

José Luis Moro

Baukonstruktion vom Prinzip zum Detail

Band 2 Konzeption

mit

Matthias Rottner

Bernes Alliodoric

Matthias Weißbach

Vorwort von Jörg Schlaich

 Springer

VI HERSTELLUNG VON FLÄCHEN

1. Ausbildung kontinuierlicher ebener Schichtflächen

aus Einzelbauteilen

- 1.1 Dimensionale Vorgaben der Ausgangselemente 2
- 1.2 Geometrische Prinzipien der Ausbildung von Flächen 6
- 1.3 Flächenbildung durch Zusammenlegen von
 - Einzelelementen 8
 - 1.3.1 Gegossene Ausgangselemente 8
 - 1.3.2 Bandförmige Ausgangselemente 10
 - 1.3.3 Plattenförmige Ausgangselemente 12
 - 1.3.4 Stabförmige Ausgangselemente 18
 - 1.3.5 Bausteinförmige Ausgangselemente 22

2. Die Formdefinition kontinuierlicher gekrümmter

Schichtflächen

- 2.1 Besonderheiten gekrümmter Oberflächen 24
- 2.2 Geometrische Voraussetzungen 25
- 2.3 Oberflächentypen 26
 - 2.3.1 nach Art der Krümmung 26
 - 2.3.2 nach Abwickelbarkeit in die Ebene 28
 - 2.3.3 nach Entstehungsgesetz 28
 - 2.3.4 Freiformflächen 40

3. Die konstruktive Umsetzung kontinuierlicher gekrümmter Schichtflächen

- 3.1 Ausbau einseitig gekrümmter Oberflächen 42
 - 3.1.1 Bandförmige Ausgangselemente 42
 - 3.1.2 Plattenförmige Ausgangselemente 46
 - 3.1.3 Stabförmige Ausgangselemente 46
 - 3.1.4 Bausteinförmige Ausgangselemente 48
- 3.2 Ausbau zweiseitig gekrümmter Oberflächen 54
 - 3.2.1 Das hyperbolische Paraboloid 54
 - 3.2.2 Die Kugel 60

Anmerkungen

77

VII AUFBAU VON HÜLLEN

1. Bauliche Umsetzung der Teilfunktionen - grundlegende Lösungsprinzipien

- 1.1 Begriffsbestimmungen 80
- 1.2 Grundstrukturen von Hüllen 81

2. Einfache Schalensysteme

- 2.1 Einfache Schale ohne Aufbau 82
 - 2.1.1 Äußere Hüllbauteile 83
 - 2.1.2 Innere Hüllbauteile 83
- 2.2 Einfache Schale mit einseitigem Aufbau ohne Unterkonstruktion 84
 - 2.2.1 Äußere Hüllbauteile 84

2.2.2	Innere Hüllbauteile	88
2.3	Einfache Schale mit einseitigem Aufbau mit Unterkonstruktion	88
2.3.1	Einfache Rippenlage	88
2.3.2	Doppelte Rippenlage	90
3. Doppelte Schalensysteme		94
3.1	Zwei Schalen mit Zwischenschicht	94
3.2	Zwei Schalen mit Zwischen- und Luftschicht	100
4. Mehrschichtverbundsysteme		104
4.1	Sandwichsysteme	104
4.2	Wabenysteme	105
5. Rippensysteme		108
5.1	Konstruktives Prinzip	108
5.2	Einachsig und mehrachsig gespannte Rippensysteme	108
5.3	Rippenysteme mit integrierter Hüllkonstruktion	110
5.3.1	Rippenystem mit einseitigem Aufbau ohne Unterkonstruktion	112
5.3.2	Rippenystem mit einseitigem Aufbau mit Unterkonstruktion	114
5.3.3	Rippenwand mit einseitigem Aufbau mit doppelter Rippen	114
5.4	Rippenysteme mit Trennung von Hüllkonstruktion und Rippen	118
5.4.1	Rippenystem mit Schale und Aufbau ohne Unterkonstruktion	120
5.4.2	Rippenystem mit Schale und Aufbau mit einfacher Querrippen	122
5.4.3	Rippenystem mit Schale und Aufbau mit doppelter Rippen	122
5.4.4	Rippenystem mit Schale und Aufbau mit Längsrippen	122
6. Ergänzende Funktionselemente oder -schalen		128
7. Membransysteme		131
7.1	Mechanisch gespannte Membransysteme	131
7.2	Pneumatisch gespannte Membransysteme	132
	Anmerkungen	133
VIII PRIMÄRTRAGWERKE		VIII
VIII-1 Grundlagen		136
1.1	Tragwerk und Gebäudeentwurf	136
1.2	Funktionale Wechselbeziehungen	136
1.3	Raumbildung	136
1. Voraussetzungen		136

140	1.4	Elementare und zusammengesetzte Tragwerke
142	1.5	Planerische Grundsätze der Addition von Zellen
142	1.5.1	Horizontale Addition
142	1.5.2	Vertikale Addition
144	1.6	Die Elemente der baulichen Zelle
146	1.6.1	Das vertikale ebene Umfassungselement
152	1.6.2	Die Überdeckung
154	1.7	Die Grundzelle aus Umfassung und Überdeckung
155	1.8	Die statischen Aufgaben
155	1.8.1	Standstichheit
155	1.8.2	Gebrauchstauglichkeit
156	2. Der Lastabtrag	
156	2.1	Ein- und zweiachsiger Lastabtrag
156	2.1.1	Tragverhalten
156	2.2	Einflüsse des Lastabtrags auf die Geometrie der Grundzelle
160	2.2.1	Wahl der Spannrichtung bei einachsigem Lastabtrag
160	2.2.2	Wechselwirkung zwischen Spannweite, statischer Höhe und Grundrissgeometrie
160	2.3	Verhältnis der Spannweiten bei zweiachsigem Lastabtrag
164	2.4	Lastabtrag und Nutzung
170	3. Der konstruktive Aufbau des Raums abschließenden Flächenelements	
170	3.1	Vollwandiges Flächenelement
172	3.2	Element aus Stabschar und Platte
172	3.3	Element aus Stabrost und Platte
172	3.4	Element aus Stabschar, nachgeordneter Querschar und Platte
174	3.5	Das Aussteifen von Stabsystemen in ihrer Fläche
174	3.5.1	Dreiecksmaschen
174	3.5.2	Diagonaler Verbände
178	3.5.3	Schubsteife Bepankungen
178	3.5.4	Rahmenbildung
178	3.6	Das Komplettieren von Stabsystemen zur Fläche mit Hilfe von Bepankungen
180	3.6.1	Stabroste
180	3.6.2	Orthogonal gestapelte, hierarchische Stabiagen
180	3.7	Einige grundlegende planerische Überlegungen zu Stabscharen
182	4. Formfragen axial beanspruchter Tragwerke	
188	4.1	Wechselbeziehungen zwischen Lagerung, Form und Beanspruchung
194	4.2	Die Begriffe der Sell- und Stützlinie
194	4.2.1	Selllinie

VIII-2 Typen

194	4.2.2 Stützlinie	
196	4.3 Abweichungen von der Stützlinie	
206	4.4 Flächentragwerke unter Membrankräften	
206	4.4.1 Membranzustand	
208	4.4.2 Biegezustand	
208	4.4.3 Formfindung	
208	4.5 Konstruktive Varianten von Flächentragwerken unter	
210	Membrankräften	
210	4.5.1 Schalen	
212	4.5.2 Membranen und Seilnetze	
216	Anmerkungen	
218	1. Übersicht elementarer Tragwerke	
226	2. Gerichete Systeme	
226	2.1 Biegebeanspruchte Systeme	
226	2.1.1 Platte einachsig gespannt	
238	2.1.2 Flache Überdeckung aus Stabscharen	
253	2.1.3 Aussteifung von Skelettragwerken	
260	2.1.4 Geneigte ebene Überdeckung	
266	2.2 Druckbeanspruchte Systeme - geneigte Dächer	
266	und Gewölbe	
266	2.2.1 Geneigtes Dach aus Stabscharen	
268	2.2.2 Gewölbe vollwandig	
276	2.2.3 Gewölbeschale vollwandig	
278	2.2.4 Gewölbe aus Bogenscharen	
280	2.2.5 Gewölbeschale aus Stäben	
282	2.3 Zugbeanspruchte Systeme	
282	2.3.1 Band	
286	3. Ungerichete Systeme	
286	3.1 Biegebeanspruchte Systeme - flache Überdeckungen	
286	3.1.1 Platte zweiachsig gespannt, linear gelagert	
290	3.1.2 Platte zweiachsig gespannt, punktuell gelagert	
292	3.1.3 Trägerrost zweiachsig gespannt, linear gelagert	
294	3.1.4 Trägerrost zweiachsig gespannt, punktuell gelagert	
298	3.1.5 Platte ringförmig gelagert	
298	3.1.6 Stablage radial, ringförmig gelagert	
300	3.2 Druckbeanspruchte Systeme	
300	3.2.1 Pyramide	
300	3.2.2 Zylindrische Kuppel	
302	3.2.3 Kegel	
304	3.2.4 Kuppel vollwandig	
312	3.2.5 Kuppel aus Stäben	
312	3.2.6 Schale vollwandig, synklastisch gekrümmt,	
318	punktuell gelagert	
324	3.3 Zugbeanspruchte Systeme	

VIII-3 Verformungen	
1. Ursachen und Eigenschaften von Verformungen	348
1.1 Ursachen	348
1.2 Anforderungen	348
1.3 Definition	350
1.4 Spannung und Dehnung	352
1.5 Eingeprägte oder lastunabhängige innere Formänderungen	354
2. Auswirkungen von Verformungen auf Hochbaukonstruktionen	358
2.1 Auswirkungen auf die Tragfähigkeit	358
2.2 Auswirkungen auf die Funktionstüchtigkeit	360
3. Statische und konstruktive Lösungen des Hochbaus	362
Anmerkungen	366
VIII-4 Gründung	
1. Allgemeines	368
2. Interaktion zwischen Tragwerk und Baugrund	370
2.1 Der Baugrund	370
2.2 Lastübertragung zwischen Tragwerk und Baugrund	372
2.3 Lastverteilung im Baugrund	374
2.4 Verformungen des Baugrunds	376
2.4.1 Lastbedingte Verformungen	376
2.4.2 Frostbedingte Verformungen	378
2.5 Versagen des Baugrunds	382
3. Gründungsarten	386
3.1 Gründung als Verbindung zwischen Bauwerk und Baugrund	386
3.2 Baugrundverbesserung und -austausch	386
3.3 Flachgründungen	392
3.4 Tiefgründungen	396

IX	BAUWEISEN	IX-1	Mauwerkrsbau	404	1. Grundsätzliches		404	
				404	2. Kategorisierung von Bauweisen		404	
				404	2.1 Wandbau		404	
				408	2.2 Skelettbau		408	
				410	3. Grundlagen des Wandbaus			410
				410	3.1 Wechselbeziehung von Trag- und Hüllfunktion der Wand			410
				413	3.2 Exzentritäten			413
				414	3.3 Zellenbildung			414
				414	3.4 Flexibilität			414
				414	3.5 Lage und Form von Wandöffnungen			414
				416	3.6 Besonderheiten bei Bogenöffnungen			416
				418	4. Konstruktive Fragen im Einzelnen			418
				418	4.1 Stabilisierung von Wänden im Mauwerkrsbau			418
				422	4.2 Funktion der Schachtei			422
				422	4.2.1 Teilaufgaben des Ringankers			422
				424	5. Mauwerkrsbauweisen			424
				424	5.1 Die Schachteibauweise (Allwandbauweise)			424
				426	5.2 Die Schottenbauweise (Querwandbauweise)			426
				428	5.3 Die Scheibenbauweise			428
				430	5.4 Kombination der Bauweisen und Auflösung klassischer Bauweisen im Mauwerkrsbau			430
				432	6. Öffnungen in Mauwerkrswänden			432
				434	6.1 Ausführung von Bögen im Mauwerkrsbau			434
				436	6.2 Ausgleichs- und Entlastungsbögen als konstruktive Besonderheit			436
				438	6.3 Ausbildung des Sturzes			438
				442	7. Wandbau mit künstlichen Steinen			442
				442	7.1 Kelleraußenwände aus künstlichen Steinen ohne besonderen Nachweis			442
				444	7.2 Aussteifende Wände			444
				444	7.3 Nicht tragende Innenwände			444
				448	7.4 Schlitz- und Aussparungen (Integration von Installationen)			448
				450	Anmerkungen			450
				452	1. Geschichte des Holzbaus			452
				452	1.1 Frühe Holzbauten			452
				454	1.2 Amerikanische Holzbauweisen			454

IX-3 Stahlbau

1. Geschichte des Eisen- und Stahlbaus

- 486 1.1 Der Brückenbau während der industriellen Revolution
 488 1.2 Erste Hochbauten in Eisen und Stahl
 488 1.3 Die Schule von Chicago
 492 1.4 Die Entwicklung des Stahlbaus im 20. Jahrhundert

2. Grundsätzliche Aspekte des Stahlbaus

- 496 2.1 Eigenschaften von Stahltragwerken
 496 2.2 Baudurchführung von Stahlbauten
 498 2.3 Nutzungsaspekte von Stahlbauten

3. Konstruieren mit Stahl

- 500 3.1 Bauen mit genormten Profilen und gelenkigen Anschlüssen
 502 3.2 Fachwerkbau
 502 3.2.1 Anwendung von Fachwerken
 504 3.2.2 Regeln für die Ausbildung von Fachwerk-
 systemen
 504 3.2.3 Profile für den Fachwerkbau
 504 3.2.4 Einsatz horizontaler Fachwerkverbände zur
 Herstellung schubsteifer Deckentragwerke
 506 3.3 Raumfachwerke
 506 3.3.1 Beispiele von Raumfachwerken
 506 3.4 Rahmen und biegesteife Anschlüsse
 510 3.4.1 Ausbildung von Rahmensystemen
 510 3.5 Ausbildung von Deckentragwerken im Stahlbau
 514 3.5.1 Decken in Verbundbauweise
 514 3.5.2 Trapezblechdecke

a

Anmerkungen

- 484

3. Holzskelettbau

- 476 3.1 Prinzipielle Tragwerksvarianten
 476 3.1.1 Träger auf Stütze
 480 3.1.2 Zangenkonstruktion
 482 3.1.3 Riegelkonstruktion
 473 2.5.4 Holzblocktafelbauweise
 472 2.5.3 Brettstapelbauweise
 472 2.5.2 Massive Dickholz-Konstruktionen
 472 2.5.1 Trog- und Kastentragerbauweisen
 470 2.5 Moderne Massivholzbauweisen
 470 2.4 Holztafelbau
 464 2.3 Holzrippen-, Holzrahmenbau
 461 2.2.2 Moderner Fachwerkbau
 460 2.2.1 Historischer Fachwerkbau
 460 2.2 Fachwerkbau
 458 2.1 Blockbau

2. Konstruktionsarten im Holzbau

IX-4	Fertigteilbau	522	1. Geschichte des Fertigteilbaus	3.6 Zugbeanspruchte Konstruktionen	518												
				3.6.1 Hängedbrücken	518												
				3.6.2 Schrägseilbrücken	518												
				3.6.3 Seilnetzkonstruktionen	518												
				3.6.4 Seiltragwerke und Seilbinder	519												
				IX-5	Ortbetonbau	560	1. Geschichte des Betonbaus	1.1 Historische Vorläufer	560								
								1.2 Entwicklungsgeschichte des mod. Stahlbetonbaus	560								
								1.3 Moderne Bontotechnik	562								
								IX-4	Fertigteilbau	524	2. Fertigung	2.1 Merkmale der Werkstoffertigung im Betonbau	524				
												2.2 Folgen der Werkstoffertigung	525				
2.3 Ort der Fertigung	525																
IX-4	Fertigteilbau	526	3. Schalungstechnik									3.1 Lage der Schalung	526				
												3.2 Ausschallvorgang	528				
												IX-4	Fertigteilbau	532	4. Bewehrungstechniken	4.1 Schläffe Bewehrung	532
																4.2 Vorgespannte Bewehrung	532
				4.2.1 Spannbettfertigung	534												
				4.2.2 Nachträgliche Vorspannung	536												
				4.3 Faserbewehrung	536												
				IX-4	Fertigteilbau	538	5. Einflüsse der Bewehrungstechnik auf die Konstruktion	5.1 Schläffe Bewehrung	538								
								5.2 Spannbettfertigung	538								
								5.3 Nachträgliche Vorspannung	539								
IX-4	Fertigteilbau	540	6. Allgemeine Grundsätze für Konstruktion und Gestaltung von Fertigteilen					6.1 Transport	540								
								6.2 Montage	540								
								6.3 Konstruktive Standardlösungen	548								
								6.3.1 Wandbauweisen	548								
								6.3.2 Skelettbauweisen eingeschossig (Hallen)	549								
								6.3.3 Skelettbauweisen mehrgeschossig	549								
								IX-4	Fertigteilbau	554	7. Einflüsse auf die Form	Anmerkungen	558				
				IX-4	Fertigteilbau	522	1. Geschichte des Fertigteilbaus										

X	FLÄCHENSTÖSSE	1. Grundsätzliches	600
		1.1 Funktionen	600
		Anmerkungen	597
		8.1 Zellentragwerke	594
		8.2 Scheibentragwerke	594
		8.3 Rahmentragwerke	594
		8.4 Skelettragwerke mit Kernaussteifung	594
		8.5 Freie Tragwerkskonzepte	595
		8.6 Schalentragwerke	596
		8. Bauweisen	594
		7. Entwurfliche und planerische Aspekte	592
		6.1 Schalnhaut	584
		6.2 Wandschalungen	584
		6.3 Spezielle Wandschalungen	586
		6.3.1 Kletterschalungen	586
		6.3.2 Gleitschalungen	586
		6.4 Deckenschalungen	588
		6.5 Halbfertigteile	588
		6.5.1 Elementdecken	588
		6.5.2 Elementwände	590
		6. Schalungstechnik	584
		5.1.1 Arten von Bewehrung	566
		5.1.2 Stababstände	570
		5.1.3 Verankerung von Längsstäben	572
		5.1.4 Querbewehrung im Verankerungsbereich	572
		5.1.5 Verankerung der Querkraftbewehrung	572
		5.1.6 Bewehrungsstöße	572
		5.1.7 Gruppierungen von Stäben	574
		5.2 Bewehrungsstäbe (Betonstahl)	576
		5.3 Bewehrungsmatten (Betonstahlmatten)	576
		5.4 Gitterträger	579
		5.5 Betondeckung	579
		5.6 Arbeitsfugen	582
		5. Bewehrungstechnik	566
		4. Verarbeitung	566
		3. Vergleich mit anderen Bauweisen	564
		2. Der Werkstoff Stahlbeton	564

2. Bauteilfuge	602
2.1 Erschwernisse bei der Fugengestaltung	602
2.2 Fugengestaltung an singulären Punkten	603
3. Entwurfslich-konzeptionelle Maßnahmen	608
4. Prinzipien der Stosausbildung	610
4.1 Offene Fuge	611
4.2 Kapillarfuge	614
4.2.1 Physikalischer Kapillareffekt	614
4.2.2 Kritische Kapillarbreite	615
4.2.3 Baupraktische Verhältnisse	615
4.3 Geschlossene Fuge	616
4.3.1 Pressfuge	617
4.3.2 Fuge mit Stoffverbund	618
4.3.3 Fuge mit Füllung und Flankenhaftung	618
4.3.4 Fuge mit federweicher Füllung und Anpressdruck	619
4.3.5 Fuge mit Füllung und Anpressdruck sowie zusätzlicher Flankenhaftung	619
5. Maßnahmen zur Verbesserung der Dichtigkeit einer Fuge	620
5.1 Verlängern des Fugenverlaufs - geometrische Maßnahmen	620
5.2 Entspannungskammern	621
5.3 Hydrophobierung der Fugenflanken	622
5.4 Ausnutzung der Schwerkraft	622
5.5 Schaffung eines Druckgefälles	622
5.6 Wassertemperatur	622
5.7 pH-Wert	622
6. Fugengeometrie	623
6.1 Gerade rechtwinklige Fuge	623
6.2 Schräge Fuge	626
6.3 Abgedeckte Fuge	628
6.4 Hinterlegte Fuge	630
6.5 Überlappende Fuge	632
6.6 Gefälzte Fuge	634
6.7 Nut-und-Feder-Fuge	636
6.8 Fuge mit Aufkantung vorne	638
6.9 Fuge mit Aufkantung hinten	641
Anmerkung	642
Index	644
Literaturverzeichnis	654
Bildnachweis	658
Sponsoren	663
ANHANG	