

# IL 25

Siegfried Gaß

EXPERIMENTE  
EXPERIMENTS

mit einem Vorwort von / with a Preface by:  
Frei Otto und / and Wolfgang Weidlich

**EXPERIMENTE –**  
physikalische Analogmodelle im architektonischen  
Entwerfen

**Vorwort** 0. 14

**Zusammenfassung** 0. 16

- Selbstbildungsprozesse 0. 16
- Erfassung der Form 0. 18
- Ermittlung von Kräften 0. 18
- Form – Kraft – Masse 0. 19
- Entwicklung von Konstruktionen 0. 20
- Entwerfen 0. 20

**1. Grundlagen –**  
**Modell und Experiment in Architektur und**  
**Naturwissenschaften**

Das Modell 1. 2

- Abbildungsmerkmal 1. 2
- Verkürzungsmerkmal 1. 2
- Pragmatisches Merkmal 1. 2

Das Experiment 1. 4

Das Naturgesetz 1. 4

Das Analogmodell 1. 5

Historischer Abriß 1. 6

- Experimente und Modelle zum  
Tragverhalten 1. 6
- Experimente und Modelle zur  
Formfindung 1. 8

**2. Experimente zur Entstehung charakteristischer**  
**Formen aus Selbstbildungsprozessen**

2.0 Zusammenfassung 2. 2

Gestaltwerdung 2. 6

- nicht lebende Natur 2. 6
- lebende Natur 2. 8
- tote Natur 2. 9
- Technik 2. 9

Entwerfen – Wille zur Form 2. 10

Ordnung der Selbstbildungsprozesse 2. 12

Der konstruktive Ansatz 2. 12

- Zug 2. 13
- Druck 2. 15
- Biegung 2. 16

Der formale Ansatz 2. 18

- Lineare Elemente 2. 19
- Flächige Elemente 2. 20
- Räumliche Elemente 2. 21
- Strukturen in Raum und Zeit 2. 23

Die Teile und das Ganze 2. 24

**2.1 Lineare Elemente** 2. 26

2.1.1 Flüssigkeitsfäden und Stacheln 2. 26

2.1.2 Zugbeanspruchte Hängeformen 2. 28

- Gerade 2. 28
- Kettenlinie 2. 28
- Additionsformen von Kettenlinien 2. 30

2.1.3 Druckbeanspruchte Umkehrformen 2. 32

- 'Stehende' Kette 2. 32
- Stützlinie 2. 32
- 'Ausgehöhlter' Bogen 2. 34

2.1.4 Biegelinie 2. 36

- Parabel 2. 36
- Kreisbogen 2. 36
- Kombinationsformen 2. 36

2.1.5 Verzweigte Konstruktionen 2. 38

- Offene Verzweigungen 2. 40
- Verzweigungen mit geschlossenen  
Maschen 2. 42
- Minimalwege 2. 44
- Dreiarmige Knoten im Raum 2. 48
- Vierarmige Knoten 2. 50
- Fünfarmige Knoten 2. 52
- Sechfarmige Knoten 2. 52

**2.2 Flächige Elemente** 2. 54

2.2.1 Minimalflächen 2. 54

- Flüssigkeitslamellen 2. 54
- Unterstützung von Minimalflächen 2. 56
- Angenäherte Minimalflächen 2. 58
- Netze 2. 58
- Viskose Flüssigkeitsmembranen 2. 60

2.2.2 Pneumatische Konstruktionen 2. 62

- Kugel 2. 62
- Tropfen 2. 64
- Addition von Kugelpneus 2. 66
- Blasen über vorgegebenen Rändern 2. 68
- Offene pneumatische Konstruktionen 2. 68
- Schläuche 2. 70
- Netzgestützte pneumatische  
Konstruktionen 2. 70
- Einschnürungen, innere Verspan-  
nungen und Verstrebenungen 2. 72
- Unterdruckpneus 2. 74
- Beulen 2. 74
- Formänderung 2. 76
- Versteifung pneumatischer  
Konstruktionen 2. 78

2.2.3 Zugbeanspruchte Hängeformen 2. 80

- Senkrecht hängende flächige  
Elemente 2. 80
- Horizontal hängende flächige  
Elemente 2. 80
- Hängernetz 2. 80

2.2.4 Druckbeanspruchte Umkehrformen 2. 82

- Umkehrschalen 2. 82
- Gitterschalen 2. 82

2.2.5 Druck- & biegebeanspruchte  
Konstruktionen 2. 84

- Falten 2. 84
- Beulen 2. 84

**2.3 Räumliche Objekte** 2. 86

2.3.1 Zugbeanspruchte Materiean-  
häufungen 2. 86

2.3.2 Druckbeanspruchte Materiean-  
häufungen 2. 88

- Schüttkegel und Ablauftrichter 2. 88
- Höhlen 2. 90
- Formbildung durch Erosion 2. 92

2.3.3 Kristalle 2. 94

**2.4 Strukturen in Raum und Zeit** 2. 96

2.4.1 Wellen 2. 96

2.4.2 Systeme unter Schwingungseinfluß 2. 98

2.4.3 Wirbel 2.100

- Spiralwirbel 2.100
- Ringwirbel 2.102
- Bénardzellen 2.102
- Taylorwirbel 2.102

2.4.4 Wirbelströmungen 2.104

<b>3. Experimente und Methoden zur Erfassung der Form von Konstruktionen</b>		<b>5. Experimente zur Beschreibung des Zusammenhangs von Form, Kraft und Masse einer Konstruktion</b>		<b>6. Experimente und Modelle zur Entwicklung von Konstruktionen</b>	
<b>3.0 Zusammenfassung</b>	<b>3. 2</b>	<b>5.0 Zusammenfassung</b>	<b>5. 2</b>	<b>6.0 Zusammenfassung</b>	<b>6. 2</b>
• Geometrischer Vergleich	3. 2	• Aufwandswert Bic	5. 2	• Entwurfsmodelle	6. 2
• Photographie	3. 3	• Relative Schlankheit $\lambda$	5. 3	✗ • Sonne-Schatten-Gerät	6. 2
• Geodäsie	3. 3	• Das Diagramm zum Prinzip Leichtbau	5. 3	• Untersuchungen zum Tragverhalten am Modell	6. 3
• Abwicklung gekrümmter Flächen	3. 3	• Ermittlung der Werte	5. 3	• Materialprüfung	6. 3
<b>3.1 Photographie</b>	<b>3. 4</b>	<b>5.1 Zugbeanspruchte Konstruktionen</b>	<b>5. 6</b>	• Funktionsmodelle	6. 3
• Verzerrungsfreie Abbildung	3. 4	5.1.1 Einachsiger Zug	5. 6	• Prototypen	6. 3
• Lichtschnitt	3. 4	• Reißlänge	5. 6	<b>6.1 Entwurfsmodelle</b>	<b>6. 4</b>
• Schatten-Moiré	3. 4	• Zugbeanspruchte Tragwerke	5. 8	✗ <b>6.2 Sonne-Schatten-Gerät</b>	<b>6. 6</b>
• Mehrfachbelichtungen	3. 4	5.1.2 Sonderfälle der linearen Zugbeanspruchung	5. 8	<b>6.3 Modellstatik</b>	<b>6. 8</b>
<b>3.2 Tasten</b>	<b>3. 6</b>	• Konstruktionen mit großer linearer Dehnung	5. 8	• Verformung unter Last	6. 8
• Meßtisch	3. 6	• Ausziehversuche an Verbindungsmitteln	5. 8	• Erdbebenlasten	6. 8
• 3-D Meßmaschine	3. 6	• Magnetismus	5. 8	• Windkanalversuche	6. 8
✗ <b>3.3 Abwicklung gekrümmter Flächen</b>	<b>3. 8</b>	5.1.3 Biaxialer Zug	5. 10	<b>6.4 Materialprüfung</b>	<b>6. 10</b>
<b>3.4 Zuschnittsermittlung am Modell</b>	<b>3. 10</b>	• Kreuzprobe	5. 10	<b>6.5 Funktionsmodelle</b>	<b>6. 12</b>
• Graphisches Verfahren	3. 10	• Pneumatisch gespannte Membranen	5. 12	• Montagekonzept	6. 12
• Papierstreifen-Methode	3. 10	<b>5.2 Druckbeanspruchte Konstruktionen</b>	<b>5. 14</b>	• Bewegungsablauf	6. 12
<b>4. Experimente und Methoden zur Ermittlung der in einer Konstruktion wirkenden Kräfte</b>		5.2.1 Einachsiger Druck	5. 14	• Raffung von Membranen	6. 14
<b>4.0 Zusammenfassung</b>	<b>4. 2</b>	• Plumper Druck	5. 14	<b>6.6 Prototypen</b>	<b>6. 16</b>
• Dehnungsmeßgeräte	4. 2	• Schlanke Druckstäbe	5. 16	<b>7. Experimente im Entwurfsprozeß</b>	
• Waagen	4. 3	• Pneusäulen	5. 18	<b>7.0 Zusammenfassung</b>	<b>7. 2</b>
• Gleichgewicht der Kräfte	4. 3	• Extrem schlanke Druckstäbe	5. 20	<b>7.1 Zelt über einem Studenten-Treff</b>	<b>7. 4</b>
<b>4.1 lineare Dehnung</b>	<b>4. 4</b>	5.2.2 Druckbeanspruchte Bögen	5. 22	• Prinziplösung, Entwurf	7. 4
• Schraubenfedern	4. 4	5.2.3 Biaxialer Druck	5. 24	• Computer unterstütztes Entwerfen	7. 6
• Gummifäden	4. 4	• Scheibe	5. 24	• Seifenhautversuche	7. 6
• Dehnungslose Spannungsmessung	4. 4	• Schale	5. 24	• Gittertüllmodelle	7. 8
<b>4.2 Kräftegleichgewicht am dreiarmligen Knoten</b>	<b>4. 6</b>	5.2.4 Hydrostatischer Druck	5. 24	• Gekrümmter Hauptmast	7. 10
• Knoten im Raum	4. 8	<b>5.3 Biegebeanspruchte Konstruktionen</b>	<b>5. 26</b>	<b>7.2 Gitterschale über dem Eingangsbereich der Klosterseehalle in Sindelfingen</b>	<b>7. 14</b>
<b>4.3 Untersuchungen zum Kraftfluß in druckbeanspruchten Konstruktionen mit Hängemodellen</b>	<b>4. 10</b>	5.3.1 Lineare Elemente	5. 26	• Prinziplösung	7. 14
<b>4.4 Kragkonstruktionen</b>	<b>4. 12</b>	• Kragträger	5. 26	• Entwerfen im Kontext des Gemachten	7. 16
<b>4.5 Überlagerung von horizontal und vertikal wirkenden Kräften mittels einer schiefen Ebene</b>	<b>4. 14</b>	• Pneusäule als Kragträger	5. 28	• Entwurf und Konstruktion	7. 18
<b>4.6 Spannungsmessung in Flüssigkeitshäuten</b>	<b>4. 16</b>	• Träger auf zwei Auflagern	5. 30	• Detailpunkte	7. 20
<b>4.7 Experimentelle Ermittlung des Tra von gleichmäßig belasteten ebenen Flächen</b>	<b>4. 18</b>	• Mehrfeldträger	5. 30	• Montage	7. 22
		5.3.2 Flächige Elemente	5. 32	<b>8. Anhang</b>	
		<b>5.4 Geometrisch ähnliche Vergrößerung</b>	<b>5. 34</b>	<b>8.1 Verzeichnis der Studienarbeiten</b>	<b>8. 2</b>
		• Einfluß der Konizität	5. 36	<b>8.2 Literaturverzeichnis</b>	<b>8. 8</b>
		• Überlagerung von Eigengewicht und Windlast	5. 36	<b>8.3 Abbildungsverzeichnis</b>	<b>8. 12</b>
				<b>8.4 Stichwortverzeichnis</b>	<b>8. 29</b>
				<b>8.5 Lebenslauf</b>	<b>8. 35</b>