funktionellen, wirtschaftlichen und energetischen Gründen sind die einzelnen Baukörper kompakt ausgebildet. Bei Bedarf sind sie nach

Süden erweiterbar. Die Halle und der nach Norden vorspringende Gebäuderiegel mit der Verwaltung bilden gemeinsam einen einladenden Zugangsraum, der durch einen Rundsilo akzentuiert wird. Die transparente Nordwand ermöglicht Einblick in die Fertigung und eine

**Abb. 8.11.02**

Die Werkhalle wird über drei Seiten belichtet

Abb. 8.11.03

Montage der Primärkonstruktion



blendungsfreie Belichtung. Auch die Büroräume gewähren Blickkontakt zur Halle.

Zur Senkung der Baukosten wurde eine mini-mierte Konstruktion entwickelt. Die Fertigungshalle ist im Achsraster von 2 m konstruiert, Stützen (12/43 cm) und Dachträger (12/98 cm) bestehen aus BS-Holz. Die Stützen übernehmen auch die Lasten der Kranbahn, aufwändige Konsolen wurden vermieden. Die Träger sind beim Stützenaufleger ausgeklinkt und eingedü-

belt, so dass ein eleganter Übergang entsteht. Die durchgängige Verschlinkung der Stützen in diesem Bereich verbessert den Lichteinfall durch die Fensterbänder. Diese Konstruktion hat zudem den Vorteil, dass der Kran sehr nahe an der Fassade vorbeifahren kann. Die Aussteifung der Horizontalkräfte erfolgt über die geschlossenen Fassadenelemente der Ost- und Westwand.

Der Verzicht auf eine durchlichtete Dachkonstruktion zugunsten einer dreiseitigen Belichtung

Bauzeit:

1999 - 2000

Hallenfläche:

472 m² (NF)

Bürofläche:

291 m² (NF)

Abb. 8.11.04

Lageplan

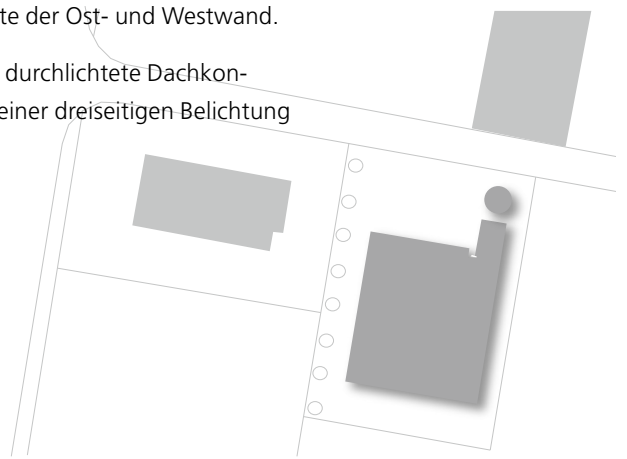


Abb. 8.11.05

Die Baukörper der Zimmerei sind kompakt ausgebildet

**Abb. 8.11.06**

Die Halle ist nach Süden erweiterbar

**Abb. 8.11.07**

Zur Verbesserung des Lichteinfalls durch die Fensterbänder sind die Träger am Stützenauflager ausgeklinkt

**Abb. 8.11.08**

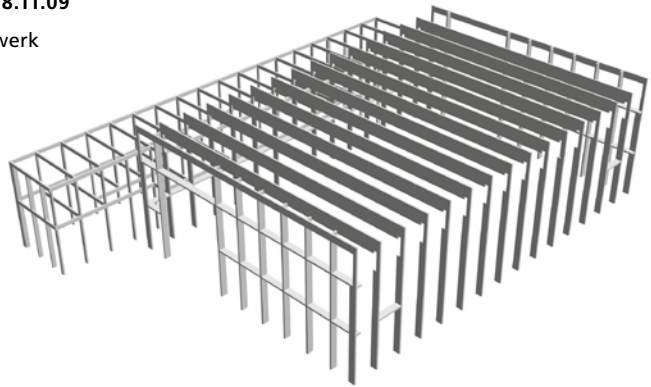
Das Treppenhaus im Verwaltungsriegel

über die Fassaden ist ökonomisch begründet. Die Dachschalung ist als Sparschalung gleichzeitig Träger der Wärmedämmung und der Dachhaut sowie Schallabsorber. In der Außenfassade werden Isolierglaspaneele und geschlossene Elemente aus grau lasierten Holzwerkstoffplatten (OSB) mit Aluklemmprofilen an eine separate Zwischenleiste gepresst.

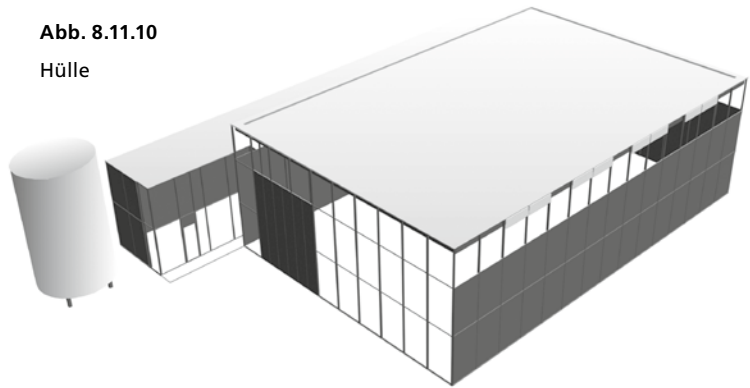
Die Südfassade der Halle und des Büroteils ist beschattungsfrei und dient teilweise als Luftvorerwärmungswand (Solarwall beim Nebengebäude) und teilweise als großflächige Speicherwand mit innerer Wärmeabstrahlung (Trombewand bei der Werkhalle). Die thermische Masse dieser Wand besteht aus ca. 6 cm dicken zementgebundenen Spanplatten hinter Isolierglas – durch von Hand zu öffnende Hinterlüftungsklappen wird die Überhitzung im Sommer vermieden. Der Büroteil ist in Passivhausqualität errichtet, wobei die benötigte Restheizenergie durch eine im Gebäude integrierte Hackschnitzelanlage abgedeckt wird.

Abb. 8.11.09

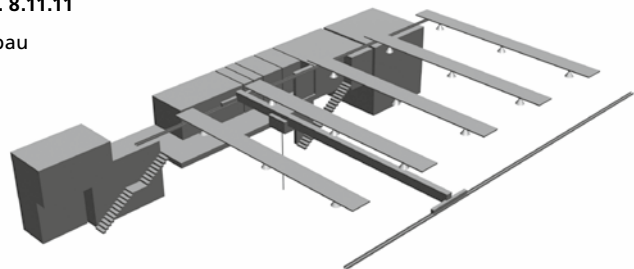
Tragwerk

**Abb. 8.11.10**

Hülle

**Abb. 8.11.11**

Ausbau



8.12_ Druckerei in Lustenau (A)



Abb. 8.12.01

Die äußere Erscheinung des Gebäudes wird durch eine Bekleidung aus Zinkblech geprägt

Bauherr:

Buchdruckerei Lustenau GmbH,
Lustenau (A)

Architekten:

Oskar Leo Kaufmann, Johannes
Kaufmann, Dornbirn (A)

Tragwerksplanung:

Ernst Mader, Bregenz (A)

Die Produktions- und Bürohalle einer traditionsreichen Druckerei liegt in einem neuen Gewerbegebiet an der Ortsgrenze von Lustenau. Der sensible Organismus einer Druckerei mit vielen Maschinen bedarf einer druckablaufkonformen Raumorganisation und vor allem in klimatischer Hinsicht besonderer Sorgfalt. Eine stets relativ gleichbleibende Luftfeuchtigkeit und Raumtemperatur in der Druckereihalle ist Voraussetzung für eine funktionierende Produktion. Aus diesem

Grund ist es über die Erzielung ausgezeichneter Dämmwerte hinaus notwendig, die Halle je nach Erfordernis zu beheizen, zu kühlen und entsprechend zu befeuchten. Im Wesentlichen ist der Produktionsablauf im Betrieb in drei große Bereiche gegliedert: die Druckvorbereitung, den Drucksaal und die Fertigung. Da das Grundwasser im Jahresmittel ca. 1 m unter Niveau liegt, ruht das gesamte Gebäude auf Betonpfählen, die die Last ins Erdreich abführen.

**Abb. 8.12.02**

Wesentliche Bereiche der Druckerei werden von Fachwerkträgern aus BS-Holz überspannt

Über der wasserdichten Betonwanne des Kellergeschosses erhebt sich die Holztragkonstruktion der Halle. Die Fachwerkträger mit einer Spannweite von 20 m tragen einerseits die Hallendecke und werden zur natürlichen Belichtung der Halle von Norden verwendet (BS-Holz 12/60 cm im Bereich des Flachdaches und BS-Holz 12/20 cm im Bereich der Oberlichter). Oberhalb der Tragkonstruktion aus überhöhten BS-Holz-Fachwerkträgern befindet sich als

sichtbare Unterkonstruktion eine Holzschalung (55/170 mm mit 40 mm Abstand), darüber OSB-Platten (25 mm) und eine Dampfsperre. Darauf folgt eine Wärmedämmschicht (140 mm) mit einer Dampfsperre sowie eine zweilagige Bitumenabdeckung. Auf den Dachschrägen der Sheds dient als wasserführende Schicht eine Doppelstehfalz-Verblechung, die auf einer Konterlattung (30/50 mm) befestigt ist. Für die Schallabsorption im Inneren der Halle werden

Bauzeit:

März - November 2000

Fläche:

EG 4.800 m²

KG 1.800 m²

Umbauter Raum:

36.480 m³

Abb. 8.12.03

Der Haupteingang der Verwaltung

**Abb. 8.12.04**

Haupteingang und Lkw-Auslieferungsschleusen

**Abb. 8.12.05 und 8.12.06**

Auffälliges Gestaltungsmerkmal sind die sieben Sheddächer über den Produktionsräumen

**Abb. 8.12.08**

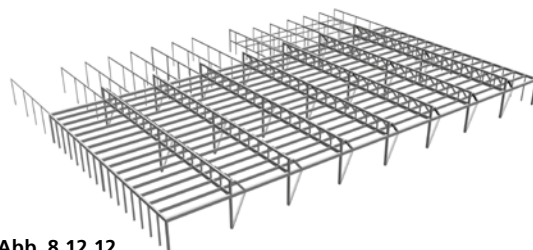
Empfang in der Verwaltung

Abb. 8.12.07

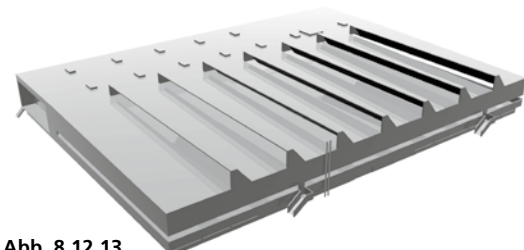
Die Fassadenebene des zweigeschossigen Verwaltungsbereiches ist gegenüber der Hauptfassade zurückgezogen

**Abb. 8.12.09 - 8.12.11**

Die Räume für die Druckproduktion werden gleichmäßig über die Sheds belichtet

**Abb. 8.12.12**

Tragwerk

**Abb. 8.12.13**

Hülle

die Deckenflächen herangezogen, um möglichst den Geräuschpegel im Inneren der Halle auf ca. 80 dB zu halten. Die äußere Erscheinung des Gebäudes wird durch die Wandaußenverkleidung aus Zinkblech geprägt. Die an die Träger seitlich anschließende Fassade besteht aus einer hinterlüfteten Doppelstehfalz-Verblechung. Raumseitig folgen hochwärmegedämmte Wandelemente als Multisteg mit OSB-Platten (18 mm), die auf Riegel (240/60 mm) geleimt sind, sowie eine Dampfsperre. Die Innenbekleidung besteht aus Dreischichtplatten (20 mm) mit Fugenbild. Der sich daraus ergebende hohe Dämmwert war erforderlich, da die Halle im Sommer auf einer gleichbleibenden Innentemperatur gehalten werden muss. Zur Ergänzung der natürlichen Belichtung über die Sheds wurde ein Fensterband in die Fassade integriert.

Das Gebäude ist in fünf Brandabschnitte eingeteilt: Büro zweigeschossig, Lagerfläche im EG, Produktion, Lagerfläche im KG sowie Technikräume im KG. Die einzelnen Brandabschnitte werden mit massiven Trennwänden (F90) und die Öffnungen mit T30-Türen versehen. Von jedem Punkt der Halle ist ein Fluchtweg ins Freie oder in einen anderen Brandabschnitt maximal 40 m entfernt. Vom Lagerraum für brennbare Flüssigkeiten führt der Fluchtweg direkt ins Freie.

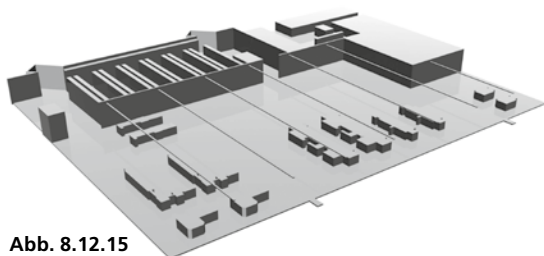


Abb. 8.12.15
Ausbau

Abb. 8.12.14

Detailschnitt im Bereich der Sheds (unmaßstäbliche Verkleinerung)

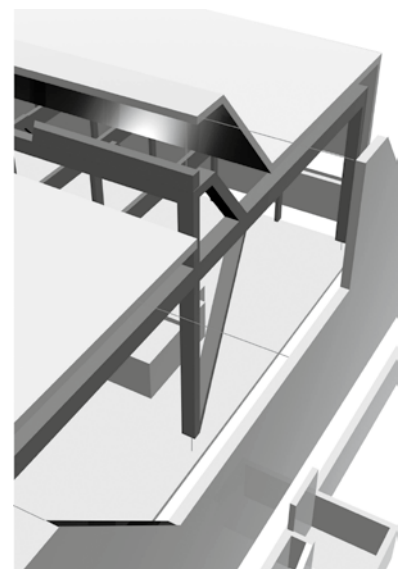
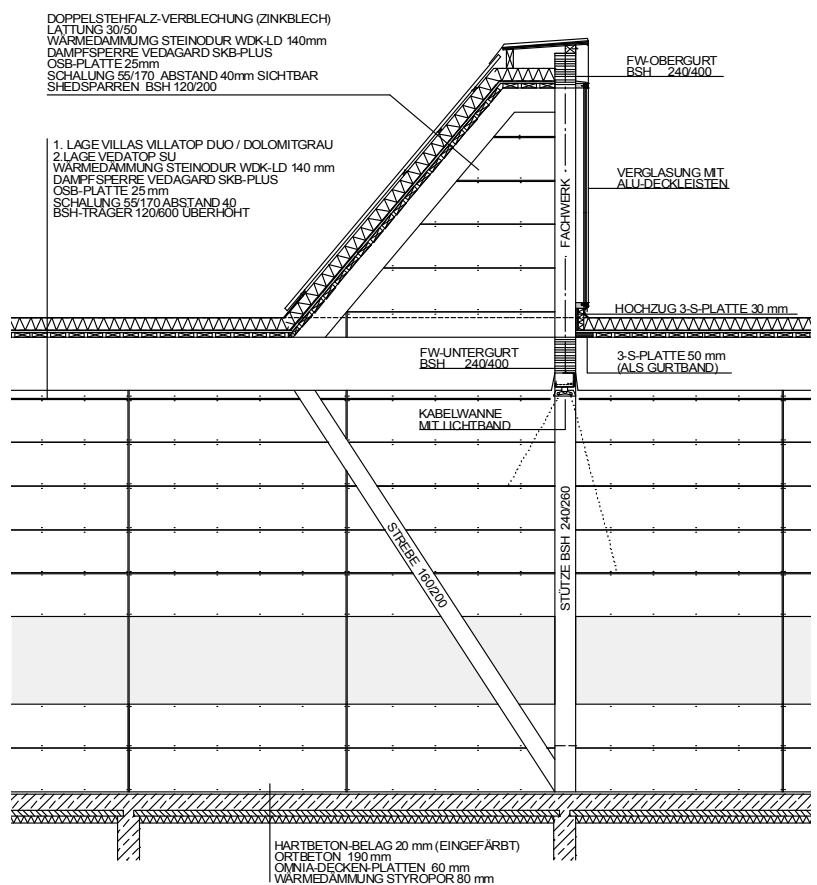


Abb. 8.12.16

Verschneidung
Wand/Stütze/Dach

9_ Literatur

- [1] Reichardt, J.: Synergetische Fabrikplanung™ am Fallbeispiel der Neuplanung eines Automobilzulieferers, wt Werkstatttechnik online 04/2003, S. 275 - 281
- [2] Reichardt, J.: Effizienz – Industrie Gewerbe Verwaltungsbauten, in: Ästhetik Effizienz Industrie Gewerbe Verwaltungsbauten, Wiesbaden, 2005, S. 16 ff.
- [3] Reichardt, J.: form follows performance, in: Licht Architektur Technik + Büro, 3/2005
- [4] Wiendahl, H.P.; Reichardt, J.; Hernández, R.: Kooperative Fabrikplanung – Wandlungsfähigkeit durch zielorientierte Integration von Prozess- und Bauleitung. wt Werkstatttechnik online 91/2001, S. 139 - 143
- [5] Wiendahl, H.P.: Wandlungsfähigkeit – Schlüsselbegriffe der zukunftsfähigen Fabrik, wt Werkstatttechnik online 92/2002, S. 122 - 127.
- [6] Zukowsky, J., (Hrsg.): Chicago Architecture and Design 1923 - 1993, München, 1993
- [7] Felix, H.: Unternehmens- und Fabrikplanung – Planungsprozesse, Leistungen und Beziehungen. Carl Hanser Verlag, München, 1998
- [8] Nyhuis, P.; Reichardt, J.: Synergetische Fabrikplanung™ auf Basis eines ganzheitlichen Prozess- und Raummodells. Abschlussbericht zum gleichnamigen Forschungsprojekt bei der Stiftung Industrieforschung, Köln, 2006
- [9] Hernández, R.: Systematik der Wandlungsfähigkeit in der Fabrikplanung. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 16, Nr. 149, Dissertation Universität Hannover, VDI Verlag, Düsseldorf, 2003
- [10] Klußmann, J. H.; Nofen, D.; Löllmann, F.: Erläuterungen zu den Fabrikelementen der Gestaltungsbereiche. In: Wiendahl, H.-P.; Nofen, D. et al. (Hrsg.): Planung modularer Fabriken. Carl Hanser Verlag, München, 2005, S. 265 - 296
- [11] Nyhuis, P.; Elscher, M.; Kolakowski, M.: Prozessmodell der Synergetischen Fabrikplanung™ – Ganzheitliche Integration von Prozess- und Raumsicht. In: wt Werkstatttechnik online, 04/2004, S. 95 - 99
- [12] Heger, C.L.: Bewertung der Wandlungsfähigkeit in der Fabrikplanung. In: Nyhuis, P. (Hrsg.): Berichte aus dem IFA, Dissertation Universität Hannover, PZH Produktionstechnisches Zentrum GmbH, Garbsen, 2006
- [13] Dolezalek, C.M.; Warnecke, H.J.; Dangelmeier, W.: Planung von Fabrikanlagen, 2. Aufl. Springer, Berlin, 1981
- [14] Reichardt, J.: Architektonische Gebäudegestaltung in Infrastrukturelles FM – Lehrbrief AT, Freiberg, 2005
- [15] Hatz, R.: „Auf Sparflamme“ in: Deutsche Bauzeitung, 8/2006, S. 71 - 75
- [16] DIN 68 702:2004-04, Holzpflaster
- [17] DIN 51 130:2004-06, Prüfung von Bodenbelägen – Bestimmung der rutschhemmenden Eigenschaft – Arbeitsräume und Arbeitsbereiche mit Rutschgefahr, Begehungsverfahren – Schiefe Ebene
- [18] Reichardt, J.: Architektonische Gebäudegestaltung in Infrastrukturelles FM – Lehrbrief AT, Freiberg, 2005
- [19] GEFMA Richtlinie 100: Facility Management, German Facility Management Association GEFMA e.V., Bonn

- [20] DIN 276-1:2006-11, Kosten im Bauwesen – Teil 1 Hochbau
- [21] Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV) vom 24. Juli 2007. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2007, Teil I Nr. 34, S. 1.519 -1.563
- [22] DIN V 4108-4:2007-06, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte
- [23] DIN EN 12 524:2000-07, Baustoffe und -produkte – Wärme- und feuchteschutztechnische Eigenschaften – Tabellierte Bemessungswerte
- [24] DIN V 18 599:2007-02 Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung
- [25] DIN EN ISO 6946:2003-10, Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren
- [26] DIN 4108-2:2003-07, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz
- [27] DIN 4108 Beiblatt 2:2004-01, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Wärmebrücken – Planungs- und Ausführungsbeispiele
- [28] Hauser, G.; Stiegel, H.; Haupt, W.: Wärmebrückenkatalog auf CD-ROM. Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH, Baunatal, 1998, überarbeitete Fassung 2002
- [29] DIN 4108-3:2008-07, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz
- [30] DIN 68 800-2:1996-05, Holzschutz – Teil 2: Vorbeugende bauliche Maßnahmen im Hochbau
- [31] DIN 4109:1989-11, Schallschutz im Hochbau – Anforderungen und Nachweise
- [32] DIN 4109-A1:2001-01, Schallschutz im Hochbau – Anforderungen und Nachweise; Änderung A1
- [33] DIN 18 041:2004-05, Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen
- [34] Holtz, F. et al.: holzbau handbuch, INFORMATIONSDIENST HOLZ, R3/T3/F4, Schallschutz – Wände und Dächer, Holzabsatzfonds und DGfH Innovations- und Service GmbH, 2004
- [35] Mönck, W.; Erler, K.: Schäden an Holzkonstruktionen, 4. Auflage, Verlag Bauwesen, Berlin, 2004
- [36] Winter, S.: holzbau handbuch, INFORMATIONSDIENST HOLZ, R3/T4/F1, Grundlagen des Brandschutzes, Entwicklungsgemeinschaft Holzbau (EGH) in der Deutschen Gesellschaft für Holzfor-schung e.V., 1997
- [37] Meyer-Ottens, C.: holzbau handbuch, INFORMATIONSDIENST HOLZ, R3/T4/F2, Feuerhemmende Holzbauteile. Entwicklungsgemeinschaft Holzbau (EGH) in der Deutschen Gesellschaft für Holzfor-schung e.V., 2001

- [38] Winter, S.; Löwe, P.: holzbau handbuch, INFORMATIONSDIENST HOLZ, R3/T4/F3, Brandschutz im Holzbau – gebaute Beispiele, Entwicklungsgemeinschaft Holzbau (EGH) in der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung e.V., 2001
- [39] Winter, S.; Schopbach, H.: holzbau handbuch, INFORMATIONSDIENST HOLZ, R3/T4/F4, Brandschutz im Hallenbau, Holzabsatzfonds, 2004
- [40] DIN 18 230-1:1998-05, Baulicher Brandschutz im Industriebau – Teil 1: Rechnerisch erforderliche Feuerwiderstandsdauer
- [41] DIN 4102-2:1977-09, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Bauteile, Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
- [42] DIN EN 54: Brandmeldeanlagen
- [43] DIN 18 232: Rauch- und Wärmefreihaltung
- [44] DIN 1052:2004-08, Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken – Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau
- [45] DIN 18 334:2006-10, VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Zimmer- und Holzbauarbeiten
- [46] DIN EN 336:2003-09, Bauholz für tragende Zwecke – Maße, zulässige Abweichungen
- [47] Glos P.; Grosser D.; Radovic B.; Rug W.: holzbau handbuch, INFORMATIONSDIENST HOLZ, R4/T1/F1, Holz als konstruktiver Baustoff, Holzabsatzfonds, 2008
- [48] Radovic B. et al.: holzbau handbuch, INFORMATIONSDIENST HOLZ, R4/T4/F1, Konstruktive Holzwerkstoffe, Arbeitsgemeinschaft Holz in Zusammenarbeit mit dem Holzabsatzfonds, 2001
- [49] Kohlwey R.; Schmidt D.: INFORMATIONSDIENST HOLZ spezial, Die europäische Normung von Holzwerkstoffen für das Bauwesen, Holzabsatzfonds 10/2006
- [50] Cheret P. et al.: holzbau handbuch, INFORMATIONSDIENST HOLZ, R1/T1/F4, Holzbausysteme, Arbeitsgemeinschaft Holz in Zusammenarbeit mit dem Holzabsatzfonds, 2000
- [51] Müller A.; Wiegand T.: holzbau handbuch, INFORMATIONSDIENST HOLZ, R1/T8/F1, Planungshilfen für Nagelplattenkonstruktionen, Holzabsatzfonds und DGfH Innovations- und Service GmbH in Zusammenarbeit mit Gütegemeinschaft Nagelplattenprodukte e.V., 2005
- [52] DIN 4102-4:1994-03, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile
- [53] Otto, F. et al.: holzbau handbuch, INFORMATIONSDIENST HOLZ, R1/T1/F8, Funktionsschichten und Anschlüsse für den Holzhausbau. Holzabsatzfonds und DGfH Innovations- und Service GmbH, 2004
- [54] DIN 18 202:2005-10, Toleranzen im Hochbau – Bauwerke
- [55] DIN 18 203: Toleranzen im Hochbau
- [56] DIN EN 390:1995-03, Brettschichtholz – Maße – Grenzabmaße

[57] Zimmermann, J.; Stark, C.; Riek, J.: Projektmanagement – Modelle, Methoden, Management. Springer-Verlag, Berlin, 2006

[58] Brückner, P. et al.: INFORMATIONSDIENST HOLZ, Industrie- und Gewerbebau in Holz: Balance zwischen Technik und Kommunikation, Tagungsband zur Fachtagung am 17.01.2007 im ICC München, Holzabsatzfonds, 2007

Literaturverweise

Reichardt, J.: Planungsprinzip „Baukasten“ – Mehrwert ganzheitlichen Planens und Bauens individueller Holzkonstruktionen, in: Tagungsband Hochschul-Praxistage NRW – Update! Neues Wissen für den Holzbau, Düsseldorf, 2005, S.15 ff.

Reichardt, J.: Architektonische Gebäudegestaltung in Infrastrukturelles FM – Lehrbrief AT, Friedberg, 2005

Felix, H.: Unternehmens- und Fabrikplanung – Planungsprozesse, Leistungen und Beziehungen. Carl Hanser Verlag, München, 1998

Heger, C.L.: Bewertung der Wandlungsfähigkeit in der Fabrikplanung. In: Nyhuis, P. (Hrsg.): Berichte aus dem IFA, noch nicht erschienen, Dissertation Universität Hannover, PZH Produktionstechnisches Zentrum GmbH, Garbsen, 2006

Hernández, R.: Systematik der Wandlungsfähigkeit in der Fabrikplanung. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 16, Nr. 149, Dissertation Universität Hannover, VDI Verlag, Düsseldorf, 2003

Klußmann, J.H.; Nofen, D.; Löllmann, F.: Erläuterungen zu den Fabrikelementen der Gestaltungsbereiche. In: Wiendahl, H.-P.; Nofen, D. et al. (Hrsg.): Planung modularer Fabriken. Carl Hanser Verlag, München, 2005, S. 265 - 296

Nyhuis, P.; Elscher, M.; Kolakowski, M.: Prozessmodell der Synergetischen Fabrikplanung™ – Ganzheitliche Integration von Prozess- und Raumsicht. In: wt Werkstatttechnik online, 04/2004, S. 95 - 99

Nyhuis, P.; Reichardt, J.: Synergetische Fabrikplanung™ auf Basis eines ganzheitlichen Prozess- und Raummodells. Abschlussbericht zum gleichnamigen Forschungsprojekt bei der Stiftung Industrieforschung, Köln, 2006

10_ Bildnachweis

Kapitel 1

1.01

Prof. Reichardt Architekten, Essen

1.02 - 1.05

Archiv Prof. J. Reichardt, Essen

Fotos Seite 10-12

www.pixelio.de, www.photocase.de

1.06, 1.07

Chopard, Charles: Die Hetzersche Holzbauweise,
Schweizer Bauzeitung 1911

1.08

www.theaviatorhh.com

1.09

Evergreen Aviation & Space Museum,
McMinnville, Oregon

1.10, 1.11

Mc. Douwell Douglas, aus Zukowsky, J.:
Chicago Architecture and Design

1.12, 1.13

Holzabsatzfonds, Bonn

1.14 - 1.18

Wilkhahn, Bad Münden

Kapitel 2

2.01 - 2.21

Institut für Fabrikplanung und Logistik IFA,
Hannover, Synfap Endbericht

2.22

Banz + Riecks Architekten, Bochum

Kapitel 3

3.01

Prof. Reichardt Architekten, Essen

3.02 - 3.11

Archiv Lehrbereich Baukonstruktion und
Industrienbau, Fachhochschule Münster

Kapitel 4

4.01

Prof. Reichardt Architekten, Essen

4.02, 4.06 - 4.11

Archiv Prof. Dr. Thomas Jürges, Aachen

4.03

Holzleimbau Derix, Niederkrüchten

4.04, 4.05

Burkhard Walter, Aachen

Kapitel 5

5.01 - 5.09 Archiv Prof. J. Reichardt, Essen

Kapitel 6

6.01

Johannes Kaufmann, Dornbirn

6.02

Architektenbüro Trykowski, Frensdorf

6.03

Martin Mohrmann, Eutin

6.04, 6.07, 6.09

Holzabsatzfonds, Bonn

6.05

Finnforest Merk, Aichach

6.06

Johannes Kaufmann, Dornbirn

6.08

Banz + Riecks Architekten, Bochum

6.10-6.12

Lignotrend, Weilheim-Bannholz

6.13-6.25, 6.28, 6.29, 6.31-6.33,

6.36-6.39, 6.44-6.46

Holzleimbau Derix, Niederkrüchten

6.26, 6.27, 6.30, 6.40-6.43

Burkhard Walter, Aachen

6.34

Florian Nagler Architekten, München

6.35

Holzbau Gröber, Eberhardzell-Füramoos

6.47, 6.48

Schweizer Rheinsalinen, Pratteln

Kapitel 7

7.01

Holzleimbau Derix, Niederkrüchten

7.02-7.08

Archiv Prof. J. Reichardt, Essen

Kapitel 8

8.1.01, 8.1.02, 8.1.04-8.1.10

Stefan Müller-Naumann, München

8.2.01, 8.2.02, 8.2.04, 8.2.06-8.2.08,

8.2.12, 8.2.13

Tobias Grau, Rellingen

8.3.01, 8.3.08

Stefan Müller-Naumann, München

8.3.02, 8.3.03, 8.3.06, 8.3.07

Holzabsatzfonds

8.3.04, 8.3.09

Florian Nagler Architekten, München

8.4.01, 8.4.02, 8.4.04-8.4.09

Gerber Architekten, Dortmund

8.5.01, 8.5.03-8.5.06, 8.5.09, 8.5.10

Reichardt Architekten, Essen

8.6.03-8.6.06, 8.6.10, 8.6.12

Holzbau Amann, Weilheim-Bannholz

8.6.01, 8.6.11

Norbert Baradoy, Tübingen

8.7.01-8.7.03, 8.7.12-8.7.14

Paul Ott, Graz

8.7.06-8.7.10, 8.7.15-8.7.17

Johannes Kaufmann, Dornbirn

8.8.01, 8.8.02, 8.8.04-8.8.07

Holzbauer und Partner, Wien

8.9.01, 8.9.03-8.9.09, 8.9.13-8.9.15, 8.9.17

Schweizer Rheinsalinen, Pratteln

8.10.01, 8.10.03, 8.10.04, 8.10.06,

8.10.09-8.10.18

Obermayr Holzkonstruktionen, Schwanenstadt

8.10.02, 8.10.05

Walter Ebenhofer, Steyr

8.10.07, 8.10.08

F2 Architekten, Schwanenstadt

8.11.01, 8.11.02, 8.11.04-8.11.10

Stefan Müller-Naumann, München

8.11.01-8.11.03, 8.11.05-8.11.08

Matthias Weissengruber, Kennelbach

8.12.01-8.12.11

Ignacio Martinez, Navia

8.12.14

Johannes Kaufmann, Dornbirn

Sofern nicht anders benannt, wurden alle Zeichnungen in Kapitel 8 von Dipl.-Ing. Thomas Lilge, b.arch. Milosch Wala, b.arch. Matthias Zühlke am Lehrstuhl Prof. Reichardt an der Fachhochschule Münster angefertigt.

HOLZABSATZFONDS

Absatzförderungsfonds der deutschen Forst- und Holzwirtschaft

Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn

Telefon 02 28 / 30 83 80, Telefax 02 28 / 3 08 38 30

info@holzabsatzfonds.de

www.infoholz.de, www.holzabsatzfonds.de