

# IL 21 GRUNDLAGEN BASICS

FORM ↔ KRAFT ↔ MASSE 1  
FORM ↔ FORCE ↔ MASS

MIT EINEM BEITRAG UND EINER DISKUSSION ÜBER DAS ÄSTHETISCHE  
WITH A CONTRIBUTION AND DISCUSSION ON AESTHETICS

Diese Arbeit entstand am Institut für Leichte Flächentragwerke, Universität Stuttgart, Leitung Frei Otto, im Sonderforschungsbereich 64, Weitgespannte Flächentragwerke, der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

This work is originated from the Institut for Lightweight Structures, University of Stuttgart, direction Frei Otto, within the Sonderforschungsbereich 64, Wide-Spanned Surface Structures, of the Deutsche Forschungsgemeinschaft.

Bearbeitet von / presented by:

EDA SCHAUR

Beiträge zu den Grundlagen und zur Ästhetik:  
Contributions to basics and aesthetics:

KLAUS BACH  
HANS PAUL BAHRDT  
EWALD BÜBNER  
BERTHOLD BURKHARDT  
IRENÄUS EIBL-EIBESFELDT  
RAINER GRAEFE  
WOLFGANG FRIEDRICH GUTMANN  
SEBASTIAN HAFNER  
EBERHARD HAUG  
JOHANN-GERHARD HELMCKE  
JÜRGEN HENNICKE  
VITTORIO MAGNAGO-LAMPUGNANI

DIETER MATT  
CHRIS MEIER  
AUGUST NITSCHKE  
FREI OTTO  
JULIUS POSENER  
WILHELM SCHÄFER  
EDA SCHAUR  
HANS-JOACHIM SCHOCK  
CURT SIEGEL  
JÜRGEN SPRENGER  
WOLFGANG WICKLER  
GUNDULA ZACH

INHALT		III. TEIL	35	Feststellung der Reißlänge	
		Frei Otto		2. Versuchsreihe	68
		DIE FÄHIGKEIT oder		Versuchsobjekt frei zwischen zwei Punkte	
		FORM + KRAFT + WEG	36	gespannt mit punktförmiger Last	
VORWORT	5			3. Versuchsreihe	69
INHALT	6	Allgemeines		Versuchsobjekt frei zwischen zwei Punkte	
EINLEITUNG	10	Der Kraftweg	36	gespannt mit gleichförmig verteilter Last	
		Die Grenzen der Fähigkeit - der Tra	37	Druckversuche an dreidimensionalen Körpern	70
I. TEIL	13	Der Kraftweg bei Eigengewicht und Nutzlast	39	1. Versuchsreihe	70
Frei Otto		Der zulässige Kraftweg	39	Plumpe Körper	
DIE FORM	14			2. Versuchsreihe	72
		IV. TEIL	41	Schalen mit Punktlast	
Objekt und Form		Frei Otto		Druckversuche an schlanken Objekten	73
Formentstehung	14	DAS PRINZIP LEICHTBAU		1. Versuchsreihe	73
Erfassung der Formen	15	FORM + KRAFT + WEG + MASSE	42	Druck-Knickversuch an einseitig einge-	
Objektivität - Subjektivität				spannten Objekten	
Die geometrische Erfassung		Einführung und Begriffe		2. Versuchsreihe	74
Variationsbreite von Objekten	17	Der Bic	43	Druck-Knickversuch an beidseitig	
Die Größe	17	Ähnlichkeit - Relative Schlankheit	45	gelenkig gelagerten Objekten	
Absolute Größe		Bedingungen des Vergleichs		Biegeversuche an schlanken Objekten	75
Relative Dimensionen - Proportionen		zur Bestimmung der relativen Schlankheit		1. Versuchsreihe	75
Geometrische Ähnlichkeit		Die wichtigsten Bic	50	Biegung einseitig eingespannter Stäbe am	
Stoff und Medium	18	Der Bic in der Praxis	56	äußeren Ende punktförmig belastet	
Positivform - Negativform	19	Ordnen der Konstruktionen nach		2. Versuchsreihe	75
Hohlräume		dem Prinzip Leichtbau	56	Biegung einseitig eingespannter Stäbe	
Die Oberfläche	20	Bic als Maßstab der Optimierung		unter gleichmäßig verteilter Last	
Oberflächenstruktur		Die Ermittlung der Masse		3. Versuchsreihe	76
Farbe		Die Ermittlung des Volumens	57	"Balken" auf zwei Stützen,	
Die Oberflächner		Die Ermittlung der Kosten	57	unter gleichmäßig verteilter Last	
Zusammengesetzte Formen	22	Eigengewichtsbelastung und		Feststellung der maximalen Länge	
Die Elemente		maximale Spannweite	59	und der maximalen Spannweite	77
Die Grundelemente		Maximale Spannweite		Beispiele der Versuchsdurchführung	
		Nutzlastaufwand	60	Zugversuche an eindimensionalen, zugfesten,	
II. TEIL	25			biegeunsteifen Objekten (Studienarbeit: D. Matt,	78
Frei Otto		V. TEIL	61	J. Sprenger, G. Zach)	78
DIE KONSTRUKTION oder		Frei Otto		1. Senkrecht hängende Objekte	
FORM UND KRAFT	26	DAS EXPERIMENTIEREN ZUM		2. Versuchsobjekt frei zwischen zwei Punkte	
		ERFASSEN DES PRINZIPS		gespannt mit punktförmiger Last	80
Grundlagen		LEICHTBAU	62	3. Versuchsobjekt frei zwischen zwei Punkte	
Material	27			gespannt mit gleichförmig verteilter Last	82
Belastung	27	Grundsätzliches	62	Zusammenfassende Beobachtungen	84
Beanspruchung	28	Das Experimentieren	64	Druckversuche an schlanken Objekten	86
Objektbeanspruchung	28	Aufbau und Durchführung der Experimente	65	(Studienarbeit: S. Haffner, C. Meier)	
Elementbeanspruchung	31	Zugversuche an eindimensionalen zugfesten		1. Druck-Knick-Versuch an einseitig	
Kräfte und Spannungen	32	aber biegeunsteifen Objekten	66	eingespannten Objekten	86
Stabilität	32	1. Versuchsreihe	66	2. Druck-Knick-Versuch an beidseitig	
Materialbeanspruchung	33	Senkrecht hängende Objekte		gelenkig gelagerten Objekten	88
				Biegeversuche an schlanken Objekten	90
				(Studienarbeit: S. Haffner, C. Meier)	

VI. TEIL	93	VII. TEIL	111
Frei Otto		Frei Otto	
ORDNUNG UND EINTEILUNG DER		BEISPIELE DER OPTIMALKONSTRUK-	
LEICHTEN FLÄCHENTRAGWERKE	94	TIONEN IN NATUR UND TECHNIK	112
Die Form	94	Übersicht und Einführung	
Eindimensionale Flächentragwerke	94	Wegesysteme	113
Zweidimensionale Flächentragwerke	94	Minimalwegesysteme	
Dreidimensionale Flächentragwerke	95	Verkehrsnetze	
Additionsformen	95	Rohrleitungssysteme	
Die Form der Flächen und deren Elemente	95	Offene Abflußsysteme	
Oberflächenstruktur	96	Blitzschlag und elektrische Entladungen	
Elemente	96	Nervensysteme	
Baustoffe - Material	97	Nachrichtendrahnetze	
Belastung	97	Elektrische Leitungssysteme	
Beanspruchung	97	Bruchliniensysteme	
Zugbeanspruchte Flächentragwerke	99	Flächen	117
Punktförmige Stützung		Minimalflächen	
Linienförmige Stützung		Maximalflächen	
Flächige Stützung		Packungen	118
Randunterstützung		Dichte Packungen	
Lochunterstützung		Lockere Packungen	
Hohlkörper		Sichtbarkeit	119
Pneus		Konstruktionen	119
Druckbeanspruchte Flächentragwerke	102	Leichtkonstruktionen in der nicht	
Die wesentlichen Flächenformen		lebenden Natur	
Punktförmige Stützung der Fläche		Leichtkonstruktionen in der lebenden Natur	
Linienförmige Stützung der Fläche		Leichtkonstruktionen in der Technik	
Stützung des Randes		Wichtige Leichtbauobjekte	
Ein- und dreidimensionale Objekte		Bewegungsapparat	123
Biegebeanspruchte Flächentragwerke	103		
Stützung		ANHANG	
Roste		Frei Otto	
Faltwerke		DAS ÄSTHETISCHE	125
Sandwiches			
Leichte Platten		Bach, Bahrdr, Burkhardt, Eibl-Eibesfeld,	
Raumfachwerke		Graefe, Gutmann, Helmcke, Magnago-	
Zug- und druckbeanspruchte Flächentragwerke	106	Lampugnani, Nitschke, Otto, Posener,	
1. Ebene Flächen		Schäfer, Schaur, Siegel, Wickler	
2. Einseitig gekrümmte Flächen		DEBATTE ZUM THEMA "DAS ÄSTHETISCHE"	162
3. Synklastisch, kuppelförmig gekrümmte			
Flächen			
4. Antiklastische, sattelförmige Flächen			
Kombinationen	108	ENTSTEHUNG DER ARBEIT	188