

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
- IV-8 Glas
- IV-9 Kunststoff

V **Bauprodukte**

- V-1 Künstliche Steine
- V-2 Holzprodukte
- V-3 Stahlprodukte
- V-4 Glasprodukte
- V-5 Kunststoffprodukte

VI **Funktionen**

- VI-1 Spektrum
- VI-2 Kraftleiten *(mit Dr. Matthias Weißbach)*
- VI-3 Thermohygrische Funktionen
- VI-4 Schallschutz
- VI-5 Brandschutz
- VI-6 Dauerhaftigkeit

BAND 2 – KONZEPTION

VII **Herstellung von Flächen**

VIII **Aufbau von Hüllen**

IX **Primärtragwerke** *(mit Dr. Matthias Weißbach)*

- IX-1 Grundlagen
- IX-2 Typen
- IX-3 Verformungen
- IX-4 Gründung

X Bauweisen

- 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 Fügens
- 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

- 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

BAND 4 – PRINZIPIEN

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

INHALT BAND 2

HERSTELLUNG VON FLÄCHEN

- 1. Ausbildung kontinuierlicher ebener Schichtflächen aus Einzelbauteilen 4**
 - 1.1 Dimensionale Vorgaben der Ausgangselemente... 4
 - 1.2 Geometrische Prinzipien der Ausbildung von Flächen aus Einzelementen..... 8
 - 1.2.1 Parkettierung der Fläche..... 9
 - 1.3 Flächenbildung durch Zusammenlegen von Einzelementen..... 16
 - 1.3.1 gegossene Ausgangselemente 16
 - 1.3.2 bandförmige Ausgangselemente..... 18
 - 1.3.3 plattenförmige Ausgangselemente 20
 - 1.3.4 stabförmige Ausgangselemente..... 30
 - 1.3.5 bausteinförmige Ausgangselemente..... 36

- 2. Formdefinition kontinuierlicher gekrümmter Schichtflächen..... 40**
 - 2.1 Besonderheiten gekrümmter Oberflächen..... 40
 - 2.2 Geometrische Voraussetzungen 41
 - 2.2.1 Tangentialebene, Normalenvektor 41
 - 2.2.2 Krümmung 42
 - 2.3 Regelmäßige Oberflächentypen..... 46
 - 2.3.1 nach art der Krümmung 46
 - 2.3.2 nach Abwickelbarkeit in die Ebene 48
 - 2.3.3 nach Entstehungsgesetz..... 48
 - 2.4 Digitale Methoden der Definition von Oberflächen 64
 - 2.5 Netze..... 72
 - 2.6 Verfeinerung von Polygonnetzen – Annäherung an eine Krümmung 74
 - 2.7 Freiformkurven..... 74
 - 2.7.1 Unterteilungskurven..... 76
 - 2.7.2 Bézier-Kurven..... 78
 - 2.7.3 B-Spline-Kurven 78
 - 2.7.4 NURBS-Kurven 80
 - 2.8 Freiformflächen aus Kurven 82
 - 2.8.1 Unterteilungsflächen..... 82
 - 2.8.2 Bézier-Flächen..... 84
 - 2.8.3 B-Spline-Flächen..... 88
 - 2.8.4 NURBS-Flächen..... 88
 - 2.9 Freiformflächen aus abwickelbaren Teilflächen ... 88

- 3. Die konstruktive Umsetzung kontinuierlicher gekrümmter Schichtflächen 92**
 - 3.1 Ausbau einachsig gekrümmter Oberflächen 92
 - 3.1.1 bandförmige Ausgangselemente..... 92
 - 3.1.2 plattenförmige Ausgangselemente 96
 - 3.1.3 stabförmige Ausgangselemente..... 96

3.1.4 bausteinförmige Ausgangselemente	98
3.2 Ausbau zweiachsig gekrümmter Oberflächen ..	104
3.2.1 Das hyperbolische Paraboloid.....	104
3.2.2 Die Kugel.....	110
Anmerkungen.....	126

1. Bauliche Umsetzung der Teilfunktionen – grundlegende Lösungsprinzipien	130
1.1 Begriffsbestimmungen	130
1.2 Grundstrukturen von Hüllen.....	131

AUFBAU VON HÜLLEN

2. Einfache Schalensysteme	132
2.1 Einfache Schale ohne Aufbau	132
2.1.1 Äußere Hüllbauteile	133
2.1.2 Innere Hüllbauteile	134
2.2 Einfache Schale mit einseitigem Aufbau ohne Unterkonstruktion	134
2.2.1 Äußere Hüllbauteile.....	134
2.2.2 Innere Hüllbauteile	139
2.3 Einfache Schale mit einseitigem Aufbau mit Unterkonstruktion	140
2.3.1 Einfache Rippenlage	140
2.3.2 Doppelte Rippenlage.....	144

3. Doppelte Schalensysteme	145
3.1 Zwei Schalen mit Zwischenschicht.....	145
3.2 Zwei Schalen mit Zwischen- und Luftschicht....	151

4. Mehrschichtverbundsysteme.....	154
4.1 Sandwichsysteme.....	154
4.2 Wabenkernsysteme	156

5. Rippensysteme	158
5.1 Konstruktives Prinzip.....	158
5.2 Einachsig und mehrachsig gespannte Rippensysteme	158
5.3 Rippensysteme mit integrierter Hüllkonstruktion	160
5.3.1 Rippensystem mit einseitigem Aufbau ohne Unterkonstruktion.....	162
5.3.2 Rippensystem mit einseitigem Aufbau mit Unterkonstruktion.....	164
5.3.3 Rippensystem mit einseitigem Aufbau mit doppelter Rippung.....	165
5.4 Rippensysteme mit Trennung von Hüllkonstruktion und Rippung.....	168

5.4.1 Rippensystem mit Schale und Aufbau ohne Unterkonstruktion.....	170
5.4.2 Rippensystem mit Schale und Aufbau mit einfacher Querrippung	172
5.4.3 Rippensystem mit Schale und Aufbau mit doppelter Rippung.....	172
5.4.4 Rippensystem mit Schale und Aufbau mit Längsrippung.....	172

6. Ergänzende Funktionselemente oder -schalen.. 178

7. Membransysteme	181
7.1 Mechanisch gespannte Membransysteme	181
7.2 Pneumatisch gespannte Membransysteme.....	182

Anmerkungen	183
Normen und Richtlinien.....	184

PRIMÄRTRAGWERKE

Grundlagen

1. Voraussetzungen	188
1.1 Tragwerk und Gebäudeentwurf.....	188
1.2 Funktionale Wechselbeziehungen	188
1.3 Raumbildung.....	188
1.4 Elementare und zusammengesetzte Tragwerke	192
1.5 Planerische Grundsätze der Addition von baulichen Zellen	194
1.5.1 Horizontale Addition.....	194
1.5.2 Vertikale Addition.....	194
1.6 Die Elemente der baulichen Zelle	196
1.6.1 Das vertikale ebene Umfassungselement.....	198
1.6.2 Die Überdeckung	204
1.7 Die Grundzelle aus Umfassung und Überdeckung.....	206
1.8 Die statischen Aufgaben.....	207
1.8.1 Standsicherheit	207
1.8.2 Gebrauchstauglichkeit.....	207
2. Der Lastabtrag.....	208
2.1 Ein- und zweiachsiger Lastabtrag	208
2.1.1 Tragverhalten	208
2.2 Einflüsse des Lastabtrags auf die Geometrie der Grundzelle.....	212
2.2.1 Wahl der Spannrichtung bei einachsigem Lastabtrag.....	212
2.2.2 Wechselwirkung zwischen Spannweite, statischer Höhe und Grundrissgeometrie	212
2.3 Verhältnis der Spannweiten bei zweiachsigem Lastabtrag.....	216

2.4 Lastabtrag und Nutzung.....	218	
3. Der konstruktive Aufbau des raumabschließenden Flächenelements	222	
3.1 Vollwandiges Flächenelement	222	
3.2 Element aus Stabschar und Platte.....	224	
3.3 Element aus Stabrost und Platte	224	
3.4 Element aus Stabschar, nachgeordneter Querschar und Platte	226	
3.5 Das Aussteifen von Stabsystemen in ihrer Fläche.....	226	
3.5.1 Dreiecksmaschen	226	
3.5.2 Diagonalverbände	226	
3.5.3 Schubsteife Beplankungen	230	
3.5.4 Rahmenbildung.....	230	
3.6 Das Komplettieren von Stabsystemen zur Fläche mithilfe von Beplankungen	232	
3.6.1 Stabroste.....	232	
3.6.2 Orthogonal gestapelte, hierarchische Stablagen	232	
3.7 Einige grundlegende planerische Überlegungen zu Stabscharen.....	234	
4. Formfragen axial beanspruchter Tragwerke	240	
4.1 Wechselbeziehungen zwischen Lagerung, Form und Beanspruchung	240	
4.2 Die Begriffe der Seil- und Stützlinie.....	246	
4.2.1 Seillinie	246	
4.2.2 Stützlinie	246	
4.3 Abweichungen von der Stützlinie	248	
4.4 Flächentragwerke unter Membrankräften	258	
4.4.1 Membranzustand	260	
4.4.2 Biegezustand	260	
4.4.3 Formfindung von Flächentragwerken unter Membrankräften.....	260	
4.5 Konstruktive Varianten von Flächen-tragwerken unter Membrankräften.....	262	
4.5.1 Schalen	262	
4.5.2 Membranen und Seilnetze.....	266	
Anmerkungen	270	
1. Übersicht elementarer Tragwerke.....	274	Typen
2. Gerichtete Systeme	282	
2.1 Biegebeanspruchte Systeme.....	282	
2.1.1 Platte einachsig gespannt.....	282	
2.1.2 Flache Überdeckung aus Stabscharen.....	294	
2.1.3 Aussteifung von Skeletttragwerken	309	
2.1.4 Geneigte ebene Überdeckung aus Stabscharen	316	

2.2 Druckbeanspruchte Systeme – geneigte	
Dächer und Gewölbe	322
2.2.1 Geneigtes Dach aus Stabscharen	322
2.2.2 Gewölbe vollwandig	324
2.2.3 Gewölbeschale vollwandig	332
2.2.4 Gewölbe aus Bogenscharen	334
2.2.5 Gewölbeschale aus Stäben	336
2.3 Zugbeanspruchte Systeme	338
2.3.1 Band	338
3. Ungerichtete Systeme.....	342
3.1 Biegebeanspruchte Systeme – flache	
Überdeckungen	342
3.1.1 Platte zweiachsig gespannt,	
linear gelagert	342
3.1.2 Platte zweiachsig gespannt,	
punktuell gelagert	346
3.1.3 Trägerrost zweiachsig gespannt,	
linear gelagert	348
3.1.4 Trägerrost zweiachsig gespannt,	
punktuell gelagert	352
3.1.5 Platte ringförmig gelagert	354
3.1.6 Stablage radial, ringförmig gelagert	354
3.2 Druckbeanspruchte Systeme	356
3.2.1 Pyramide	356
3.2.2 Zylindrische Kuppel	356
3.2.3 Kegel	358
3.2.4 Kuppel vollwandig	360
3.2.5 Kuppel aus Stäben	368
3.2.6 Schale vollwandig, synklastisch	
gekrümmt, punktuell gelagert	374
3.2.7 Schale aus Stäben, synklastisch	
gekrümmt, punktuell gelagert	379
3.3 Zugbeanspruchte Systeme	380
3.3.1 Membran und Seiltragwerk, mecha-	
nisch gespannt, punktuell gelagert	380
3.3.2 Membran und Seiltragwerk, mecha-	
nisch gespannt, linear gelagert	392
3.3.3 Durch Schwerkraft gespannte	
Membran oder Seiltragwerk	394
3.3.4 Membran und Seiltragwerk,	
pneumatisch gespannt	396
Anmerkungen	401

Verformungen

1. Ursachen und Eigenschaften von	
Verformungen.....	404
1.1 Ursachen	404
1.2 Anforderungen	404
1.3 Definition	406
1.4 Spannung und Dehnung	408
1.5 Eingeprägte oder lastunabhängige	
innere Formänderungen	410

2. Auswirkungen von Verformungen auf Hochbaukonstruktionen	414
2.1 Auswirkungen auf die Tragfähigkeit	414
2.2 Auswirkungen auf die Funktionstüchtigkeit	416

3. Statische und konstruktive Lösungen des Hochbaus	418
--	------------

Anmerkungen	422
Normen und Richtlinien	422

1. Allgemeines	426
-----------------------------	------------

Gründung

2. Interaktion zwischen Tragwerk und Baugrund	428
2.1 Der Baugrund	428
2.2 Lastübertragung zwischen Tragwerk und Baugrund	430
2.3 Lastweiterleitung im Baugrund	432
2.4 Verformungen des Baugrunds	434
2.4.1 Lastbedingte Verformungen	434
2.4.2 Frostbedingte Verformungen	436
2.5 Versagen des Baugrunds	442

3. Gründungsarten	442
3.1 Gründung als Verbindung zwischen Bauwerk und Baugrund	442
3.2 Baugrundverbesserung und -austausch	442
3.3 Flachgründungen	446
3.4 Tiefgründungen	450

Normen und Richtlinien	456
------------------------------	-----

BAUWEISEN

1. Grundsätzliches	460
---------------------------------	------------

Mauerwerksbau

2. Kategorisierung von Bauweisen	460
2.1 Wandbau	460
2.2 Skelettbau	466

3. Grundlagen des gemauerten Wandbaus	468
3.1 Wechselbeziehung von Trag- und Hüllfunktion der Wand	468
3.2 Exzentrizitäten	472
3.3 Zellenbildung	472
3.4 Flexibilität	473
3.5 Lage und Form von Wandöffnungen	473
3.6 Besonderheiten bei Bogenöffnungen	474

4. Konstruktive Fragen im Einzelnen	477
4.1 Werkstoffe	477

4.2 Versteifung und Stabilisierung von Wänden im Mauerwerksbau	477
4.2.1 Schwergewichtswand	477
4.2.2 Versteifung durch Wandpfeiler	477
4.2.3 Versteifung durch Querwände	479
4.2.4 Versteifung durch Ringbalken oder Deckenscheiben	480
4.3 Ausbildung einer Schachtel	482
4.3.1 Teilaufgaben des Ringankers	482
5. Mauerwerksbauweisen	484
5.1 Schachtelbauweise (Allwandbauweise)	484
5.2 Schottenbauweise (Querwandbauweise)	486
5.3 Offene Scheibenbauweise	488
5.4 Kombination der Bauweisen und Auflösung klassischer Bauweisen im Mauerwerksbau	490
6. Öffnungen in Mauerwerkswänden	492
6.1 Ausführung von Bögen im Mauerwerksbau	494
6.1.1 Rundbogen, Spitzbogen	494
6.1.2 Scheitrechter Bogen, Flach- oder Segmentbogen	495
6.2 Ausgleichs- und Entlastungsbögen	496
6.3 Ausbildung eines Sturzes	498
7. Wandbau mit künstlichen Steinen	502
7.1 Kelleraußenwände aus künstlichen Steinen ohne besonderen Nachweis	504
7.2 Aussteifende Wände	504
7.3 Nichttragende Innenwände	506
7.4 Nichttragende Außenwände	510
7.5 Zweischalige Außenwände	510
7.6 Schlitz- und Aussparungen (Integration von Installation)	511
Anmerkungen	513
Normen und Richtlinien	513

Holzbau

1. Geschichte des Holzbaus	518
1.1 Frühe Holzbauweisen	518
1.2 Amerikanische Holzbauweisen	520
1.3 Der industrialisierte Holzbau	520
1.4 Moderner Holzbau	520
2. Holzbauweisen	524
3. Wandbau	524
3.1 Blockbau	526
3.2 Bohlenständerbau	529
3.3 Fachwerkbau	529
3.4 Holzrippen-, Holzrahmenbau	533
3.5 Holztafelbau	539
3.5.1 Statische Wirkungsweise der Holztafeln	542

3.5.2 Aufbau der Holztafeln	543	
3.6 Moderne Massivholzbauweisen	543	
3.6.1 Massivholz im baulichen Einsatz	544	
3.6.2 Plattenförmige Massivholzelemente	546	
3.6.3 Holzbauelemente	550	
3.6.4 Ausbau	551	
3.6.5 Wand-Deckenknoten	553	
4. Holzskelettbau.....	556	
4.1 Prinzipielle Tragwerksvarianten.....	560	
4.1.1 Träger auf Stütze.....	560	
4.1.2 Zwei Träger stirnseitig an Stütze.....	562	
4.1.3 Zwillingsträger seitlich an Stütze	564	
4.1.4 Träger durch Zwillingsstütze	566	
4.1.5 Vier Träger stirnseitig an Stütze	567	
4.1.6 Platte auf Stütze.....	569	
4.1.7 Platte seitlich an Stütze.....	570	
5. Holz-Beton-Verbundbau.....	578	
5.1 Anwendungen der Holz-Beton- Verbundbauweise	579	
5.2 Grundsätzliches.....	579	
5.3 Holz-Beton-Verbunddecken	580	
5.4 Wandbauweisen	580	
5.5 Schubverbund	581	
6. Schalenbauweisen	581	
6.1 Werkstoff und Tragverhalten	581	
6.2 Frühe Holzschalen.....	582	
6.3 Neuere Schalentragwerke	584	
6.3.1 Moderne Zollinger-Bauweisen.....	584	
6.3.2 Lattenrostschalen	585	
6.3.3 Brettrippenbauweise	585	
6.3.4 Zugbeanspruchte Schalen	586	
6.3.5 Bauweise mit Stahlknoten.....	587	
6.3.6 Reine Flächentragwerke	588	
Anmerkungen.....	591	
Normen und Richtlinien.....	592	
1. Geschichte des Eisen- und Stahlbaus	596	Stahlbau
1.1 Der Brückenbau während der industriellen Revolution.....	596	
1.2 Erste Hochbauten in Eisen und Stahl.....	598	
1.3 Die Schule von Chicago	598	
1.4 Die Entwicklung des Stahlbaus im 20. Jahrhundert.....	602	
2. Grundsätzliche Aspekte des Stahlbaus	608	
2.1 Eigenschaften von Stahltragwerken	608	
2.2 Baudurchführung von Stahlbauten.....	608	
2.3 Nutzungsaspekte von Stahlbauten	610	
2.4 Brandschutz	611	

2.5 Korrosionsschutz.....	611
2.6 Nachhaltigkeit	612

3. Konstruieren mit Stahl..... 613

3.1 Bauen mit genormten Profilen und gelenkigen Anschlüssen	613
3.2 Rahmen und biegesteife Anschlüsse	616
3.2.1 Ausbildung von Rahmensystemen	617
3.3 Ausbildung von Dach- und Decken- tragwerken im Stahlbau	623
3.3.1 Decken in Verbundbauweise	623
3.3.2 Trapezblechdecke und -dach	626
3.4 Fachwerkkonstruktionen.....	628
3.4.1 Anwendung von Fachwerken	628
3.4.2 Regeln für die Ausbildung von Fachwerksystemen.....	630
3.4.3 Profile für den Fachwerkbau	632
3.4.4 Horizontale Fachwerkverbände zur Herstellung schubsteifer Dach- oder Deckentragwerke	633
3.5 Raumfachwerke	634
3.5.1 Ausführung von Raumfachwerken	636
3.6 Gitterschalen.....	638
3.7 Zugbeanspruchte Konstruktionen.....	640
3.7.1 Hängebrücken.....	641
3.7.2 Schrägseilbrücken.....	641
3.7.3 Seilnetzkonstruktionen.....	642
3.7.4 Seiltragwerke	643

Anmerkungen.....	647
------------------	-----

Normen und Richtlinien.....	647
-----------------------------	-----

Fertigteilbau

1. Geschichte des Fertigteilbaus..... 652

2. Fertigung..... 654

2.1 Merkmale der Werksfertigung im Betonbau	654
2.2 Folgen der Werksfertigung	655
2.3 Ort der Fertigung	655

3. Schalungstechnik..... 656

3.1 Lage der Schalung	656
3.2 Ausschalvorgang.....	658

4. Bewehrungstechniken..... 662

4.1 Schlaffe Bewehrung	662
4.2 Vorgespannte Bewehrung	662
4.2.1 Art der Herstellung der Vorspannung	662
4.2.2 Art der Spanngliedführung.....	664
4.2.3 Spannbettfertigung.....	666
4.2.4 Nachträgliche Vorspannung	666
4.3 Faserbewehrung	666

5. Einflüsse der Bewehrungstechnik	
auf die Konstruktion	668
5.1 Schlaffe Bewehrung	668
5.2 Spannbettfertigung	668
5.3 Nachträgliche Vorspannung	669

6. Allgemeine Grundsätze der Konstruktion	
und Gestaltung von Fertigteilen	670
6.1 Transport	670
6.2 Montage	670
6.3 Konstruktive Standardlösungen	677
6.3.1 Wandbauweisen	677
6.3.2 Skelettbauweisen eingeschossig	679
6.3.3 Skelettbauweisen mehrgeschossig	679

7. Einflüsse auf die Form	684
--	------------

Anmerkungen	688
Normen und Richtlinien	688

1. Geschichte des Betonbaus	692
1.1 Historische Vorläufer	692
1.2 Entwicklungsgeschichte des	
modernen Stahlbetonbaus	692
1.3 Moderne Betontechnik	695

Ortbetonbau

2. Der Werkstoff Stahlbeton	696
--	------------

3. Vergleich mit anderen Bauweisen	696
---	------------

4. Verarbeitung	700
------------------------------	------------

5. Bewehrungstechnik	700
5.1 Verlegung	702
5.1.1 Arten von Bewehrung	704
5.1.2 Stababstände	704
5.1.3 Verankerung von Längsstäben	705
5.1.4 Querbewehrung im	
Verankerungsbereich	706
5.1.5 Verankerung der Querbewehrung	706
5.1.6 Bewehrungsstöße	706
5.1.7 Gruppierung von Stäben	708
5.2 Bewehrungsstäbe (Betonstabstahl)	708
5.3 Bewehrungsmatten (Betonstahlmatten)	710
5.4 Gitterträger	712
5.5 Betondeckung	713
5.6 Arbeitsfugen	716

6. Schalungstechnik	716
6.1 Schalhaut	718
6.2 Wandschalungen	718
6.3 Spezielle Wandschalungen	720

6.3.1 Kletterschalungen 720

6.3.2 Gleitschalungen 720

6.4 Deckenschalungen..... 720

6.5 Halbfertigteile..... 722

6.5.1 Elementdecken 722

6.5.2 Elementwände..... 724

7. Entwurfliche und planerische Aspekte..... 726

8. Ortbetonbauweisen..... 728

8.1 Zellentragwerke 728

8.2 Offene Scheibentragwerke..... 728

8.3 Rahmentragwerke..... 729

8.4 Skelettrtragwerke mit Kernaussteifung 729

8.5 Freie Tragwerkskonzepte 730

8.6 Schalentragwerke 731

Anmerkungen 732

Normen und Richtlinien..... 732

ANHANG

Register..... 736

Literaturverzeichnis 766

Bildnachweis 770

Danksagung..... 777