

35

Frei Otto

HOCHSCHULE
LIECHTENSTEIN
Bibliothek

Pneumatische Knochen

Johann-Gerhard Heimcke gewidmet (* 03.05.1908 t 18.07.1993)

Pneumatische Bone

Dedicated to Johann-Gerhard Heimcke (* 03.05.1908 t 18.07.1993)

I N H A L T

Pneus in der lebenden Natur

		Der Pneu in der lebenden
Gedanken zur Forschung	8	Der Pneu - Bausystem des Lebens
Zu dieser Veröffentlichung	10	Die Mikrohülle
Gedanken zur Entwicklung des Verständnisses des Konstruktionssystems Pneu	14	Allgemeine Grundlagen von Zur physischen Entwicklun der Organismen
Das konstruktive Tragsystem Pneu	19	Bewegungsformen
Wo kommen Pneus vor?	20	Weiche Pflanzen
Das Konstruktionssystem Pneu	22	Lebende Unterdruckpneus
Die wichtigsten Elemente von Pneus	27	Verknüpfung (Zuschnitt) o das formbestimmende Progr
Der Kugelpneu unter Last	30	Zwischen hart und weich
Vielzellige Pneus unter Druck- und Biegebelastungen	32	
Innendruck	34	Feste Pneus
Kugelpneu	34	Einführung
Zylinderpneu	35	Erhärtete Pneus in der Te
Innenverspannte Pneus	36	Gebblasenes Glas
Pneus bei äußeren Lasten	38	Bauwesen
		Hartschäume
Pneus in Technik und Kunst	39	Technische Pneus mit Hart
Technische Pneus	40	Erhärtete Pneus
Imitationen und Kunst	46	der nichtlebenden Natur
Pneus in der nicht lebenden Natur	49	Erhärtungen in der lebend
Selbstbildung von Pneus in Natur und Technik	50	Über das Festwerden Pneus aus gumraiartigen, zähflüssigen, fadenzieher und netzbildenden Substar
Wasserpneus	50	Entstehen von Netzen aus fadenziehenden Substanzer
Doppel- und Mehrfachblasen, Schaum	52	Entstehen von Hartschaum und Fachwerken

Pneus in der lebenden Natur	55	Formbildung durch Beeinflussung des Verfestigungsprozesses
Der Pneu in der lebenden Natur	56	Hohlräume unter Lasten
Der Pneu - Bausystem des Lebens	63	Selbstbildung zug- und druckfester Fäden und Netze
Die Mikrohülle	66	Schalen-, Gitterkonstruktion Stabwerksstrukturen und Fachwerke
Allgemeine Grundlagen von Netzpnous	84	
Zur physischen Entwicklung der Organismen	87	
Bewegungsformen *	96	Feste Pflanzen - Bäume und Holz
Weiche Pflanzen	97	Feste Pflanzen, Bäume und Holz
Lebende Unterdruckpnous	98	Anmerkungen zu, den Wachstumsformen Hohe Bäume
Verknüpfung (Zuschnitt) oder das formbestimmende Programm	99	
Zwischen hart und weich	110	Schalentiere und Seeigel Wachstum trotz Erhärtungen bei Tieren Schalen
Feste Pnous	111	Muschelschale und Schnecke
Einführung"	112	Erhärtete Einzeller
Erhärtete Pnous in der Technik	112	Der Seeigel
Gebblasenes Glas	112	
Bauwesen	113	Knochen
Hartschäume	114	Der weg zum Innenskelett
Technische Pnous mit Hartteilen	115	Knorpel
Erhärtete Pnous der nichtlebenden Natur	116	Der druckfeste, biegsame Seeigel
Erhärtungen in der lebenden Natur	117	Faser und Faden
Über das Festwerden	120	Verzweigungen
Pnous aus gummiartigen, zähflüssigen, fadenziehenden und netzbildenden Substanzen	121	Zweidimensionale Netze
Entstehen von Netzen aus fadenziehenden Substanzen	122'	Dreidimensionale Netze
Entstehen von Hartschaum und Fachwerken	123	Spongiosa - ein Netz aus Fasern Formbildende Prozesse
		Experimente zur Formbildung bei Knochen

Formbildung durch Beeinflussung des Verfestigungsprozesses	128	Das Ei der Vögel Zähne
Hohlräume unter Lasten	128	Sehnen
Selbstbildung zug- und druckfester Fäden und Netze , Schalen-, Gitterkonstruktionen, Stabwerksstrukturen und Fachwerke	129 132	Penis Wachstumsprozesse
Feste Pflanzen - Bäume und Holz-	135	Das Säusystem des I
Feste Pflanzen, Bäume und Holz	136	Der Knochen bleibt auch wenn er hart i
Anmerkungen zu den Wachstumsprogrammen	139	Selbstreparatur
Hohe Bäume	142	Optimierungsprozes:
Schalentiere und Seeigel	145	Die Konstruktion d(
Wachstum trotz Erhärtungen bei Tieren	146	Wie wird der Knoche
Schalen	146	Formoptimierung, AL und das Entmaterial
Muschelschale und Schnecke	148	Trajektorien
Erhärtete Einzeller	149	Gedanken zum Obersc knochen des Mensche
Der Seeigel	150	• Extreme Belastungen
Knochen	156	Belastete Pmeus und Einrichten von Knoc
Der Weg zum Innenskelett	158	Die Thompson'sehe T
Knorpel	164	
Der druckfeste, biegsame Schlauchpneu	167	Bildseiten
Faser und Faden	174	
Verzweigungen	175	
Zweidimensionale Netze	176	L I T E R A R T U R
Dreidimensionale Netze	177	IL-Mitteilimgen:
Spongiosa - ein Netz aus Faserbündeln	182	Konzepte des SFB 230:
Formbildende Prozesse	183	Sowie:
Experimente zur Formbildung bei Knochen	186	

128	Das Ei der Vögel	187
	Zähne	189
128	Sehnen	190
129	Penis	191
132	Wachstumsprozesse	192
	Das Bausystem des Knochens	193
135	Der Knochen bleibt ein Pneu - auch wenn er hart geworden ist	197
136	Selbstreparatur	200
139	Optimierungsprozesse	202
142	Die Konstruktion des Knochens	206
145	Wie wird der Knochen beansprucht?	209
146	Formoptimierung, Ausdünnen und das Entmaterialisieren	214
146	Trajektorien	218
148	Gedanken zum Oberschenkelhals- knochen des Menschen	224
149	• Extreme Belastungen von Knochen	225
150	Belastete Pmeus und das Einrichten von Knochenbälkchen	226
156		232
158	Die Thompson'sche Transformation	232
164	Bildseiten	.236
167		
174		
175		
176	L I T E R A T U R	
176	IL-Mitteilungen:	IL 9, IL 12, IL 15, IL 19, IL 24, IL 28, IL 33
177		
182	Konzepte des SFB 230:	Nr. 8, 9, 11, 13, 14, 18, 30
183	Sowie:	Zugbeanspruchte Kon- struktionen, Band 1; Frei Otto, Rudolf Trostel; Ullstein, Berlin 1962
186		