
Baukonstruktion – vom Prinzip zum Detail

José Luis Moro

Baukonstruktion – vom Prinzip zum Detail

Band 1 Grundlagen

2. Auflage

Unter Mitarbeit von Matthias Rottner,
Bernes Alihodzic und Matthias Weißbach

 Springer Vieweg

José Luis Moro
Institut für Entwerfen und Konstruieren (IEK)
Universität Stuttgart
Stuttgart, Deutschland

ISBN 978-3-662-57402-7 ISBN 978-3-662-57403-4 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-57403-4>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009, 2019

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

meiner Ehefrau Maria Julia

meinen Kindern Diana, Julia und Luis

Vorwort

Das Planen, Entwerfen und Konstruieren, die eng miteinander verknüpften Themen dieser drei Bücher (oder dieses ersten von drei Bänden), sind im Prinzip äußerst komplexe Vorgänge, weil sie nicht linear sondern zyklisch/konzentrisch ablaufen. Sie verlaufen auf schrumpfenden Kreisen oder Schleifen, an deren Umfang bei jedem Umlauf erneut die Randbedingungen abgefragt werden, die es zu erfüllen gilt: Funktion, Standfestigkeit, Gestalt und Einfügung in das Umfeld, Wärme-, Schall- und Brandschutz, Dauerhaftigkeit, Fertigung, Montage, Wirtschaftlichkeit etc. So kommen sie schließlich auf „den Punkt“, also zu einer der vielen möglichen subjektiv befriedigenden Lösungen, aus denen dann in weiteren Iterationsschritten, vor und zurück, „die Lösung“ hervorgeht. Daraus folgt auch, dass es niemals die objektiv richtige oder gar die einzig beste Lösung gibt, sondern unzählige subjektive, weil man insbesondere das Entwerfen auch als gemischt deduktiven und induktiven Vorgang definieren kann, also einen logisch wissenschaftlichen „aus dem Kopf heraus“ und intuitiv / kreativen „aus dem Bauch heraus“. Sonst bräuchte es ja, um ein offensichtliches Beispiel zu nennen, für einen Wettbewerbsentscheid keine Jury sondern nur eine schlaue Excel-Tabelle.

Daraus folgt, dass dieser komplexe Ablauf buchstäblich seines Charakters beraubt wird, wenn er in einem „seitenweisen“ Buch notwendigerweise linearisiert wird. So addieren in der Tat die meisten Autoren, die sich mit diesem Thema beschäftigen – und das sind in letzter Zeit wirklich so viele, dass sich die Begeisterung über noch ein solches Buch zunächst sehr in Grenzen hält – Titel an Titel oder Bauteil an Bauteil, also beispielsweise Deckenplatten, Unterzüge, Stützen, Fundamente. Danach überlassen sie es dem Leser, dies alles zu einem Ganzen zu fügen und zeigen bestenfalls noch Ausführungsbeispiele ohne zu erklären, warum die so sind oder wie sie sonst noch hätten sein können.

Peinlich wird es, wenn diese Aneinanderreihung der typischen Bauteile auch noch fein säuberlich nach Werkstoffen sortiert dargeboten wird, als wolle ein Bauherr einen Beton-, Stahl- oder Holzbau. Nein, er will einen guten Bau und da bietet sich oft und heute zunehmend die Werkstoffmischung an, Misch-, Verbund- oder Schichtbauweisen.

Diese leider häufige Verkürzung eines zwar schwierigen aber gerade deshalb kreativen und einfach schönen Vorgangs auf eine Addition ist gerade für ein Lehrbuch und da besonders für Ingenieure fatal, weil die so zum Statiker oder bestenfalls zum Konstrukteur erzogen und so des schönsten Teils ihres Berufs beraubt werden, eben des kreativen subjektiven Entwerfens, in dem sie mit Begeisterung ihr erlerntes Wissen und ihre angeborene Phantasie einbringen können und sollen.

Klar worauf dies hinaus will! Die frohe Botschaft lautet, dass mit diesen Büchern, die der Leser dieser Zeilen in der Hand hat, der ausdrücklich bewusste und äußerst nachdrücklich verfolgte Versuch unternommen wurde, das

Planen, Entwerfen und Konstruieren von Bauwerken in seiner Ganzheitlichkeit darzustellen, indem die einzelnen Kapitel nicht einfach addiert sondern durch ihre notwendigen Querverbindungen vielfältig und sachgerecht verknüpft werden, selbstverständlich werkstoffübergreifend und in ganzer Bandbreite. Man erfährt, warum was so ist und wie sich die verschiedenen Lösungsprinzipien aus den charakteristischen physikalischen Wirkprinzipien entwickeln. Andererseits wird nicht verschwiegen, dass die zunehmende Aufteilung des Planens auf Spezialisten konflikträchtig und nicht unbedingt qualitätsfördernd ist, so dass ein wesentliches Ziel dieser Bücher der Blick über den Zaun ist. Eine Gruppe von Individualisten, die wir ja alle sein wollen, kann nur gemeinsam Qualität schaffen, wenn jeder auf das Wissen des anderen neugierig ist und es nicht um die Frage geht, was von wem kommt, sondern nur dass das Ganze gut ist.

Möge die wohlformulierte, intensiv argumentierende und sehr anschaulich bebilderte Botschaft dieser Bücher nicht nur bei den jungen Architekten sondern ebenso bei den Ingenieuren gehört und beherzigt werden. Sie werden belohnt mit der beglückenden Erfahrung, dass wir Bauenden noch Generalisten sind. Wir können und dürfen ein Bauwerk vom ersten Bleistiftstrich bis zum letzten Nagel begleiten und sind für seine Qualität selbst verantwortlich. Dabei wollen wir uns nicht auf unseren Lorbeeren ausruhen, sondern das Erreichte, mit unserem nächsten Entwurf vor Augen, selbstkritisch prüfen.

Jörg Schlaich

Einführung

Dieses Buch geht der Frage nach, *weshalb* Baukonstruktionen so sind wie sie sind. In einer hochkomplexen, fragmentierten und schwer überschaubaren Bauwelt verdient es der Bauschaffende, und hier insbesondere der junge Lernende, wieder an die Ursprünge des baukonstruktiven Umgangs mit Material heran-, man möchte sagen *zurückgeführt* zu werden, ohne deren Kenntnis jede Beschäftigung mit Bauen sinn- und ziellos, in letzter Konsequenz zur Erfolglosigkeit verurteilt ist. Gleichzeitig soll unser bilderversessener Berufsstand, die Architektenschaft, daran erinnert werden, dass unsere Arbeit ihre vielschichtigen geistigen Dimensionen nur deshalb entfalten kann, weil sie eine *materielle* Basis besitzt, nämlich die Baukonstruktion, welche – gleichgültig ob wir es anerkennen oder nicht – zu einem wesentlichen Teil von der Geometrie, der Schwerkraft und anderen physikalischen Phänomenen bestimmt ist. Es ist letzten Endes die *Baustruktur*, die wir wahrnehmen und auf unsere Sinne wirkt, welche Ausgangspunkt und Vehikel des künstlerischen Ausdrucks, in letzter Konsequenz der Baukunst, ist.

Die gleichen *Prinzipien* der Baukonstruktion, die dieses Werk im Titel trägt, liegen unserer Arbeit wie auch derjenigen unserer Vorgänger und Vorfahren zugrunde, weil sie auf Gesetzen der Materie, auf physikalischen Wirkungen und auf geometrischen Beziehungen beruhen, die gestern wie heute gültig sind. Sie sind dem wachen Verstand ganz unmittelbar zugänglich, wenn man sich, von Neugier getrieben, bereitwillig auf das Thema einlässt. Sie müssen nur unter dem Schutt eines ausufernden Spezialwissens befreit werden, das unsere (nur in ausgesuchten Teilbereichen) hochentwickelte Bauwelt angesammelt hat, das einige Hohepriester des Spezialistentums eifersüchtig pflegen, das jedoch ohne Einbettung in einen Sinnzusammenhang unseren Verstand nur blendet und fehlleitet. Diesem Ziel habe ich mich mit diesem Werk verpflichtet.

Mit dieser Zielsetzung galt es, für die einzelnen Teilgebiete des Konstruierens zunächst *Funktionen* oder *Aufgaben* herauszuarbeiten, dann verschiedene *Lösungsprinzipien* darzustellen, die zumeist auf charakteristischen physikalischen Wirkprinzipien und geometrischen Ordnungen beruhen, dann in einem letzten Schritt zur *Materialisierung* der Konstruktion überzugehen. Dieser Sequenz folgt im Wesentlichen auch die Struktur des dreibändigen Werks.

Wenn es bereits *innerhalb* einer bestimmten Fachsparte eine Herausforderung darstellt, fundamentale Lösungsprinzipien zu abstrahieren, so ist es eine bedeutend größere, Bezüge und gegenseitige Abhängigkeiten *zwischen* den Disziplinen, die in der Baukonstruktion zusammentreffen, aufzuzeigen und in eine verständliche und fassbare Form zu bringen. Ich habe hierfür den Versuch unternommen, Sachverhalte aus den verschiedenen Fachbereichen in eine möglichst konsistente und durchgängige logische Struktur zu integrieren. Dafür waren einige Termini einzuführen, um Konzepte zu benennen, für die es meines Wissens bislang

keine Fachbegriffe gab. Für diese Anmaßung bitte ich die Fachwelt bereits jetzt um wohlwollendes Verständnis.

Einen sehr hohen Stellenwert hat der durchgängige, argumentierende Textfluss sowie die beigeordneten Querverweise, womit die vielfältigen Verknüpfungen und gegenseitigen Abhängigkeiten zwischen den verschiedenen Teilbereichen und -disziplinen deutlich werden sollen. Auch wurde eine größtmögliche Anschaulichkeit der Abbildungen angestrebt, um ein unmittelbares Verstehen der Aussage zu erleichtern. Ich habe hierfür manchmal gegen (orthodoxe) Konventionen bewusst (oder auch ahnungslos), aber wie ich glaube stets mit gutem Grund verstoßen.

Um die enorme Bandbreite der Thematik mit Konsistenz und einer adäquaten Durchdringungstiefe abzudecken, war es unumgänglich, in fremden Gefilden zu wildern. Für Ungenauigkeiten und Unschärfen bitte ich deshalb die Fachwelt bereits jetzt um Nachsicht. Mit ihrer Hilfe werde ich etwaige Unzulänglichkeiten hoffentlich nach und nach aus der Welt schaffen.

Ich wäre zufrieden, wenn andere an der Lektüre dieses Buchs die gleiche Freude fänden wie ich an seiner Ausarbeitung.

Publikationen des Umfangs und der Bandbreite des vorliegenden Werks sind immer das Resultat einer Zusammenarbeit. Der Ursprung des Projekts liegt in unserem Vorlesungsmanuskript, das im Laufe mehrerer Jahre von Grund auf neu erarbeitet wurde. Neben den Mitautoren des vorliegenden Werks Matthias Rottner und Dr. Bernes Alihodzic, zu denen etwas später auch Dr. Matthias Weißbach stieß, ohne deren Beitrag an Geduld, Konstanz und Engagement dieses ehrgeizige Projekt nicht realisierbar gewesen wäre, sind weitere, zum Teil ehemalige Mitarbeiter zu nennen: unter ihnen insbesondere Dr. Peter Bonfig, der während der konzeptionellen Entstehungsphase unseres Vorlesungsmanuskripts wesentliche Ideen beigetragen hat, aber auch Christian Büchenschütz, Christoph Echtele, Melanie Göggerle, Karin Jentner, Magdalene Jung, Stephanie Krüger, Lukas Kohler, Christopher Kuhn, Julian Lienhard, Manuela Langenegger, Gunnar Otto, Tilman Raff, Alexandra Schieker, Ying Shen, Brigitta Stöckl, Xu Wu, sowie nicht zuletzt Ole Teucher, auf den zahlreiche Zeichenarbeiten zurückgehen.

Besonderer Dank gilt auch den Kollegen, die es auf sich genommen haben, zum Teil sehr umfangreiche Manuskriptabschnitte gegenzulesen wie Prof. K. Gertis, Prof. H. W. Reinhardt und Prof. S. R. Mehra sowie auch Prof. Jörg Schlaich für sein freundliches Vorwort. Verpflichtet bin ich auch Kollegen und Freunden wie Dr. Jenő Horváth für die geduldige Beantwortung meiner Fragen, Karl Humpf für seine sorgfältige Manuskriptkorrektur sowie auch Dr. Ch. Dehlinger. Großzügig haben uns umfangreiches Bildmaterial zur Verfügung gestellt Prof. K. Ackermann, Prof. P. C. v.

Danksagung

Stuttgart, im Juni 2008
J. L. Moro

Seidlein, Prof. Th. Herzog, Prof. F. Haller, Prof. U. Nürnberger, Prof. P. Cheret und Prof. D. Herrmann. Herrn Lehnert vom Springer-Verlag danken wir für seine bedingungslose Unterstützung und für seine Geduld.

Auch allen Freunden und Kollegen, die uns während der Ausarbeitung stets unterstützt und Mut zugesprochen haben, sei hiermit im Namen aller Autoren herzlich gedankt.

Vorwort zur zweiten Auflage

Seit die erste Auflage vor nunmehr zehn Jahren erschien, haben sich in verschiedenen Bereichen gewisse Verhältnisse im Zusammenhang mit der Konstruktionsplanung geändert bzw. weiterentwickelt. Sie wurden in dieser neuen Auflage aufgegriffen und im Rahmen des Möglichen behandelt. Dazu gehören in erster Linie Fragen der Nachhaltigkeit, die vor zehn Jahren in der Baukonstruktion noch keine nennenswerte Rolle spielten, heute jedoch immer mehr in den Fokus des Planers und Baukonstruktors rücken und bald zum Standardrepertoire der Konstruktionsplanung zählen werden. Dem Thema Nachhaltigkeit wurde entsprechend ein komplettes Kapitel (III) inklusive sechs Unterkapitel gewidmet.

Ebenfalls bedeutsam sind neuere Entwicklungen im Holzbau. Entsprechend wurden die Kapitel zum Werkstoff Holz (IV-5) und zu Holzprodukten (V-2) vollständig überarbeitet.

Des Weiteren hat man sich sehr bemüht, die Lesbarkeit des Texts sowie auch der Abbildungen zu verbessern. Im Text wurde deutlich sparsamerer Gebrauch von Hervorhebungen gemacht, um das Schriftbild insgesamt ruhiger und damit besser lesbar zu gestalten. Dennoch wurde an der Praxis festgehalten, die Schlüsselbegriffe in Absätzen fett darzustellen, um ein rasches Erfassen der Kernaussage zu ermöglichen. Die textliche Formatierung wurde strikt vereinheitlicht, was zusätzlich zur visuellen Beruhigung des Textes beigetragen hat. Die Grafik sämtlicher Abbildungen wurde überarbeitet und deutlich verbessert, um ihre Anschaulichkeit und Lesbarkeit zu erhöhen. Auch die grafischen Standards wurden streng vereinheitlicht, ebenfalls zum Zweck einer besseren Lesbarkeit und Vergleichbarkeit.

Mein Dank gilt den zahlreichen Personen, die auch bei dieser zweiten Auflage viel zum guten Gelingen beigetragen haben. Besonders zu nennen sind wegen ihrer sorgfältigen und engagierten Zeichen- und Formatierungsarbeit unsere studentischen Hilfskräfte Uta Lambrette, Katrin Fessel, Johannes Rinderknecht, Eider Yarritu Inoriza und Martin Feustel. Dipl.-Ing. Matthias Rottner und M. Arch. Franz Arlart haben wertvolle inhaltliche Ergänzungen und Verbesserungen beigesteuert. Dipl.-Ing. Michael Fleck hat uns vielfach sein Bauingenieurwissen und seine praktische Erfahrung mit großer Geduld zur Verfügung gestellt. Dank gebührt auch Herrn Harms vom Springer-Verlag.

Stuttgart, im September 2018
J. L. Moro

INHALTSÜBERSICHT DES GESAMTWERKS

BAND 1	GRUNDLAGEN	I Konstruieren II Struktur II-1 Ordnung und Gliederung II-2 Industrielles Bauen II-3 Maßordnung III Nachhaltigkeit III-1 Kontext III-2 Ökologie III-3 Ökonomie III-4 Soziales III-5 Ökobilanzen III-6 Recycling IV Stoffe IV-1 Materie IV-2 Werkstoff IV-3 Stein IV-4 Beton IV-5 Holz IV-6 Stahl IV-7 Bewehrter Beton <i>(mit Matthias Rottner)</i> IV-8 Glas IV-9 Kunststoff V Bauprodukte <i>(mit Matthias Rottner)</i> V-1 Künstliche Steine V-2 Holzprodukte V-3 Stahlprodukte V-4 Glasprodukte V-5 Kunststoffprodukte VI Funktionen VI-1 Spektrum VI-2 Kraftleiten <i>(mit Dr. Matthias Weißbach)</i> VI-3 Thermohygrische Funktionen VI-4 Schallschutz VI-5 Brandschutz VI-6 Dauerhaftigkeit <i>(mit Matthias Rottner)</i>
BAND 2	KONZEPTION	VII Herstellung von Flächen VIII Aufbau von Hüllen IX Primärtragwerke <i>(mit Dr. Matthias Weißbach)</i> IX-1 Grundlagen IX-2 Typen IX-3 Verformungen IX-4 Gründung

X Bauweisen (mit Matthias Rottner)

- X-1 Mauerwerksbau
- X-2 Holzbau
- X-3 Stahlbau
- X-4 Fertigteilbau
- X-5 Ortbetonbau

XI Flächenstöße**BAND 3****UMSETZUNG****XII Verbindungen** (mit Dr. Matthias Weißbach)

- XII-1 Grundlagen des Fügen
- XII-2 Kraftübertragung
- XII-3 Fügeverfahren
- XII-4 Zusammensetzen
- XII-5 An- und Einpressen
- XII-6 Fügen durch Urformen
- XII-7 Fügen durch Umformen
- XII-8 Fügen durch Stoffvereinigen

XIII Äußere Hüllen (mit Matthias Rottner)

- XIII-1 Grundsätzliches
- XIII-2 Erdberührte Hüllen
- XIII-3 Schalensysteme
- XIII-4 Mehrschichtverbundsysteme
- XIII-5 Rippensysteme
- XIII-6 Punktgehaltene Hüllen
- XIII-7 Addierte Funktionselemente
- XIII-8 Membransysteme
- XIII-9 Öffnungen

XIV Innere Hüllen

- XIV-1 Grundsätzliches
- XIV-2 Horizontale Raumabtrennungen
- XIV-3 Vertikale Raumabtrennungen
- XIV-4 Öffnungen

1 Maßstab**2 Nachhaltigkeit****3 Werkstoffe****4 Funktionen****5 Form****6 Flächen****7 Aufbau****8 Bauweisen****9 Verbinden****10 Konstruieren****BAND 4****PRINZIPIEN**

I KONSTRUIEREN

1. Der Begriff der Konstruktion	2
1.1 Herstellung von Gebäuden.....	2
1.2 Definition des Begriffs Konstruieren.....	2
2. Der Prozess des Konstruierens.....	4
2.1 Planen, Entwerfen, Konstruieren	4
2.2 Phasen des Konstruktionsprozesses	6
2.3 Methodik des Konstruierens.....	9
3. Entwerfen und Konstruieren	10
3.1 Einfluss der Konstruktion auf den Entwurf.....	10
3.1.1 Der Begriff der Bauweise	12
3.1.2 Historische und traditionelle Bauweisen	12
3.1.3 Moderne Bauweisen	13
3.1.4 Kategorien von Bauweisen	13
3.1.5 Bedeutung von Bauweisen für den Planer ..	14
3.2 Einfluss des Entwurfs auf die Konstruktion	15
3.3 Harmonisierung von Entwurf und Konstruktion ..	16
3.4 Heutige Verhältnisse.....	16
4. Prinzipien des Konstruierens.....	17
4.1 Grundsätzliches.....	17
4.2 Historische und moderne Prinzipien des Konstruierens	17
4.3 Der Weg vom Prinzip zum Detail und umgekehrt.....	18
Anmerkungen	20
Normen und Richtlinien.....	20

II STRUKTUR

II-1 Ordnung und Gliederung

1. Ordnung einer Baustruktur	24
1.1 Ordnung nach formalen Gesichtspunkten.....	24
1.2 Ordnung nach funktionalen Gesichtspunkten	26
1.3 Ordnung nach konstruktiven Gesichtspunkten....	27
2. Gliederung einer Baustruktur	29
2.1 Gliederung nach formalen Gesichtspunkten	29
2.2 Gliederung nach funktionalen Gesichtspunkten ..	30
2.2.1 nach Hauptfunktionen	31
2.2.2 nach baulicher Einzelfunktion	32
2.2.3 nach Grad und Qualität der Anforderung ..	32
2.3 Gliederung nach konstruktiven Gesichtspunkten	33
2.3.1 aus Einschränkungen des Werkstoffs	33
2.3.2 aus dem Bauprinzip	34
2.3.3 aus der industriellen Herstellung.....	38
2.3.4 aus der Organisation des Bauvorgangs.....	38
2.4 Klassifizierung von Bauteilen nach ihrer konstruktiven Komplexität	40
Anmerkungen.....	43
Normen und Richtlinien.....	43

1. Technisch-kulturelle Entwicklungsstufen	46	II-2	Industrielles Bauen
2. Handwerkliche Produktion	47		
3. Industrielle Produktion	49		
3.1 Geschichtliche Entwicklung industriellen Bauens	50		
3.2 Merkmale industrieller Produktion.....	54		
4. Merkmale industriellen Bauens	54		
4.1 Grundsätze industriellen Bauens	55		
4.2 Einsatz neuer digitaler Planungs- und digital gesteuerter Fertigungstechniken im Bauwesen .	58		
4.3 Transport.....	59		
4.4 Montage	60		
5. Die Montagefuge im industriellen Bauen	60		
Anmerkungen	62		
Normen und Richtlinien.....	62		
1. Modulare Ordnung einer Gebäudestruktur.....	64	II-3	Maßordnung
1.1 Maß- und Modulordnungen im Bauwesen.....	64		
1.2 Grundmaße und Baumaße.....	67		
2. Maßsysteme	68		
2.1 Das oktametrische Maßsystem.....	68		
2.2 Mauerschichten und -verbände	70		
2.3 Mauerverbände – Beispiele	70		
2.4 Bauen mit großformatigen Steinen.....	73		
2.5 Modulordnung nach <i>ISO 1006</i> und <i>ISO 2848</i>	74		
2.5.1 Grundmodul.....	74		
2.5.2 Horizontale Koordination	74		
2.5.3 Vertikale Koordination – Ergänzungsmaße	76		
2.5.4 Koordinationsräume	76		
3. Der Raster.....	77		
3.1 Bauteilbezug zum Raster	77		
3.2 Rasterüberlagerungen	80		
3.3 Beispiel: Kombination von Konstruktions- und Ausbauraster	82		
4. Maßtoleranzen – maßliche Koordination an	84		
Bauteilstößen			
4.1 Toleranzarten.....	85		
4.2 Maßtoleranzen, Begriffe; Beispiel: Einbau Fenster	85		
4.3 Maßtoleranzen – Grenzabweichungen.....	87		
Anmerkungen	94		
Normen und Richtlinien.....	94		

III NACHHALTIGKEIT

III-1 Kontext

1. Nachhaltigkeit von Baukonstruktionen	98
1.1 Der Begriff der Nachhaltigkeit	98
2. Zusammenfassende Bewertung der Nachhaltigkeit von Baukonstruktionen	99

Anmerkungen	101
Normen und Richtlinien	101

III-2 Ökologie

1. Ökologische Betrachtung	104
2. Ökobilanz (Life-Cycle Assessment, LCA)	104
2.1 Das betrachtete System	105
2.2 Systemgrenzen	105
2.3 Phasen	105
2.4 Ökobilanz-Indikatoren	106
2.5 Umweltkennzeichnungen und -deklarationen von Produkten (Environmental Product Declaration, EPD)	109

Anmerkungen	113
Normen und Richtlinien	113

III-3 Ökonomie

1. Ökonomische Betrachtung (Lebenszykluskosten)	116
2. Lebensdauer	117
2.1 Alterung	125
2.2 Obsoleszenz	125
3. Lebenszyklus	126
3.1 Neubau	126
3.2 Nutzung	126
3.2.1 Instandhaltung	127
3.3 Erneuerung	128
3.4 Rückbau	128
4. Lebenszykluskostenrechnung (Life-Cycle Costing, LCC; Life-Cycle Cost Analysis, LCCA) ...	131
4.1 Erstellungskosten sowie Kosten für Rückbau und Entsorgung	132
4.2 Nutzungskosten	132
4.3 Bauunterhaltskosten	134

Anmerkungen	135
Normen und Richtlinien	135

III-4 Soziales

1. Betrachtung der soziokulturellen Auswirkungen	138
2. Zugänglichkeit	138

3. Anpassungsfähigkeit	138	
4. Gesundheit und Behaglichkeit	138	
5. Belastungen der benachbarten Bereiche	140	
6. Instandhaltung	140	
7. Sicherheit/Schutz	141	
8. Beschaffung von Materialien und Dienstleistungen	142	
9. Einbeziehung der Beteiligten (Stakeholder Involvement)	142	
Normen und Richtlinien	143	
1. Konstruktionsrelevante Ökobilanzdaten	146	III-5 Ökobilanzdaten
2. Umweltproduktdeklarationen (EPD)	147	
2.1 EPD von Beton C20/25	146	
2.2 EPD von Beton C30/37	147	
2.3 EPD von Mauerziegeln.....	148	
2.4 EPD von Konstruktionsvollholz	149	
2.5 EPD von Nadelholz, getrocknet	150	
2.6 EPD von Brettschichtholz (Standardausführung)	151	
2.7 EPD von Baustahl	152	
2.8 EPD von Dreifach-Isolierglas	153	
2.9 EPD von Mineralwolle (für Außenwände).....	154	
2.10 EPD von XPS-Polystyrol-Dämmstoff.....	155	
3. Vergleichende Betrachtung der Ökobilanzdaten der wichtigsten Werkstoffe	156	
Normen und Richtlinien	157	
1. Recycling und Entsorgung	160	III-6 Recycling
2. Recycling von Beton	161	
2.1 Einsatz von Sekundärrohstoffen	164	
2.1.1 Substitution primärer Energieträger.....	164	
2.1.2 Substitution primärer Rohstoffe	164	
2.1.3 Substitution des Portlandzementklinkers .	165	
2.2 Verwertung von Festbeton	165	
3. Recycling von Stahl	167	
4. Recycling von Mauersteinen	168	
5. Recycling von Glas	169	

6. Recycling von Kunststoffen	169
6.1 Recycling von Thermoplasten.....	170
6.1.1 Industrielle Recyclingverfahren von Thermoplasten	171
6.2 Recycling von Elastomeren.....	172
6.2.1 Industrielle Recyclingverfahren von Elastomeren	173
6.3 Recycling von Duroplasten und faser- verstärkten Kunststoffen (GFK, CFK).....	174
6.4 Rohstoffliches Recycling von Kunststoffen	174
7. Recycling von Holz	175
7.1 Arten der Wiederverwertung	175
7.2 Belastung durch schädliche Substanzen	177
8. Recycling- und umweltgerechte Gestaltung von Baukonstruktionen	178
8.1 Komponentenrecycling und stoffliche Verwertung	179
8.1.1 Komponentenrecycling	180
8.1.2 Werkstoffrecycling.....	181
8.2 Grundsätze einer recyclinggerechten Konstruktionsplanung	182
Anmerkungen.....	184
Normen und Richtlinien.....	185

IV STOFFE

IV-1 Materie

1. Stoffe im Bauwesen	188
2. Energetische Wirkungen	190
3. Elementarteile	190
4. Chemische Bindungskräfte	191
5. Grundpartikel der Materie	192
6. Aggregatzustände	193
7. Die stofflichen Bindungsarten	193
7.1 Atombindung.....	194
7.2 Ionenbindung	194
7.3 Metallbindung	196
7.4 Nebervalenzbindungen.....	197
8. Die molekulare Stoffstruktur	198
8.1 Kristalle	198
8.2 Amorphe Stoffe	201
8.3 Organische Molekülketten	201

9. Das Stoffgefüge.....	203	
9.1 Mineralische Stoffe.....	203	
9.1.1 Natürliches Gestein.....	205	
9.1.2 Künstliches Gestein.....	205	
9.2 Metallische Stoffe.....	214	
9.3 Organische Stoffe.....	216	
9.3.1 Holz.....	216	
9.3.2 Kunststoffe.....	217	
10. Grenzflächen.....	220	
11. Verformung.....	222	
11.1 Temperaturdehnung.....	223	
11.2 Elastische Verformung.....	223	
11.2.1 Spannungs-Dehnungs-Diagramm.....	223	
11.3 Plastische Verformung.....	224	
11.3.1 Lastunabhängige plastische Verformungen.....	224	
11.3.2 Lastabhängige plastische Verformungen.....	224	
11.3.3 Bedeutung plastischer Verformungen im Bauwesen.....	228	
12. Bruch.....	229	
13. Zersetzungsprozesse.....	232	
14. Brandeinwirkung.....	234	
Anmerkungen.....	237	
Normen und Richtlinien.....	238	
1. Werkstoffe im Bauwesen.....	240	IV-2 Werkstoff
2. Hauptwerkstoffe.....	241	
3. Materialgerechtigkeit.....	242	
4. Werkstoff und Nachhaltigkeit.....	244	
5. Klassifikation der Werkstoffe für Primärtragwerke.....	245	
1. Geschichtliche Entwicklungsstufen.....	248	IV-3 Stein
2. Technische Entwicklungsstufen von Mauerwerk.....	248	
3. Zusammensetzung des Mörtels.....	253	
4. Klassifikation der Steine.....	253	
4.1 Natursteine.....	253	

4.2 Künstliche Steine254

5. Mechanische Eigenschaften255

6. Verformungsverhalten257

6.1 Lastunabhängige Verformungen.....257

6.2 Lastabhängige Verformungen.....258

6.2.1 Spannungs-Dehnungs-Diagramm258

7. Konstruktive Folgerungen259

8. Zusammenfassung.....260

9. Kennwerte.....260

Anmerkungen261

Normen und Richtlinien.....261

IV-4 Beton

1. Geschichtliche Entwicklungsstufen264

2. Zusammensetzung264

3. Materialstruktur265

4. Mechanische Eigenschaften265

5. Verformungsverhalten266

5.1 Lastunabhängige Verformungen.....266

5.2 Lastabhängige Verformungen.....266

5.2.1 Spannungs-Dehnungs-Diagramm267

6. Konstruktive Folgerungen267

7. Zusammenfassung.....269

8. Kennwerte.....269

Anmerkungen270

Normen und Richtlinien.....270

IV-5 Holz

1. Geschichtliche Entwicklungsstufen272

2. Materialstruktur272

2.1 Makroskopischer Aufbau272

2.2 Mikroskopischer und submikroskopischer

Aufbau.....274

3. Allgemeine Eigenschaften276

4. Mechanische Eigenschaften277

5. Verformungsverhalten278

5.1 Lastunabhängige Verformung.....278

5.2 Lastabhängige Verformung.....	280	
6. Konstruktive Folgerungen	281	
7. Zusammenfassung.....	282	
8. Kennwerte.....	283	
Anmerkungen	283	
Normen und Richtlinien.....	283	
1. Geschichtliche Entwicklungsstufen.....	286	IV-6 Stahl
2. Zusammensetzung	286	
3. Materialstruktur	287	
4. Klassifikation der Stähle.....	288	
5. Allgemeine Eigenschaften	290	
6. Fertigungsverfahren	292	
6.1 Warmverformung.....	292	
6.2 Kaltverformung	293	
6.3 Gießen.....	294	
7. Mechanische Eigenschaften.....	295	
8. Verformungsverhalten	295	
8.1 Lastunabhängige Verformung.....	295	
8.2 Lastabhängige Verformung.....	296	
9. Konstruktive Folgerungen	297	
10. Zusammenfassung	301	
11. Kennwerte.....	301	
Anmerkungen	302	
Normen und Richtlinien.....	302	
1. Geschichtliche Entwicklungsstufen.....	304	IV-7 Bewehrter Beton
2. Mechanische Eigenschaften.....	305	
3. Verformungsverhalten	306	
3.1 Lastunabhängige Verformung.....	307	
3.2 Lastabhängige Verformung.....	307	
4. Brandschutz.....	308	
5. Dauerhaftigkeit.....	308	

6. Konstruktive Folgerungen	309
7. Neue Entwicklungstendenzen im Betonbau	310
7.1 Hochleistungsbeton (HLB).....	311
7.1.1 Allgemeines.....	311
7.1.2 Bestandteile von HLB.....	311
7.2 Faserbetone	313
7.2.1 Allgemeines.....	313
7.2.2 Glasfasernmodifizierter Beton (FMB).....	313
7.2.3 Glasfaserbeton (GFB)	313
7.2.4 Textilbewehrter Beton	314
7.2.5 Stahlfaserbeton (SFB).....	315
7.2.6 Kunststofffasernmodifizierter Beton	316
7.3 Selbstverdichtender Beton (SVB)	318
7.3.1 Gründe für zunehmenden Einsatz von SVB	318
7.3.2 Allgemeines.....	319
7.3.3 Zusammensetzung.....	319
7.3.4 Anforderungen an die Verarbeitbarkeit ...	319
7.3.5 Fließfähigkeit	320
7.3.6 Viskosität	320
7.3.7 Gefügestabilität	320
7.3.8 Blockierneigung.....	320
7.3.9 Selbstentlüftungsfähigkeit.....	320
7.3.10 Selbstnivellierungsfähigkeit.....	321
7.3.11 Sichtbetoneignung	321
7.3.12 Fertigteilbau mit SVB	321
8. Zusammenfassung.....	322
9. Kennwerte.....	322
Anmerkungen.....	323
Normen und Richtlinien.....	324
IV-8 Glas	
1. Geschichtliche Entwicklungsstufen.....	326
2. Zusammensetzung	326
3. Materialstruktur	327
4. Klassifikation der Gläser	327
5. Allgemeine Eigenschaften	329
6. Mechanische Eigenschaften	330
7. Bruchverhalten	331
8. Verformungsverhalten	331
9. Konstruktive Folgerungen	332

10. Kennwerte335

Anmerkungen335

Normen und Richtlinien.....336

1. Geschichtliche Entwicklungsstufen.....338**2. Materialstruktur338****3. Allgemeine Eigenschaften340****4. Mechanische Eigenschaften.....341****5. Einige baurelevante Kunststoffe.....342**

5.1 Polyethylen (PE)342

5.2 Polypropylen (PP).....343

5.3 Polyvinylchlorid (PVC)344

5.4 Polystyrol (PS).....345

5.5 Polymethylmethacrylat (PMMA)346

5.6 Polytetrafluorethylen (PTFE)347

5.7 Polyamid (PA).....348

5.8 Polyurethan (PU)348

5.9 Polycarbonat (PC).....349

5.10 Polyisobutylen (PIB)349

5.11 Ungesättigte Polyesterharze (UP)349

5.12 Silikon (SI).....349

Anmerkungen351

IV-9 Kunststoff**V BAUPRODUKTE****1. Geschichte der künstlichen Steine.....354****2. Gebrannte Ziegel.....356**

2.1 Ausgangsstoffe356

2.2 Herstellung.....356

2.3 Färbung356

2.4 Auswahlkriterien356

2.5 Nennmaße und Kenngrößen.....357

2.6 Ziegelformen.....358

2.7 Sonderziegel361

V-1 Künstliche Steine**3. Ungebrannte Mauersteine362**

3.1 Kalksandsteine362

3.1.1 Kurzbezeichnungen.....362

3.1.2 Steinformate363

3.1.3 Kennwerte.....363

3.2 Porenbetonsteine.....364

3.2.1 Kurzbezeichnungen (genormte
Porenbetonsteinarten)364

3.2.2 Kennwerte364

3.2.3 Porenbeton als Baumaterial.....364

3.3 Beton- und Leichtbetonsteine366

3.3.1 Kurzbezeichnungen	366
3.3.2 Kennwerte	366
3.3.3 Bauen mit Steinen und Platten aus Beton und Leichtbeton	367
3.4 Hüttensteine	367
3.4.1 Kurzbezeichnungen	367
3.4.2 Kennwerte	367
3.5 Mantelbausteine	368

4. Mauermörtel	368
4.1 Normalmörtel (NM)	370
4.2 Leichtmörtel (LM)	370
4.3 Dünnbettmörtel (DM)	371
4.3.1 Vermauern von porosiertem Ziegelmauerwerk	371
4.4 Mittelbettmörtel (MM)	371
4.5 Vormauermörtel (VM)	372
4.6 Sonstige spezielle Mörtel	372

5. Mineralputze, Kunstharzputze und Wärmedämmverbundsysteme	372
5.1 Außenputze	373
5.2 Innenputze	373
5.3 Ausgangsstoffe	373
5.4 Putzmörtelgruppen	373
5.5 Lieferung und Anwendung	374
5.6 Putzaufbau	374
5.6.1 Putzdicken	375
5.6.2 Putzsysteme	377
5.6.3 Putzweisen	377
5.7 Wärmedämmende Putze und Putzsysteme	377
5.7.1 Wärmedämmputze	377
5.7.2 Wärmedämmverbundsystem (WDVS)	377

Anmerkungen	379
Normen und Richtlinien	379

V-2 Holzprodukte

1. Charakteristische Eigenschaften von Holz	384
1.1 Geschichtliche Entwicklung der Holzerzeugnisse	384
1.2 Übersicht der Holzprodukte	386

2. Vollhölzer	386
2.1 Baurundholz	386
2.2 Schnittholz	387
2.2.1 Güteklassen	387
2.2.2 Sortierklassen	388
2.2.3 Sortiermerkmale	388
2.2.4 Querschnittsformen	389
2.3 Konstruktionsvollz/Bau(schnitt)holz	389
2.3.1 Konstruktionsvollholz (KVH)	389

3. Holzwerkstoffe	390
--------------------------------	------------

4. Holzwerkstoff aus Schnittholz.....	391
4.1 Keilgezinktes Bauholz	392
4.2 Zusammengesetzte Schichtholzprodukte	392
4.2.1 Duo- und Trioträger (oder Balken- schichtholz BaSH)	393
4.2.2 Kreuzbalken.....	393
4.2.3 Brettschichtholz (BSH)	393
4.2.4 Brettstapelholz	394
4.3 Brettsperrholz (BSPH, X-Lam)	394
4.4 Holzbauelemente	396

5. Holzwerkstoffe aus Furnieren, Spänen oder Fasern	397
5.1 Lagenholzwerkstoffe (Sperr- und Schichtholz) ..	397
5.1.1 Furniersperrholz (FU)	397
5.1.2 Schichtholz (SCH)	398
5.1.3 Stabsperrholz	398
5.2 Spanplatten	400
5.2.1 Spanstreifenhölzer	400
5.2.2 Langspanplatten (OSB).....	400
5.2.3 Flachpressplatten (FPY).....	401
5.3 Holzfaserplatten	401
5.3.1 Poröse Holzfaserplatten (SB) Holzfaserdämmplatten (HFD)	401
5.3.2 Harte und mittelharte Holzfaserplatten ...	403
5.3.3 Mitteldichte Holzfaserplatten (MDF)	403
5.4 Holzwolle-Leichtbauplatten (HLW).....	403

6. Zusammengesetzte Querschnitte	404
6.1 Geleimte Profilträger.....	404
6.1.1 Trigonit-Holzleimbausträger.....	404
6.1.2 Wellstegträger	404
6.1.3 Träger mit Plattenstegen.....	405
6.2 Fachwerkträger-Sonderbauweisen.....	405
6.2.1 Nagelplattenbinder.....	405
6.2.2 Greimbinder	405

Anmerkungen	406
Normen und Richtlinien.....	407

1. Geschichte der Herstellung von Eisen- und Stahlprodukten	410
1.1 Vorteile des Stahlbaus	411
1.2 Baustähle	412
1.2.1 Warmgewalzter unlegierter Baustahl.....	413
1.2.2 Schweißgeeigneter Feinkornstahl.....	413
1.2.3 Wetterfester Baustahl.....	413
1.2.4 Nichtrostender Stahl.....	413

2. Warmgewalzte Baustahlerzeugnisse	414
2.1 Flacherzeugnisse	415
2.2 Profilerzeugnisse.....	416
2.2.1 Stabstahl	416

V-3 Stahlprodukte

2.2.2 Formstahl.....	416
2.2.3 Breitflanschstahl	416
2.3 Hohlprofilerzeugnisse (Rohre).....	416
2.4 Trägertypen im Stahlbau.....	416
2.4.1 I-Profil (schmaler I-Träger)	416
2.4.2 IPE-Profil (mittelbreiter I-Träger)	416
2.4.3 IPB-Profil (Breitflanschträger) oder HE-Reihe.....	417

3. Kaltprofile.....	417
3.1 Kaltumgeformte Hohlprofile.....	417
3.2 Kaltgewalzte Trapezbleche.....	417
3.3 Kaltgeformte Stahlprofile	418
3.3.1 Ausgangsmaterial für Trapezblech.....	418
3.3.2 Tragfähigkeit unterschiedlicher Trapezbleche	418
3.3.3 Verbunddeckenprofile.....	418
3.3.4 Kassettenaußenwand/Stahlkassetten	419
3.3.5 PUR-Sandwichelemente/-Paneele	420

4. Metallische Gusswerkstoffe	420
4.1 Gusseisen mit Lamellengraphit (GJL).....	422
4.2 Gusseisen mit Kugelgraphit (GJS).....	422
4.3 Temperguss (GJM).....	423
4.4 Stahlguss	423

5. Stranggepresste Metallprofile	423
-----------------------------------------------	------------

6. Weitere Stahlprodukte.....	424
--------------------------------------	------------

7. Betonstahl.....	424
7.1 Betonstahl nach <i>DIN 488</i>	424
7.2 Betonstahlfasern.....	425
7.3 Spannstähle im Spannbetonbau	426
7.4 Seile, Bündel und Kabel	427

Anmerkungen	429
Normen und Richtlinien.....	429

V-4 Glasprodukte

1. Geschichtliche Entwicklung des transparenten Raumabschlusses.....	434
---------------------------------------------------------------------------------	------------

2.1 Heutige Verfahren zur Glasherstellung	435
2.1 Gussglasverfahren	435
2.2 Floatglasverfahren	436

3. Wichtige Kennwerte	436
3.1 g-Wert.....	436
3.2 U-Wert	437

4. Funktionsgläser.....	438
4.1 Isoliergläser.....	438
4.1.1 Wärmeschutzgläser	439

4.1.2	Sonnenschutzgläser	440
4.1.3	Schallschutzgläser	441
4.1.4	Isolierverglasung mit Lichtumlenkung	442
4.1.5	Sichtschutzgläser	443
4.2	Sicherheitsgläser	445
4.2.1	Einscheibensicherheitsglas (ESG)	445
4.2.2	Verbundsicherheitsglas (VSG)	446
4.2.3	Teilvorgespanntes Glas (TVG)	446
4.2.4	Drahtglas	446
4.3	Lamellenfenster	447
4.4	U-Glas	447
4.5	Glassteine	448
4.6	Betongläser	449

5. Transparente Wärmedämmung (TWD) 449

5.1	Wirkprinzip	449
5.2	Aerogele	451

6. Anpassungsfähige Systeme 451

Anmerkungen	452
Normen und Richtlinien	453

1. Einsatz im Bauwesen..... 456

2. Einige baurelevante Kunststoffprodukte..... 456

2.1	Produkte aus Polyethylen (PE)	456
2.2	Produkte aus Polypropylen (PP)	456
2.3	Produkte aus Polyvinylchlorid (PVC)	457
2.4	Produkte aus Polystyrol (PS)	457
2.5	Produkte aus Polymethylmethacrylat (PMMA)	459
2.6	Produkte aus Polytetrafluorethylen (PTFE)	460
2.7	Produkte aus Polyamid (PA)	460
2.8	Produkte aus Polyurethan (PU)	461
2.9	Produkte aus Polycarbonat (PC)	462
2.10	Produkte aus Polyisobutylen (PIB)	462
2.11	Produkte aus ungesättigten Polyesterharzen (UP)	462
2.12	Produkte aus Silikon (SI)	462

Anmerkungen	464
-------------------	-----

V-5 Kunststoffprodukte

VI FUNKTIONEN

1. Hierarchie der Funktionen 468

1.1	Die Nutzung von Gebäuden	468
1.2	Bauliche Grundfunktion	469
1.3	Bauliche Hauptfunktionen	471
1.4	Bauliche Einzel- oder Teilfunktionen	471
1.5	Nachhaltigkeit	472

2. Haupt- und Teilfunktionen im Einzelnen..... 474

2.1	Tragen	474
-----	--------------	-----

VI-1 Spektrum

2.2 Einhüllen.....	476
2.3 Ver- und Entsorgen	477

3. Zuweisen von Teilfunktionen an Bauteile..... 479

4. Die elementaren Teilfunktionen von Hüllbauteilen im Gebäudezusammenhang 481

4.1 Kraftleiten	481
4.2 Schutz vor Feuchte	484
4.3 Windschutz	486
4.4 Wärmeschutz.....	486
4.5 Schutz vor unkontrolliertem Dampfeintritt.....	487
4.6 Ausdiffundieren von Dampf.....	489
4.7 Akustik	489
4.8 Brandschutz	491

5. Nachhaltigkeit, Dauerhaftigkeit..... 492

Anmerkungen	494
Normen und Richtlinien.....	494

VI-2 Kraftleiten

1. Vorbemerkung..... 496

1.1 Kategorien von Tragwerken	496
1.2 Zuweisung von Kraftleitungsfunktionen an Bauteile	496
1.3 Primärtragwerk und Morphologie des Gebäudes.....	498

2. Grundlegende Begriffe 498

2.1 Prämisse	499
2.2 Äußere Belastung	499
2.3 Lagerung.....	504
2.4 Form.....	507
2.5 Arten von Schnittkräften im System – aus Belastung, Form und Lagerung des Bauteils.....	508
2.6 Spannungen.....	512

3. Vergleichende Betrachtung von Biegemomenten/Querkräften und axialen Beanspruchungen bzw. Membranspannungen 513

4. Materielle Ausführung von Hüllbauteilen..... 514

4.1 Biegesteife Systeme	514
4.2 Bewegliche Systeme	514

5. Form und Kraftleitung..... 516

6. Schnittkräfte im Bauteil..... 517

6.1 Schnittkräfte im stabförmigen Bauteil.....	518
6.2 Schnittkräfte im ebenen Bauteil	520
6.3 Schnittkräfte in einem Kontinuum	522

7. Elementare Bauteile und exemplarische Lastfälle – Verformungen, Beanspruchungen im Bauteil	524
7.1 Einfache stabförmige Bauteile	528
7.1.1 Einfeldträger unter Streckenlast.....	528
7.1.2 Einfeldträger mit einseitigem Kragarm unter Streckenlast	528
7.1.3 Einfeldträger mit zweiseitigem Kragarm unter Streckenlast	532
7.1.4 Kragträger unter Streckenlast.....	534
7.1.5 Zweifeldträger unter Streckenlast	536
7.1.6 Dreifeldträger unter Streckenlast.....	538
7.1.7 Druckstab.....	540
7.1.8 Zugstab.....	541
7.1.9 Bogen unter Streckenlast	542
7.1.10 Seil	543
7.2 Zusammengesetzte stabförmige Bauteile.....	544
7.2.1 Zweigelenkrahmen unter Streckenlast	544
7.2.2 Dreigelenkrahmen unter Streckenlast	548
7.3 Flächige ebene Bauteile.....	552
7.3.1 Einseitig linear eingespanntes Element (Scheibe) unter Streckenlast rechtwinklig zum Lager	552
7.3.2 Einseitig linear eingespanntes Element (Scheibe) unter Eigenlast rechtwinklig zum Lager	553
7.3.3 Einseitig linear eingespanntes Element (Scheibe) unter Streckenlast parallel zum Lager	554
7.3.4 Einseitig linear eingespanntes Element (Platte) unter orthogonaler Flächenlast.....	556
7.3.5 Mittig linear eingespanntes Element (Platte) unter orthogonaler Flächenlast.....	558
7.3.6 Zweiseitig gelenkig linear gelagertes Element (Platte) unter orthogonaler Flächenlast	560
7.3.7 Zweiseitig gelenkig linear gelagertes Element (Platte) unter orthogonaler Flächenlast mit Auskragungen.....	562
7.3.8 Vierseitig gelenkig linear gelagertes Element (Platte) unter orthogonaler Flächenlast	564
7.3.9 Vierseitig gelenkig linear gelagertes Element (Platte) unter orthogonaler Flächenlast mit Auskragungen.....	565
7.3.10 Vierseitig gelenkig punktuell gelagertes Element (Platte) unter orthogonaler Flächenlast	570
7.3.11 Vierseitig gelenkig punktuell gelagertes Element (Platte) unter orthogonaler Flächenlast mit Auskragungen	571
7.3.12 Mittig punktuell eingespanntes Element (Platte) unter orthogonaler Flächenlast....	576

8. Kritische Versagenmechanismen580**9. Bauliche Umsetzung der Kraftleitungsfunktion im Element – Strukturprinzip des Bauteils.....582**

9.1 Vollwandiges Element.....	584
9.1.1 Vierseitig linear gelagerte Platte	586
9.1.2 Punktuell gelagerte Platte	589
9.2 Element aus gemäß y/z aneinandergelegten Stäben	592
9.3 Element aus Bausteinen	596
9.3.1 Kreuzfugengeometrie	596
9.3.2 Verband – druckkraftwirksame Übergreifung	596
9.3.3 Verband – haftungswirksame Übergreifung	602
9.4 Element aus einachsig gespannten Rippen	605
9.5 Element aus zwei- oder mehrachsig gespannten Rippen	620
9.5.1 Linear gelagertes Rippelement.....	623
9.5.2 Punktuell gelagertes Rippelement.....	627
9.5.3 Vergleich gerichtete – ungerichtete Rippensysteme	627
9.6 Element aus beplanktem Rahmen	631
9.7 Mehrschichtverbundelement	632
9.8 Pneumatisch vorgespannte Membran	632
9.9 Mechanisch vorgespannte Membrane.....	635

Anmerkungen639

Normen und Richtlinien.....639

VI-3 Thermohygrische Funktionen**1. Die thermohygrischen Schutzfunktionen.....642**

1.1 Schutz vor Feuchte	642
1.1.1 Einstufiger Feuchteschutz	643
1.1.2 Mehrstufiger Feuchteschutz.....	645
1.2 Windschutz.....	646
1.3 Wärmeschutz.....	648
1.4 Schutz vor unkontrolliertem Dampfeintritt.....	649

2. Das Zusammenwirken der Funktionsschichten in der Hüllkonstruktion650

2.1 Prinzipielle Kombinationsmöglichkeiten von feuchterelevanten Funktionsschichten	652
2.1.1 Sandwich-Prinzip	652
2.1.2 Kombination von mehrstufigem Feuchte- schutz und einstufiger Dampfsperre	652
2.1.3 Kombination von mehrstufigem Feuchteschutz und (teildurchlässiger) Dampfbremse	654
2.1.4 Kombination von mehrstufigem Feuchteschutz, (teildurchlässiger) Dampfbremse und einer dampfab- führenden Luftschicht.....	654

- 2.1.5 Kombination von einstufigem, diffusionsoffenem Feuchteschutz mit Dampfbremse durch Diffusionswiderstand des Bauteils 654
- 2.1.6 Kombination von mehrstufigem Feuchteschutz mit dampfbremse durch Diffusionswiderstand des Bauteils 654

3. Konstruktive Aufbauten hinsichtlich ihrer thermohygrischen Funktionsweisen 656

- 3.1 Sandwichpaneel 656
- 3.2 Isolierglasscheibe 656
- 3.3 Holzfensterprofil 658
- 3.4 Aluminiumfensterprofil 658
- 3.5 Nicht belüftetes Flachdach 660
- 3.6 Umkehrdach 662
- 3.7 Einschalige Außenwand aus porosiertem Mauerwerk 664
- 3.8 Einschalige Außenwand aus Mauerwerk mit Wärmedämmverbundsystem 664
- 3.9 Einschalige Außenwand aus Mauerwerk mit Außendämmung und vorgehängter Wetterhaut 666
- 3.10 Zweischalige Außenwand aus Mauerwerk mit Kerndämmung 668
- 3.11 Leichte Außenwand in Holzrippenbauweise 670
- 3.12 Nicht belüftetes geneigtes Dach 672
- 3.13 Belüftetes geneigtes Dach 674
- 3.14 Kelleraußenwand 676
- 3.15 Kellersohle (Dämmung unterseitig) 678
- 3.16 Kellersohle (Dämmung oberseitig) 678

4. Kontinuität der Funktionen 680

Anmerkungen 682

1. Akustik 684

VI-4 Schallschutz

2. Schall 684

- 2.1 Physikalische Grundlagen 684

3. Schallschutz 686

- 3.1 Bauakustische Grundfunktionen von Hüllbauteilen 686
- 3.2 Subjektives Hörempfinden 687
- 3.3 Luftschallschutz 688
 - 3.3.1 Schalldämmmaß 688
 - 3.3.2 Luftschalltechnisches Verhalten von Bauteilen 689
 - 3.3.3 Bauliche Varianten zweischaliger Hüllbauteile 698
- 3.4 Trittschallschutz 702

3.4.1 Trittschalldämmmaß.....	702
3.4.2 Trittschalltechnisches Verhalten von Decken	704
3.4.3 Verbesserung des Trittschallschutzes durch Bodenbeläge.....	704
3.4.4 Verbesserung des Trittschallschutzes durch schwimmende Estriche.....	704
3.4.5 Verbesserung des Trittschallschutzes durch Unterdecken.....	706
3.5 Besonderheiten des Schallschutzes von Fenstern	708
Anmerkungen.....	712
Normen und Richtlinien.....	713

VI-5 Brandschutz

1. Allgemeine Ziele des Brandschutzes.....	716
2. Grundsätze des vorbeugenden baulichen Brandschutzes	716
3. Baurecht	717
4. Konstruktionsrelevante brandschutz- technische Maßnahmen.....	717
5. Brandverhalten von Werkstoffen aus der Perspektive des Baurechts und der Normung ...	718
5.1 Klassifikation gemäß <i>DIN 4102</i>	718
5.1.1 Nichtbrennbare Baustoffe.....	718
5.1.2 Brennbare Baustoffe.....	719
5.1.3 Die Werkstoffe für Primärtragwerke	719
5.2 Klassifikation gemäß <i>DIN EN 13501-1</i>	721
5.2.1 Rauchentwicklung (s).....	722
5.2.2 Brennendes Abtropfen/Abfallen (d)	722
6. Brandverhalten von Bauteilen.....	722
6.1 Feuerwiderstandsdauer gemäß <i>DIN 4102</i>	722
6.1.1 Feuerwiderstandsklassen.....	723
6.2 Feuerwiderstandsfähigkeit gemäß <i>DIN EN 13501-2</i>	724
7. Zusammenhang zwischen Baustoffklasse und Feuerwiderstandsklasse bzw. -fähigkeit.....	726
8. Bautechnische Brandschutzmaßnahmen	727
9. Einflussfaktoren auf den Feuerwiderstand.....	727
9.1 Konstruktive Maßnahmen zur Erhöhung des Feuerwiderstands.....	729
10. Konstruktive Brandschutzmaßnahmen am baulichen Regeldetail.....	730
10.1 Bauteile aus Mauerwerk.....	730

10.2	Bauteile aus Stahlbeton	730	
10.2.1	Balkenförmige Bauteile	731	
10.2.2	Decken	732	
10.2.3	Fertigteildecken	732	
10.2.4	Stützen	734	
10.2.5	Wände	734	
10.3	Bauteile aus Holz	736	
10.3.1	Balkenförmige Bauteile	738	
10.3.2	Stützen	738	
10.3.3	Holztafelwände	739	
10.3.4	Holzdecken	740	
10.3.5	Dächer	744	
10.4	Bauteile aus Stahl	744	
10.4.1	Verhältniswert U/A	744	
10.4.2	Konstruktionsgrundsätze	746	
10.4.3	Balkenförmige Bauteile	746	
10.4.4	Stützen	747	
10.5	Unterdecken	750	
10.6	Verbundkonstruktionen	752	
10.7	Verglasungen	752	
	Anmerkungen	758	
	Normen und Richtlinien	758	
1.	Dauerhaftigkeit von Bauwerken	762	VI-6 Dauerhaftigkeit
2.	Korrosion von metallischen Werkstoffen	764	
2.1	Typische Korrosionsarten	764	
2.1.1	Korrosion in Mulden	764	
2.1.2	Kontaktkorrosion	764	
2.1.3	Korrosion im Wassertropfen	766	
2.1.4	Spaltkorrosion	766	
2.1.5	Lochkorrosion	767	
2.2	Korrosionsschutzmaßnahmen	768	
2.2.1	Planungsaspekte zum Korrosionsschutz	768	
2.2.2	Konstruktive Maßnahmen	768	
2.2.3	Bauphysikalische Maßnahmen	768	
2.3	Korrosionsschutzverfahren	768	
2.3.1	Flüssiges Beschichten	770	
2.3.2	Gelöste Beschichtungsverfahren – metallische Überzüge	770	
2.3.3	Passivierung	772	
2.3.4	Nichtrostende Stähle	772	
2.3.5	Kathodischer Schutz	773	
3.	Korrosion im Stahlbeton	774	
3.1	Carbonatisierung	774	
3.2	Chlorideinwirkung	776	
3.3	Rissbildung	776	
3.4	Instandsetzung von Beton	776	
4.	Holzschutzmaßnahmen	778	
4.1	Vorbeugende Schutzmaßnahmen	778	

4.1.1 Materialgerechte Holz- und Verbindungsmittelverwendung.....	778
4.1.2 Organisatorischer Holzschutz	779
4.1.3 Baulich-konstruktiver Holzschutz.....	780
4.1.4 Chemischer Holzschutz	782
4.1.5 Biologischer Holzschutz.....	784

Anmerkungen	784
Normen und Richtlinien.....	784

ANHANG

Index	644
Literaturverzeichnis	654
Bildnachweis	661
Sponsoren	665