

DIPLOMARBEIT 2011

Ein Ausstellungskonzept von

SASKIA HEINZEL

DAS MORPHOGENETISCHE
KURIOSITÄTENKABINETT

Die Funktionale Morphologie von Planktonorganismen und
deren Einfluss auf die Gestaltung seit dem 17. Jahrhundert

INHALT



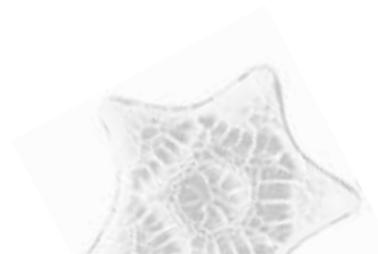
Teil I: Theoretische Annäherung

Einleitung: Motivation und Aufbau der Arbeit	05
Bionik: Funktionalität in der Natur und Neue Welten	13
Mikrostrukturen: Sichterweiterung	14
Mikroplankton: Beschreibung von Diatomeen & Radiolarien	16
Plasmadynamik	28
Naturgesetze des Wachstums: Entdecker und Geschichte der Mikroskopie	30
Der Einfluss von Naturmodellen auf den Jugendstil	36
Entwicklung der Bionik in der Moderne	42
Der Einfluss auf die Design Rebellen: In der Kunst, Design und Architektur	46
Biodynamische Naturmodelle: Fraktale und Strukturen in der Natur	63
Analogien: Bisoziation von der Natur und das man made	66
Planktonprinzipien: Strukturanalyse von Pneus, Raster, Siebstrukturen, Schaum	68
Ultra stark: Super leicht	74
Morphogenic Design	76
Der große Fußabdruck: Harte Zeiten	77

Smart Structures	78
Photosynthese als Werkzeug	79
Fazit	81

Teil II: Praxis SiO₂ Lab

Erste Untersuchungen: Mikroskopie	84
AWI, IMARE und MSN: Planktonbiomechanik, Ziele und Techniken	88
SiO₂ Labor: Forschungsergebnisse Materialismus	90
Produkt-Entwurfskitzen: Formfindung im Testlabor	95
Idee der Ausstellung	100
Ausstellungskonzept	102
Themen: Strukturierung der Zonen	108
Zonen Moods	114
Exponate & Entwürfe: Installationen, Möbel und Ausstellungselemente	132
Plan: Zonen, Besucherwege und Pläne	152
Fazit	157
Literatur- und Quellenverzeichnis	159





“Design bedeutet nicht unbedingt nur Erfinden von etwas ganz Neuem, sondern manchmal auch ein Finden: Das Neue entsteht, indem das Fundstück in einen ungewohnten Zusammenhang gestellt wird.“⁽¹⁾ Konstantin Grcic

Einleitung:

Motivation und Aufbau der Arbeit

Es gibt eine parallele Welt hinter den Kulissen des Alltags, eine mikroskopische Welt, die uns konstruiert. Die Erweiterung unseres Sehvermögens durch neue Technologien hat uns einen Sprung in unterschiedliche, mit dem bloßen menschlichen Auge nicht mehr wahrnehmbaren Maßstäbe ermöglicht.

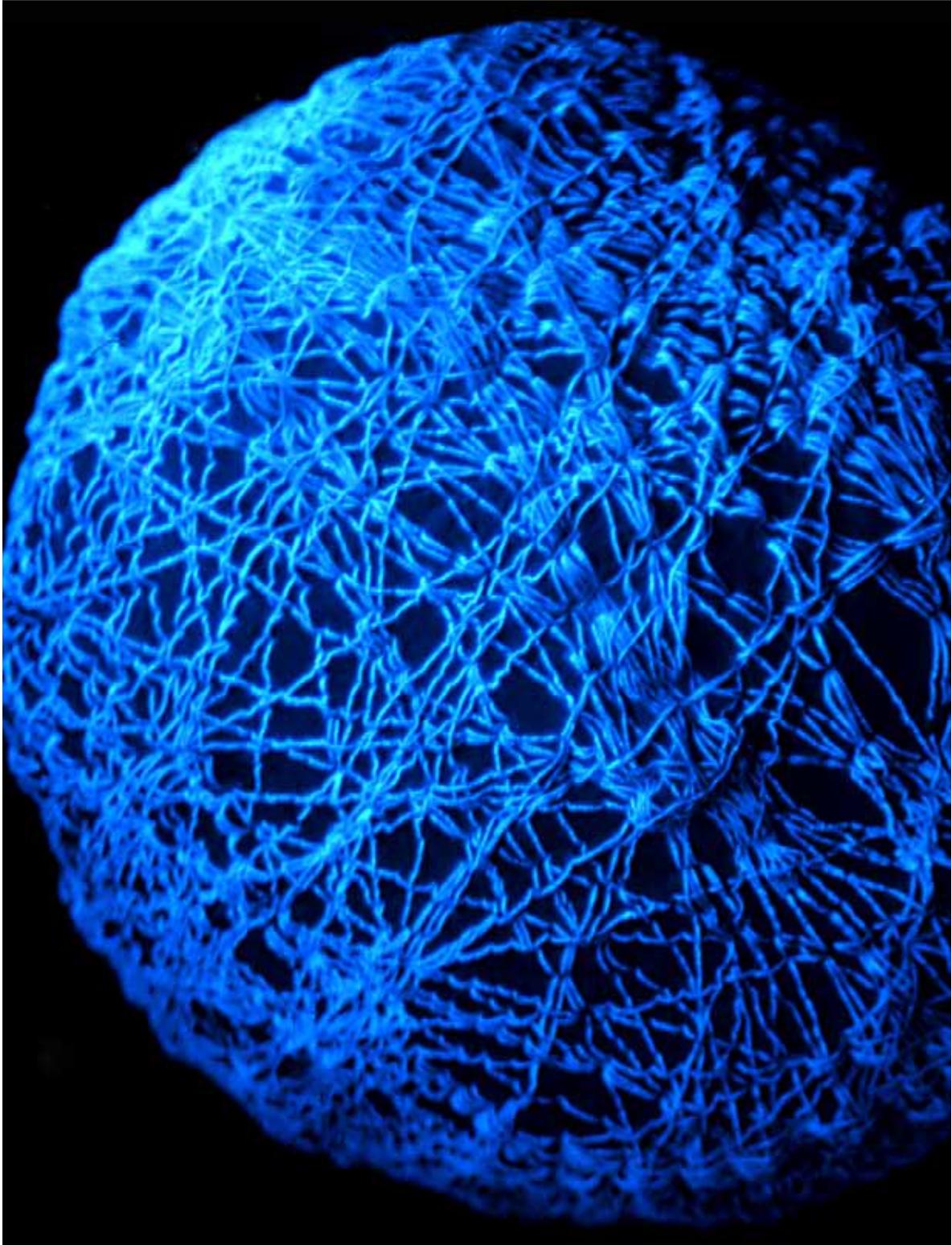
„Wir befinden uns im Bereich universaler Module. In jedem Zellkern finden sich Protonen und Neutronen, in jedem Atom Elektronen und in jedem Molekül der entferntesten Galaxie sind wiederum Atome gebunden.“⁽²⁾

Philip Morrison

Als ich sieben Jahre alt war, erzählte mir mein Vater, dass unter meinem Fingernagel eine ganze Galaxie existieren würde. Als Kind hat diese Nachricht für mich einen großen und bleibenden Eindruck gemacht, sie hat mein Bewusstsein über die Vorstellung vom Raum vollkommen verändert. Manchmal saß ich da, starrte meine Finger an und versuchte mir dieses geheime, unsichtbare, Universum vorzustellen. Seitdem hat mich mein Interesse für die Mikro- und Makrowelten nicht mehr losgelassen. Während meiner Schulzeit in Schottland begeisterte ich mich neben dem Deutsch-, Kunst- und Sportunterricht vor allem für das Zeichnen ausgefeilter biologischer Grafiken, von der Amöbe bis zur Photosynthese. Auf einer Exkursion mit meiner Biologieklassse untersuchte ich zum ersten Mal Proben eines lokalen Gewässers unter dem Mikroskop. Diese Untersuchung ist mir als ein positives Beispiel für ein Lernen in Erinnerung, in dem Theorie und Praxis, Wissen und die Freude an der Forschung verbunden sind.

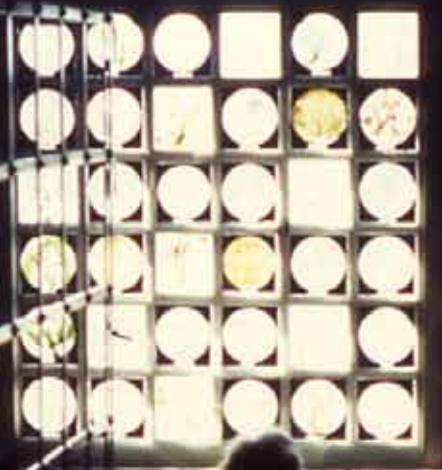
Eine erste klarere Vorstellung von den Größenverhältnissen und den Verbindungsstrukturen im Mikro- und Makrokosmos habe ich durch den Film „The Powers of 10“ von Charles (1907-1978) und Ray Eames (1912-1988) gewonnen. Der neun Minuten lange Film zeigt eine Reise zwischen Quarks und Quasaren, in die Dimensionen der entferntesten, größten und kleinsten Strukturen, die Gegenstand wissenschaftlicher Forschung sind. Im Film zoomt die Kamera von einem schlafenden Mann, der auf einer Picknickdecke im Park liegt, heraus bis zum Rand des Universums. Schließlich kehrt sie zurück auf die Hand des Mannes und fährt weiter in den Mikrokosmos seines Körpers und bis zu den einzelnen Atomen. Das besondere Augenmerk des Films liegt dabei auf der Darstellung des Details als einem integralen Teil des Ganzen.





Bei meiner Recherche für zwei Kunst-am-Bau Arbeiten, im Rahmen meiner Diplomarbeit an der Glasgow School of Art, stiess Jahre später (1996) auf das Buch „Unseen Worlds“ (über mikro- und Makro Photographie) von Michael Marten und habe meine Faszination für diese Welten wiederentdeckt. Der Band präsentiert beeindruckende Photographien von Diatomeen (einzelliges Phytoplankton) und Radiolarien (einzelliges Zooplankton). Die winzigen Planktonorganismen haben zahlreiche Funktionen und sind hervorragend für das Überleben ausgerüstet. Mir schien die Idee nahe liegend, diese unsichtbaren Formen nicht nur so zu vergrößern, um sie für das menschliche Auge sichtbar zu machen, sondern sie so zu skalieren, dass sie auch haptisch erfahrbar werden, als - physische Objekte, die benutzbar und greifbar sind, Objekte auf denen man sogar sitzen oder klettern könnte. Von da an wusste ich, dass ich Experimente und Objekte erfinden möchte, die das Unsichtbare der Mikrowelten im öffentlichen Raum sichtbar werden lassen. Eine meiner ersten Arbeiten in 1997, die von Mikrostrukturen inspiriert war, heißt „in-Nerspace“, eine Installation in einem sonderpädagogischen Schwimmbad für Hydrotherapie in Glasgow. Das Objekt setzte sich aus aufblasbaren Gummielementen, sogenannten Pneus zusammen. Mit diesen Pneus konnten die Kinder im Wasser interagieren. Sie wurden mit UV Licht bestrahlt und leuchteten; auf diese Weise waren sie auch für Kinder mit eingeschränktem Sehvermögen sichtbar. Seither entwickle ich meine Arbeiten an der Schnittstelle zwischen Kunst und Design.







Die zweite Arbeit hieß IONS. Hier habe ich analogische Mikro- und Makrostrukturen (neuronale Netzwerke, Mikrostrukturen, Straßenkarten, Wurzelgeflechte, Pflanzenadern) mit einer Lichtempfindliche Fotoemulsion auf kleine Glasaquarien übertragen und diese in ein von Charles Rennie Mackintosh (1868-1928) ein schottischer Architekt, gestaltetes Fenster eingesetzt. Diese Arbeit entstand in 1998 zum Abschluss meiner Diplom Arbeit.

Heute ist der Einfluss der Mikrotechnologie auf Form und Entwicklung im Produktdesign offensichtlich. Einhergehend mit der Entwicklung neuer Maschinen und Technologien, wurden seit dem 17. Jahrhundert immer wieder versteckte Welten aufgedeckt. Wir lernen immer noch von der Natur; wir beobachten sie, ihre Schönheit und vor allem ihre optimierte Funktionalität und versuchen unser Wissen und Verständnis auszubauen.

„All diese neuen Techniken sind Fenster in andere Realitäten. Jede Ebene der Struktur wird durch ein Gerüst von Substrukturen gestützt. Jedes System ist Teil eines größeren: eine Welt innerhalb von Welten.“⁽³⁾

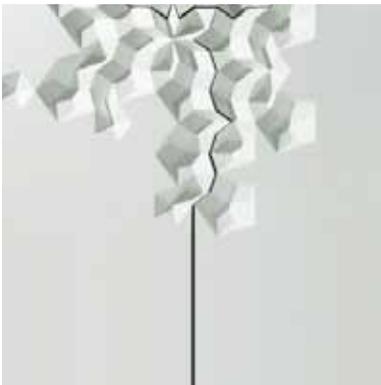
Micheal Marten

Wirft man einen Blick auf das Design in den letzten fünf Jahren, ist der Einfluss von Naturmodellen in der Produktgestaltung kaum zu übersehen: auf Designmessen und in den Städten stoßen wir auf pneumatische Blob-Gebäude, wabenartige Regale, zellartige Raumteiler, molekulare Tische, algorithmische Lampen und biomorphe Stühle. Die Entwürfe, Prototypen, Konstruktionen und Objekte von Designer und Architekten simulieren biologische Strukturen und sogar Prozesse, seien es Strukturen durch „Tessellation“,⁽⁴⁾ mikroskopische Nachbildungen, evolutionäre Mutationen oder mineralische Fragmentierungen. Lebendige Strukturen erscheinen als Gebäude oder Produkt, „Physics in action“ sozusagen. Wie kommt es zu diesem raschen Wechsel von den noch vor einigen Jahren populären glatten, minimalistischen Linien der Moderne zur organischen Form? Sehnen wir uns nach etwas Anderem? Drückt sich darin ein Bedürfnis aus, neue Beziehungen zwischen uns und der Umwelt, dem Universum und uns selbst zu finden? Oder ist

dieser Wechsel ganz einfach das Resultat des technischen Fortschritts in der Software-Entwicklung und den Produktionstechnologien? Die Untersuchung und Wahrnehmung der Natur, ihre Vorbildrolle für die Ästhetik und Technik ist seit Jahrhunderten eine unerschöpfliche Inspirationsquelle für Gestalter und Ingenieure.

Im Jahr 2009 habe ich das Thema Mikrostrukturen wieder aufgegriffen, gemeinsam mit der Produktdesignerin Aylin Kaiser, mit Unterstützung der Fachhochschule und verschiedenen Instituten in Berlin, ein freies Forschungsprojekt über die Bedeutung der mikroskopischen Bildlichkeit für den Designprozess begonnen. Diese Arbeit werden wir nach dem Studium fortführen.

In meiner jetzigen Arbeit zeige ich beispielhaft anhand verschiedener signifikanter Autoren den Einfluss von Mikrostrukturen im Design des 17. Jahrhunderts bis zur Gegenwart auf. Meine Intention ist es, unterschiedliche Designrelevante Ansätze, Methoden und Innovationen aufzuzeigen. Die Arbeit wird sich an der Schnittstelle zwischen Kunst, Design und Naturwissenschaft bewegen. Thematisiert wird vor allem die Welt der Mikroplankton: Diatomeen und Radiolarien, von denen ich ebenso fasziniert bin wie die Naturwissenschaften und die Design-Welt es sind. Diatomeen und Radiolarien bestechen nicht durch ihre Schönheit, sondern sie sind zugleich Meisterwerke des Engineerings, statische Leichtbau-Konstruktionen. Sie sind eine schöpferische Inspirationsquelle für das Design und vor allem für die Architektur. Mit der vorliegenden Analyse möchte ich einen ersten Einblick in das Thema eröffnen. Da ich weder Physikerin noch Biologin bin, ist es nicht mein primäres



Ziel, die natürlichen Strukturen und Prozesse zu erklären, sondern betrachte sie bewusst aus dem Augenwinkel einer Designerin. Dennoch ist es wichtig, eine ganzheitliche Perspektive zu wahren. Darum werde mich an den Fachurteilen der mit diesem Gebiet vertrauten Wissenschaftler, Designer und Künstler orientieren, die mir hoffentlich Orientierung geben, sollte ich in der faszinierenden Welt der Mikroorganismen einmal den Boden unter den Füßen verlieren.

Im zweiten Teil meiner Arbeit (Praxis im Lab) liegt der Schwerpunkt auf einem Konzeptentwurf für eine Ausstellung über Planktondesign-Diatomeen und Radiolarien als innovative Modelle. Bestimmte Beschreibungen, Objekte und Konzepte, die im ersten Teil der Arbeit beschreiben sind, werden sich zum Teil in der Ausstellung wieder finden. Mit der Gründung des SiO₂Lab hatten ich zum Ziel gesetzt, die Strukturen des Zooplanktons und des Phytoplanktons, der Radiolarien und Diatomeen zu analysieren, um Inspirationen für innovative Lösungen von Designprozessen zu finden. Dieser Teil ist die auf die Arbeitspraxis gerichtete Analyse, eine physische Konfrontation mit Materialien und Prozessen. Die Proben sind Analogien, die aus der Material- und Strukturforschung entstanden sind. Das SiO₂Lab wird ein großer Teil der Ausstellung sein. Als praktischer Teil schließt sich eine Serie von Produktskizzen, eine Sammlung von Proben, ein Ausstellungskonzept und eine Dokumentation an.

Bionik:

Funktionalität in der Natur

„Die Innovationsfülle im Tier und Pflanzenreich ist nicht nur phantastischer als wir glauben, sondern noch viel phantastischer als alles, was wir uns vorstellen können.“⁽⁵⁾ Kurt G. Blüchel

Als Ingenieure und Designer können wir einiges von Tieren und Pflanzen lernen. In der Welt der Bionik hat nicht der Mensch, sondern **“... die Natur die Technik erfunden.”⁽⁶⁾** Es sieht so aus, als seien die meisten unserer Produkte aus der reichen Datenbank der Natur gesampelt worden. Viele der uns umgebenden Modelle und Muster existieren bereits seit Millionen von Jahren. Wir hätten uns viel Zeit und viel Streit um die technische Entwicklung sparen können, hätten wir die Prozesse in der Natur bereits früher für die Gestaltung fruchtbar gemacht. In der von der Bionik konzipierten Modell einer Symbiose von Technologie und Natur liegen große Potenziale.

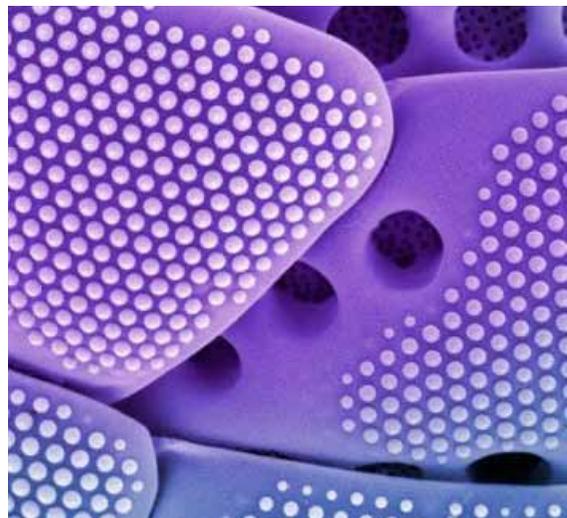
„Die Natur hat einen Vorsprung von Millionen von Jahren, in ihrer Evolutionsgeschichte konnten Techniken und Werkzeuge zu idealen Formen reifen.“⁽⁷⁾

Bei Tieren und Pflanzen stoßen wir auf eine Vielzahl von Oberflächen, Strukturen, und Stabilisierungs- und Verbindungssystemen wie z.B. Kugelgelenke, Klettverschlüsse, Schrauben, Saugtechniken, Federungen, Filter und Siebe. Jedes von diesen Systemen kann enormem Druck und enormer Spannung standhalten. Das Bild zeigt eine verblüffende Ähnlichkeit zwischen eine Naturform und „man made“ form. Folgt man der These des Bionikers Werner Nachtigal, ist die Natur allerdings keine mit Blaupausen gefüllte Kommode

für Architekten, Produktdesigner oder Ingenieure, sondern eher ein Pool für ihre Ideen, eine Muse für Erfindungen.

„Die Natur stellt dem Ingenieur keine Blaupausen zu Verfügung. Was sie ihm aber liefern kann, und zwar in großer Fülle, sind unkonventionelle Anregungen und strategische Peilmarken. Sie können und sollten wir anvisieren.“⁽⁸⁾ Nachtigal Werner

Beispielsweise können wir durch die Beobachtung, Analyse und Adaption von biologischen Strukturen, die ein geringes Eigengewicht haben - wie das Mikroplankton - zukünftig Energie sparen, indem wir etwa das Material durch die Anwendung ihrer intelligenten Konstruktion reduzieren.⁽⁹⁾ Angesichts der neuen Entwicklungen im Design scheint es nicht länger ein unerreichbares utopisches Ideal zu sein, dass technologisch produzierte Produkte zusätzlich ökologisch verträglich sind und analog zu den organisch wachsenden Formen der Natur entworfen werden. Einige dieser Formen sind streng geometrisch und trotzdem organisch, funktional und ästhetisch.



Mikrostrukturen:

Sichterweiterung und neue Welten

“Wir stehen am Anfang einer großen Revolution ...

Unsere Vorstellung der Natur wird sich grundlegend ändern.”⁽¹⁰⁾ Joseph Ford

Mit der Erfindung des Rasterelektronenmikroskops am Ende des Zweiten Weltkrieges verloren Handzeichnungen und Illustrationen als Medien der Dokumentation ihre Bedeutung; sie wurden nun ersetzt werden durch hochaufgelöste Bilder mit verbesserter Tiefenschärfe, die eine dritte Dimension der organischen Muster enthüllten.

Das erste Transmissions-Elektronenmikroskop wurde 1932 von Max Knoll und Dr. Ernst Ruska in Berlin gebaut. Es übertraf die Möglichkeiten des Lichtmikroskops, indem es statt Licht geladene Elektronen durch eine magnetische Linse strahlte. Auch dieses Verfahren hatte seine Grenzen und wurde von Max Knoll und später noch einmal von C.W. Oakley aus Cambridge optimiert, die das noch leistungsstärkere S.E.M. (Scanning-Elektron-Mikroskop) entwickelten. DuPont produzierte den ersten Typen, der dann 1950 auf den Markt kam.

Ein SEM Mikroskop erfasst die Proben durch das Abtasten mit einem hochenergetischen Elektronenstrahl und einem Raster-Scan-Muster. Die Elektronen interagieren mit den Atomen der Probe und produzieren elektronische Impulse, die Informationen über die Topographie, Komposition und die Eigenschaften (z.B. elektrische Leitfähigkeit) des Probematerials geben. Unser Blickfeld ist durch die Mikroskopie entscheidend erweitert und die Trennung zwischen der sicht-

baren und der unsichtbaren Welt reduziert worden. Wir sind mittlerweile nicht nur in der Lage auf ferne Galaxien zu schauen, sondern können auch in die winzige Nanowelt zoomen. Obwohl unsere Augen nur einen sehr begrenzten Bereich des elektromagnetischen Spektrums wahrnehmen, können, hat uns die Erfindung neuer elektronischer Sehinstrumente die faszinierende Topographie der Mikroorganismen eröffnet. Die Darstellung der DNA durch den Physiker Nassim Haramein setzt sich mit der Vorstellung vom Raum und Maßstab auseinander; vor allem mit dem fundamentalen Schöpfungsmuster der Natur.

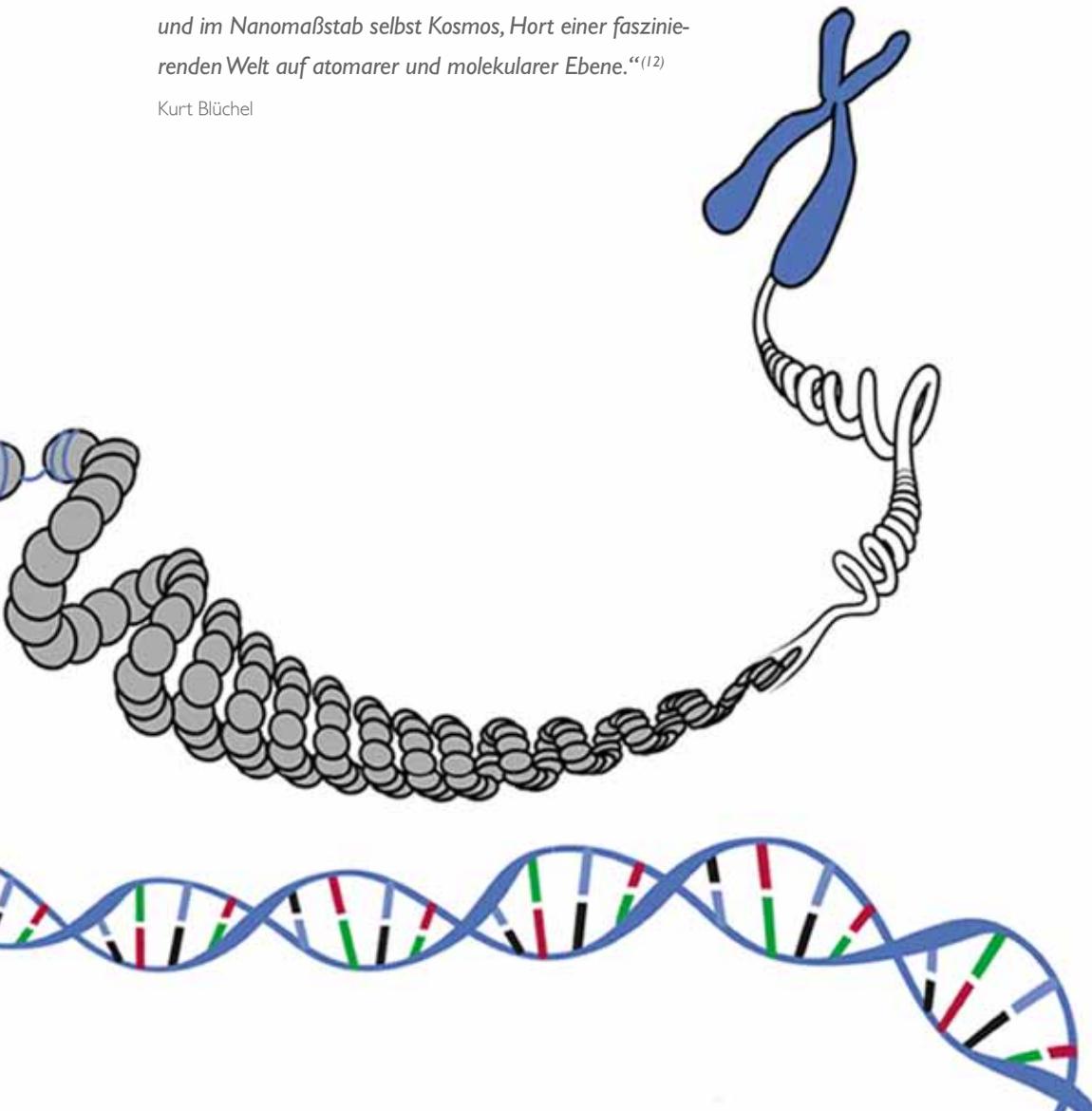


Durch die Mikroskopie wurde sogar das Innenleben einzelner Zellen sichtbar. Diese neue „Weltsicht“ kann uns erstaunen und sie ermöglicht uns, die Naturphänomene zu verstehen und von ihren Konstruktionen zu lernen. Sie wird uns hoffentlich auch helfen, das Überleben der Gattung zu sichern und unsere natürlichen Ressourcen zu respektieren.

„Die Übergänge von der Makro- zur Mikrowelt; vom Reich der Riesen zu dem der unendlich kleinen Zwerge sind fließend geworden. Der Mensch stellt - wie fast alle übrigen biologischen Systeme - beides zugleich dar: Jede einzelne Zelle ist ein winziger Teil des ganzen Systems und im Nanomaßstab selbst Kosmos, Hort einer faszinierenden Welt auf atomarer und molekularer Ebene.“⁽¹²⁾

Kurt Blüchel

Wir haben nun die Möglichkeit diese Mikrowelten auf atomarer Nano-Ebene zu untersuchen. Wir können wunderbare, äußerst funktionale Mechanismen in den winzigen biologischen Modellen beobachten. Die der menschlichen High-Tech-Mechanik erschreckend ähnlichen Konstruktionen sind zur vollkommenen Funktionalität entwickelt. Biologen nennen das Prinzip, mit dem sie die mit Hochleistungsmikroskopen unternommenen Forschungen über die funktionalen Formen in der Natur organisieren, Konstruktionsmorphologie.⁽¹³⁾ Mit Hilfe immer besser werdenden



Technologien können wir immer besser organische Strukturen untersuchen. Allein in den letzten 10 Jahren hat sich die Entwicklung der Feldemissions- REM- Mikroskope rasant entwickelt. Im Meeresforschungsinstitute AWI (Alfred-Wegener-Institut) Bremerhaven Arbeiten inzwischen Bioniker, wie Doktor Christian Hamm, mit hochentwickelten Laser- Mikroskopen, um 3D- Strukturdaten von Diatomeen zu erzeugen. Die Daten werden manuell weiter bearbeitet, um ein gebrauchsfähiges Resultat zu erhalten. Diese digitalen Strukturen können dann als Konstruktionsprinzipien für Industrie- oder Architekturbauten angewendet werden.⁽¹⁴⁾ Um die Vielfalt der voroptimierten Strukturen von Planktonorganismen für den technischen Bereich nutzen zu können, wurde am **AWI** das mehrfach ausgezeichnete Verfahren **ELISE** (Evolutionary Light Structure Engineering) entwickelt. Die Abteilung **IMARE** (Instituts für Marine Ressourcen) ist zur Zeit dabei, eine Art Strukturen- und Materialdatenbank für angewandte Planktonbiomechanik aufzubauen (Siehe Planktonbiomechanik im Zweiten Teil). Ich war sehr überrascht, denn mein ursprüngliches Diplomkonzept war die Gestaltung einer Strukturbibliothek, aufgebaut von SiO₂ Lab. Diese Datenbank sollte auch online abrufbar sein und 3D -Datensätze verschiedener Diatomeen und Radiolariastrukturen enthalten. IMARE sind mit ihrem Konzept durch ihr Wissen und ihr interdisziplinäres Team bereits viel weiter fortgeschritten als ich es war. Ihre Untersuchungen sind sehr technisch und meine eher intuitiv. Auf einem Treffen in Bremerhaven haben wir unsere Vorstellungen und Ideen ausgetauscht und uns auf eine eventuelle Zusammenarbeit geeinigt. Das SiO₂ Lab wird weiterhin eine analoge Strukturbibliothek aufbauen. Dieses Strukturarchive soll auch ein Teil der Ausstellungs „Hands on Maker Lab“ werden.

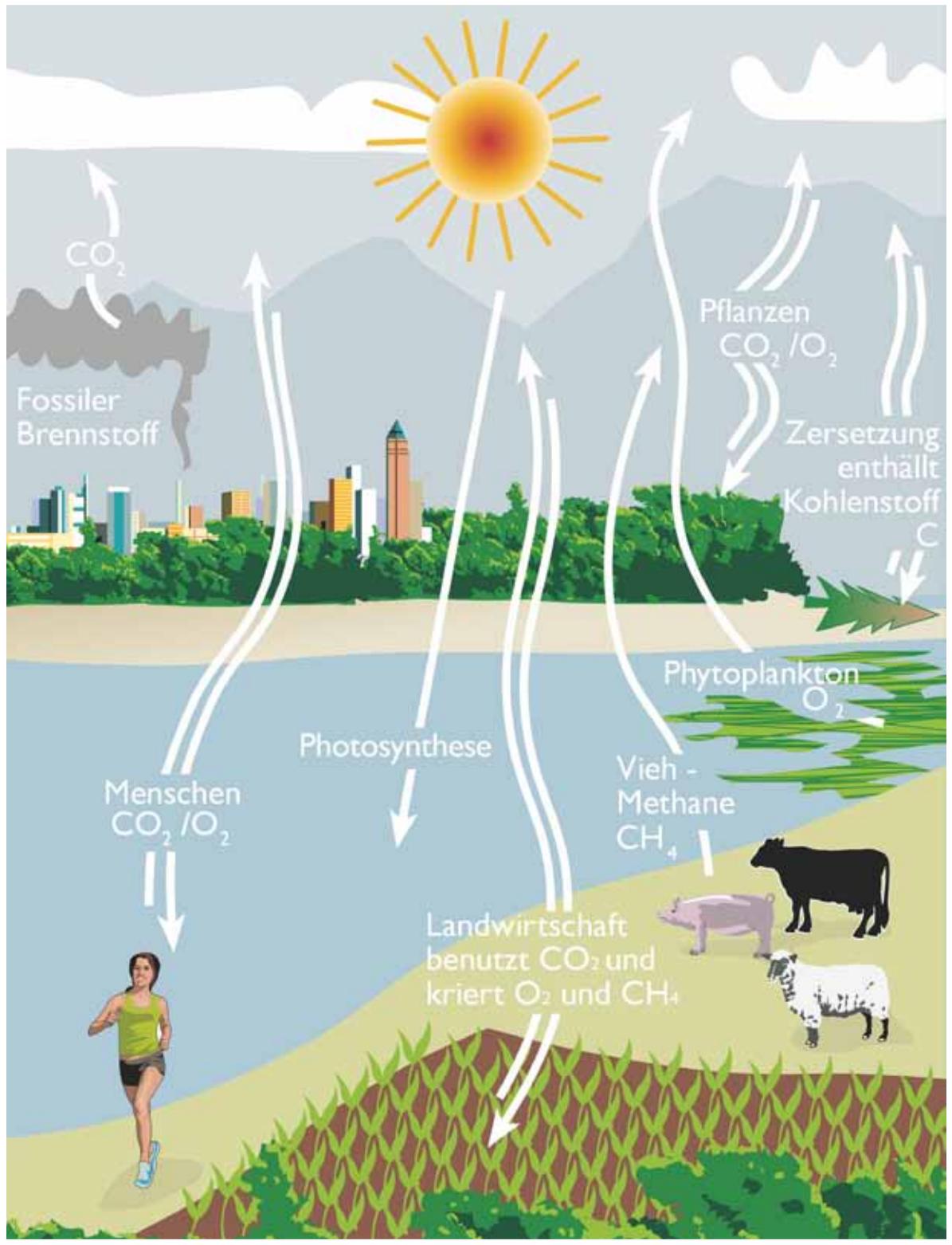
Mikroplankton:

Beschreibung von Diatomeen & Radiolarien

Die faszinierendsten Strukturen in der Natur sind für mich die einzelligen Meeresplankton der Spezies Radiolarien und Diatomeen. Diese Einzeller sind die Nahrungsgrundlage für alle Meereslebewesen. Sie produzieren Nährstoffe durch Photosynthese und produzieren Sauerstoff als Nebenprodukt. Da sie ein Drittel des Sauerstoffs auf unserem Planeten produzieren, spielen sie eine wesentliche Rolle im globalen Ökosystem. Mikroplankton verringert die Menge an Kohlendioxid in der Atmosphäre. Planktonspezies leben in verschiedenen Meeresregionen abhängig von Temperatur und Nahrung. Ihre Kolonien sind sogar vom Satelliten der E.S.A vom Weltall aus zu sehen. (siehe Infographik nächste Seite)

Die großen hellblauen und grünen Flächen der südlichen und westlichen Küste Islands indizieren eine hohe Konzentration von Phytoplankton. Es ist viel





geforscht worden über die Entwicklung und Bildung der Plankton-Strukturen und ihrer Korrelation mit der Umwelt. Die Skelett-Schalen der Plankton gehören nämlich zu den seltenen, nicht verwesenden organischen Materialien. Am Ende des Lebenszyklus sinken diese Plankton-Organismen zum Grund des Ozeans und bilden dort Sedimentschichten von „Kieselgur“, eine kreideähnliche Substanz, die zum Beispiel in den Klippen von Dover gefunden wurde. Diese Kiesel-schlämme bedecken etwa 2,6 % der Meeresböden und bestehen zu 30 – 80 % aus Radiolarien- und Diatomeenskelettmaterial, durch-

schnittlich enthalten sie etwa 55% kieselige Bestandteile, der restliche Sedimentanteil besteht überwiegend aus Kalk, der zum größten Teil aus den Schalen von Foraminiferen stammt. Die Sedimentschichten können mit den saisonalen Ringen eines Baumes verglichen werden: sie liefern Daten aus vielen Jahren. In ihnen kann wie in einem

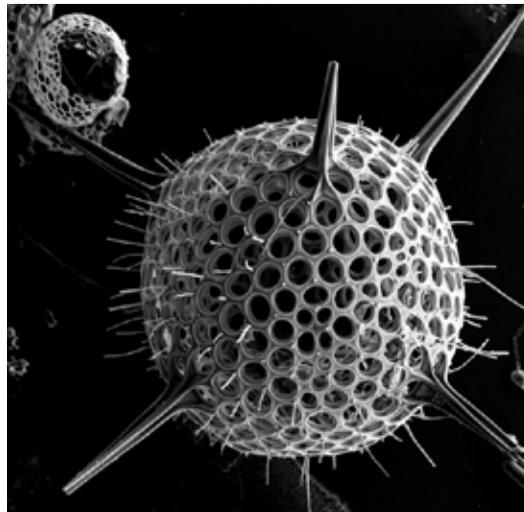
Buch gelesen werden. In der Mikropaläontologie,⁽¹⁵⁾ spielt das Plankton etwa bei der Bestimmung der Umgebungsbedingungen eine entscheidende Rolle. „Kieselgur“ ist in den Erdschichten für Millionen von Jahren gespeichert. Die über Millionen von Jahren in Gewässer lebenden Planktontypen wurden durch Temperatur, Strömung und Konkurrenz/Koexistenz verschiedener Planktonspezies Bestimmt. Aus den durch Bohrungen beförderten verschiedenen Silikatschalen gewinnen Geologen und Biologen Aufschluss über Klima- und Umweltfaktoren. Die gleiche Technik wird auch von Unternehmen bei der Suche nach Öl

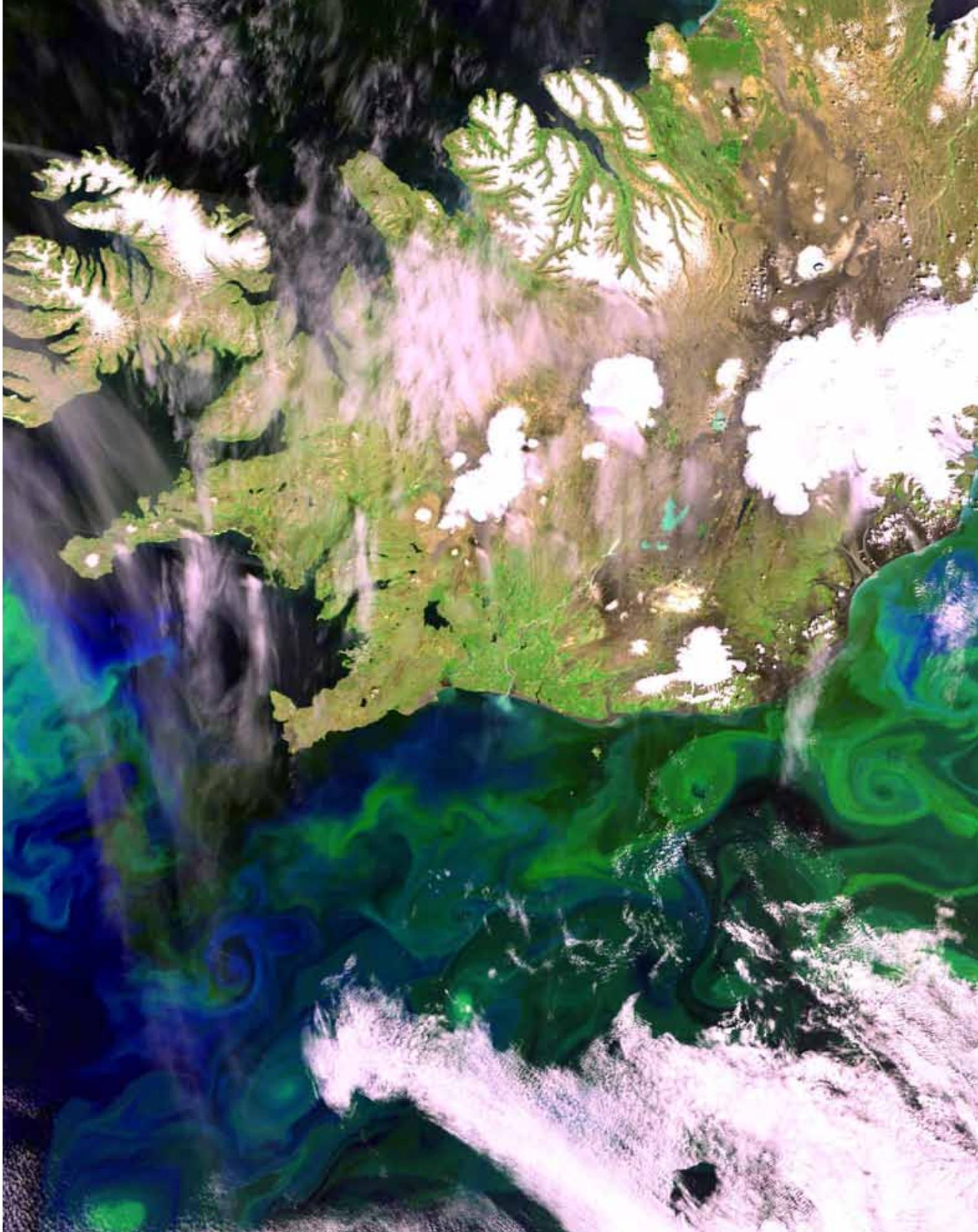
verwendet. „Kieselgur“ finden wir auch im Alltagsgebrauch: etwa in Farben, Brauerei-Filtern, Zahnpasta oder Dynamit. Und auch die Kieselerde, die man isst, um Haare und Knochen zu stärken, besteht aus den winzigen Kieselalgenskeletten.⁽¹⁶⁾

Die Bausteine der Diatomeen (Kieselalgen) und Radiolarien bestehen aus Siliziumdioxid (SiO_2) und zum Teil auch aus Strontiumsulfaten; ein glasartiger Verbundwerkstoff, ähnlich dem Opal oder dem vulkanischen Obsidian. Neueste Aufzeichnungen registrieren

unter 35.000 verschiedenen Algentypen rund 12.000 Arten von Diatomeen.⁽¹⁷⁾ In nur einem Liter Meerwasser finden sich tausende bis Millionen von Diatomeenzellen. Radiolarien hingegen sind sogenannte Protoctistan (einzellige Organismen), die zum Tierreich des Zooplankton gehören. Sie sind eng verwandt mit Amöben und haben, obwohl komplexer,

eine ähnliche Struktur wie die Diatomeen. Seit Beginn des 18. Jahrhunderts sind Biologen fasziniert von ihnen, die meisten Arten wurden aber erst um 1900 entdeckt. Sie sind meist Einzelgänger. Die Art *Spumellaria Radiolaria* hingegen leben in kugeligen Kolonien, die durch Stränge verbunden sind. Normalerweise sind sie in einer transluzenten Hülle aus Zytoplasma eingeschlossen. Das schützende äußere Skelett ist eine sprudelnde Schicht von Hohlräumen, mit einer Korona aus Höckern aus Kieselsäure und bietet ein Optimum an Energieeffizienz, - die Überlebensstrategie der Organismen.





DIATOMEN



Diatom:

Wortbedeutung: „dia“: schneiden, „tom“: durch

Merkmale: Ein Diatom ist meistens einzellig. Die Schale eines Diatoms besteht aus zwei gespiegelten Hälften, einer Walnuss oder einer Camembert-Box-vergleichbar. Die Deckelhälften nennt man Theken. Die Grundformen sind radial, dreieckig oder länglichen, die einem Rohr oder einem dicken Blatt gleichen. Die Wände des Diatom sind siebartig und von schrägen Linien und lochartige Poren überzogen. Im lebenden Diatom sitzt eine Art Plasma-Pneu aus Protoplasma.

Alter: 135 Millionen Jahre

Elemente: $\text{SiO}_2 - n \text{H}_2\text{O}$

Maßstab: Das kleinste Diatom ist 0,0025 mm, das größte 2mm lang

Lebensraum: Ozeane, Süßwasserteiche, Flüsse, Pfützen.

Tiefe: Diatome halten sich meist in der Nähe der Wasseroberfläche auf, da sie das Sonnenlicht für die Photosynthese benötigen.
Fortpflanzung: Asexuell, durch binäre Spaltung. Die Fortpflanzung geschieht in der Regel durch die Zellkernteilung. Zwei Hälften teilen sich und jede wird wieder vom Organismus aufgefüllt.

Fortbewegung: Ist nicht in der Lage, sich selbst zu bewegen, wird getrieben.

Arten: Centrales und Pennales

Ernährung: Photosynthese und Filterung.

Formbeschreibung:

Die Körperformen der Diatomeen sind oft sphärisch, zylindrisch und dreieckig, manche sehen aus wie Lockenwickler, Türme oder Felgen. Sie wirken wie realistische Renderings oder Fertigprodukte, menschengemacht und perfekt ausgearbeitet.

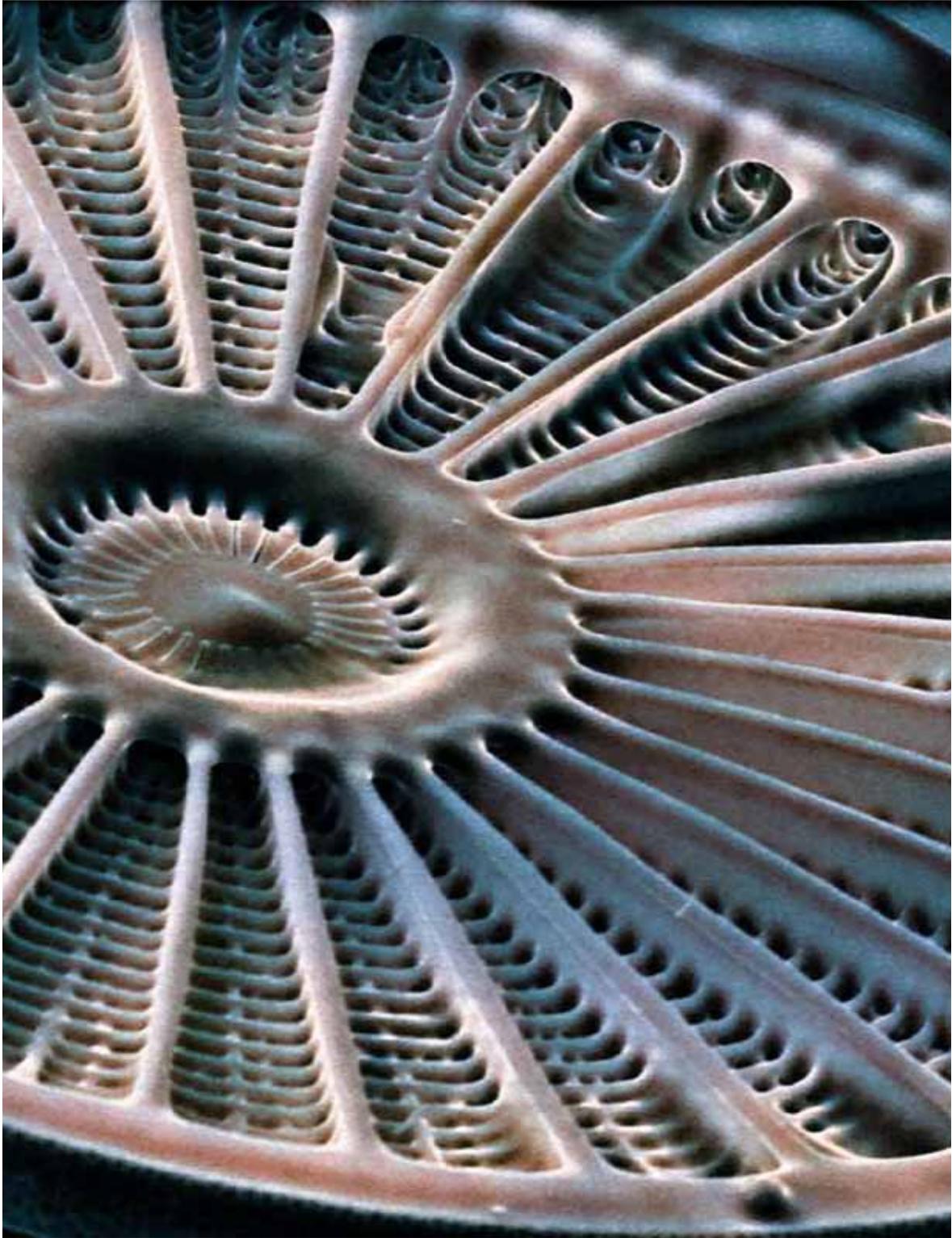
Diatomeen werden häufig mit kleinen Tablettendosen verglichen, sie ähneln kleinen Schmuckkästchen mit passendem Deckel und Boden. Oft sind Diatomeen zu Ketten aus Kolonien verbunden, die über geniale Andocksysteme verfügen. Die perfekt konstruierten siebähnlichen Strukturen haben genau berechnete Poren, Schlitze, abstehende Stacheln und Rippen auf ihrer Oberfläche, so gestaltet, dass sie an einander andocken können. Bei der Fortpflanzung trennen sich der obere und der untere Teil und jede Tochterzelle baut die fehlende Hälfte selbständig wieder neu auf. Die Exemplare werden bei der Teilung immer kleiner – der Russischen Puppe oder einer Zwiebel vergleichbar (Matrjoschka Prinzip). Wenn die Hälften des Diatoms zu klein werden, um ein größeres Diatom zu bilden, findet die Fortpflanzung mit einem männlichen Teil statt.

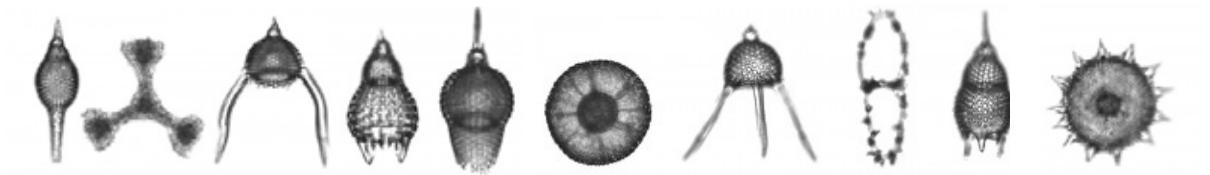
Formenaufbau:

Der Kern des Diatoms besteht aus einer nackten Diatom-Zelle. Sie wird umgeben von aus wässrigem Protoplasma gebildeten kleinen Fächern, die wie dicke Tröpfchen aussehen. Diese Pneu sind nicht Molekül für Molekül gebaut, sondern aus einem Guss. Die einzelnen Tröpfchen stehen in Konkurrenz zueinander und durch den Druck der Tröpfchen aufeinander bildet sich eine hexagonale Struktur. Zwischen die Tröpfchen tritt Kieselsäure, die erhärtet und die dicken Tropfen auflöst oder metabolisiert. Die Schale ist ein 2 dimensionales Gitter, das ein irreguläres wabenartiges Gewebe bildet.

Experiment:

Wenn man das SiO_2 -Skelett eines Diatoms im Labor mit Flusssäure auflöst, bleibt die Kohle aus dem Kern des Diatoms bestehen. Aus ihr kann das flexible Pneu wiederhergestellt werden. Die restliche Kohle regeneriert die kissenförmige Gestalt der Kieselalge als Negativform, wie eine Matrix.⁽¹⁸⁾ Die Struktur erinnert etwa an die Glas-Kohlenstoff-Vasen von Front (siehe Kapitel Strukturenanalyse: Raster im Zweiten Teil).





RADIOLARIA

Radiolaria:

Wortbedeutung:	Organales radiolus „kleiner Strahl“ oder „radiale Symmetrie“
Merkmale:	Ein Radiolaria (Strahlentierchen) ist einzellig. Die Schalen (Endoskelette) sind vergleichbar mit einer strahlenden Sonne oder mit kleinen Raketen. Sie haben oft radial abstehende Cytoplasma-Fortsätze. Die Wände der Radiolaria sind siebartig und von lochartigen sechseckigen Poren überzogen. Im lebenden Radiolaria sitzt ein Proto-Plasma-Pneu.
Alter:	600 Millionen Jahre alt.
Elemente:	SiO ²
Maßstab:	Das kleinste Diatom ist 0.03 mm, das größte 2mm
Lebensraum:	In Ozeanen, weltweit.
Tiefe:	Verschieden
Fortpflanzung:	Nicht bekannt, wahrscheinliche asexuell. Fortpflanzung geschieht auch durch Zellkernteilung und durch Knospung.
Fortbewegung:	Können sich selbst bewegen und sich festsetzen
Arten:	Sarcodina, Rhizopoda, Actinipoda, Acantharea, Polycystinea, Phaedrea, Nassellaria and Spumellaria.
Ernährung:	Kleinere einzellige Organismen, Diatomeen, Bakterien, und Algen.

Formbeschreibung:

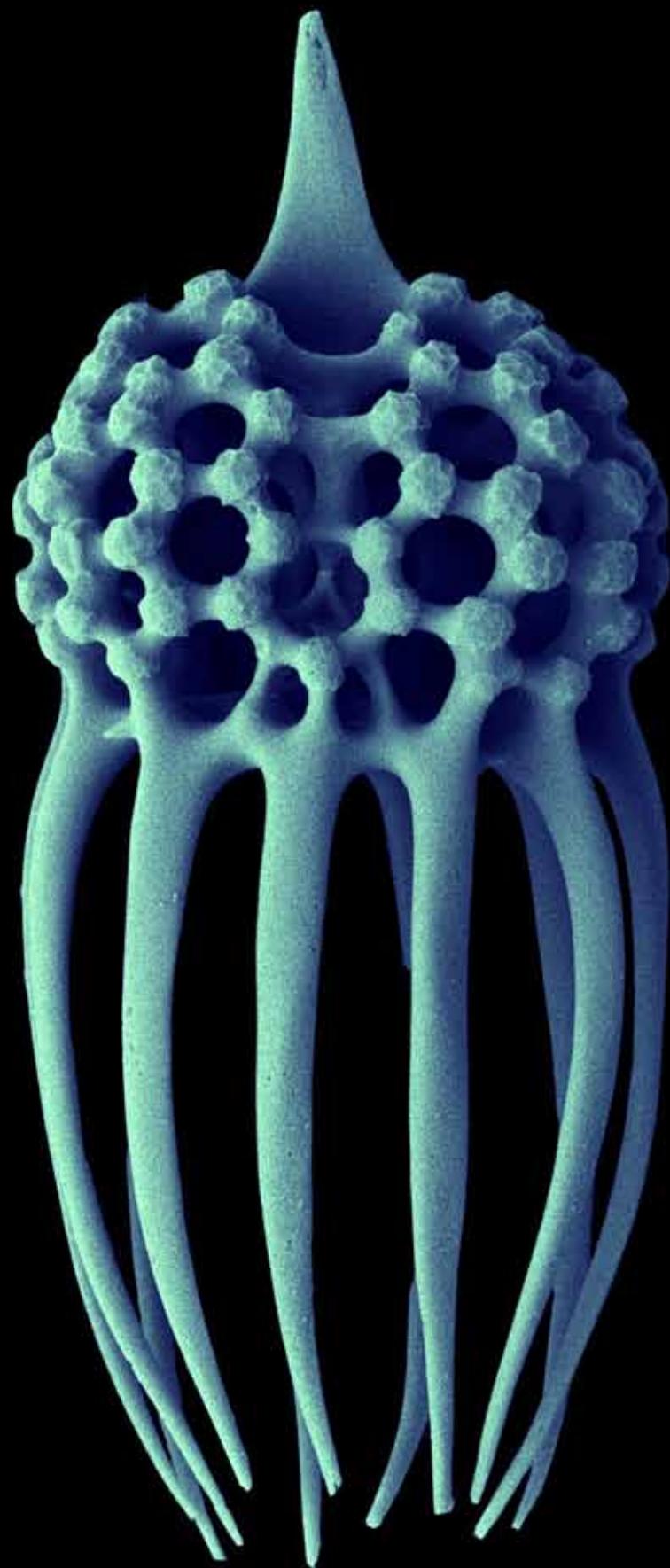
Manche Formen erinnern an Raumschiffe oder Raketen. Die Skelettwände der Radiolarien haben meist eine siebähnliche Struktur aus hexagonalen Poren. Durch Spannung und Kompression wird ein hexagonales Netz geformt, eine selbststützende Struktur, die extrem widerstandsfähig gegenüber äußeren und inneren Belastungen ist. Seine axialen Gitternetzwerke sind teilweise doppelt geschichtet. Andere haben strahlenförmige, kleine abstehende Stacheln; ihr Wachstum, bedingt durch ihre gespannte Siliziumstruktur, ist zentrifugal. Sie sind leichtgewichtig, haben eine optimale Volumenverteilung und einen energieeffizienten Stoffwechsel.

Formenaufbau:

Bei einigen Zellen kann man beobachten, dass sich das um den Kern gelegene Mikrogewebe in dreieckigen „Tensegrity“ Maschen selbst neu ordnet. „Tensegrity“ ist ein englisches Kofferwort aus „tension“ (Zugspannung) und „integrity“ (Ganzheit, Zusammenhalt). In der Molekularbiologie wurde dieser Prozess von Donald Ingber untersucht und er hat sie mit einem Strohhalmmodell veranschaulicht und schlußfolgert:

„Es ist möglich, dass die dreieckigen Tensegrity-Strukturen in der Evolution aufgrund ihrer hohen strukturellen Effizienz und ihrer hohen mechanischen Festigkeit, die mit einem Minimum an Material auskommt, selektiert wurde.“⁽¹⁹⁾ Donald Ingber

Ihre Struktur erinnert sehr an die geodätischen Tensegrity Kugeln von Richard Buckminster Fuller:



Plasmadynamik

Radiolarien und Diatomeen ernähren und entwickeln sich, um zu überleben. In der Evolution ist das Trail-and-Error-Verfahren unerlässlich. Winzige Veränderungen im Erbgut führen zu veränderten Nachwuchs, noch lange bevor Veränderungen in der Umwelt eingetreten sind. Das ist auch an den Formationen der Diatomeen ablesbar. Einige können im warmen Wasser und andere in kaltem überleben. In der Natur gibt es eine Art „just-in-case“-Strategie, ein Selektionsprozess, bei dem ungeeignete Strukturen verworfen und andere durch Mutation entstehen. Das Prinzip des „Immer-mehr“ scheint hier nicht zu gelten, vielmehr gilt die Devise „Immer-besser“. Qualität geht vor Quantität. Je gefährlicher oder extremer die Umweltbedingungen sind, desto komplexer und anpassungsfähiger sind in der Regel die einzelligen Systeme. Dieser evolutionäre Wettbewerb wird in der Geologie „Plasma-Dynamik“ genannt.⁽²⁰⁾ Am Beeindruckendsten ist ihre Anpassung und Entwicklung der Stabilität und des Gewichts. Die Diatomeen müssen robust sein, und dennoch beweglich. Es ist wichtig, dass sie stabil, aber porös und so leicht wie möglich sind, um sich vor Raubtieren zu schützen und nah an der Wasseroberfläche Fotosynthese zu betreiben. Ein einzelnes Plankton kann bis zu 700 Tonnen Gewicht pro 1m² tragen, das ist ungefähr das Gewicht von 7 Elefanten, die auf einem Notizblock sitzen.⁽²¹⁾ Die Moleküle des Phytoplanktons ordnen sich durch eine Art blindes Gesetz oder Impuls, indem sie sich geometrisch und energetisch zu optimal angepassten Konstruktionen formieren. Ihre Funktionen, ihre stabilen Leichtbaukonstruktionen sind die Kernelemente dieser Untersuchung. Diese Eigenschaften sind wichtige Faktoren, die Biologen,

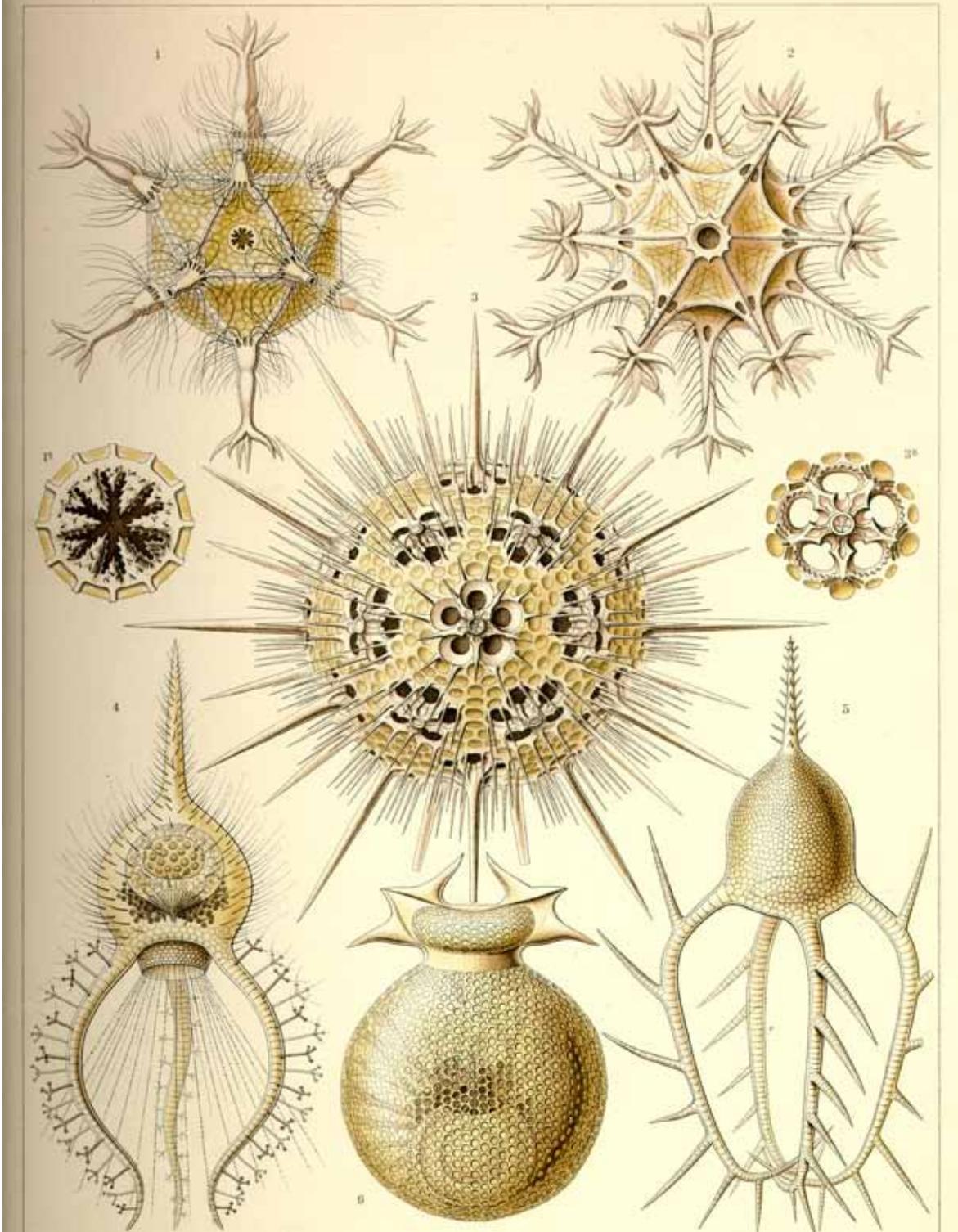
Ingenieure, Architekten und Designern inspiriert. Sie oder sollte ich sagen wir, antizipieren diese besonderen Eigenschaften, um unsere eigenen Konstruktionen zu optimieren und zu inspirieren. In 1964 an der TH Stuttgart gründete der Architekt Frei Otto (*1925) des „Instituts für leichte Flächentragwerke“ (IL) Die IL Gruppe wollte

„ ... die Frage der Planung oder der Selbstgenerierung beantworten und zwar möglichst mit ausreichenden Nachweis alle Kräfte, die bei der Erzeugung von Strukturen beteiligt sind.“⁽²²⁾

Auf ihre Arbeiten gehe ich später im Kapitel Design Rebels ein.

Planktonsstrukturen wurden untersucht und bekannt durch die wissenschaftlichen Arbeiten und mikroskopischen Abbildungen von Gottfried Ehrenberg (1795-1876) Gründer der Mikrobiologie und Mikrogeologie, durch den Optiker Johann Diedrich Möller (1844-1907), dem Zoologen und Philosophen Ernst Haeckel (1834-1919), dem Biologen Prof. Dr. Gerhard Helmke (1908-1993) und durch Manfred P. Kage und Christina Kage.⁽²³⁾

Sie alle haben die Lebensformen mit spezialisierten Geräten eingefangen und aus dem Labor und der verborgenen Welt in die Öffentlichkeit getragen. Auf den nächsten Seiten findet sich eine Sammlung von Bildern, die entgegen dem ersten überraschenden Anschein keine Fälschungen oder Renderings sind, sondern absolut echt.



Naturgesetze des Wachstums:

Ihre Entdecker und die Geschichte der Mikroskopie

Die ersten Mikroskope gab es bereits im 17. Jahrhundert. Der holländische Naturforscher und Mikroskop Bauer Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723) wendet sie im Jahre 1683 erstmals wissenschaftlich an. Er untersuchte Wasserproben, die er um den aus heutiger Sicht bescheidenen Wert 275 :1 vergrößerte.

Seit der Erfindung des ersten analogen Verfahrens sind die Prinzipien der Lichtmikroskopie dieselben geblieben, doch heute erreichen wir mit ihnen eine 2500:1 fache Vergrößerung. Mit einer speziellen Technik Namens „Dark Field“ werden lichtdurchlässige Proben mit einem opaken Filter und Licht sichtbar gemacht. Durch diesen

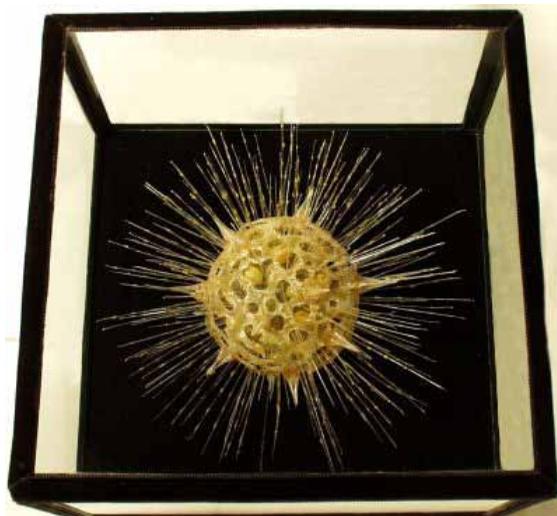
Prozess können Proben in detail gezeigt werden, da sich ihre Konturen vor einem schwarzen Hintergrund abheben. Sogar Moiré Effekte sind mit dieser Technik zu sehen.⁽²⁴⁾

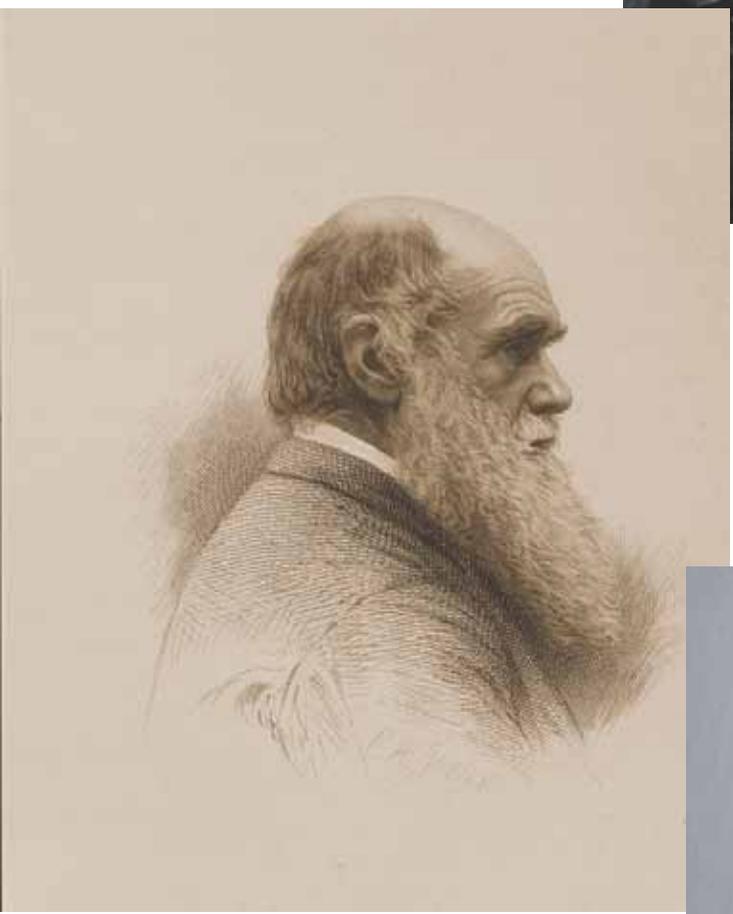
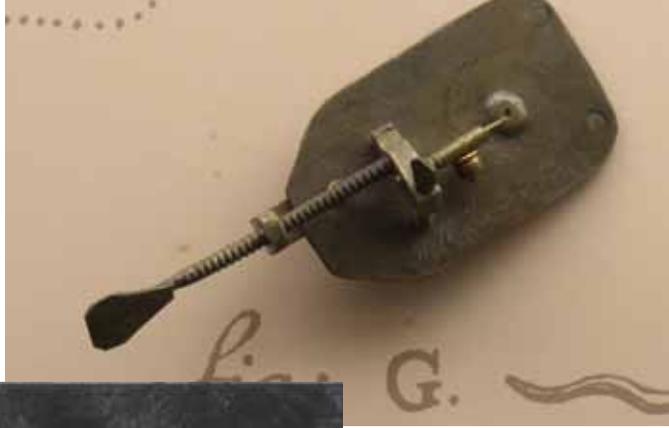
Seit dieser Zeit hat sich unsere Vorstellung der Welt drastisch verändert, denn mit der Erfindung des Teleskops und des Mikroskops ist unsere Wahrnehmung vom Raum erweitert worden. Die Zeit dieser Erfindungen war eine der Zeit der Entdeckungen, der Forschung und der Reisen. Gleichzeitig revo-

lutionierte der Darwinismus das Verständnis der Natur. Darwin weist nach, dass der Mensch sich von niederen Arten entwickelt hat und nicht als Krone der Schöpfung von einer göttlichen Macht erschaffen wurde.⁽²⁵⁾ Das Strukturmodell, mit dem Darwin seine Idee der Evolution veranschaulichte, war ein irregulär

sich entwickelndes dendritisches Fraktal. Sein berühmtes Hauptwerk „Die Entstehung der Arten“ schließt mit der Metapher, die Natur sei eine Art verzweigtes Gewebe, a „Tangled Bank“.⁽²⁶⁾ Dieses Ergebnis provozierte den viktorianischen Glauben, doch zugleich wurden viele von seiner Wissenschaft inspiriert und öffneten sich neuen

Welten. Im späten 18. Jahrhundert wuchs mit der neuen expandierenden Mittelschicht auch das Interesse für die Naturwissenschaften. Nicht selten besaßen private Haushalte ein Mikroskop und ein sogenanntes „Kuriositätenkabinett“ mit einer Sammlung sonderbare Gegenstände, die man nicht richtig zuordnen konnte, weil sie auf ihre Art und Weise exotisch waren. Die Herstellung von Mikroskopen zu erschwinglichen Preisen ermöglichte mehr Menschen als je zuvor einen Blick in die Welt der winzigen Organismen.





Mikroskopie wurde ein Teil der bürgerlichen Salonkultur, eine Form der Unterhaltung. Die dreidimensionalen Glasmodelle von Leopold (1822-1895) und Rudolf Blaschka (1857-1939) waren das Highlight in Museen und Kuriositätenkabinetten.⁽²⁷⁾

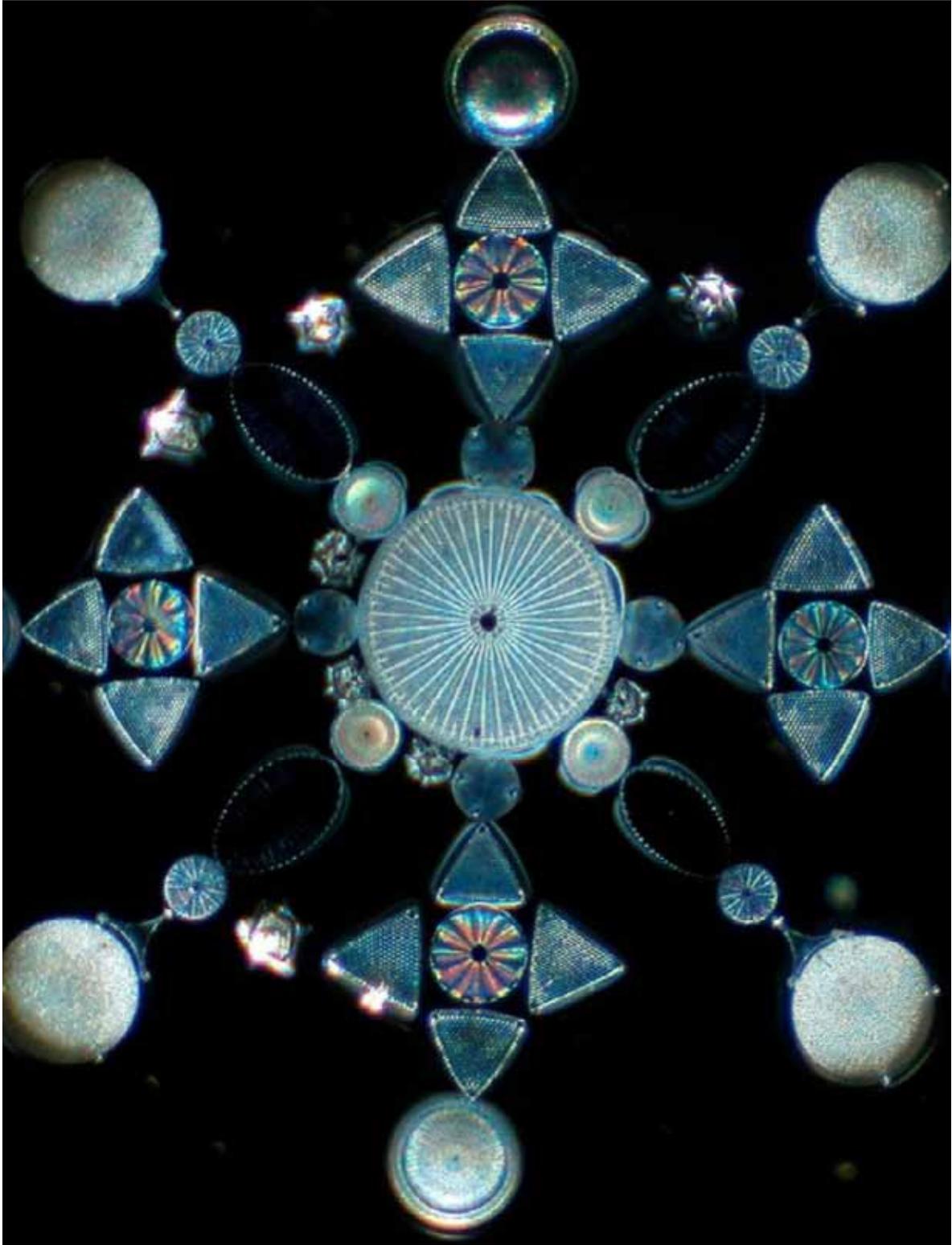
In nur einem kleinen Tropfen Teichwasser konnten ungeahnte komplizierte Details von Tieren und Pflanzen ans Tageslicht gebracht werden. Manche arrangierten ihre entdeckten Diatomeen sogar in kunstvollen Anordnungen. Der Pionier Johann Dietrich Möller (1844-1907), auch der „Diatomist“ genannt, schob sie mit einem Pferdehaar in verschiedene Kompositionen. Sein komplexestes Objekt bestand aus 4026 Diatomeen auf einer Fläche von 6 x 6,7mm. Der Verkauf dieser Kunstwerke an die Öffentlichkeit brachte ihm ein Vermögen ein.⁽²⁸⁾

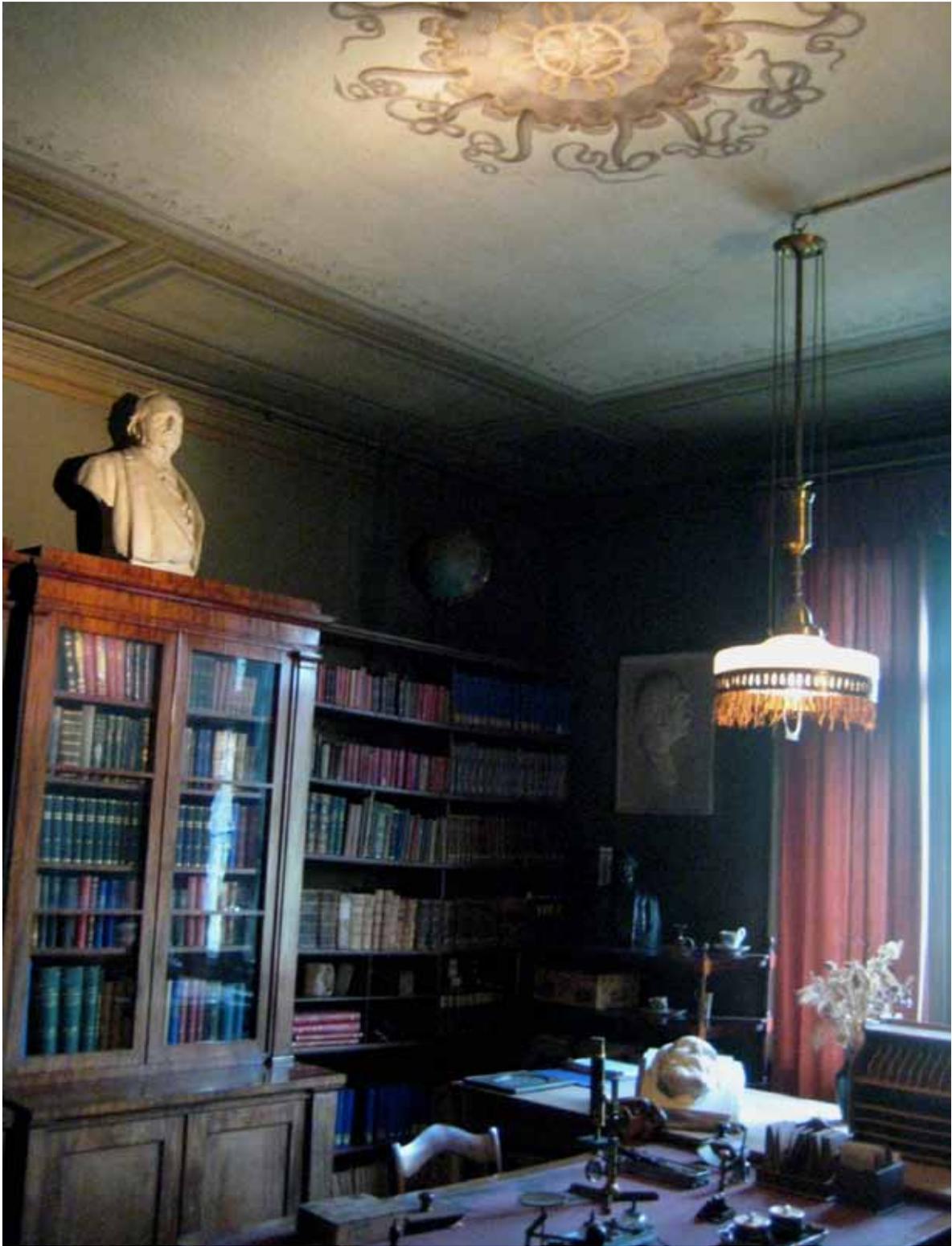
Die Popularität der Mikroskopie in der „Salonkultur“ war ein wichtiger Faktor für den Durchbruch des Zoologen, Biologen und Meeresforscher Ernst Haeckel. Er war nicht nur als Wissenschaftler populär, sondern wurde eine Art Pop-Ikone seiner Zeit.⁽²⁹⁾ Er gilt als Pate der organischen Formen des Jugendstils. Haeckel hatte 1870 auf der Challenger den Ozean bereist und die mikroskopische Unterwasserwelt vieler Meere kartografiert. In seinem berühmtesten Werk „Kunstformen der Natur“⁽³⁰⁾ (1899-1904) widmet er ein ganzes Kapitel den Diatomeen und Radiolarien, die er durch ein Mikroskop beobachtet und in stilisierter Form illustriert hat. Hier beschreibt er die komplexen Formen und Muster von allein über 4000 Radiolarien und stellt die Hypothese eines

„inhärenten künstlerischen Trieb“ des Protoplasmas auf.⁽³¹⁾ Haeckel wurde von vielen Wissenschaftler gemieden, – er war als Romantiker verrufen; seine Illustrationen beeinflussten vor allem Architekten, Maler, Bildhauer und Handwerker.

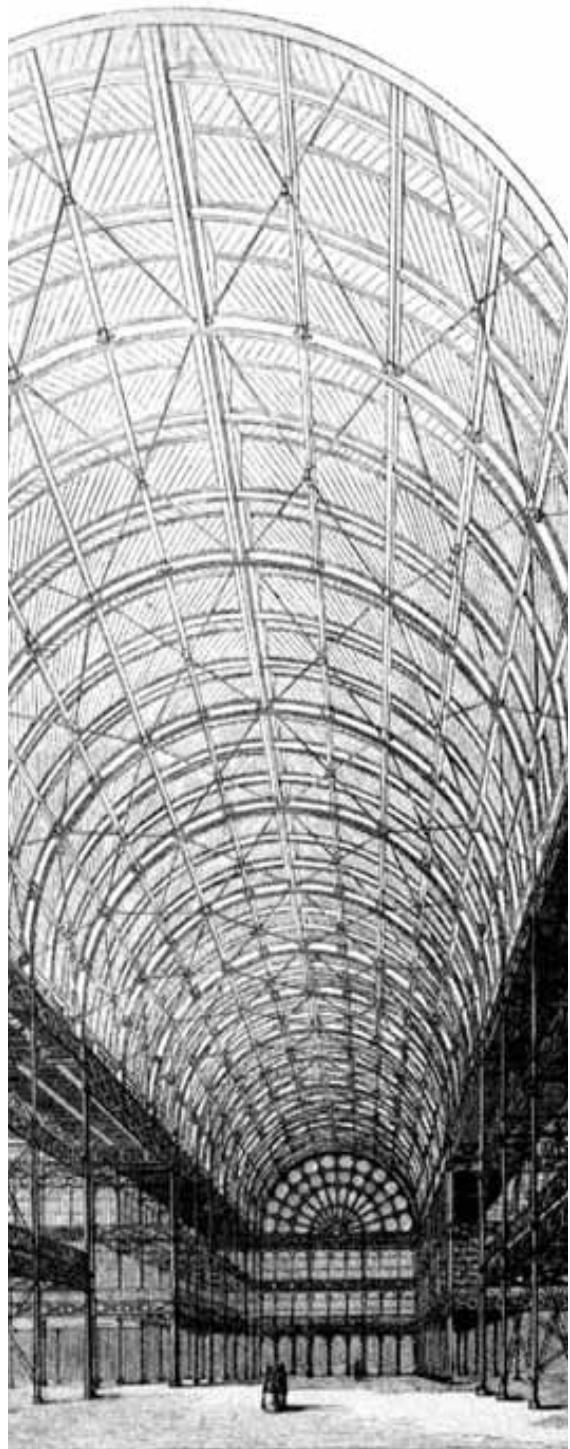
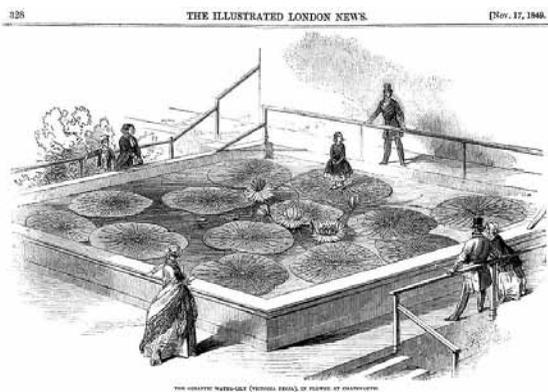
Das Wohn- und Arbeitshaus Haeckels, die Villa Medusa in Jena, ist heute ein privates Museum. Auf einer Exkursion besichtigte ich Haeckels Arbeitsraum: er war gefüllt mit Büchern, Archivkommoden, und vielen anderen Gegenständen, meist Geschenke seiner Anhänger; ihre Oberfläche zierten verschiedene Muster von Radiolarien und anderen Mikroorganismen des Meeres und selbst die Zimmerdecke war mit tentakelähnliche Exemplare dieser Organismen geschmückt.







Zur selben Zeit wurden auch in der Architektur natürliche Strukturen antizipiert. 1851 wurde für die Weltausstellung im Londoner Hyde Park ein großer Kristallpalast gebaut. Auf einer 92 000 qm² großen Ausstellungsfläche präsentierten sich mehr als 14 000 Aussteller aus der ganzen Welt. Sie zeigten vor allem Beispiele der neuesten Technologien der industriellen Revolution. Der bekannte Landschaftsarchitekt Josef Paxton nahm für die Gestaltung des gerippten Dachsystems des 563 m langen Palastes Anleihen bei dem riesigen Victoria amazonica Blatt.⁽³²⁾ Dieses Blatt gehört zur Familie der Seerosen. Trotz seines 2m langen Durchmessers ist seine Membran nur 2mm dick. Eine netzartige Struktur von hohlen radialen Rippen unterstützt die Unterseite der Blätter; diese Rippen sind mit Luft gefüllt und sorgen für außergewöhnlichen Auftrieb und Stabilität. Sir Paxton, der sich durch diese natürlichen statischen Strukturen bei der fortgeschrittenen Stahlkonstruktion für den Palast inspirieren ließ, würde heute sehr wahrscheinlich auf dem Gebiet der pneumatischen Architektur arbeiten und ein fleißiger Schüler von Frei Otto sein,- und umgekehrt.



Der Einfluss von Naturmodellen auf Jugendstil

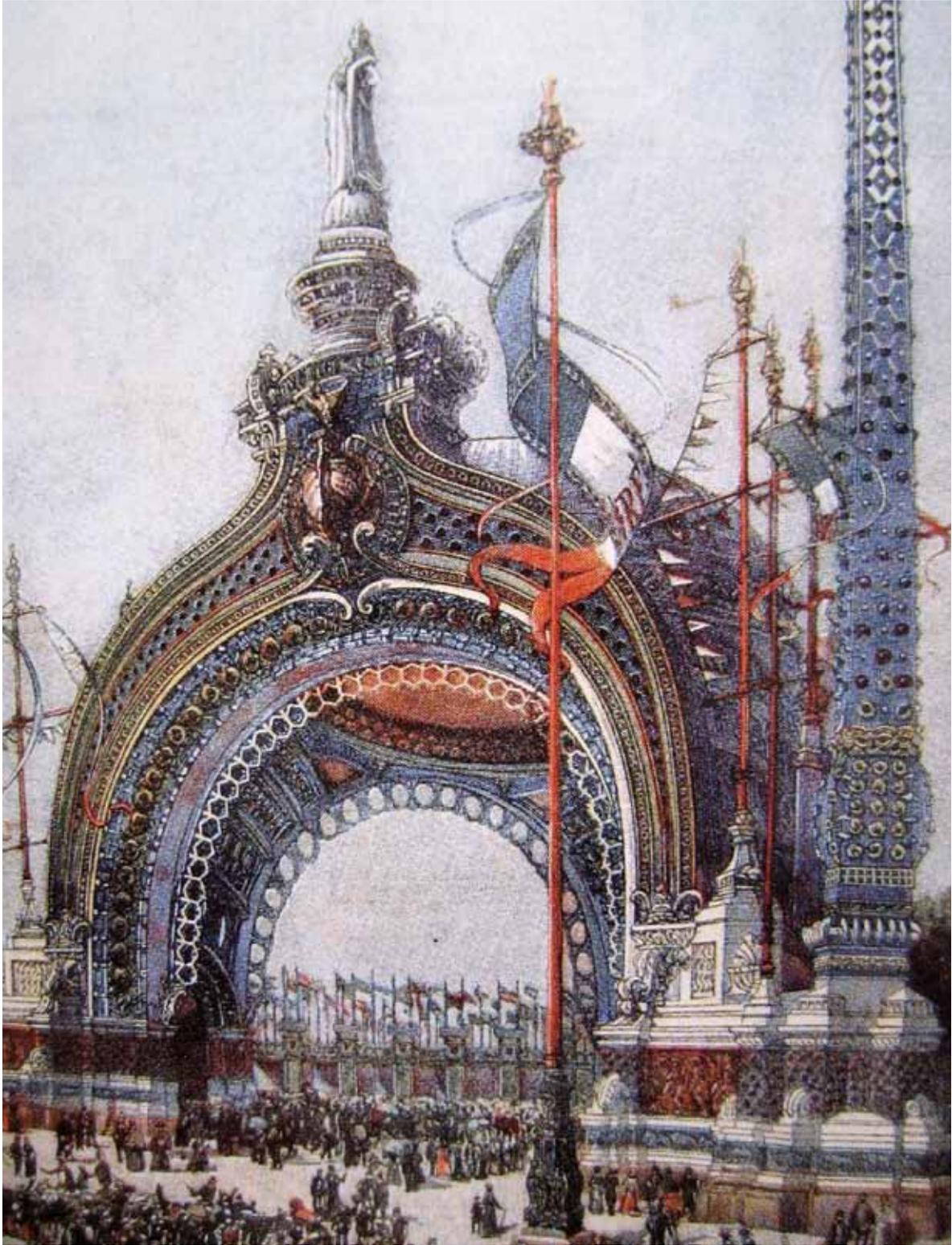
Haeckel beeinflusste mit seinen morphologischen Zeichnungen den Jugendstil und diese Zeichnungen wiederum waren im Geiste des Jugendstils stilisiert. Es war kein Zufall, dass die "Kunstformen der Natur" ausgerechnet zu diesem Zeitpunkt herauskamen. Der Einfluss Haeckels auf den Jugendstil ist intensiv diskutiert worden, besonders ausführlich von Christoph Kockerbech in seinem Buch Ernst Haeckels „Kunstformen der Natur; und ihr Einfluß auf der Bildende Kunst der Jahrhundertwende“.⁽³³⁾

Überall erscheinen luxuriöse Möbel, Keramiken, Silber, Tapeten, Geschirr und Glas mit botanischen Bildern. Das Atelier Elvira (1896-97) ein Künstler Treffpunkt, entworfen von dem Architekt August Endell (1871-1925) in München, ist ein Paradebeispiel für diesen Einfluss. Es wurde als „Polypenrokoko“ oder „Drachenburg“ getauft. Die strukturelle Einbindung von natürlichen Formen in die Gestaltung von Designobjekten der Jugendstilperiode war ein Durchbruch, - und die bessere Seite der Entwicklung des Jugendstils, die sich wesentlich auf das Ornament konzentrierte. Der Schotte Christopher Dresser (1834-1904) war einer der ersten Produktdesigner seiner Zeit. Dresser gilt heute neben den tausend-sassa William Morris (1834-1896) als Vorhut des Jugendstils. Er betrieb Pflanzenwuchsforschung und war zugleich Professor am Institut für angewandte Botanik am Fine Arts Department in South Kensington- Seine Designarbeiten waren stark von den Modellen natürlicher Formen inspiriert.⁽³⁴⁾ Später waren seine Entwürfe eher puristisch und minimalistisch. Die neuromantischen rebellischen Ideen von William Morris,





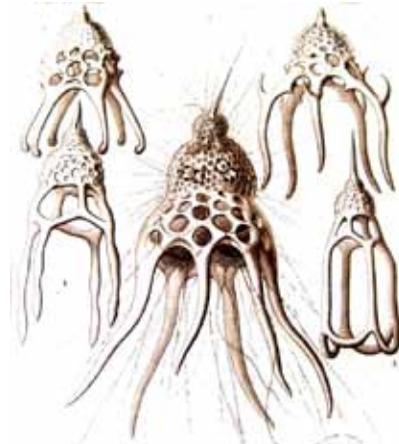
Charles Rene Macintosh, Rene Binet und anderen, riefen die Arts-and-Crafts-Bewegung ins Leben. Sie wandte sich gegen den Mainstream der industriellen Revolution und Massenproduktion, und forderte eine anspruchsvollere Produktion im Sinne des Jugendstils. Durch neue Drucktechniken wie der Lithographie und Radierung wurden botanische und zoologische Zeichnungen leichter zugänglich und wirkten auf nahezu alle Designobjekte der Zeit.



Im Jahr 1900 baute Rene Binet den berühmten monumentalen Eingang für die Expo-Ausstellung. Die beeindruckende metallische Struktur war eine stilisierte Interpretation von Radiolarien. Seine Entwürfe bezogen die Strukturen des gesamten Systems ein, dessen Funktionen und Relationen, und integrierten mit dieser „biomorphen Methode“ die verschiedenen Elemente: Fliesen- und Eisenarbeiten, Tapiserien, Glasfenster, Schilder, Wandbilder, Schmuck und elektrische Beleuchtung.⁽³⁵⁾ Wie bei den Diatomeen oder Radiolarien bilden Struktur, Funktion und Ornament eine Einheit. Die Struktur und der sie umgebende Raum wiederum beeinflussen sich. Binet wollte eine universale Philosophie des Design erfinden, die auf den Gesetzen der Entstehung der Formen in der Natur fußt. Die Architekten sollten sich dem großen Labor der Natur zuwenden,

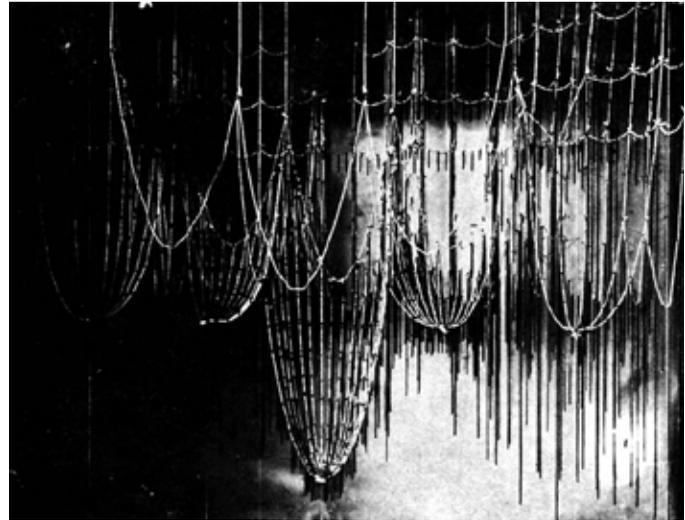
„ ... das immer in Bewegung ist und immerfort produziert, ohne einen Moment der Ruhe oder des Zögerns.“⁽³⁶⁾

Natur war für ihn nicht länger nur die Vorlage einer Ornamentik, sondern ein konstitutives Element für die Entdeckung der Form, sie wurde nun als Methode für die Konstruktion angewandt. Binet und Haeckel standen in Korrespondenz miteinander; sie diskutierten hauptsächlich über die Potenziale der biologischen Formen für Design und Architektur. In Haeckels „Kunstformen der Natur“ findet man eine Abbildung der Radiolaria Dyciopodium, die als Modell für die Gestaltung der Eingangstür diente.⁽³⁷⁾



Um die Jahrhundertwende schuf Antonino Gaudi's (1852-1926) Architektur eine neue Grundlage für morphologische Formungsprozesse, die alles andere als typisch waren für das moderne mathematische Ingenieurwesen. Gaudi war ebenso wie seine Zeitgenossen der Jugendstil-Bewegung von der Natur inspiriert und nutzte – ähnlich wie Binet – die Natur als Konstruktionsmodell. Im Unterschied zum Jugendstil orientiert sich Gaudi bei der Entwicklung seiner Gebäude nicht an Abbildungen natürlicher Strukturen und ihrer Formen, sondern an biomechanischen Gesetzen. Er studierte und adaptierte die Geometrie und Formation von Höhlen, Knochen, Skeletten, Bäumen, Muscheln und Schnecken.

Bei der Konstruktion der Kirche in der Colonià Guell arbeitete Gaudi mit einem Seilhängemodell, statt die Statik der Kirchenbögen mathematisch zu berechnen. Diese Berechnungen wären auch gar nicht möglich gewesen, denn die sogenannte Finite-Elements -Methode von Eiffel (der Turm Designer) waren noch nicht erfunden worden.⁽³⁸⁾ Das „stereostatische“ Modell ermittelte die realen Belastungs- und Stabilitätsverhältnisse durch eine physikalische Umkehrung: An den Seilen hingen unterschiedliche mit Pellets gefüll-



ten Leinwandsäcken, die den realen Belastungspunkten des Gebäudes entsprachen. Form und Proportion der Gebäudestruktur wurden so durch die Schwerkraft bestimmt, um eine Struktur in Einklang mit ihren statischen Gesetzen zu gestalten. Die Seile hingen in Schlaufen herab und bildeten perfekte Oberleitungen. Der Begriff



Oberleitung lautet im Englischen *catenary* und ist vom lateinischen Wort *catena* abgeleitet, das übersetzt Kette heißt. Diese Technik verwandelt die Last der Spannung in Druck. Das „stereostatische“ Modell wurde abfotografiert, schließlich auf den Kopf gedreht und auf Fotografien eingezeichnet. Gaudi war ein Meister der Kompression, weil er die natürlichen Gesetze als Muse nutzte. Fasziniert von ihrer Fähigkeit, der Gravität zu trotzen, ahmte er sie nach und lernte von ihnen.⁽³⁹⁾ Seine analogen Experimente waren ausgefeilt und seine Methoden bahnbrechend. Leider hat er meiner Ansicht nach diese Arbeitsweise später zugunsten einer nur mehr dekorativen und organischen Gestaltung vernachlässigt. Seine Casa-mila-schornsteine erinnern aber auch noch an Strukturen bestimmter Meeresplankton.

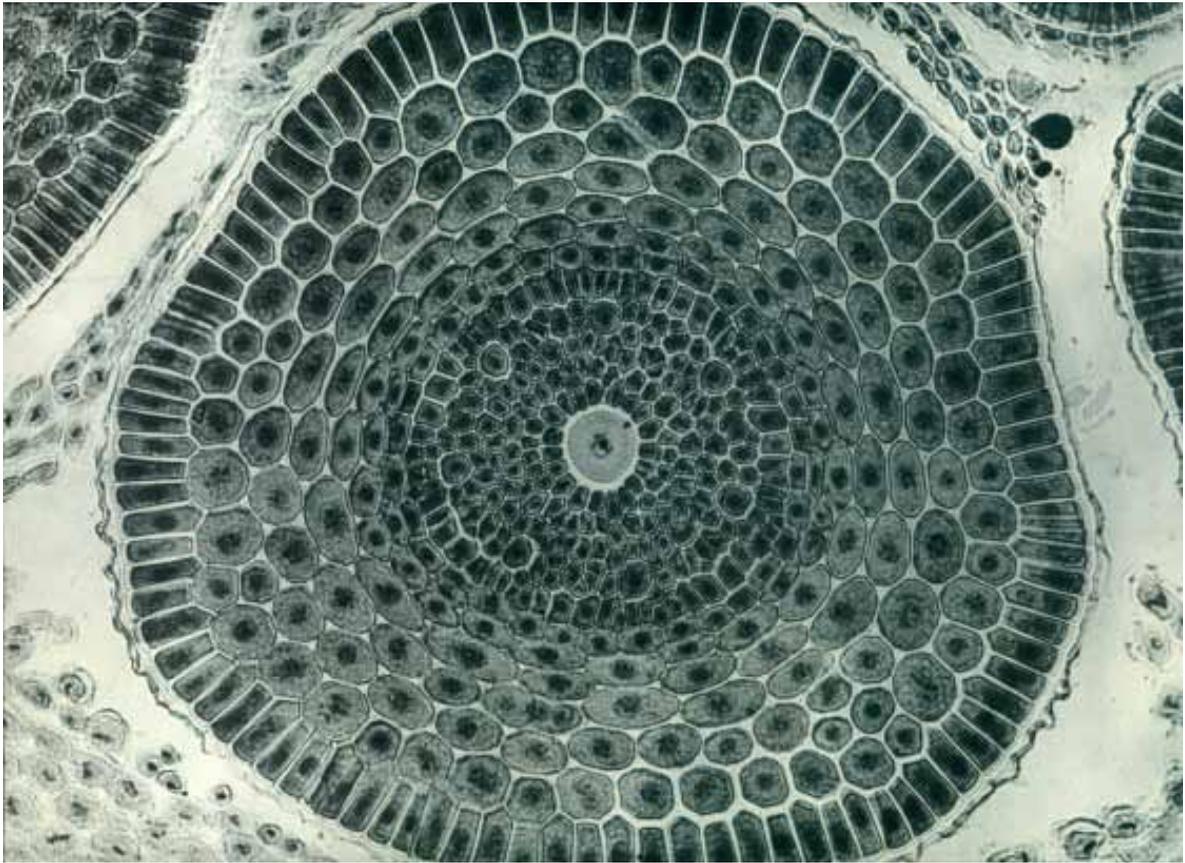


Entwicklung der Bionik in der Moderne

Bedauerlicherweise schien das „Maschinenzeitalter“ die technischen Beobachtungen und Entdeckungen der zeitgenössischen Botanik vollkommen zu ignorieren. Jugendstil und Bauhaus sind zwei Extreme in der Designgeschichte, in der das Bauhaus die sinnliche und doch auch konzeptionelle Kunst des Jugendstils nahezu verdrängt hat. Im Kontrast zum äußerst dekorativen Jugendstil forderte die „Moderne“ Schlichtheit und Funktionalität, der Stijl lässt sich auf strikte Orthogonalität reduzieren. Der österreichische Architekt Adolph Loos (1870-1933) ging 1908 sogar so weit, in seiner gleichnamigen Schrift das Ornament als Verbrechen zu desavouieren.⁽⁴⁰⁾

Wenn auch marginal, wurde die Ästhetik der Naturformen auch während der Bauhausära weiter erforscht und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Um die Jahrhundertwende wurden die monumentalen Bilder von Photograph Karl Blossfeld (1865-1932) populär. Blossfeld dokumentierte das vegetative Leben detailliert in Schwarz-Weiß-Fotografien, die er mit einer Makrolinse aufgenommen hatte. Er benutzte Aufnahmen und Modelle als Lernmaterial für junge Designer der Berliner Kunsthandwerkschule, an der er unterrichtete.⁽⁴¹⁾ 1928 zeigte er eine erste Ausstellung über symmetrische Formen, die die Neugierde und Begeisterung der Zeitgenossen weckte. Er bewertet darin die Pflanze als künstlerisch-architektonischen Aufbau, welche neben zweckdienlichen auch künstlerische Formen schafft. Die Natur ist damit als „Lehrmeisterin“ für Kunst und Technik anzusehen. Architekten waren fasziniert von den komplexen Strukturen dieser ungewöhnlichen Pflanzen.





Eine besondere Rolle spielten die Fotografien von Laure Albin Guillot (1879-1962), die Aufnahmen von Diatomeen vergrößerte und in Galerien verkaufte. Sie war durch ihren Mann, einem wissenschaftlichen Mitarbeiter, in die Welt der Mikroskopie eingeführt worden. Das Paar arbeitete gemeinsam an der Erforschung von Pflanzen- und Tierzellen.⁽⁴²⁾ Heute haben diese Bildern noch immer einen ästhetischen Reiz, doch darüberhinaus regen sie den Betrachter an, die spezifische Bauweise und Funktion dieser Organismen zu erforschen. Diese Arbeiten sollten die Natur nicht einfach abbilden oder nachahmen, sondern sie als Ausgangspunkt und Reservoir für die Inspiration nutzen, um vielseitige und innovative Antworten auf die Beziehung zwischen Mensch und Umwelt zu finden.



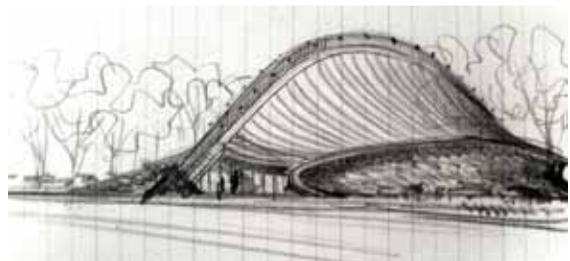


Der Einfluss auf Design Rebellen

Die geschwungenen Bauten, die bei de Stijl fehlten, erschienen Jahre später mit dem Aufkommen des 60's Space Age und der Ära des organischen Bauens. Mit den damals neuen technischen Möglichkeiten des Betonbaus erschienen neue Formen und Materialien, die den typischen linearen modernistischen Formen entgegengesetzt waren.

Der expressionistische Stil Erich Mendelsohns ist dennoch durchaus der klassischen Moderne zuzurechnen, obwohl er auf die Verwendung des rechten Winkels verzichtet. Für viele war der Beginn einer zukünftigen auf Organizität gründenden Gestaltung eine Erleichterung. Die Architekten Oscar Niemeyer und Eero Saarinen (1910-1961) waren starke Vertreter des Organischen Bauens. Mit der Erbauung des David S. Ingalls Hockey Ring (1953-1959), oder des TWA JFK Flughafen (1956-1962) von Saarinen kam ein frischer Wind in die Architektur. Die neuen Formen aus Stahlbeton waren bionisch, fließend, minimalistisch, stilvoll, leicht und sogar geometrisch.⁽⁴³⁾

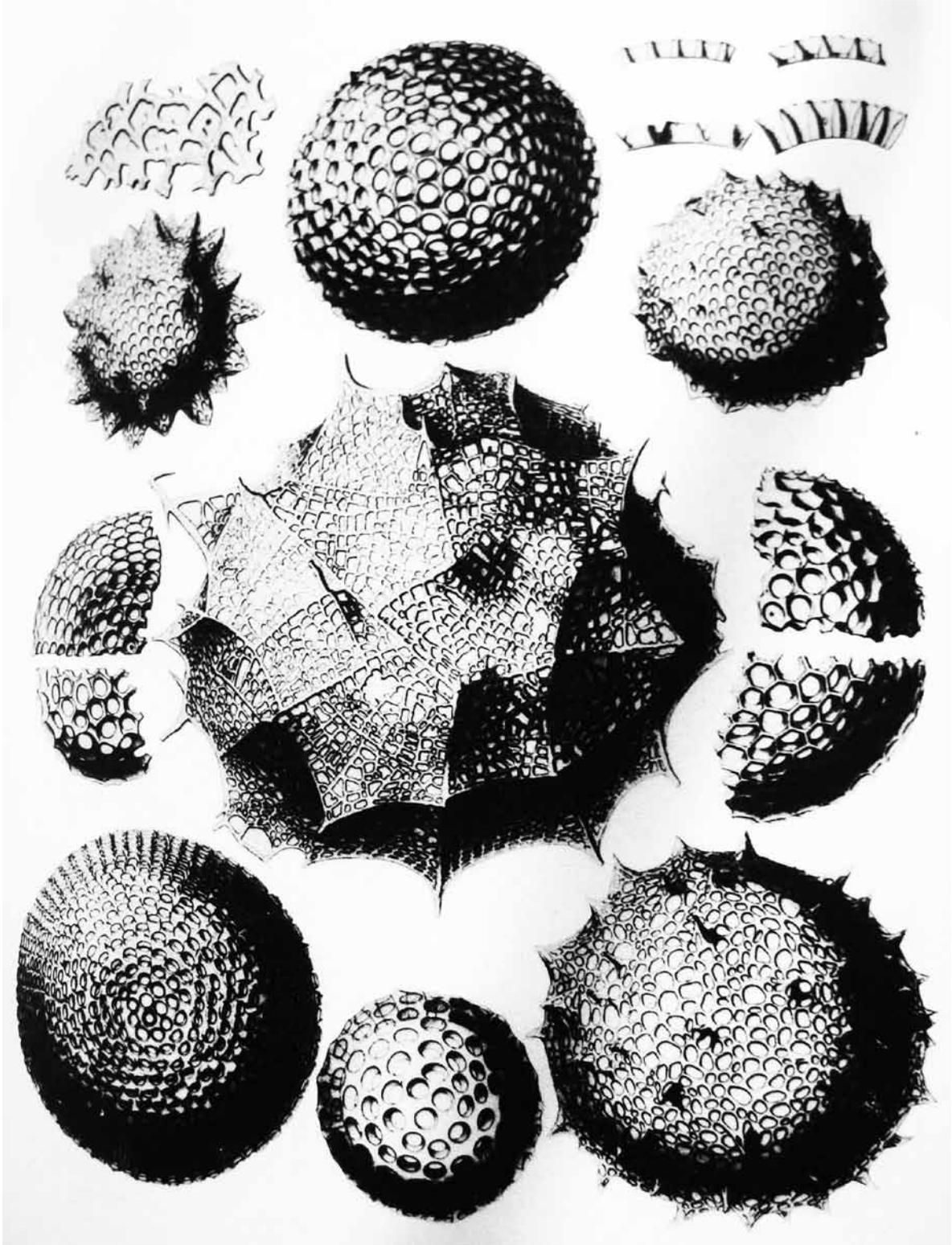
Auch die OP-Art Bilder von Victor Vasarely (1906-1997) vereinen Technik und Organizität: ihre Löcher und Gitter stellen Formationen natürlicher Systeme dar.⁽⁴⁴⁾ Diese kuppelähnlichen Gitternetze erinnern uns wieder an die berühmten Bucky Ball-Konstruktionen von Richard Buckminster Fuller (1895-1983).



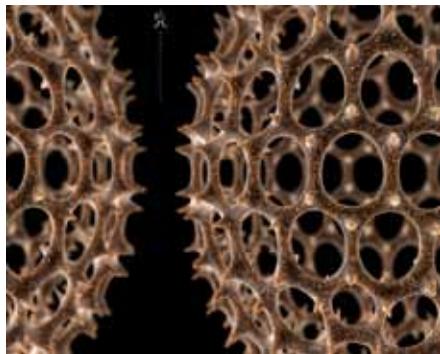
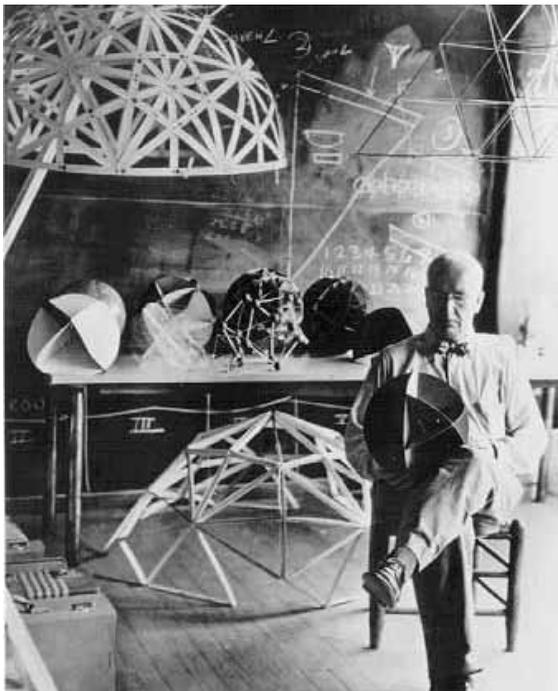
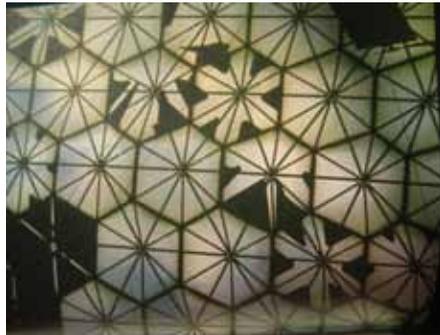
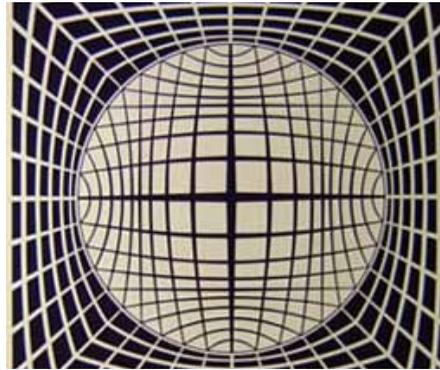


Er war ein Visionär und Vorläufer dieses Paradigmas. Sein Design wurde im militärischen Bereich, etwa für Radarabdeckungen, in der Ausstellungsarchitektur und schließlich für Wohngebäude eingesetzt. Buckminster-Fuller arbeitete mit der High-Technologie der Massenindustrie, hauptsächlich die des Schiffs- und Flugzeugbaus, und übersetzte sie in das Design und die Architektur. Er nutzte vor allem modulare Systeme, in denen jedes kleine Detail mit dem Ganzen korrespondierte, und optimierte die Effizienz des Baus durch Mathematik. Seine berühmten geodätischen Kugeln, die Bucky Balls, sind vollständig aus dreieckigen Flächen gebaut, die ein stützendes System aus Druck und Zug bilden. Diese miteinander verbundenen Dreiecke sind wiederum zu sechseckigen Wabenelementen optimiert, die eine Weltkugel formen.

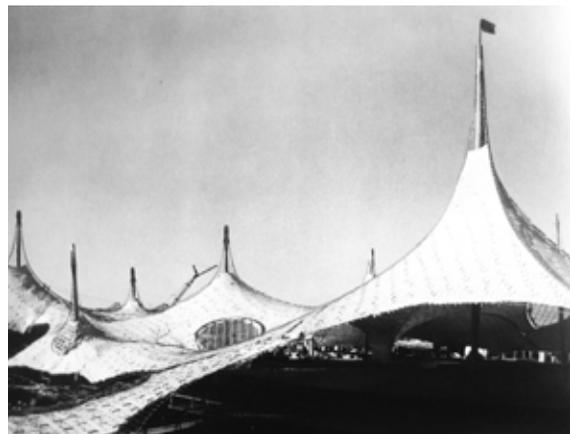
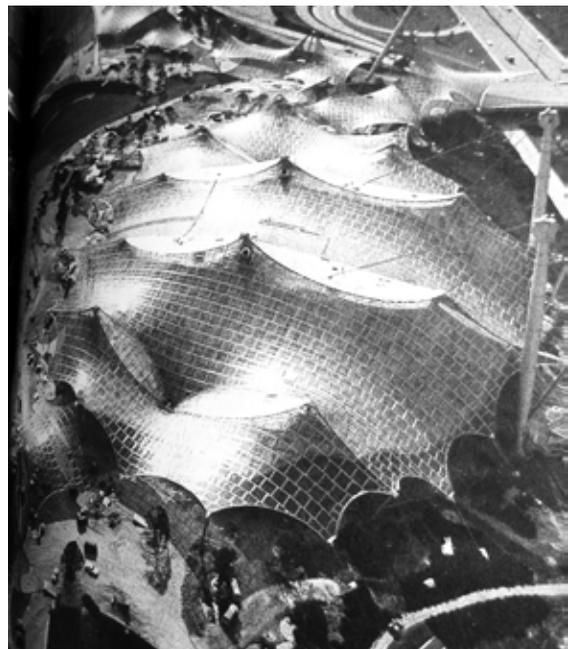
Auch wenn Buckminster Fullers geometrische Pneu-Konstruktionen nicht direkt von den Mustern der Diatomeen beeinflusst worden sind, weisen sie doch eine große Ähnlichkeit mit ihnen auf⁽⁴⁵⁾. Diatomeen bestehen in einem Stück aus Siliziumdioxid; Fullers Strukturen sind aus Glas und Stahlmodulen konstruiert. Die Bucky Balls bilden eine Architektur modularer Elemente, die als ein System funktionieren. Diese mathematische Konstruktion scheint die natürliche Zellbildung zu spiegeln, obwohl Fuller keine Kenntnis von den Strukturen der Diatomeen oder Radiolarien hatte. Er verbrachte einen Großteil seiner Jugend mit dem Schiffbau und der Fischerei.

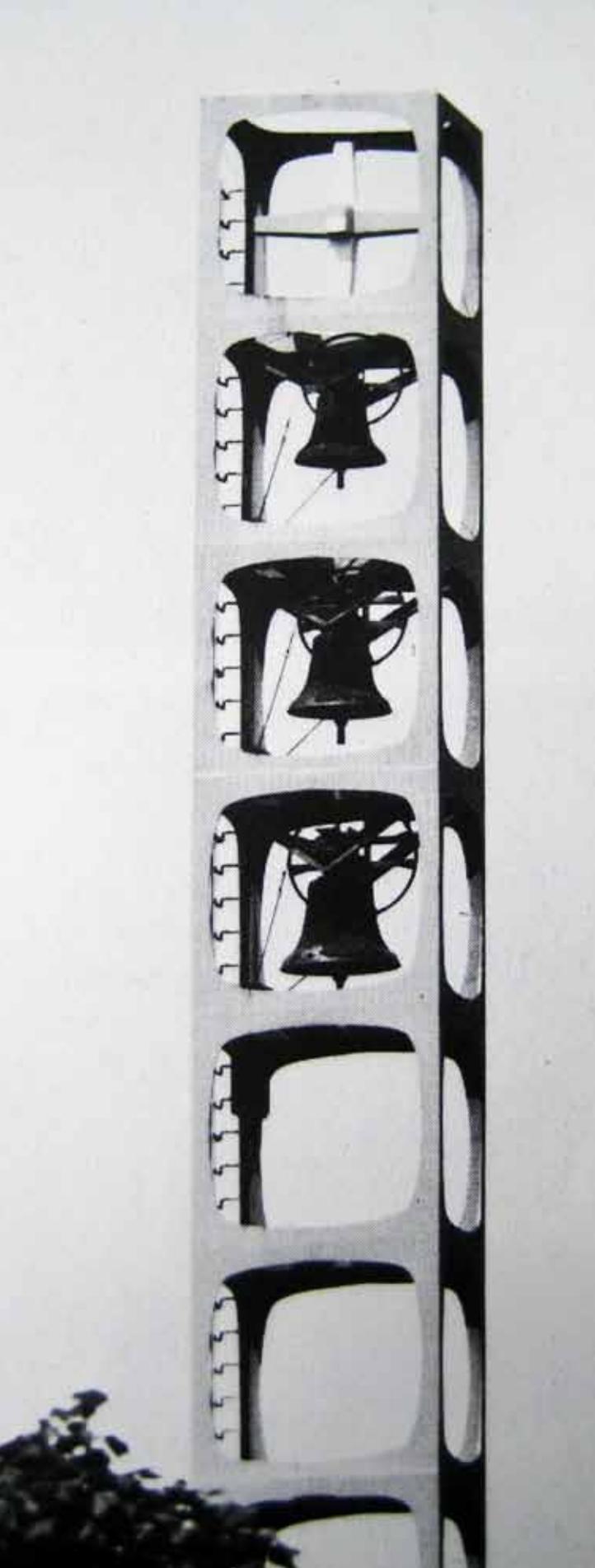


Durch das Flickern von Segeln und Netzen lernte er die Spannungssysteme von Textilien und Garnen kennen, die er mit der Textur von Spinnweben verglich: „Sie waren genauso originell wie die der Spinnen.“ Hieraus entwickelte er die Idee eine Tensegrity. Ab 1925 widmete er sich ganz den sozialen und primären menschlichen Bedürfnissen und forschte über sie auf dem Gebiet der Kunst und Wissenschaft. Aus diesem Studium gewann er die Hypothese der „Dymaximation.“ „Dymaximation“ ist der maximale Nutzen bei minimalen Einsatz von Materialien und Energie durch die Nutzung aller technologischen und wissenschaftlichen Entwicklungen.⁽⁴⁶⁾ Ein Beispiel ist etwa die Verwendung eines Tetraeders als Basiselement, das aus zusammengedrückten Pneus abgeleitet ist. „Dymaximation“ ist dann erreicht, wenn 12 Kugeln, die sich berühren, allesamt eine Kugel umschließen.⁽⁴⁷⁾ Ich werde auf diesen Punkt noch einmal im Kapitel „Strukturanalyse“ Teil II zurückkommen.



1958 gründeten der Architekt Frei Otto (1925 Chemnitz) und der Berliner Bauingenieur und Hochschullehrer Manfred Manleitner mit dem Diatomisten und Biologen Johann Gerhard Helmke (1908-1993) die bahnbrechenden interdisziplinäre Forschungsgruppe "Biologie und Bauen" an der Technischen Universität Berlin. 1961 wurde Frei Otto an die Universität Stuttgart berufen und setzte dort seine Arbeit im eigens für ihn geschaffenen Institut für leichte Flächentragwerke (IL) fort. Die IL-Gruppe, die im Jahr 2001 im ILEK (Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren) aufgegangen ist, organisierte Konferenzen, Vorträge und Arbeitsgruppen, die sich allesamt dem Verständnis der Designprinzipien in der Natur widmeten. Auch die Biologen profitierten von dieser Allianz, denn die Kenntnisse und Erfahrungen der Bauingenieure leisteten einen Beitrag zum Verstehen der Strukturen und Formen bestimmter Arten. Ließ man sich zunächst von der Schönheit der Organismen inspirieren, richtete sich der Fokus bald auf die Funktionsanalyse der Strukturen. Die IL-Gruppe veröffentlichte eine eigene gleichnamige Buchreihe über Leichtbaukonstruktionen in der Natur, unter anderem auch über Pneu-Radiolaria und Diatomeen.⁽⁴⁸⁾ Sie beleuchteten die Hintergründe ihrer Strukturen und veranschaulichten sie durch analoge Modelle und Experimente. Meine eigene Forschung über Mikro-Plankton ist wesentlich von ihnen beeinflusst. Das erste praktische Projekt der IL ist der von Frei Otto gebaute Glockenturm einer Kirche in Berlin Schönow (1960), der nach dem Skelett eines Diatoms entworfen ist. Ich bewundere vor allem die frühen Arbeiten aus der Zeit der Strukturanalyse. Obwohl sein Studio mit Computern arbeitete, räumte er dem Modellbau gleiches Gewicht ein. Die Modelle waren erste Testläufe für das Material: sie sollten aus dem eben demselben Material gefertigt sein wie das spätere Endprodukt:





„Um die Kräfte zu prüfen, muss das Modell aus demselben Material und auf dieselbe Weise gebaut werden wie die endgültige Struktur ... Um eine erste Form zu finden und sich der Struktur anzunähern eignet sich ein kleines, kostengünstiges Modell am Besten, das in wenigen Stunden gebaut werden kann. Wenn die Form eine vollkommen neue ist und es keine mathematischen Präzedenzfälle gibt, ist eine Berechnungen kurzerhand nicht möglich. In diesem Fall müssen wir Modelle benutzen. Allerdings ist der Modellbau nur ein Teil der Arbeit...“⁽⁴⁹⁾ Frei Otto

Die meisten Designarbeiten von Frei Otto sind wahrscheinlich nur durch diesen „analogen“ Prozess möglich geworden, in dem mit Modellen und Materialien experimentiert wurde. Ebenso wie Gaudi war auch er fasziniert von natürlichen Strukturen: von Netzen, Skeletten, Zelten und Luftblasenspannungen. Ähnlich wie Buckminster Fuller kombinierte er verschiedene Elemente in ein einheitliches System. Mit der modernen Technologie und der neuen Bautechnik war nahezu jede Form und jedes Konzept realisierbar geworden. Die Stabilität und Belastbarkeit einer Struktur bei Spannung oder Kompression war nun nicht mehr nur eine Frage der Materialwahl, sondern der Konstruktion. Geschlungene Kabelleile und Fäden gewährleisteten eine optimale Gewichtsverteilung. Das Olympiastadion (1972) ist ein herausragendes Beispiel für dieses Verfahren: Das Zeltdach wird gestützt durch eine netzartige Struktur aus Metallkabeln, die mit transparentem Polycarbonat-Platten gefüllt ist.

Kunst

Auch der zeitgenössische Bildhauer Anthony Cragg (*1949) lässt sich von den leichten Siebstrukturen des Mikroplanktons inspirieren. Craggs Verbindung zur Naturwissenschaft gründet in seiner langjährigen Tätigkeit in einem biologischen Forschungsinstitut, die seine Arbeit bis heute beeinflusst. Cragg charakterisiert die Bedeutung der natürlichen Strukturen für das Design wie folgt:

„Die Anwendung von Prinzipien und Modellen aus der Natur erzeugt eine Flora von Gebrauchsgegenständen, Umgebungen und Ereignissen, die dem Funktionalismus unterworfen ist.“⁽⁵⁰⁾

In seinem Buch „Material_Objekt_Form“ plädiert er für ein Lernen, Verstehen und Respektieren der Materialien. Cragg schafft poetische Formen, die das Material als Ausdruck nutzen und begreift die Skulptur als ein Medium, durch das die Sprache erweitert wird. Er bezieht sich auf den griechischen Ursprung des Wortes Poesie, das übersetzt „schöpferisch tätig sein“ heißt. Diese Bedeutung sei allerdings im Laufe der Geschichte auf das geschriebene Wort beschränkt worden und habe die gestalterische Konnotation verloren.

„Die meisten – und besten – Skulpturen“, so Cragg, „verdanken ihre Entstehung nicht einfach nur der Tatsache, dass ein Künstler einen Gesteinsbrocken oder einen Klumpen Ton aus seiner natürlichen Umgebung herausgenommen und in die Form einer vorformulierten Idee gepresst hat, sondern sie ist vielmehr das Ergebnis eines Dialogs zwischen Material und Künstler. Das Material nimmt eine Form an, und der Bildhauer gewinnt neue, wesentliche Erfahrungen und neue Erkenntnisse.“⁽⁵¹⁾

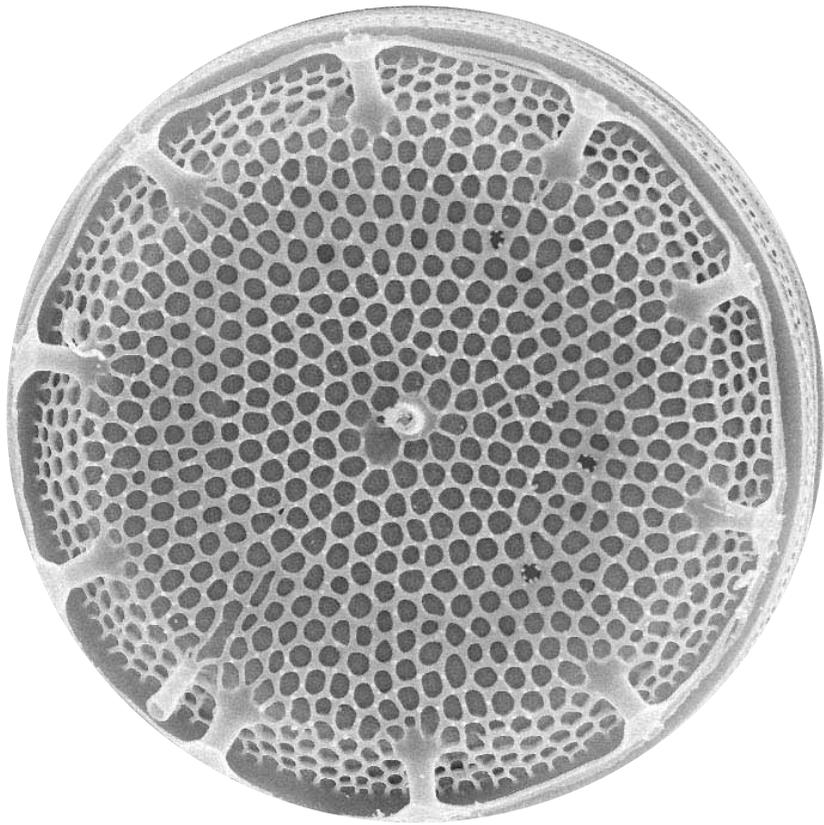


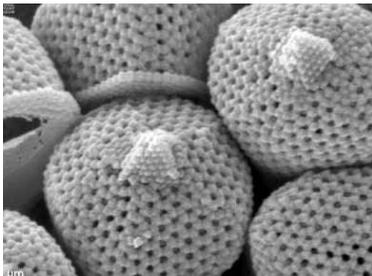


Seine Arbeiten beschäftigen sich häufig mit Sedimentationsresten, die er in geologischen Formationen findet.

„Hat der Prozess der Schichtbildung eingestetzt, so kann sich eine Haut oder Membran bilden, die Planeten, Zellen, Organe, Organismen um schließt.“⁽⁵²⁾

In seiner Arbeit Envelope von 1998 ist die Grenze zwischen Außen und Innen aufgebrochen, die Transparenz stellt feste Grenzziehungen in Frage und erzeugt eine gewisse Unsicherheit. Die Serie Foraminifera (1989-1997) besteht aus perforierten, sedimenatrisch und voluminösen Körpern, Gewebe, mikrobiologischer Strukturen, die den Diatomeen und Radiolarein sehr ähnlich sind. Diese poröse Haut, oder das Membrangebilde, verwendetet Cragg für die Skulptur. Sie erinnert an ein verfremdetes Gefäß, das mit seinen Schichten das Matroschka-Prinzip verkörpert. Er verwendet unter anderem Alltagsgegenstände für seine Skulpturen, die er gestalterisch verfremdet. Die Arbeit Secretions erinnert an mikroskopische Oberflächen, doch beim näheren Hinsehen sieht man, daß die Oberfläche aus tausenden von Spielwürfeln aufgebaut ist. Cragg fügt häufig disparate Fragmente zu einem Ganzen zusammen, die den Betrachter herausfordern, die gewohnte Umgebung in Frage zu stellen.





Ähnlich wie Cragg verwendet die Installations-Künstlerin Tara Donovan (*1969) alltägliche Gebrauchsgegenstände wie Zahnstocher, Klebeband, Bleistifte, Knöpfe und Papier und konfiguriert sie zu biomorphen oder topographischen Gebilden. Ihre großformatigen abstrakten Arbeiten erinnern durch ihre systematische Anordnung von tausend oder Millionen von Einheiten an Mikrostrukturen. Cragg und Donovan konstruieren beide auf ihre Art eine zeitliche und räumliche phänomenologische Erfahrung. Die von ihr geschaffenen Strukturen sind eindruckliche materialistische, analoge Visualisierungen von fraktalen Formationen. Für Donovan gewinnt die künstlerische Arbeit durch die Erforschung der verschiedenen Materialeigenschaften ihre Identität.

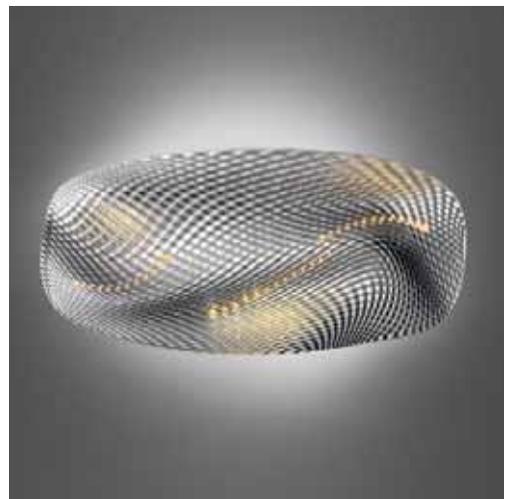
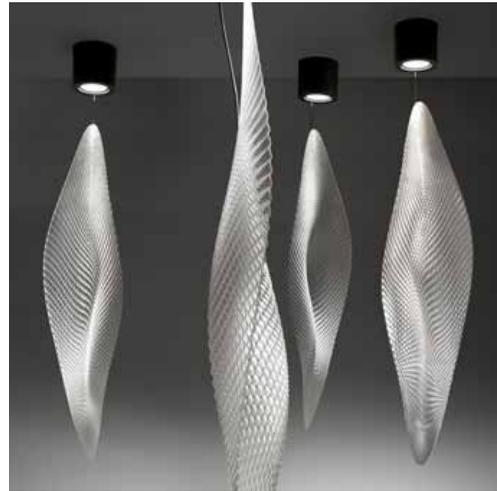
“Meine Materialuntersuchungen richten sich auf jene Eigenschaft, die einzigartig für ein Material ist. Besonders angetan war ich von den kammuschelartigen Rändern von Papptellern. Die Art und Weise wie Plastikbecher Licht absorbieren und diffundieren, und natürlich ihre Stapelfähigkeit habe ich für ein Projekt in der Galerie Pace Wildenstein genutzt. In gewisser Hinsicht entwickle ich einen Dialog mit jedem Material und das Material bestimmt die Entwicklung der Form. Jedes neue Material bringt einen besonderen repetitiven Akt mit sich, der die Arbeit aufbaut.“⁽⁵³⁾

Design

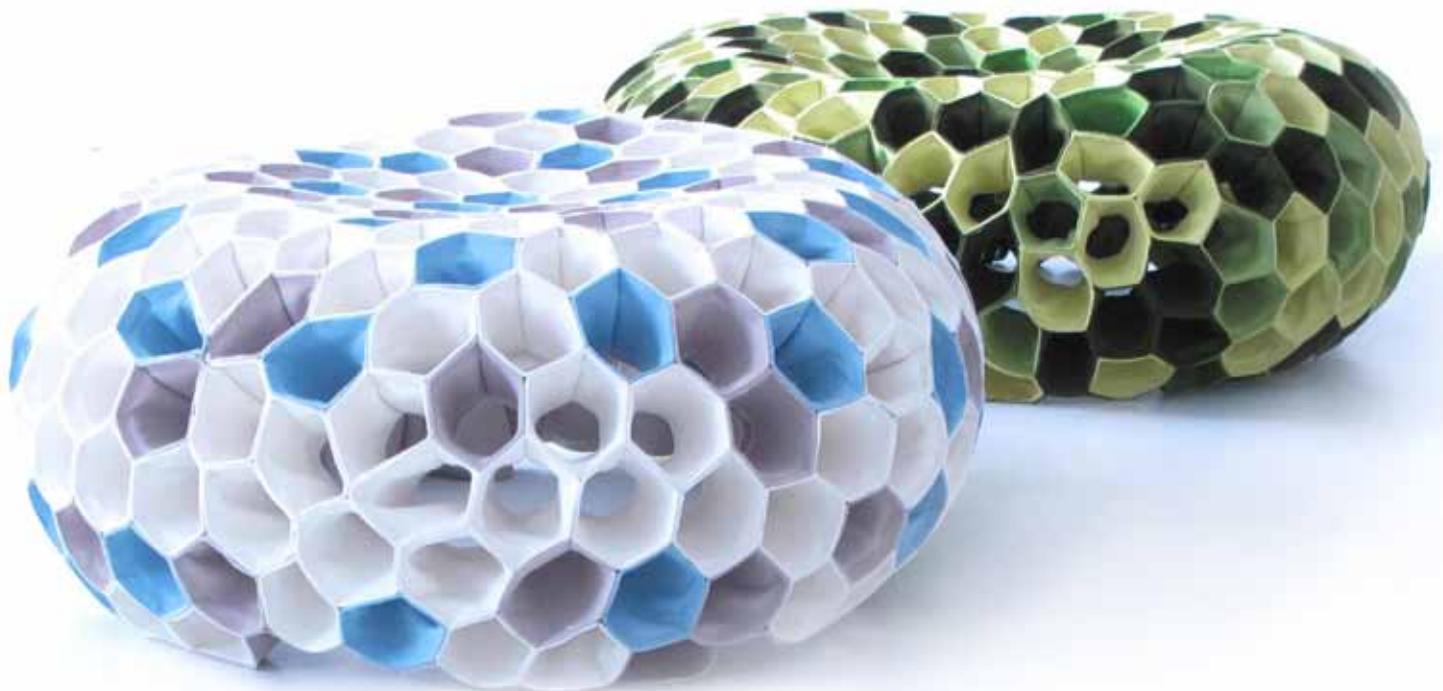
Die Gebrüder Ronan und Erwan Bouroullec haben mit ihrem Objekt Cloud ein modulares System designed, das aus polygonalen, thermokomprimierten Schaumstoffelementen besteht, die durch Gummibänder zusammengehaltenen werden. Die Elemente bilden ein Ganzes, das als Einrichtungsgegenstand und als atmosphärisches Objekt dienen kann. Die Bouroullecs arbeiten häufig mit fraktalähnlichen modularen Systemen, die nicht nur ästhetisch sondern immer auch funktional sind. Die unregelmäßigen Oberflächen der Cloud können beispielsweise an die Wände von Konzertsälen angebracht werden, um die Sinuswellen des Orchesters zu brechen und dadurch den Klang zu verbessern.⁽⁵⁴⁾



Ähnliche Fraktalstrukturen werden etwa als Klang- oder Luftfilter in Home Studios und Parkhäusern eingesetzt. Und auch im Lichtdesign sind sie bekannt: Ross Lovegrove (*1958), ein Meister des Raumes, der sich selbst als Evolutionsbiologe versteht, hat etwa organische, modulare, geometrische, Netzwerke von Beleuchtungssystemen für Yamagiwa (System X und Andromeda) und Diatomeen ähnliche Leuchten für Artemide (cosmic leaf) entworfen.



Werner Aisslingers Serie Coral basiert auf einem ähnlichen modularen System. Die amorphe geodätische runde Form dieser Sitzelemente ist von Meeresmikroorganismen inspiriert. Die Gesamtform bildet aus einer multiplen Duplikation von Sub-Modulen eine Korallenstruktur, die in Kombination von analogen und technischen Prozessen gefertigt wurde. Die textilgewobenen Sitzstrukturen von NETwork sind mit neuen EDV-Nähtechniken produziert und wurden schließlich mit Epoxidharz ausgehärtet.⁽⁵⁵⁾ Die zoomorphe Gitternetzstruktur erinnern wieder an die Skelette der Radiolarien.



Architektur



Das Studio Matsys fokussiert einen „interdisziplinären Zugang zur Produktion im Design und in der Architektur.“⁽⁵⁶⁾ Es untersucht die möglichen Verbindungen zwischen Architektur, Ingenieurwesen, Biologie und Computerrisierung. Es ist ein wenig ironisch, dass die von Andrew Kudless/Matsys gestaltete P_Wall kürzlich in einem Band mit dem Titel Digital Fabrications⁽⁵⁷⁾ vorgestellt wurde, obwohl die Herstellungstechnik erstaunlich analog ist. Inspirieren lies sich Andrew Kudless von den Betonarbeiten Migel Fisacs aus den 60iger Jahren, der Gipsbausteine mit elastischem Gewebe herstellte. Der flüssige Gips wird in einen mit Holzstäben stabilisierten und geformten Stoff gegossen. Dadurch entstehen organische Strukturen, die an schlaff herunterhängende Körper oder an Mikroskopische Strukturen erinnern. Auf der Website des S.F Museum of Modern Art findet man ein aufschlussreiches Video über die Herstellung der P_Wall.⁽⁵⁸⁾

Während meiner Recherche bin ich auf die Arbeit von Nerri Oxmann gestoßen, eine Architektin, die an den Schnittstellen von Design, Informatik, Ökologie und Werkstofftechnik arbeitet. Ihre Arbeiten wurden auf der Internationalen Biennale der zeitgenössischen Kunst 2010 in Seville und auf der Biennale in Peking im Jahr 2008 gezeigt. Auch sie findet in der Biologie Anregungen für ihre Arbeiten, die oft natürliche Formen nachahmen. Biomimikry ist für sie weder ein Auslaufmodell noch eine reine Modeerscheinung:

„Die biologische Welt“ sagt sie, „ersetzt die Maschine als Modell für das Design.“⁽⁵⁹⁾

Oxmann plädiert für eine Ästhetik der Materialforschung, die sowohl die Strukturen als auch das Verhalten der





Materialien in den Blick nimmt, und begreift diese Ästhetik als wissenschaftlichen Beitrag zur Ökologie-Bewegung Ihre Arbeit. Sie ist nicht sehr beeindruckt von Architektur oder Design dessen Revolution auf der Oberfläche liegt, man sollte „... vergessen wie es aussieht, sondern eher fragen wie es sich verhält. Natural Artifice wurde 2008 in der Ausstellung Design and the Elastic Mind im N.Y Museum of Modern Art gezeigt. Hier werden Mikrostrukturen von Gewebe in 2 D visualisiert und analysiert, und schließlich in 3D als Prototyp vergrößert rekonstruiert. Eine andere Arbeit mit dem Titel Monocoque führt eine Konstruktion vor, bei der die Belastung durch die Außenhaut des Objekts getragen wird. Sie steht im Gegensatz zu einer Bauweise, die interne Rahmen oder Fachwerk benutzt, die dann mit einer nichttragenden "Haut" bedeckt werden. Oxmann verwendet in Monocoque sogenannte

Voronoi Mosaikmuster;⁽⁶⁰⁾ eine mathematische Methode um die Abstände und Beziehung im Raum zu benachbarten Polygonalzellen zu definieren, diese Geometrien entsprechen auch die Siliziumdioxidstrukturen des Planktons.⁽⁶¹⁾

„Biomimikry ist keine Methode; es ist eine Philosophie; eine intellektuelle Disposition und eine Mentalität, mit der wir die natürliche Welt um uns herum wahrnehmen. Sie ist das Studium jahrhundertalter Designlösungen für die Probleme in der natürlichen Welt, die potentiell relevant sind für zeitgenössisches Design und Technik...Die Kombination dieses uralten Handwerks mit Rapid-Technologien wird uns ein neues Zeitalter der Rapid-Craft bringen.“⁽⁶²⁾

Andere Designer wie der Futurist Jacque Fresco haben ganze Städte und Gesellschaften mit biodynamischen Methoden gestaltet. In der Dokumentation „Future by Design“ hebt Fresco die Möglichkeit eines synchronen Prozesses zwischen Technik, Mensch und Natur hervor.⁽⁶³⁾ Seine Visionen sind seiner Zeit voraus gewesen – bis heute (Siehe nächste Seite).





Biodynamische Naturmodelle:

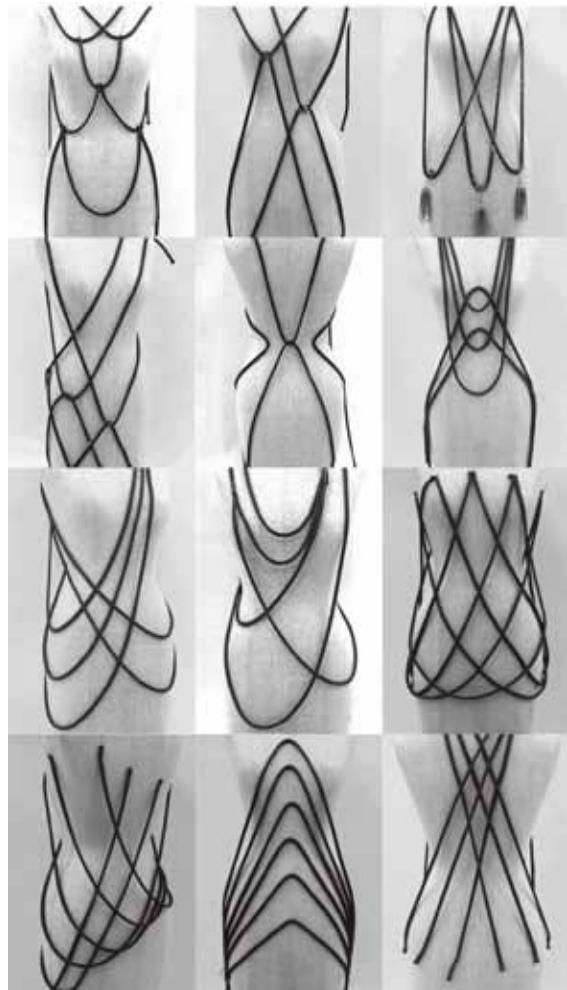
Fraktale und Strukturen in der Natur

Die belebte Natur bietet uns vielseitige Modelle für Design. Natürliche dynamische Systeme, generative wachstumsprozesse und ihr Materialverhalten können und sind Vorbilder für Design und Technik. Mittels biodynamischer Prozesse können wir Design-Methoden weiterentwickeln; durch interdisziplinäres Arbeiten können wir Probleme lösen und innovativ neue Prozesse anstoßen. Die große Frage ist, welche Prozesse führen zu welchen Formen?

„Alles beeinflusst – zumindest potentiell alles andere, weil alles in einem gewissen Sinn in ständiger Wechselwirkung mit allem anderen steht. Eine Rückkoppelung in einem dynamischen System kann durch unerwartete „externe“ oder „interne“ Einflüsse verstärkt werden, das zeigt uns die ganzheitliche Verbundenheit. Das Studium des Chaos ist so paradoxal zugleich das Studium der Ganzheitlichkeit.“⁽⁶⁴⁾ Briggs John

Seit den Anfängen der Zivilisation hat der Mensch nach einem universalen Code gesucht - nach einem Chi, einem Gott, einem Zeichen oder einer Gleichung - mit dem er die Entwicklung der Energie und die Entstehung des Lebens erklären könnte. Er suchte nach einem grundlegenden „Faden“ oder einer vereinheitlichenden Theorie, die alles miteinander verbindet. Dieser Prozess wird eifrig in der Quantenphysik, der Mathematik, der Geometrie und der Kunst weiterverfolgt:

„Wissenschaft ist nichts anderes als die Suche nach Einheit in der Vielfalt unserer Erfahrungen. Auch Dich-



tung, Malerei und Geisteswissenschaft en sind auf der Suche nach Einheit in der Vielfalt“⁽⁶⁵⁾ J. Bronowski

Der Designer Issey Miyaki (*1938) hat diese unsichtbaren Geometrien in Zusammenarbeit mit dem amerikanischen Mathematiker und Pioneer der Topologie, zwei- und dreidimensionalen Mannigfaltigkeiten, William Paul Thurston (*1946), entwickelt. Dai Fujiwara, artistic director at fashion house Issey Miyake, entwarf eine Kollektion „The 8 Geometry Link Models as Metaphor of the Universe“⁽⁶⁶⁾ mit Thurston's Metaphoren. Das Universum als Inspirationsquelle.

John Briggs ist ein in Ästhetik und Psychologie promovierter wissenschaftlicher Autor und auch er plädiert für Ganzheitlichkeit. Briggs forscht über dynamische Systeme, die sensibel und durchlässig sind, unvorhersehbar und nicht linear. Um diese natürlichen Strukturen zu beschreiben, benutzt er nichtlineare Gleichungen als Metapher: Durch die fraktale Geometrie nehmen wir die Natur nicht bloß quantifizierend wahr; sondern können ihre Strukturen mit einem intuitiven analogischen Auge sehen und wahrnehmen.⁽⁶⁷⁾

Multifunktionale fraktale Strukturen optimieren immer das Ganze, niemals nur eines ihrer Elemente. In natürlichen Systemen sind die einzelnen Teile Elemente eines riesigen Netzwerkes. Fraktale Strukturen haben an Wichtigkeit und Einfluss unter Designern, Künstlern und Architekten gewonnen. Cliff Pickover von IBM hat mit seiner biomorphen Laborschale einen anschaulichen Eindruck einer Feedback-Struktur gegeben. Sie erinnert an die Bauweise von Diatomeen und Radiolarien, die ich am Beispiel der Zwiebel dargestellt habe: Die kleinen Elemente wiederholen sich in den größeren ich benenne dieses das „Matroschka Prinzip“.



Auch unsere Körper zeigen Muster der Selbstähnlichkeit, Feedback-Strukturen in verschiedenen Größenordnungen, etwa bei Lungenflügel, Nerven, Venen, und Embryonen. Nassim Haramein erklärt das dieses selbstähnlich fundamentale Muster uns Menschen

aufbaut, „Menschen kommen aus Menschen,“ wir sind selber fraktale.⁽⁶⁸⁾

Physiker und Mathematiker gerieten in Aufregung als Benoit Mandelbrot (1924-2010) die Iteration von Gleichungen digital visualisierte. Fraktale, selbstähnliche Strukturen, werden durch Iteration erzeugt. Iteration heißt unter Wissenschaftlern der Prozess, in dem man eine Gleichung immer wieder in sich selbst einfügt und berechnen läßt.⁽⁶⁹⁾ Ohne die Berechnung

durch den Computer, der millionenfach die gleiche Funktion aufrufen kann, wäre diese lebendige Veranschaulichung einer Feedbackstruktur nicht möglich gewesen. Sie ist wie ein Spiegelbild der Entstehung der Schöpfung.

„Die verschiedenen Zweige der Wissenschaft werden kombiniert, um zu zeigen, dass das Universum in seiner Ganzheit als ein einziger gigantischer Prozess zu begreifen ist, ein Prozess

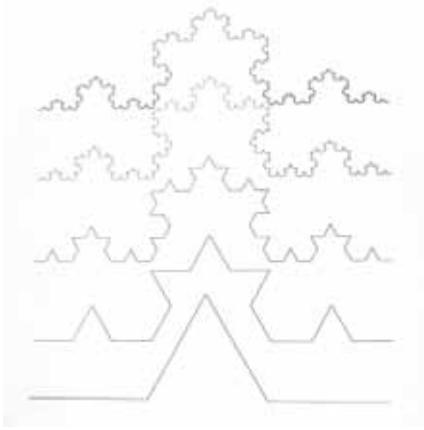
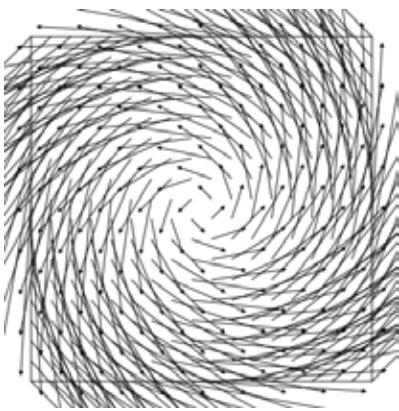
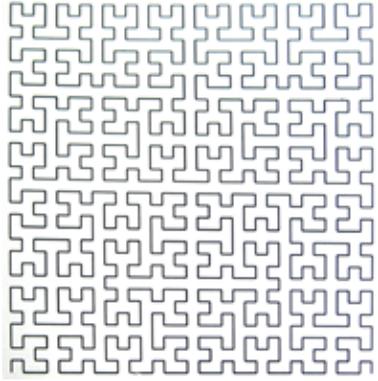
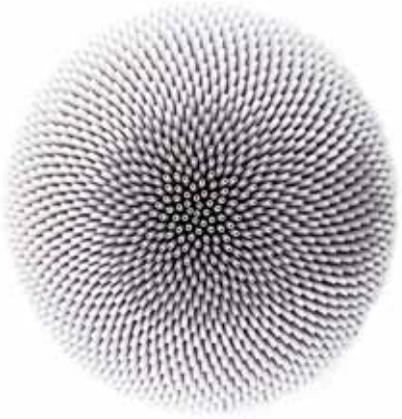
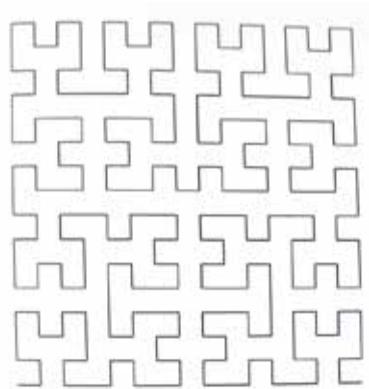
des Werdens; ein Prozess, in dem neue Stufen der Existenz und Organisation erreicht werden, und der zu Recht Genesis oder Evolution genannt werden kann.“⁽⁷⁰⁾

Thomas H. Huxley

Das Staunen, die Beobachtung und Analyse der Selbstähnlichkeit bei der Entstehung von Lebensformen, wird zum verbindenden Element zwischen den verschiedenen Disziplinen.

„Jede trägt ein mathematisches Wunder auf dem Leib: jede ist ein sinngewaltiger Anruf aus einem Kosmos der Zahl.“⁽⁷¹⁾ Carl Strüwe

Die folgenden Diagramme veranschaulichen einige Feedbackprozesse:



Analogien:

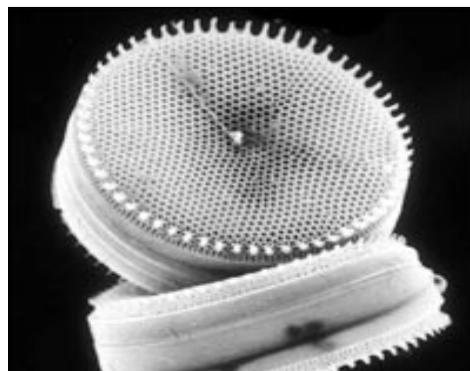
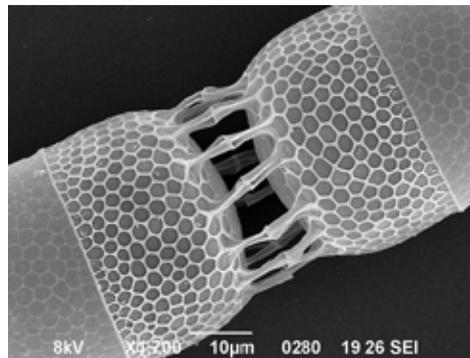
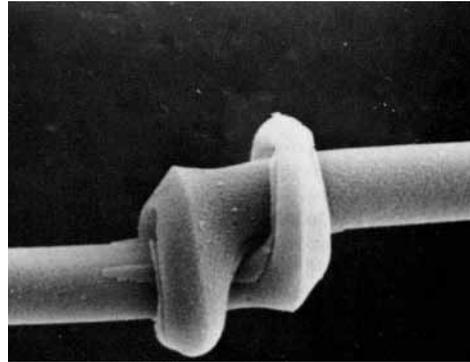
Bisoziation von der Natur und das man made

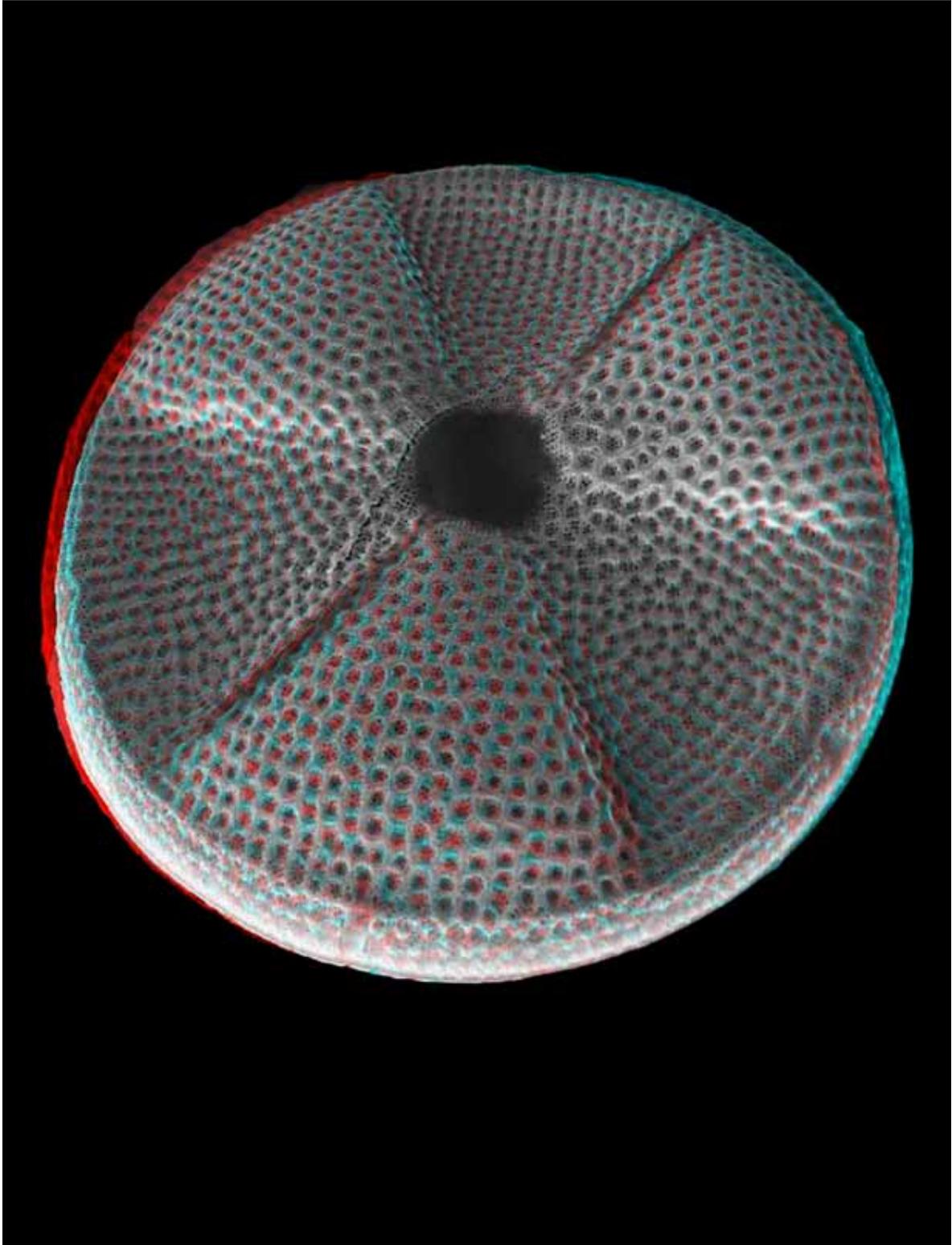
„Für mich ist das wichtigste Instrument des Denkens das Auge. Es sieht Ähnlichkeiten lange bevor eine Formel entwickelt ist, die sie identifiziert.“⁽⁷²⁾ Benoit Mandelbrot

Arthur Koestlers beschreibt die Analogieforschung als Bisoziation; sie vergleicht lebendige natürliche Strukturen mit künstlichen, vom Menschen hergestellten Modellen, Produkten und Systemen.⁽⁷³⁾ Analogien menschlicher Technologie in natürlichen Lebensformen werden etwa in Andockungsprozessen als Klettverschluss-, Kugelgelenk-, oder Steckverbindungen beschrieben. Sowohl die Form als auch die Wahl des Materials scheint hier perfekt auf die mechanische Funktion abgestimmt. Diatomeen und Radiolarien wiederum können etwa mit den Strukturen von Rädern, Sieben, textilen Spitzen, Schwimmlössen, Kanalsystemen, Kirchen, Raumschiffen und sogar mit Atomzeichen verglichen werden. Dieses 3D Bild ist verblüffend graphisch.

Formanalogien beschränken sich nicht auf die Biologie, sie können sich ebenso auf Physik, Mathematik und Architektur beziehen. „Analogieforschung“ ist sozusagen der Überbegriff der Disziplinen Biotechnik und Bionik. Biotechnik erforscht und beschreibt biologische Substrate mit Hilfe technischer Physik. Bionik durchforscht die belebte Welt der technischen Physik. Bionik durchforscht die belebte Welt auf der Suche nach Anregungen für technisches Gestalten.⁽⁷⁴⁾

Die folgenden Beispiele stellen gängige Analogienformen vor, die in unterschiedlichsten Bereichen erforscht und verwendet werden.





Plankton Prinzipien: Strukturenanalyse

Wiederkehrende Muster und Strukturen in
Diatomeen und Radiolarien:

Pneu:

Hule, Blase, Membran und Ballon

“Kennzeichnet hier eine flexible und dennoch stabile Verpackung, bestehend aus einer Hülle, die ein fließfähiges Medium wie Luft, Wasser oder Granulat enthält und die meist vom Innendruck aufgepumpt wird.“⁽⁷⁵⁾

Werner Nachtigal

Das Pneu ist so etwas wie ein universales Gestaltungsprinzip in der belebten Natur, eine der wichtigsten Konstruktionen lebender Organismen. Wir sind aus Pneus geboren und die meisten Lebewesen basieren auf Pneu-Bildung. Die Pneus enthalten das gleiche geometrische Grundmuster. Selbst in der mikroskopischen Welt der Pollen, Radiolarien und Diatomeen finden wir perfekt proportionierte Pneu-Konstruktionen, die an seltsame verschollene Kunstwerke erinnern. Jede einzelne Form ist ein einmaliges Gebilde mit harmonischen Proportionen,- eine Entdeckung, die darauf verweist, dass alle Lebewesen in der Natur, der Mensch eingeschlossen, miteinander verbunden und aufeinander bezogen sind.

Die Assyrer behandelten Ziegenhaut so, dass sie luftdicht wurde und als Schwimmhilfe auf der Flucht vor Feinden diente. In einigen Ländern sind Pneus für den Transport von Wasser und als Trinkgefäße eingesetzt worden. Eine neuere Adaption dieses Konzepts, die bald auf dem Markt kommt ist die Entwicklung von textilverstärkten elastische Werkstoffen, in denen





etwa Milch oder Bier aufbewahrt und transportiert werden kann.⁽⁷⁶⁾ Legitär sind pneumatische Hallen kleinerem Maßstab als Notunterkünfte fungieren können. Führend in der technischen Entwicklung von pneumatischen Membrankonstruktionen ist die in 180 Ländern vertretene Firma FESTO, die nicht nur Werkzeuge produziert, sondern auch pneumatische Uhren, Heißluftballons mit aufblasbaren Körben, Blow-Up- Ausstellungsräume, Notzelte und sogar Bürokissen. Ihre neueste Innovation ist der bionische Diener (bionic handling assistant), ein sich flüssig bewegender Roboterarm, dessen Konzeption von einem Elefantenrüssel inspiriert wurde.⁽⁷⁷⁾

Raster:

Rippen,Adern und Fasernetze

Netz- oder Rippenstrukturen bilden ein stützendes und stabilisierendes Gitter. Anhand von Modellen konnte festgestellt werden, dass die Fäden oder Drähte dann am besten halten, wenn sie in ein flexibles hexagonales Gewebe geflochten werden, das als elastische Stütze funktioniert und einen Pneu einschließt. Wenn etwa starker Druck auf die pneumatische Struktur ausgeübt wird, kann das Netzgewebe ein Platzen durch Überbelastung verhindern, indem sich die Struktur entsprechend verformt. Diese Reaktion ist typisch für die Zellen von Radiolarien. Eine treffende Analogie dieser Struktur ist im Design von Front Design entwickelt worden: Bei einer aus Glas geblasene Carbon fibre Vase sind Kohlefasern als formierendes und stabilisierendes Netz verarbeitet worden. Die Machart ist der von Makramè, Klöppel oder den japanischen Tamari-Mustern ähnlich (Siehe Abbildung Zone 3E in Teil Zwei) Sogar die verschiedenen Netzstrukturen von Strümpfen können die Oberflächen von Diatomeen oder Kieselsäure-Radiolarien imitieren.



Auch bei Gebäuden gewährleistet die hexagonale Struktur oder Gitter Form

von stützenden Rippen, Lamellen oder Trägern optimale Stabilität. Einige Architekten nutzen die Modelle von Blasenformationen für ihre Entwürfe (siehe Schaum). Seltener sind Zweigstrukturen, wie etwa beim Kristallpalast von Joseph Paxton oder Frei Otto.



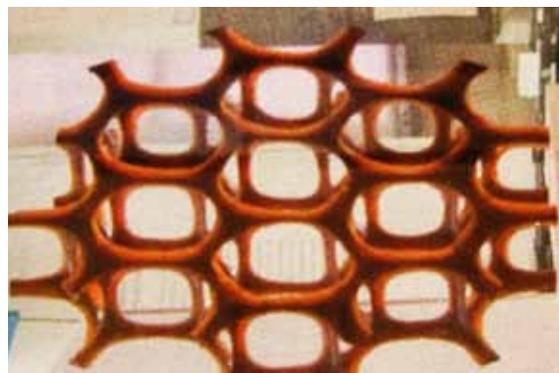
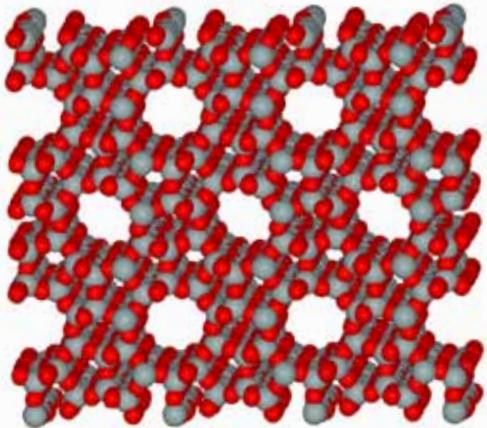
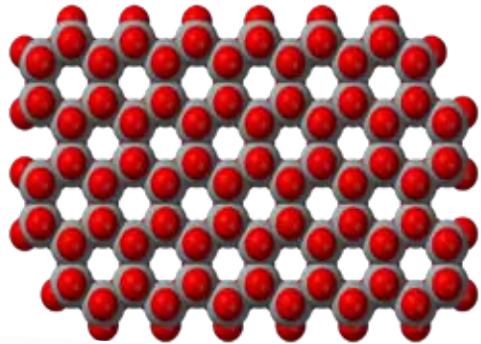
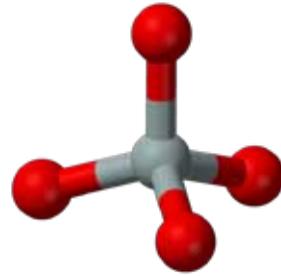
Siebstrukturen:

Löcher, sechs- und Dreiecks Poren

Wie die durchlöchernten Fasernetzstrukturen sind auch die aus Kieselsäure bestehenden fossilen Membranen der Diatomeen und Radiolarien häufig durchzogen von hexagonalen Öffnungen, die die Formen von Rippen, Höhlen, Zweigen, Buchten und Poren haben. Die Löcher formen die Struktur; sie spenden dem Organismus zugleich, trotz Schutzschicht, eine Verbindung mit dem umgebenden Wasser und damit Nahrung. Eine Analogie und Anwendung dieser Struktur findet sich etwa in den siebähnlichen Strukturen von Küchenutensilien.

„Kein Konstrukteur ist bis heute in der Lage, auf herkömmliche Weise ein Kriterienpaar des biologischen Designs- ultraleicht und zugleich hochfest-ähnlich gut in den Griff zu bekommen.“⁽⁷⁸⁾ Werner Nachtigal

Mit diesem Prinzip arbeitete auch H. Noser, der bei Gerhard Helmkes promoviert hat. Er imitierte die Bauprinzipien der Diatomeen im großen Maßstab, indem er Fußbälle zwischen zwei Tafeln zusammenquetschte. Durch den Druck verformen sich die Fußbälle in eine regelmäßige geometrische sechseckige Struktur. Die entstandenen leeren Zwischenräume füllte Noser mit Epoxidharz aus. Es entstand eine sehr kräftige, aber leichtgewichtige statische Aerol-Struktur, die der Struktur von Honigwaben oder Blasen ähnelt. Das Modell ist in der Ausstellung mit dem Titel Diatomeen-Formensinn im Jahr 2010 im phyletischen Museum in Jena zu sehen gewesen.

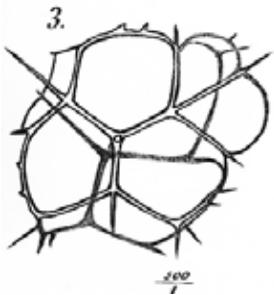


Schaum:

Honigwaben und schwammige Zellstrukturen

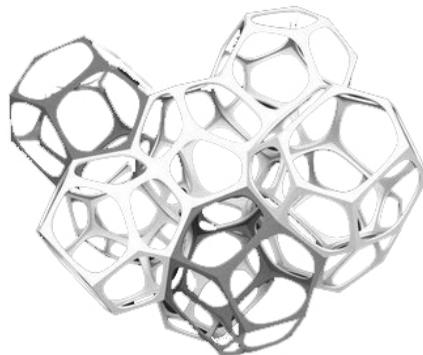
Die porösen Netzstrukturen des Planktons sind hauptsächlich aus Sechsecken gebildet.

„Diese Struktur, die mit minimaler Energie auskommt, findet sich in der Natur. Von der Bienenwabe über den Kristall bis zum Giraffenhals.“⁽⁷⁹⁾



Der Autor des Bandes „Lightness“, Adrian Beukers, hat anhand von Beispielen gezeigt, dass Sechsecke entstehen können, indem eine Ebene in verschiedene Richtungen gedehnt wird, die dann – wie eine Ananas oder Insektenaugen – um verschiedener Formen verschoben werden kann.⁽⁸⁰⁾

Mathematisch gesehen ist eine Kugel, die komplett aus Sechsecken besteht, nicht möglich. Daher besteht die Kugel auch aus Polygonen mit mehr oder weniger als sechs Seiten. Dieses Rastern erscheint oft in der Natur bei den Radiolarien. Über 4000 Arten der Radiolarien weisen diese porenähnlichen hexagonalen Muster in ihren Skeletten auf. Die komplexeste und energieeffizienteste Struktur ist das Dreieck, das sich wiederum in die äußerst stabilen Formen des Tetraeders, Oktaeders oder in das Ikosaeder verwandeln kann (Siehe Abbildungen in Biodynamische Naturmodelle in Zone 1F teil Zwei). Verbindet man zufällige



Punkte in einem Raum so, dass die gesamte Distanz zwischen den Punkten minimiert wird, ergibt sich eine Reihe von Liniensegmenten, die sich in einem Winkel von 120° treffen.

Das sechseckige Netz bietet eine äußerst platzsparende Struktur; ganz gleich ob in 2 D oder in 3 D.

Ahnlich wie Buckminster Fullers sechseckige statische Struktur Hexagon House⁽⁸¹⁾ ist das Projekt

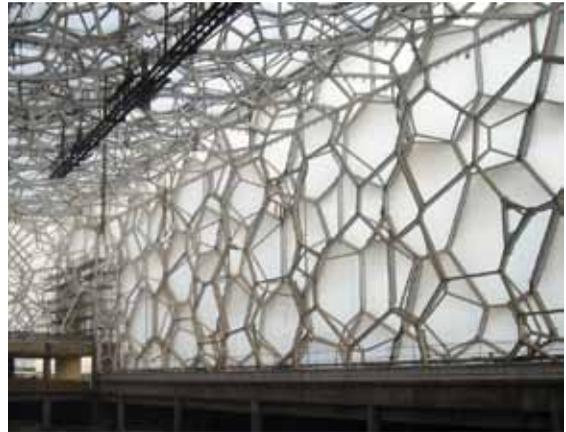
111°, mobiles Haus, an dem ich gemeinsam mit Sven Burgheim gearbeitet habe, basiert auf einem zweidimensionalen Puzzle, aus dem platzsparende Häusergruppen oder -reihen konstruiert werden können.

Das „Prinzip Diatomeen“ - ist ein Verfahren, das in den 60iger und 70iger Jahren analysiert und erprobt wurde⁽⁸²⁾. Die Beschaffenheit der Plankton-Skelette variiert von harten bis zu weichen Strukturen. Nach Frei Otto und JG Helmke sind Diatomeen und Radiolarien mineralisierte Ablagerungen auf der Oberfläche von Schnittpunkten, wo sich Pneu oder Blasen-Bildungen ansammeln.⁽⁸³⁾

Einer der einfachsten, unkonventionellen und extrem stabilen Baustoffe in der Natur ist der Schaum. Die Kombination von Rippen oder Lamellen mit Gas bildet eine ultraleichte und statische Struktur, die durch lange Molekülketten stabilisiert wird.⁽⁸⁴⁾ Die verblüffenden molekularen Blasenstrukturen, aus denen Haldane Martin Tische entwickelte, sind hergeleitet von den elektromikroskopisch visualisierten,

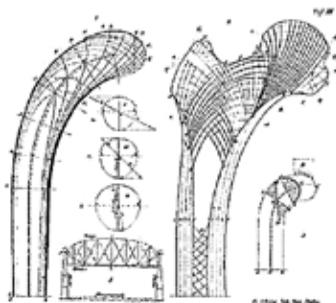


dreidimensionalen Strukturen menschlicher Hüftknochen und der sogenannten Weaire-Phelanfoam-Bubble-Technology. Umso mehr Druck auf in einer verschlossenen Box oder in einem Netz verpackte Kugeln ausgeübt wird, desto flacher und kompakter werden die „Blasen“ und ihre Ränder begradigt. In diesem dreidimensionalen Cluster scheinen die Blasen 14 Gesichter zu tragen (8 Hexagone und 6 Quadrate), - ein „Tetrakaidekahedron“. Diese Formation ist als „Weaire-Phelan-Struktur“ bekannt geworden. Sie ist ein den Atomen in Metallkristallen ähnliches negatives Gegenstück und wird zur Produktion von Schaumstoffen und leichten stabilen Strukturen genutzt. Diese Technologie wurde beim Bau des Pekinger olympischen Watercube-Gebäudes angewendet. (siehe Bildquellen für Watercube rechts)



mit Schaum-, Spinnweben- und Zellstrukturen. Ganz ähnliche Techniken verwendete Gaudi bei seinen experimentellen Hängemodellen.

“Das Skelett macht den Ausdruck; alles andere ist Kleidung.”⁽⁸⁶⁾ Isidre Puig Boada



Die Zellenform (bubble) variiert je nach Oberflächenspannung und Reibungskräften. Diese Kräfte wirken auch auf die Bildung von Knochen und Holz ein. Die Form der Zellen verändert sich je nach Belastung. 1900 untersuchte

D'Arcey Wentworth Thompson die morphologischen Analogien zwischen Oberschenkelknochen und Honigwaben. Die Zellbildung im Oberschenkelknochen ist abhängig von dem auf die ausgeübten Druck.⁽⁸⁵⁾ Der aus Zürich stammenden Statiker Carl Coleman ist für seine Arbeiten über grafische Knochenstrukturen bekannt. Colemans „Knochenarchitektur“ diente als Vorbild für den Bau eines Hörsaales der Universität Freiburg. Auch die Seilnetzkonstruktion der IL Gruppe der Universität Stuttgart weist eine starke Analogie zum Knochenbau auf und arbeitet

Die folgenede Prinzipien sollen in Zukunft weiter untersucht werden.

Das Matroschka Prinzip: Das Verschachteln, Andocken und Stapeln modularer Elemente.

Fraktal Prinzip: Selbstähnliche Strukturen, modulare Elemente, die puzzleartig zusammenpassen.

Moiré Effect: Diatomeen-Überlagerungen und optische Täuschungen.

Parkettier Prinzip: Panzer Prinzipien und Tessilation.



Ultra stark:

Super leicht

Ebenso wie die IL Gruppe suchen andere Ingenieure und Designer nach neuen „super-light and ultra-strong“-Materialien. Die Entwicklung von Sandwich-Schaumstoffen ist dafür ein einschlägiges Beispiel. Neue, faserverstärkte Polymere aus Kohlefasernetzen oder aus „Situ“-Schaum ersetzen nach und nach Metalle. Genau wie die Diatomeen werden Flugzeuge mit einem eingebetteten „Exoskelett“ konstruiert. Die besondere Funktionalität der Verbundwerkstoffe liegt in der Kombination von Material und Bauweise. Wichtige Faktoren bei ihrer Entwicklung sind Leichtigkeit, Schalldämmung, Stabilität und Festigkeit. Gehärtete Schäume wie Aluminium, Glas oder Keramik standen in den letzten 10 Jahren im Zentrum der Aufmerksamkeit. Sie sind extrem widerstandsfähig gegen Druck, Spannung und Dehnung. Genau deshalb werden Sandwich-Konstruktionen dieser geschäumten Netze im Flugzeugbau verwendet, denn hier kommt es auf Leichtigkeit und extreme Festigkeit an.

Auch in flexibler Webstrukturen als Verbundwerkstoff scheint die Zukunft zu liegen. Kohlenetze und die mit neuen M5-Faser verbundene Werkstoffe garantieren noch mehr Festigkeit bei noch weniger Gewicht, sie werden vor allem im militärischen Bereich eingesetzt, etwa für kugelsichere Rüstungen.⁽⁸⁷⁾ **“Wir interessieren uns für alles, was leicht, fest und flexibel ist.”**⁽⁸⁸⁾ David Kaplan. Ein handgefertigtes Mountainbike aus den U.S.A. sorgte mit seiner Klöppel-ähnliche Fasernetz-Konstruktion für Schlagzeilen. Das Rad besteht aus der patentierten „IsoTruss“-Geometrie und einem Kevlar-Rohr-Design, ist extrem stabil und mit einem Gewicht von nur 2,3 Pfund ultraleicht.⁽⁸⁹⁾

Marcel Wanders nutzte für seinen knotted chair (gestrickten Stuhl) aus der Capellini Kollektion die gleiche Technik wie Gaudí bei seinem Seilhängemodell, und kombinierte sie mit Makramè. Faszinierend ist das Zusammenspiel zwischen der erst formbaren weichen Faser die dann, wie in Zeit gefroren und gehärtet werden. Der Stuhl ist heute Teil der Museum of Modern Art Collection in New York.





Das kreisförmige Sitzsystem OSOROM von Konstantin Gricic aus Glasfaser und Kunstharz ist ebenso eine durchlöchernte Leichtbaukonstruktion. Wanders und Gricic verbinden mit ihrem Design Handwerk und industrielle Fertigung. Gricic geht sogar eine Stufe weiter; stellt alles in Frage und lässt der Technologie ihren Lauf.

“In der Regel wird der Designprozess bereits sehr früh von der Suche nach dem passenden Material und der richtigen Technologie bestimmt, ja er wird sogar von ihr angestoßen. Bei dem Projekt Osorom, ein zwei Meter großes Sitzelement für vier bis sechs Personen, ist alles andersherum. Osorom wurde vollständig am Computer entworfen; ohne Rücksicht wie und aus welchem Material es hergestellt werden könnte. Genau deshalb heißt es Osorom, ein Palindrom von Moroso, der Kunde.”⁽⁹⁰⁾ Konstantin Gricic

Der Einfluss der Technologie auf Architektur und Design seit den 80iger Jahren hat auf die Formen und Strukturen der Produkte und Arbeitsprozesse niedergeschlagen. Die Nachfrage für Software, um strukturelle Muster und Algorithmen zu generieren, boomt. Formen, Prototypen, Strukturen und Materialien werden von Computern analysiert, simuliert, optimiert und sogar gedruckt sowie gefräst. Unsere Werkzeugkiste hat sich mit sogenannten „fabbing tools“ aufgefüllt, neue Technologien zur Herstellung von 3D-oder festen Objekten, wie etwa das 3D-Printen, Laser-Sintern und CAD-Fräsen.

Es geht um das „... *Zusammenspiel zwischen digitaler Repräsentation und handwerklichen Produkten; die Bildung von Strukturen durch Aggregation, Webtechniken und geschichteter Fertigung; die Ausnutzung aller Materialeigenschaften und zwar die der organischen Stoffe und der Verbundwerkstoffe.*“⁽⁹⁰⁾

Morphogenic Design

Schlagen Sie ein beliebiges zeitgenössisches Design- oder Architekturmagazin auf oder klicken Sie sich durch jeden beliebigen up-to-date Blog: überall springen einem morphologischen Membranstrukturen und kinetische High-Tech-Wände entgegen. Polymorphismus, Biomorphismus, Morphogenetik und Entwicklungstheorien sind allgegenwärtig. Angeli Sachs schreibt in ihrem Artikel für die Ausstellung „Paradise Lost“ Museum für Gestaltung Zürich, dass eine Gesellschaft in der Krise das äußere Umfeld als unwirklich oder sogar feindlich wahrnehme und in dieser Situation typischerweise auf organische Formen zurückgreife, weil sie ein Gefühl der Harmonie und Versöhnung vermitteln würden. Diese These ist eine wichtige Spur für die Klärung der Frage, warum die Ordnungsprinzipien der Natur wieder zu einer wichtigen Quelle für das Design geworden sind.⁽⁹²⁾

Auch wenn diese neuen organischen Formen schön sein mögen, fehlt den meisten doch jede Funktionalität, sie sind eher Effekt-Hascher, Resultate einer technologischen Selbstbefriedigung. Vielleicht befinden wir uns gerade in einer ähnlichen Zeit wie im rebellische Jugendstil, für den die Freiheit des Ausdrucks und die Lust an der Imitation natürlicher Formen Priorität hatte, während die Funktionalität und „Konstruktionsmorphologie“ bis zur Bedeutungslosigkeit verblassten. Ich vergleiche gerne dieser Trend mit der Erfindung des Apple Computers von Macintosh. Grafikdesign und Typographie spielten plötzlich verrückt; sie benutzten Effekten wie Dehnungen, Vergrößerungen, Neigungen und Biegungen. Die explosionsartige Entwicklung der Computer-Technologie der letzten Jahre ist nicht unbedingt eine schlechte Sache. Im

Gegenteil: die neuen Möglichkeiten sollten ausgereizt werden und neue Horizonte erschließen. Wir sollten auch weiterhin natürliche Prozesse beobachten, aber dabei nicht nur deren Formen bewundern, sondern ihre Funktionalität unter die Lupe nehmen. Designer können nicht-lineare und biologische Prozesse als Verfahren adaptieren. Das Studium der den vielfältigen natürlichen Formen inhärenten Entwicklungsgesetze könnte ein Design hervorbringen, dass die produktiven Kräfte der Natur für die eigene Gestaltung fruchtbar macht. Es ist die Herausforderung eine „neue Wissenschaft“ zu entdecken, eine neue goethesche Morphologie.⁽⁹³⁾ In der Bionik ist diese Idee lebendig:

„Etwas so Bizarres wie eine Kieselalge oder Radiolarie lässt sich nicht einfach so modellieren ... wir wollen herausfinden, was die Anforderungen sind, die solche biologische Formen hervorbrachten. Dann kann man ähnliche Konstruktionen dort einsetzen, wo ähnliche Anforderungen gestellt werden“⁽⁹⁴⁾ Christain Hamm

Die Algenstrukturen sind komplex aber perfekt auf die Umweltbedingungen angepasst. Plankton muss stabil genug sein, um sich gegen Feinde und hungrige Raubtiere zu schützen und es muss gleichzeitig leicht genug sein, um sich im Wasser fortzubewegen. 1.000 000 000 Jahre Wettrüsten in der Evolutionsgeschichte waren genug Zeit für die Feinabstimmung und Gestaltung hochfunktionaler und ökonomischer Strukturen⁽⁹⁵⁾. Am Institut für Schiffbau und Meerestechnologie und am Institut für angewandte Naturwissenschaften der Fachhochschule Bremen sind Crash-Test-Experimente mit Muschelplankton durchgeführt worden. Ein Programm führt Festigkeitsberechnung von Polygonstrukturen durch, die

etwa auf Autos oder andere Stabilität erfordernde Gegenstände, die Stabilität appliziert werden. Neben der Stabilität bilden wieder Leichtigkeit und auch die ästhetische Form Kriterien der Gestaltung.

Dr. Christian Hamm ist Leiter der Abteilung „Plankton Biomechanik“ am Alfred Wegner Institut für Polarforschung (AWI) in Bremerhaven. Seine Forschungsergebnisse werden sowohl in der Automobilindustrie als auch der Luft- und Raumfahrt angewendet⁽⁹⁷⁾. Siehe Teil II Planktonbiomechanik für weitere Informationen.

Der große Fußabdruck: Harte Zeiten

Während man im Design der 60iger Jahre die Technik fokussierte, beschäftigte man sich in den 70iger Jahren vor allem mit der Oberfläche, dem „Look“ der Objekte⁽⁹⁸⁾. Seit den 90iger Jahren stellt man sich vor allem die besorgte Frage: „Wie können Produkte einen möglichst geringen Einfluss auf unsere Umwelt haben?“⁽⁹⁹⁾ oder anders formuliert: Wie können wir eine Symbiose mit der Natur schaffen? Vor allem wenn wir uns intensiver mit der Forschung und Zusammenarbeit der Bionik befassen.

„Bionik ist die Kunst, technische Probleme durch Kenntnis natürlicher Systeme zu lösen“⁽¹⁰⁰⁾ Lucien Gèrardien

Weil unser „ökologischer Fußabdruck“ immer gewaltiger wird, ist die Zeit für die Entwicklung umweltfreundlicher Produkte und Materialien längst überfällig. Blüchel empfiehlt, wir sollten naturorientierte Verfahren im Design entwickeln, denn alle natürlichen

Systeme sind energieeffizient und arbeiten synchron mit ihrer Umwelt. Das bedeutet mit anderen Worten wie Nachtigal schreibt:

“ ... ökonomische, ökologische, und technologische Maßnahmen müssen sinnvoll aufeinander abgestimmt werden. Dafür sollen die Regelkreise in der Natur Denkansätze geben.“⁽¹⁰¹⁾

Diese kollektive Sorge um die Umwelt wird leider als Lockvogel von der Industrie genutzt. (siehe Jed Greer über Greenwashing The Reality Behind Corporate Environmentalism).⁽¹⁰²⁾ Es ist wichtig, dass die Unternehmen der Zukunft bewusst Veränderungen wagen und technische und innovative Entscheidungen treffen. Statt nur neue Bilder oder Trends in die Welt zu pusten, sollte der Designer Transdisziplinär mit Wissenschaftler; zum Beispiel Bioniker; zusammenarbeiten. Durch die interdisziplinäre Arbeit könnten neue und innovative Gebäude, Stoffe und Materialien entwickelt werden, die unsere Lebensqualität verbessern.

In Kürze wird der jetzt schon viel diskutierte naturorientierte Konstruktionsatlas von Bernd Hill erscheinen, eine Art Rezeptbuch für Designer, Entwickler und Konstrukteure. Dieses Handbuch wird uns hoffentlich Orientierung in der Masse der mikrobiologischen Strukturen und Systeme geben. Um was für ein gewaltiges Stoffgebiet es sich hier handelt, beweist der Umstand, dass dieses Buch noch immer in Ausarbeitung ist; seine vollständige Erfassung ist wohl ein Lebensziel, die immer genaueren Beschreibungen aber bilden ein wachsendes Archiv.⁽¹⁰³⁾

Smart Structures

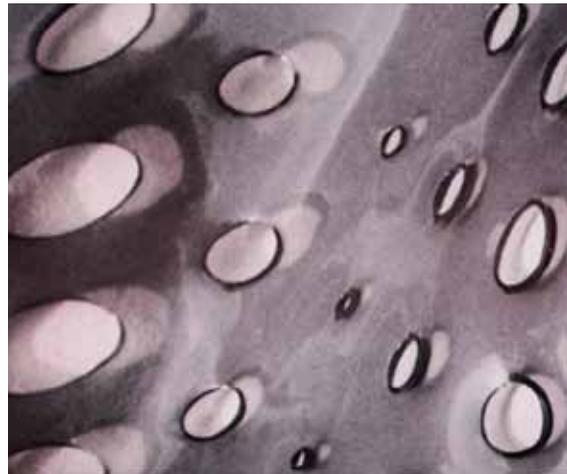
„Die in neuen, in den Testlaboren entwickelten Materialien imitieren intelligente, sich selbst organisierende und reparierende Stoffe.“⁽¹⁰⁴⁾

Im Feld der sogenannten „smart surfaces“, der Entwicklung intelligenter Membranen, vollziehen sich rasante Entwicklungen, mit denen wir das Reich des „Bang“ - Design betreten; ein Reich, in dem das Material auf die Umwelt reagieren und mit ihr interagieren kann. Ein Material, das wie lebendige Haut funktioniert. Einige mögen diese Perspektive beängstigend finden, doch auf diesem Feld ereignen sich entscheidende und wichtige Durchbrüche. Technik, Design und Biologie arbeiten gemeinsam; das Material „arbeitet“ mit der Gesellschaft und Umwelt, nicht gegen sie.

„Wir haben miterlebt, wie die Folgen des Informationszeitalters viele Aspekte unseres Lebens beeinflusst haben. Ich bin überzeugt, dass uns eine solche Renaissance der Materialbearbeitung in die nächste Revolution führen wird, vorbei an der industriellen Revolution und dem Informationszeitalter. In der Zukunft werden unsere Materialien datentragende, energiemanagende Dienstleister sein, die in unsere Kleidung, in unsere Produkte, Gebäude und Städte eingebaut sind.“⁽¹⁰⁵⁾

Neri Oxmann

Das Forschungsfeld ist enorm weit und wäre eine eigene Dissertation wert. Ich werde deshalb nur kurz auf einige Entwicklungen eingehen, die mein Thema unmittelbar berühren.

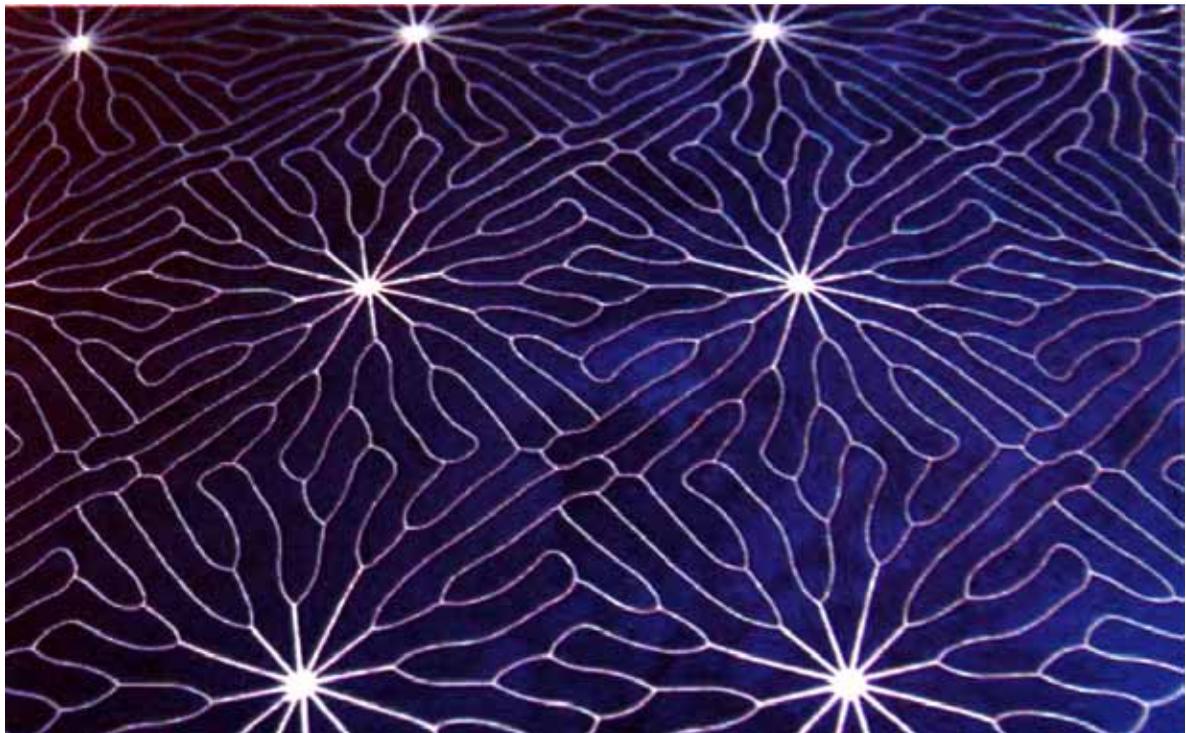


Photosynthese als Werkzeug

Ohne Sonne gäbe es kein Leben auf unserem Planeten. Pflanzen nutzen diesen riesigen Energieversorger durch die geniale Technologie der Photosynthese. Unsere Lebensmittel, unsere Ökonomie, unsere gesamte Kultur ist abhängig von Wechselspiel zwischen Sonnenlicht und Grün. Leider betrachten wir das als selbstverständlich. All unsere fossilen Energien sind Relikte aus dem Stoffwechsel der Photosynthese. Wir schöpfen die Kapazitäten der Solartechnik noch immer nicht voll aus und verschwenden immense Energiemassen, die die Sonne abstrahlt:

„Immerhin läßt der Lichtgigant soviel Energie auf die Erde einstrahlen, dass die Gesamtenergie bereits nach zwei Monaten den Brennwert aller Ölvorräte der Welt übertreffen würde.“⁽¹⁰⁶⁾

In der Solartechnologie hat sich einiges getan, aus der jüngsten Entwicklung sind flexible und aktive Membranstrukturen hervorgegangen, von denen es bereits Prototypen gibt. Diese „Häute“ sind so designed, dass sie mit unseren Lebensumfeld kombiniert werden können und unsere Geräte und Werkzeuge mit Energie versorgen. Beispiel: Glasfassaden aus Chromsäure, die sich wie eine Sonnenbrille bei Belichtung verdunkeln. Oder unten die Ruckkontakttechnik vereint höhere Wirkungsgrad mit neuen Möglichkeiten der Gestaltung von Siliziumsolarzellen. Mit Hilfe von Laserstrahlen entsteht in einem einzigen Schritt ein filigranes Metalglecht, das Strom leitet.

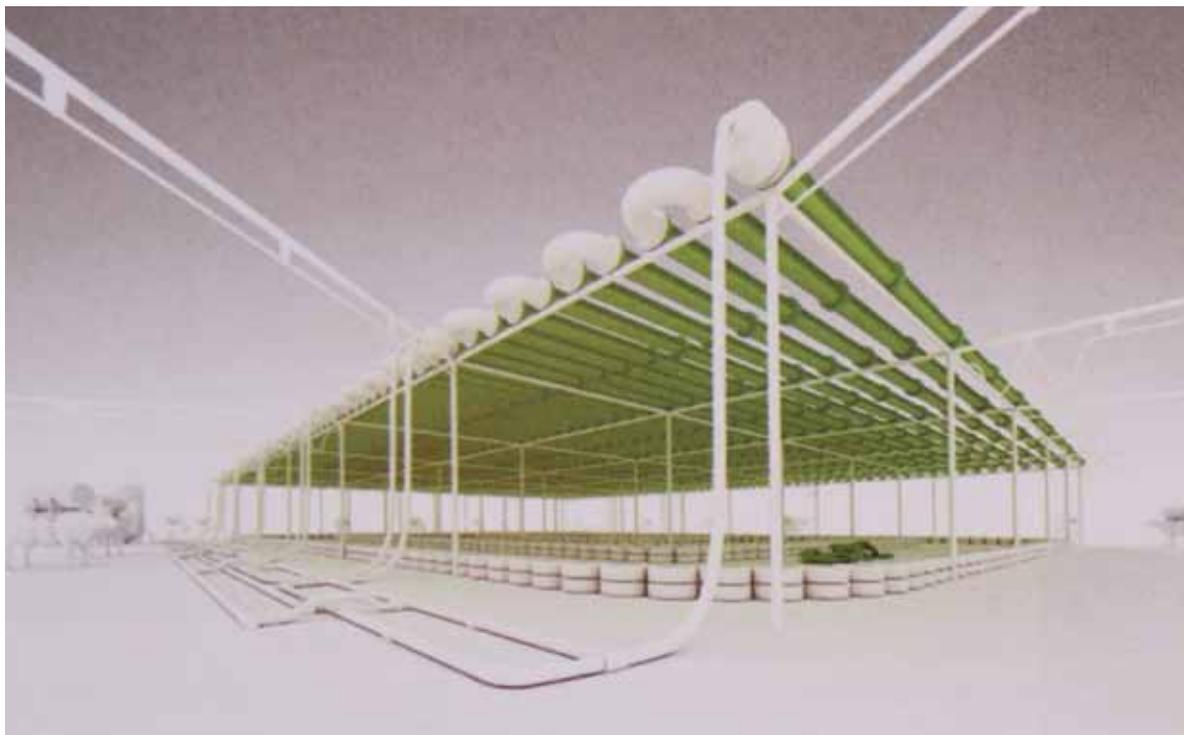


Diatomeen und andere Algenarten werden in sogenannten Algen-Farmen professionell gezüchtet. Sie werden meist in den Wüsten gebaut und liefern Tierfutter und saubere Energie (Strom und Gas). Siehe auch das kürzlich erschienene "Plankton Manifest" von Axel Limberg ⁽¹⁰⁷⁾ oder die ABRAS „Wasserstofftechnologie“ des Berliner Bionikers I. Rechenberg. ⁽¹⁰⁸⁾ Die Architekten Höweler + Yoon haben die Forschungsergebnisse über das Plankton für das Design ihres Hauses genutzt: Eco-Pod (Gen I) ist ein temporärer Algen-Bio-Reaktor. Die Pods dienen als Quellen für Bio-Treibstoff und als Mikroinkubatoren für flexible Forschungsarbeiten und Entwicklungsprogramme. ⁽¹⁰⁹⁾

Auch wenn diese Ideen extrem futuristisch anmuten und auch wenn sie momentan noch nach Versuchsprototypen aussehen, sollte man sie als innovatives

Gesamtbild betrachten. In den Bereichen Kunst und Designs gibt es wenige Regeln und meistens sind sie gemacht, um gebrochen zu werden. Das

schafft den Raum für Experimente und neue Ideen. Dieser Experimentierfreudigkeit und der Freude am visionären Gestalten sollte auch im technischen Bereich mehr Raum gelassen werden.



Fazit

„Vielleicht fließt von entgegengesetzten Seiten des Erkenntnispektrums zusätzliche Energie, wenn sie (Kunst und Wissenschaft) sich aufeinander einlassen. Was auch immer der Grund sein mag, es liegt nahe, daraus zu schließen, dass die zeitgenössische Wissenschaft und Kunst Lücken im jeweils anderen Gebiet gefunden haben, die geschlossen werden müssen.“⁽¹¹⁰⁾ Ken Arnold

Seit die erste Kamera auf ein Mikroskop montiert wurde, ist die Kluft zwischen Designer und Wissenschaftlern gewachsen. Die Beobachtung des Mikrokosmos vollzog sich meist hinter verschlossener Türe und für Designer oder Künstler war der Zugang zum Labor nahezu unmöglich. Doch die Türen öffnen sich nun, weil Spezialisten verschiedenen Disziplinen zur Kenntnis genommen haben, dass durch interdisziplinäre Arbeit neue Innovationen und Ideen geboren werden. In der Zukunft werden wir von der weiteren Zusammenarbeit zwischen Designer, Biologen und Bioniker und Ingenieuren profitieren. Oft geht das Staunen und die Neugierde in der spezialisierten Arbeitsteilung verloren. Blüchel hingegen hält die ästhetische Erfahrung für eine Quelle zündender Ideen und Innovationen in der Wissenschaft.⁽¹¹¹⁾ Andererseits sollten Biologen ihre Informationen verständlich und anregend veröffentlichen- etwa im Internet. Dann können Designer Vorschläge und Entwürfe an die Industrie geben, die Industrie wiederum wird, wenn sie die Produkte für gewinnbringend hält, in die interdisziplinäre Zusammenarbeit investieren.

Die Entwicklung kann lange dauern,- der sogenannte Lotus-Effek brauchte 20 Jahre Forschungsarbeit bevor er auf den Markt kam. Der interdisziplinäre Zugang bietet die Chance, natürliche Strukturen für die technische Entwicklung zu nutzen. Die Arbeiten von Haeckel, Helmke und anderen sind eine reichhaltige Quelle: die Zeichnungen, Fotografien und Modelle regen unsere Kreativität an: sie enthalten Rätsel, fein austarierte Techniken und Designlösungen. Durch Modifizieren, Referenzieren oder Morphing (zB. von Radiolarien-Zellen) können neue Strukturen und Verfahren gefunden werden, die uns Anregungen für neue Problemlösungen und eine innovative und nachhaltige Architektur und Produktentwicklung geben.

“Selbstbildung und Natürliche Konstruktionen sind Themen, die ein hohes Maß an Engagement brauchen. Die Forschung benötigt eine starke kollektive Führung. Sie ist gefährdet, wenn die beteiligten Wissenschaftler ausschließlich in ihrem kleinen Fachgebiet verharren, wenn sie vergessen, dass die Dinge immer auch als Ganzes gedacht werden müssen. Die Arbeit an „Natürlichen Konstruktionen“ geht weiter. Was bis jetzt getan wurde, ist nur ein winziger Teil dessen, was noch zu tun ist. Das wichtigste, wenn auch noch vorläufige Ergebnis ist eine neue Interpretation der Entstehung des Lebens und seiner Formen. Die zukünftige Arbeit benötigt genauere Einsichten in Bildungsprozesse von Objekten, ihrem Austritt aus einem ungeordneten Zustand, ihrer Schöpfung. Diese Einsichten müssen durch eine objektive und besonnene Forschung gewonnen werden, die klare Ziele verfolgt.“⁽¹¹²⁾



TEIL II

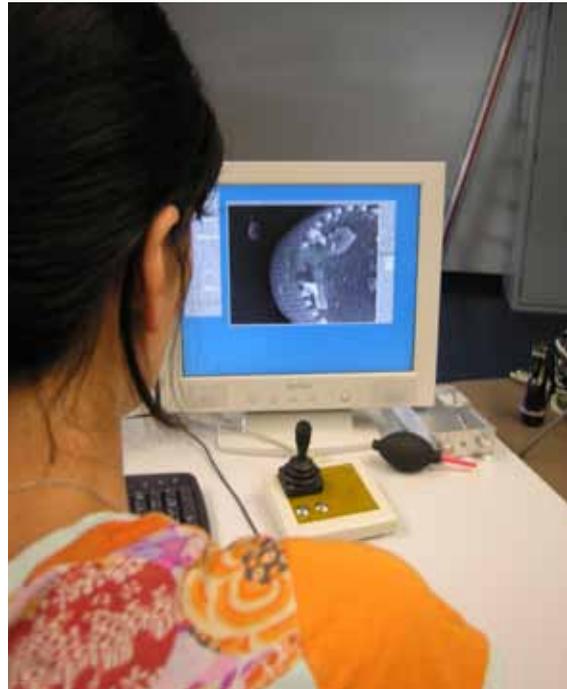
PRAXIS



SiO₂ LAB

Erste Untersuchungen

Am Anfang des gemeinsam mit der Produktdesignerin Aylin Kaiser initiierten Projektes morethanatoms arbeiteten wir mit REM-Mikroskopen an der Zentraleinrichtung Elektronenmikroskopie ZELMI der TU Berlin⁽¹¹³⁾, Geoforschungs Institut Potsdam und des Instituts für Erd- und Umweltwissenschaften an der Universität Potsdam⁽¹¹⁴⁾ Dieses war eine vollkommen neue Erfahrung für uns. Es war ungeheuer spannend und interessant, einen Blick hinter die Kulissen der Labore zu werfen und die Mitarbeiter waren dort alle sehr freundlich und neugierig. Wir bewunderten den technischen Fortschritt, durch den alles immer kompakter, immer kleiner und immer leistungsstärker zu werden scheint. Geologen des Forschungsinstitutes erklärten uns, wie Diatomeen interagieren, kämpfen, sich reproduzieren, fortbewegen und ernähren. Ihre kleinen Skelette sehen aus wie Relikte winziger Roboter oder Raumschiffe, sie sind vollkommen funktional und effizient, High-Tech im Miniaturformat. Die Proben – in diesem Fall Diatomeen – müssen gut vorbereitet werden. Sie werden „fixiert“ und dann durch sogenanntes „Sputtern“ geschützt. Beim „Sputtern“ wird die Probe in einer Vakuumkammer verdunstet und mit Goldstaub besprüht, so dass es die Elektronenstrahlen reflektieren und übertragen kann. Rechts sieht man eine Spinne die mit dem „Sputter“ verfahren behandelt worden ist, ein Diatomeen ist natürlich zu klein um mit bloßem Auge zu sehen. Dieser Prozess dauert ungefähr eine Stunde. Wenn erst einmal die Probe im Mikroskop liegt, kann man das Diatom von allen Seiten betrachten – vorausgesetzt man findet es! Wir kamen uns ein wenig wie Piloten vor, die über ein unebenes Gelände fliegen und verzweifelt versuchen eine einzige Kieselalge



unter all dem Schutt zu finden. Wenn man sie aber gefunden und die sich für eine Anordnung, für Winkel und Distanz entscheiden hat, dann kann das Diatom digital eingefangen, auf einem Computerbildschirm betrachtet und schließlich gespeichert werden. Aus diesem „Mapping“-Prozess können hochaufgelöste Bilder von Proben entstehen, die Details in der Größe von 1-5 nm sichtbar machen. Dank des schmalen Elektronenstrahls verfügen die SEM Mikrografiken über eine besonders große Tiefenschärfe, die uns dreidimensionale Ansichten liefert und uns dadurch die Erfassung der Struktur der Probe erleichtert. Sogar 3D Ansichten können erzeugt werden siehe Helmke. Ihre Vergrößerung reicht von 10 bis zu 500.000 und überschreitet die Leistung der besten Lichtmikroskope damit um das 250 fache. Auf der Jagd nach dem perfekten Bild, haben wir eine Reihe unterschiedlicher Fotos gemacht und schließlich aufgegeben und es den Spezialisten überlassen. Diese perfekten Formen sind wirklich nicht leicht einzufangen. Auch wenn manche Fotos gelangen, stellte sich heraus, dass das Material längst schon existierte, wir hatten also nichts Neues gefunden. Die meisten der wissenschaftlichen Bilder aber erfüllten unsere Ansprüche nicht: Geologie oder Biologie-Studenten fokussieren bei ihrer Planktonforschung die Entdeckung und Einordnung neuer Typen, aber nicht direkt um die Struktur des Planktons.

Glücklicherweise bin ich am Anfang meiner Diplom-recherche auf die Bildsammlungen von Helmke, Kage und Forschern der IL-Gruppe gestoßen, die alle einen Großteil ihrer Lebenszeit darauf verwendet haben, perfekte Bilder dieser Organismen einzufangen. Auch der Kontakt und Besuch und Kontakt mit Doktor Christain Hamm und seine Mitarbeiter am AWI in der Abteilung IMARE war sehr hilfreich. Hier eine kurz

Beschreibung der Institute und dessen Forschungs-bereiche. Die folgende Informationen stammen direkt von IMARE.

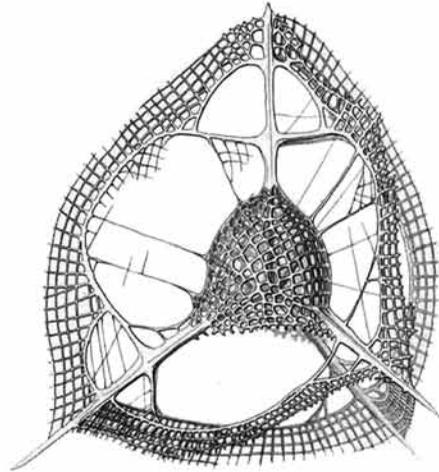
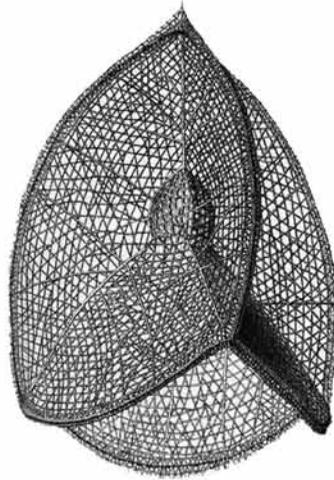


IMARE

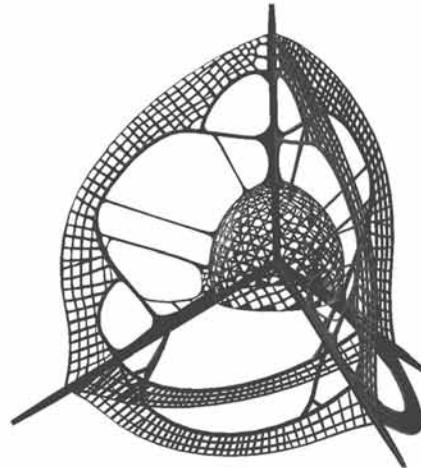
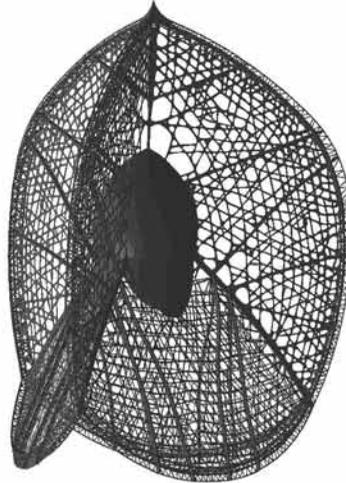
Callimitra

Clathrocorys ab

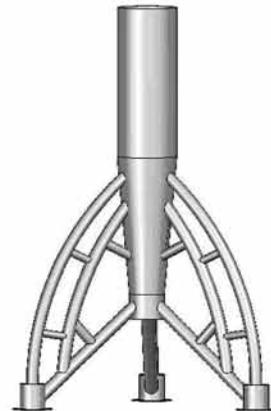
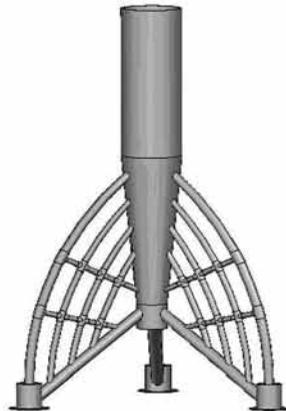
Biologisches Vorbild



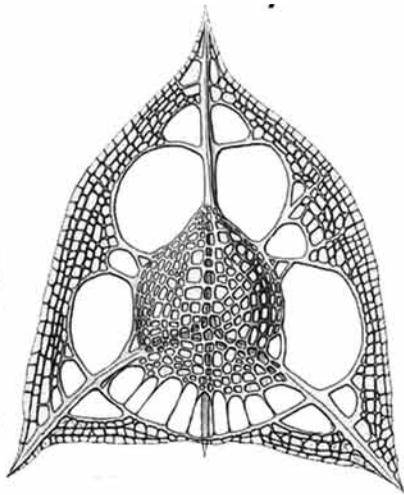
**Radiolarien-
Konstruktion**



**Gründungsstruktur-
konstruktion**



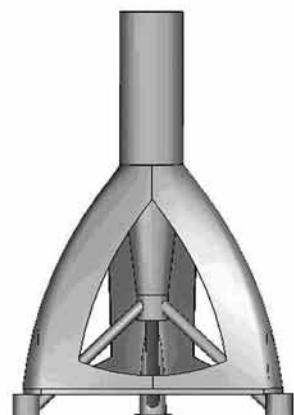
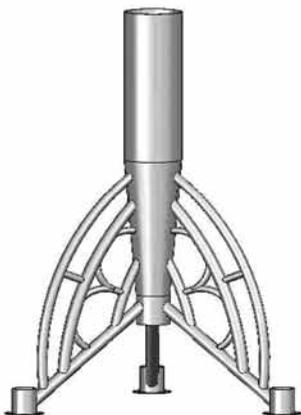
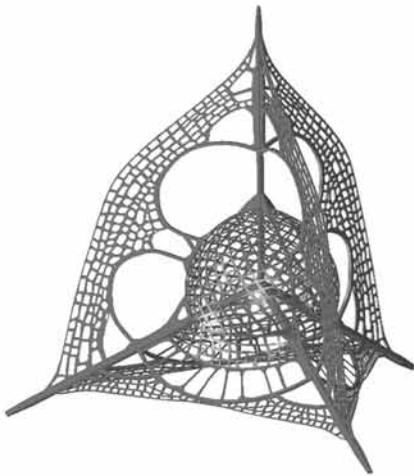
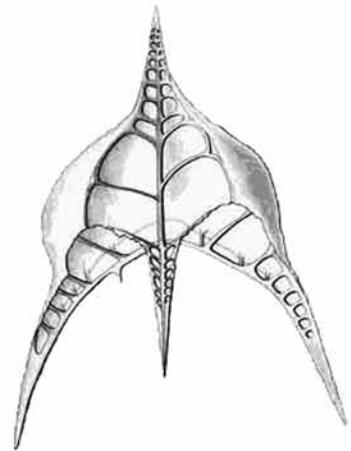
Clathrocorys ib



Pterocanium



Pteroscenium



AWI

Alfred-Wegener-Institut ⁽¹¹⁵⁾

Das Alfred-Wegener-Institut engagiert sich in der Klimaforschung und leistet wichtige Beiträge zum Verständnis komplexer mariner und polarer Geo- und Ökosysteme. Bei den meisten dieser Aktivitäten handelt es sich um gesellschaftsrelevante Grundlagenforschung.

Neben der zunehmenden Bedeutung dieser Primäraufgaben gibt es jedoch auch wachsende Bemühungen, am AWI entwickeltes Know-how und innovative Technologien der wirtschaftlichen Anwendung zuzuführen. Die Motivation für diesen Technologietransfer ist vielfältig:

IMARE- Marine Technologien und Innovationen ⁽¹¹⁶⁾

Eine Tochter des AWI ist das IMARE (Instituts für Marine Ressourcen) Projekt. Es wird gefördert mit Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und Mitteln des Landes Bremen. Das IMARE dient als ein Katalysator, um wissenschaftlich fundiertes Know-how, insbesondere im Kompetenznetzwerk „marine Technologien“, für die Wirtschaft bekannt und sofort einsetzbar zu machen. IMARE ist als Institut in der Hochschule Bremerhaven unter der Projektleitung von Herrn Prof. Dr. Oliver Zielinski und von Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. Josef Stockemer gegründet worden.

Als zukünftige Aktionsfelder des IMARE haben sich Themenfelder herauskristallisiert:

Marine Physik und Sensorik (Sensorsystemen für Messplattformen für Wasser und Luft), Marinkultur (nachhaltige Fischerei),

Biodiagnostik (Biologischer Sensorsysteme),

Blaue Bioindustrie (Naturprodukte Bioindustrie)

MSN - Marine Strukturen und Nanomaterialien (Planktonbiomechanik und Bionik)

Abteilung MSN -Marine Strukturen und Nanomaterialien ⁽¹¹⁷⁾

Die Abteilung MSN eine Tochter IMARE gründete die in die AG „Planktonbiomechanik und Bionik“ Sie Befasst sich mit der Untersuchung und Umsetzung funktioneller Morphologie von Planktonorganismen bezüglich der Nutzung von Mikro- und Nanostrukturen für neue Leichtbauprodukte und Verbundwerkstoffe. Verschiedene Werkzeuge und Methoden aus der Biologie und Technik werden angewendet um biologische Strukturen zu analysieren, modifizieren und optimieren. Zielbranchen sind u. Automobilindustrie, Schiffsbau und Offshore-Industrie, Luft- und Raumfahrt, Architektur Design, Maschinenbau, digitale Identifikation, Bauingenieurwesen und der Medizintechnik. Derzeit werden besonders die Diatomeen *Arachnoidiscus*, *Asteromphalus*, *Actinopterychus*, *Thalassiosira* und *Fragilariopsis kerguelensis* sowie die Radiolarie *Clathrocorys* untersucht. Die Kombination aus schwebender Lebensweise und hoher Festigkeit gegenüber unterschiedlichen mechanischen Angriffen durch Zooplanktonorganismen erzeugte hoch effektive Leichtbauschalen. Die AG „Planktonbiomechanik und Bionik“ und das am AWI angesiedelte virtuelle Helmholtz-Institut Planktontech untersucht die biomechanischen Eigenschaften und die Evolution dieser Organismen. Die Arbeiten der AG wurden auf Messen und in Ausstellungen präsentiert: u.a. in Bremen, Berlin, in Jena und auf der Hannover Messe. Die AG beschäftigt acht Mitarbeiter aus diverse Branchen.

Anwendungsmöglichkeiten im technischen Bereich:

Um die Vielfalt der voroptimierten Strukturen von Planktonorganismen für den technischen Bereich nutzen zu können wurde am AWI das mehrfach ausgezeichnete Verfahren ELiSE (Evolutionary Light Structure Engineering) entwickelt. Dieses ermöglicht die schnelle Realisierung hoch effektiver technischer Leichtbaukonstruktionen nach dem Vorbild der Natur.

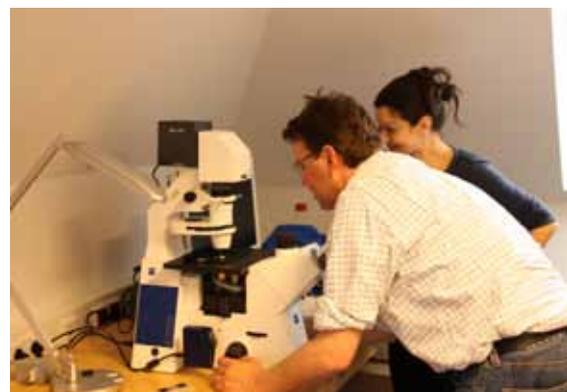
Forschungsziele MSN:

- die Evolution mariner Organismen
- Interaktionen von Räuber/Beute-Organismen
- Biomineralisation
- Materialforschung (Biokeramik)
- Biodiversität von Planktongemeinschaften.



Techniken MSN:

- Probenmaterial (radiolaria, diatomeen)
- Kulturen (Kern Spezies , typische Formen)
- Micromechanik (crash tests)
- Microscopy (LM, SEM, CLSM, TEM)
- Materialeigenschaften (nanoindentation, Kalkulation)
- CAD (Computer-Aided Design), 3D Modelle, 3D database
(SolidWorks, CATIA V5)
- FEA (Finite Element Analysis)
(NASTRAN, PATRAN, Marc / Mentat, HyperWorks, SFE concept)
- CFD (Computational Fluid Dynamics)
(OpenFOAM)
- Genetische Algorithmen, evolutionäre Strategien
- Rapid Prototyping (3D drucken)



SiO² Labor:

Forschungsergebnisse Materialismus

“Nur durch das Testen von Prototypen und realen Modellen können wir prüfen, ob Theorien wirklich funktionieren. Ein Biologe baut ein Modell eines einzelligen Organismus, um zu sehen, ob sie sich durch „Tensengrity“ stabilisiert. Engineering und Design schließen eine Reihe von einfachen und komplizierten Experimenten ein. Es unterliegt sowohl dem Trial-Error-Verfahren als auch der Optimierung.”⁽¹⁸⁾

Mit dem SiO²Lab wird eine Plattform entstehen, auf der in Versuchslaboren, Ausstellungen, Diskussionen, Vorträgen, Workshops und kleineren Werkstätten Transdisziplinarität geschaffen werden soll.

Mein Schwerpunkt lag hier auf dem praktischen Designprozess, eine Strukturanalyse anhand Scans und REM Aufnahmen um Diatomare und Radiolare Design Prinzipien festzustellen, zu ordnen und zu erforschen. Diese Strukturen zu testen und auch zu selektieren für Produktentwicklung. Für diese Arbeit gründete ich das SiO² Lab. Das SiO²Lab ist ein Praxis orientiertes Designlabor, eine Versuchswerkstatt das anhand des Prinzips der funktionellen Morphologie von Planktonorganismen, neue innovative Designansätze untersucht, testet und anwendet. Dieses „Hands on“ Prinzip bedeutet das Proben in high and low tech Verfahren hergestellt werden. Ein 3D- Print ist nicht immer gleich der endgültige Prototyp. Es kann sich etwa herausstellen, dass die Form weder in einer Kleinserie noch industriell hergestellt werden kann, weil das geeignete Material fehlt und überhaupt nicht in den Designprozess einbezogen wurde. Auch wenn mich die scheinbar grenzenlosen Kapazitäten der High-Tech Methoden faszinieren, ist es

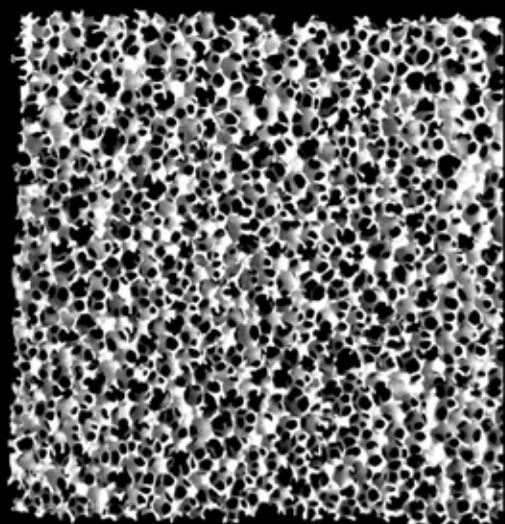
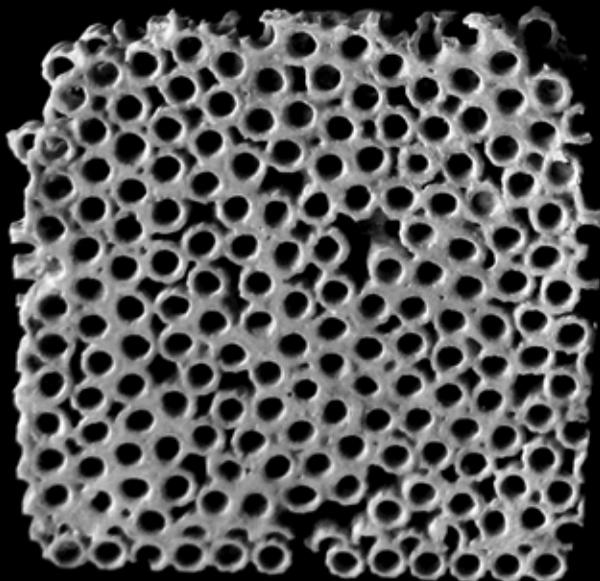
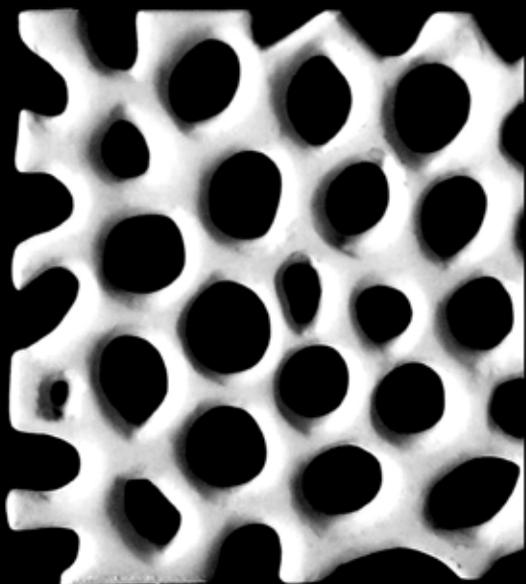
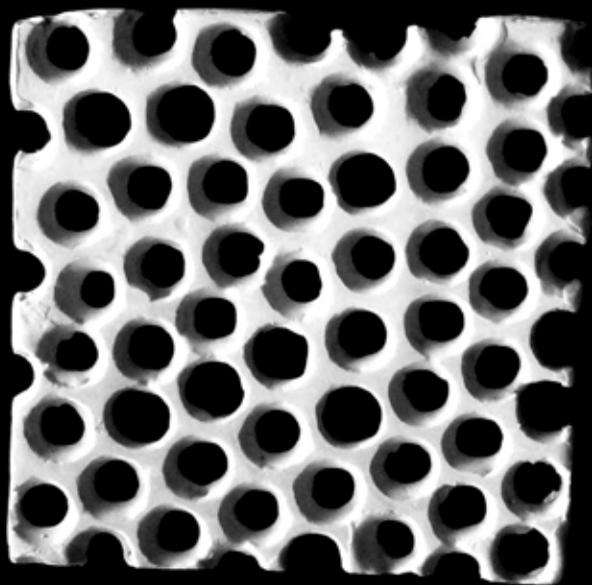
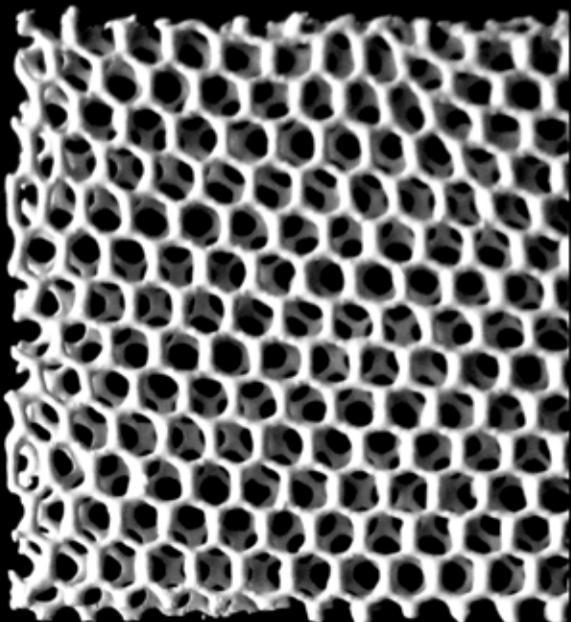
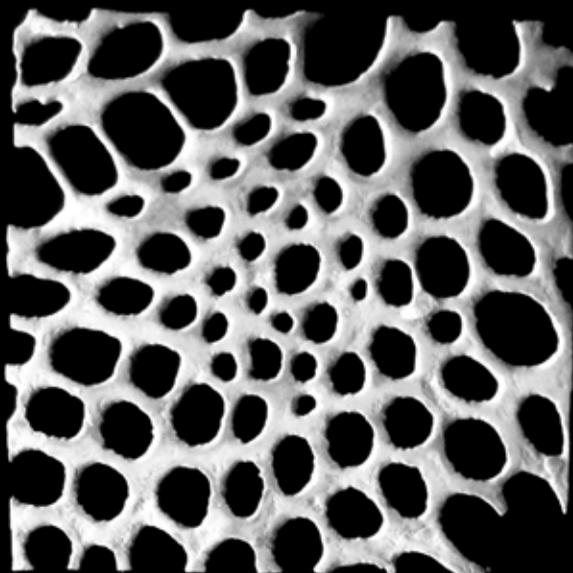
durchaus wichtig analoge Arbeitsweisen weiter zu verwenden. Mit diese Vielfalt an Verfahren erfindet man, anhand Proben, praktische und physische Analogien zu den mikroskopisch entdeckten Strukturen.

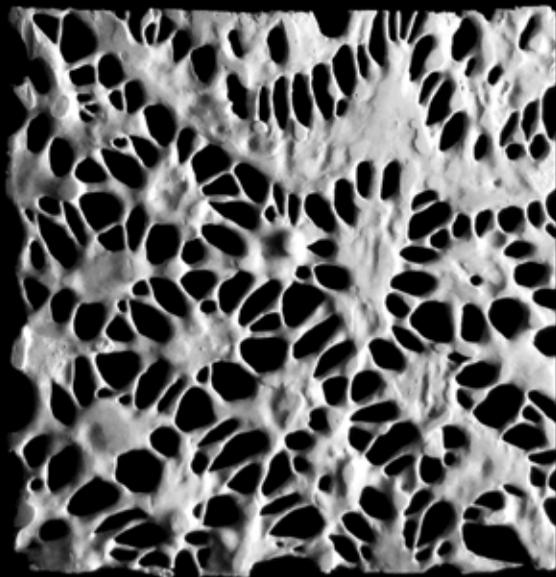
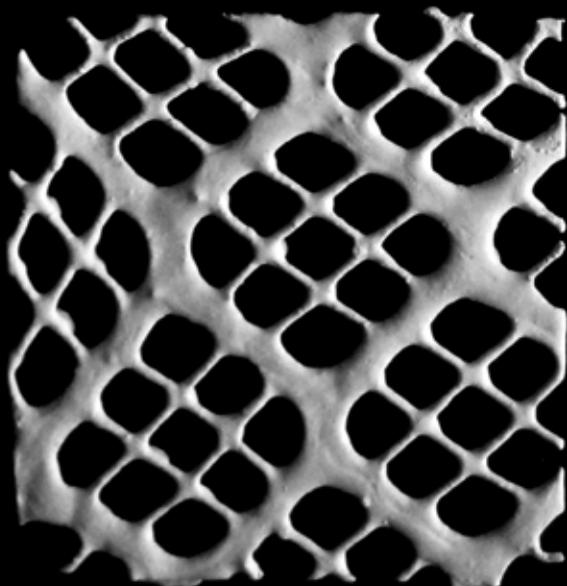
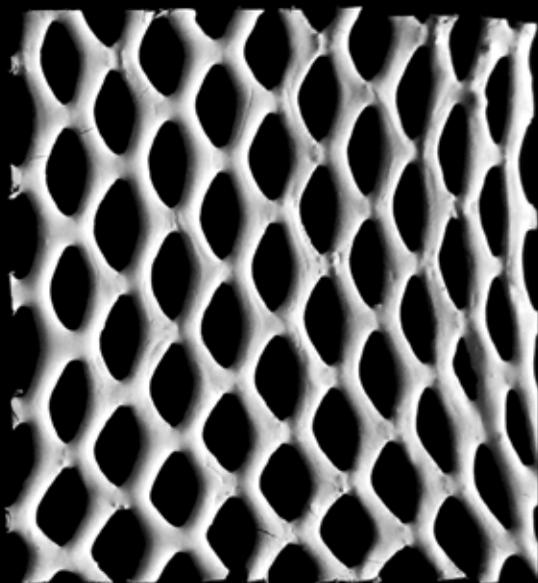
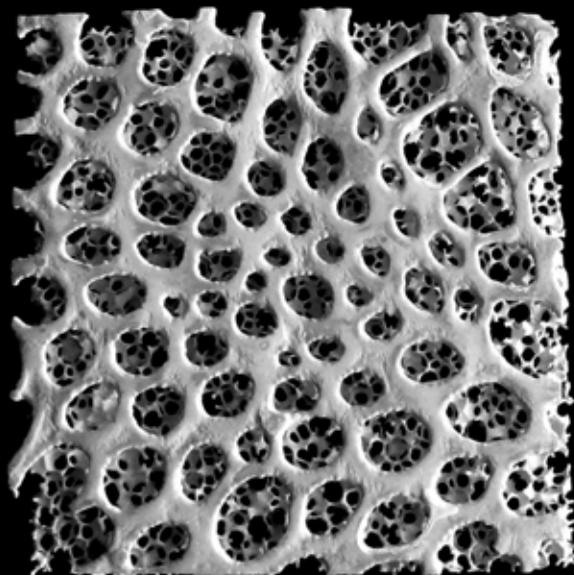
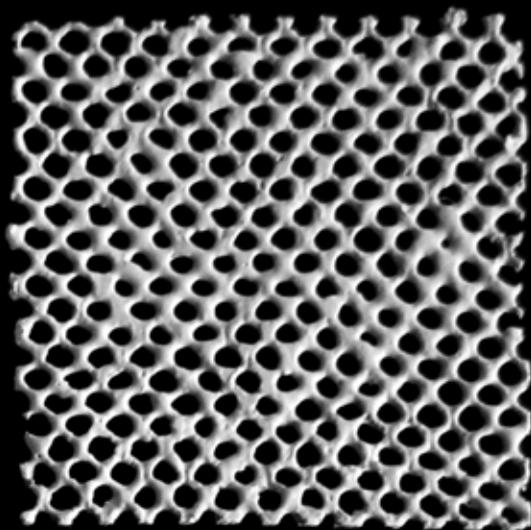
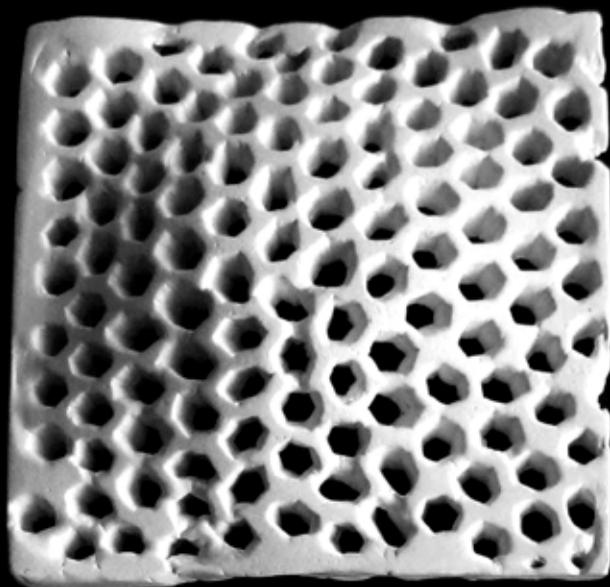
Ich hoffe, dass ich ein Verfahren entwickelt habe, dass die Wichtigkeit des Handwerks und der Materialforschung deutlich macht und berücksichtigt. Jedes Material hat unterschiedliche Eigenschaften, gegen die wir oder mit denen wir arbeiten können. Für mich scheint es evident, dass wir ein Design entwickelt sollten, in dem das Material einbezogen ist, in dem Entwürfe nicht unabhängig vom Material gemacht, sondern mit und aus den Materialien entwickelt werden. Nicht nur aus Ideen, sondern aus dem Material in Bezug auf die Planktonorganismen und ihre Funktionen können wir neue Strukturen entwickelt.

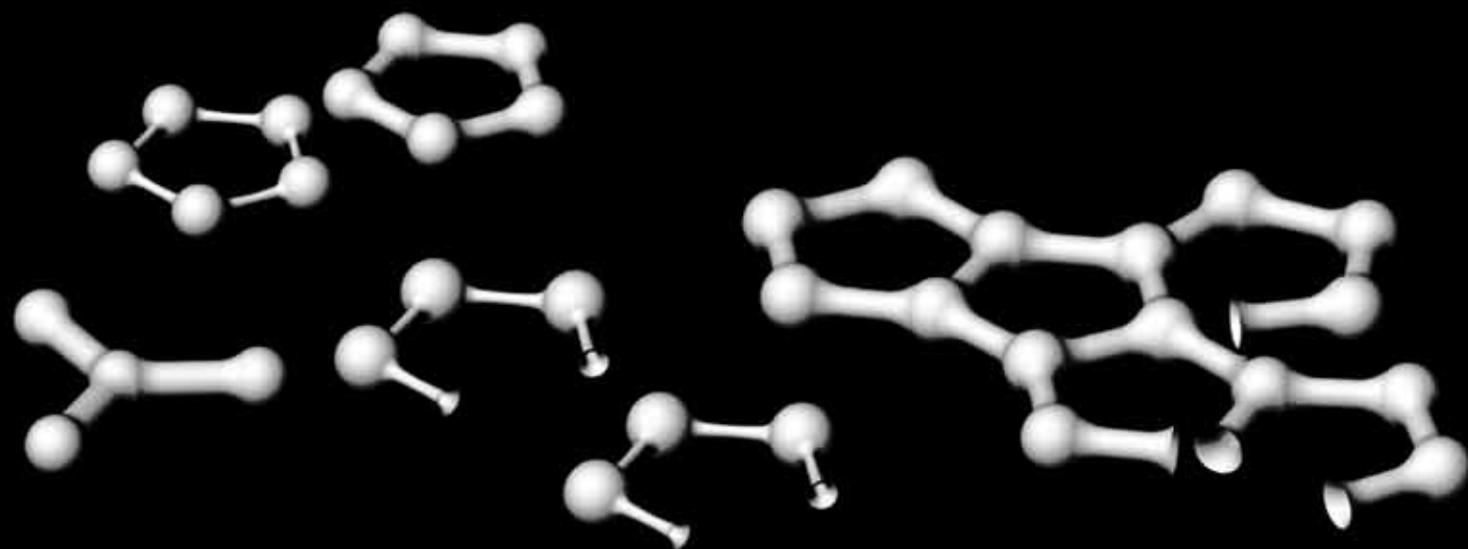
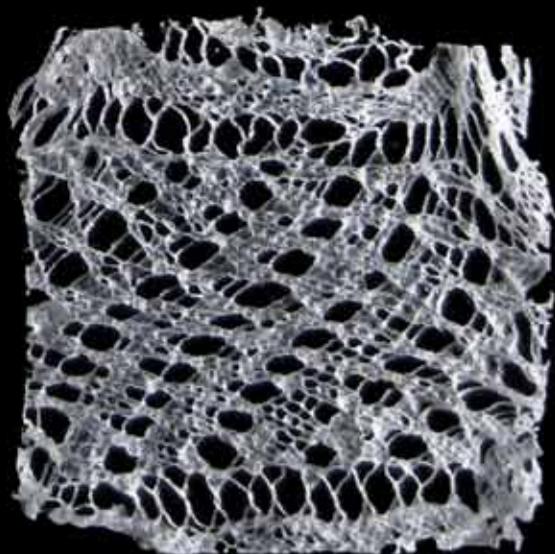
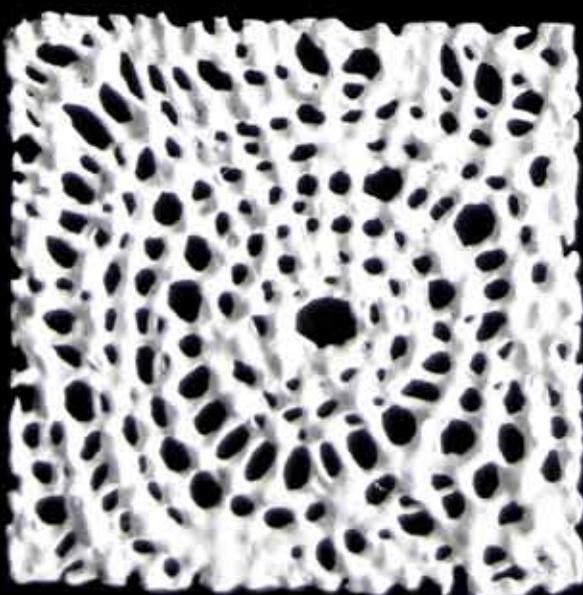
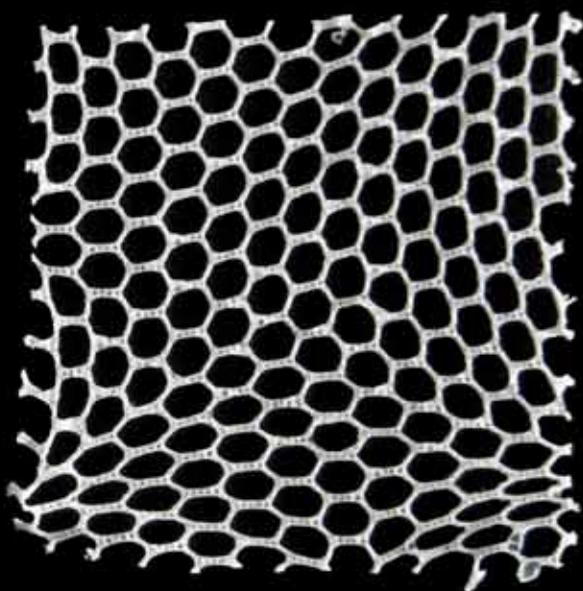
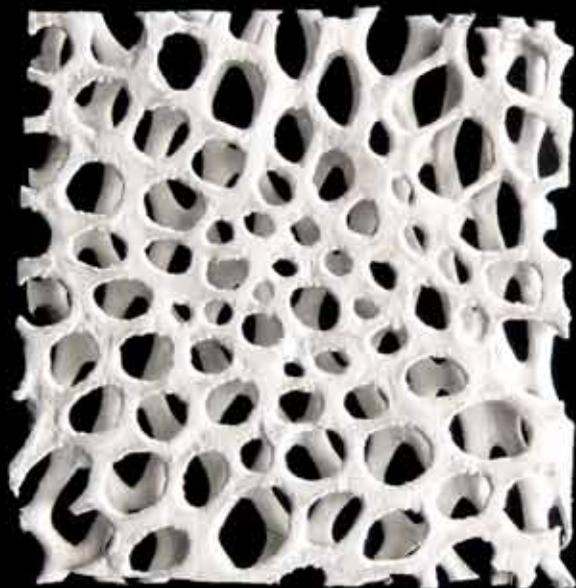
Auf den folgenden drei Seiten sieht man die Ergebnisse einer analog hergestellten Proben. Auf Seite vier stelle ich digital erstellte Proben und Systeme vor. Siehe Bildernachweis für Materialbeschreibung.

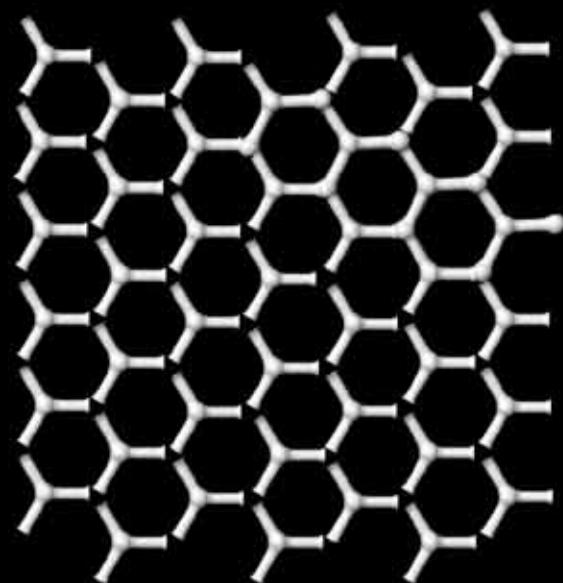
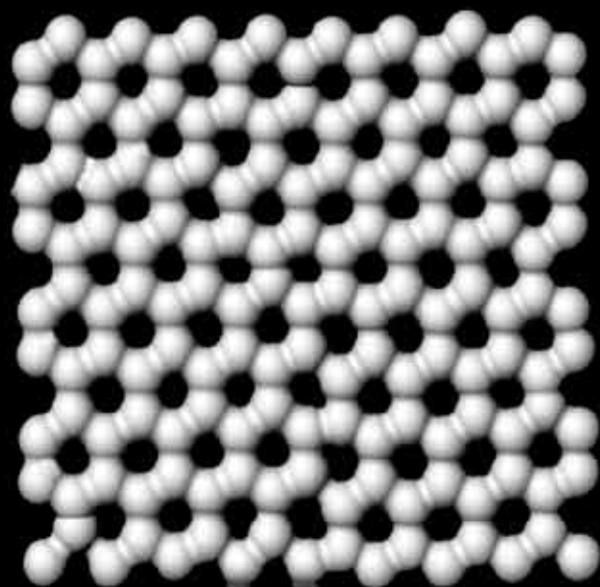
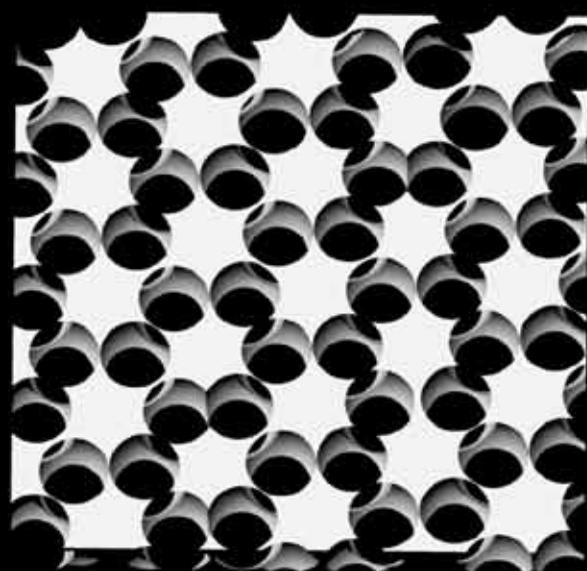
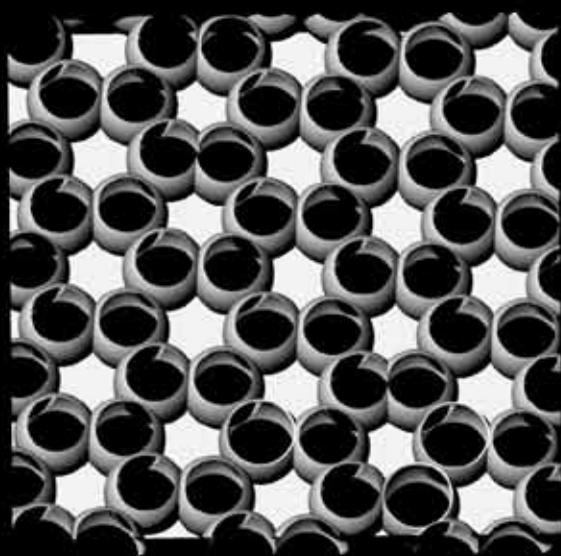
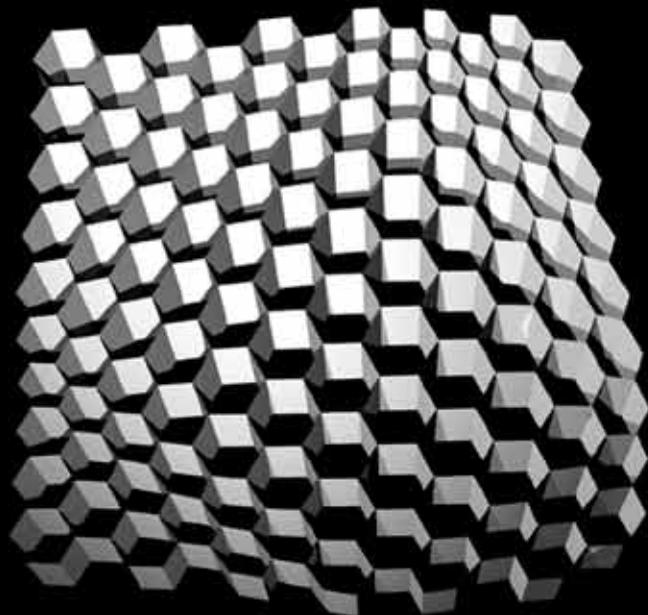
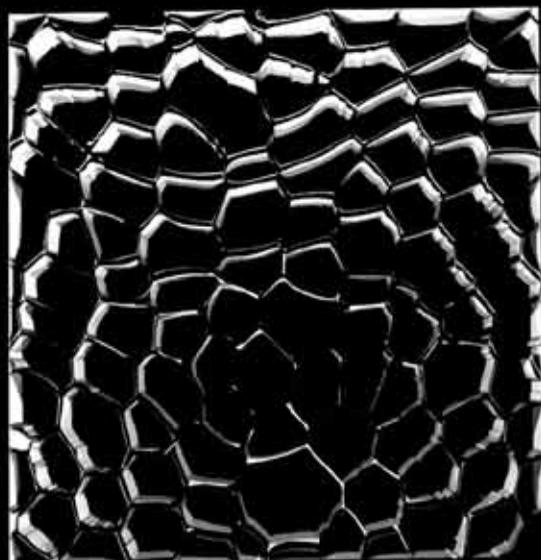
SiO² bionischen Ziele:

- Funktional
- Praktisch
- Zeitgemäß
- Konzeptionell
- Ästhetisch ansprechend
- Emotional
- Plastisch, expressiv, poetisch
- Ergonomisch
- Wirtschaftlich
- Ökologisch und nachhaltig
- Äußere Form entspricht der inneren Technik
- Attraktivität für Verbraucher
- keine bloßen Trendsetter

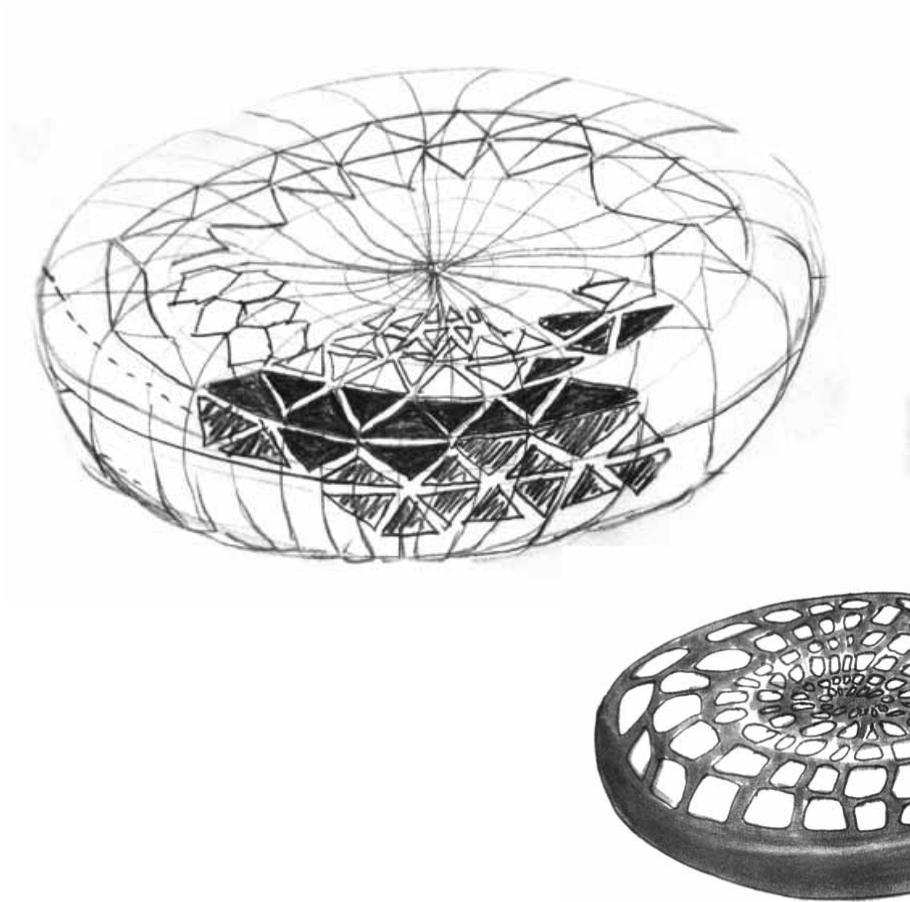






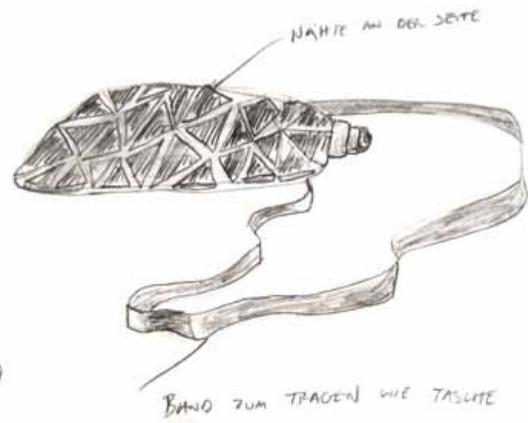
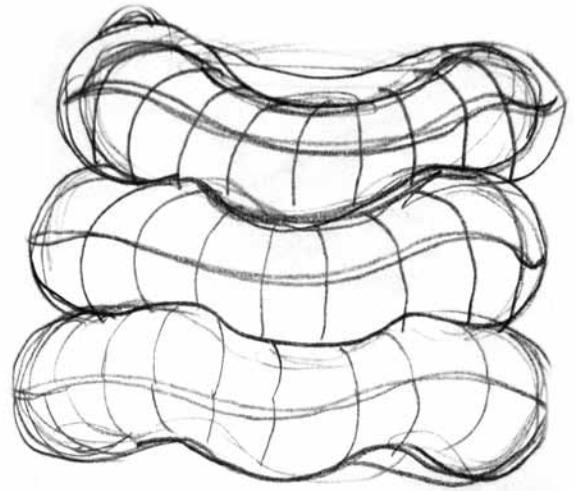
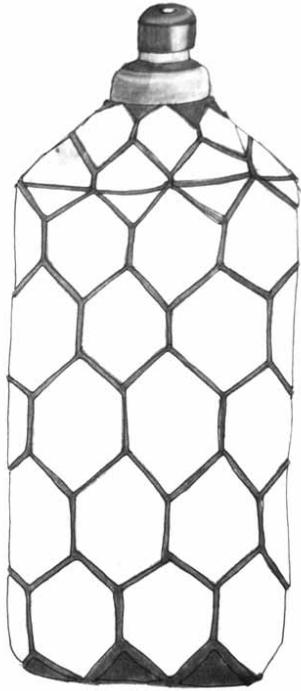


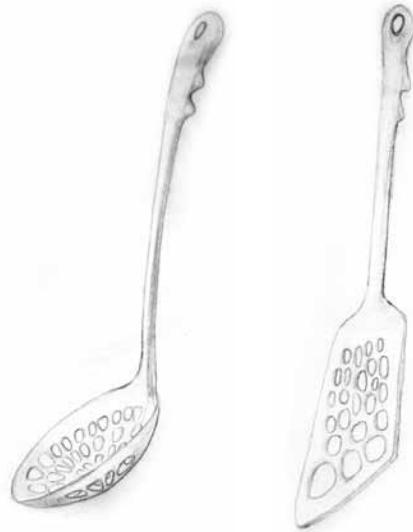
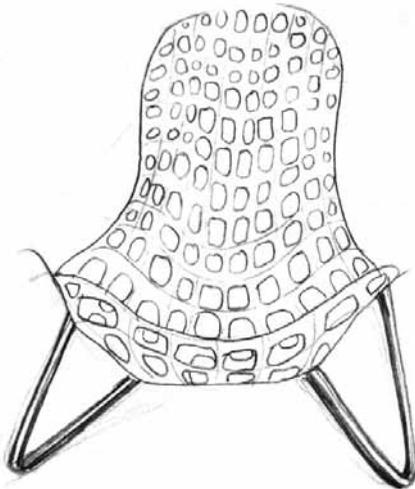
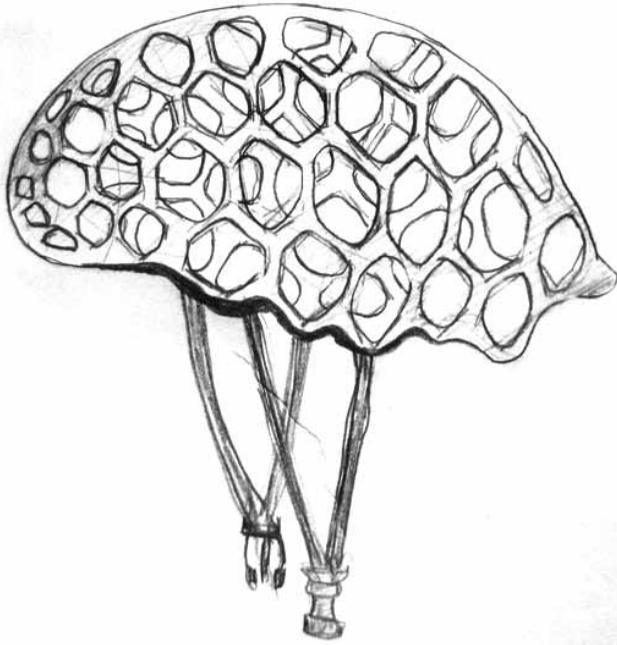
Produkt-Entwurfsskizzen



Form/Strukturen findung im Testlabor

Diese Material- oder Strukturprinzipien können dann auf verschiedene geeignete Produkte/Entwürfe übertragen werden. Proben wurden hergestellt mit verschiedenen geeigneten high/low-tech-Materialien und Verfahren. SiO₂ Lab arbeitet in Synchronizität mit den natürlichen Gesetzen der Physik, wie zum Beispiel mit der Schwerkraft, Erosion und Tektonik, und nutzt sie als „Formwerkzeuge“. Strukturen entstehen in denen Spannung, Armierung und Schwerkraft ein wesentliches Charakteristikum ist. Die Experimentier- und Testphase ist ein unverzichtbarer Teil des Arbeitsprozesses. Die „Funktion“ der Objekte entsteht synchron mit dem Arbeitsprozess; später können diese Verfahren für neue Produkte angewendet werden. Entstanden sind die ersten samples einer Probenbibliothek. Auch eine Reihe Entwürfe sind im Formfindungsprozess entstanden.









AUSSTELLUNGS- KONZEPT

Idee einer Ausstellung

Nachdem ich die gesamte Bandbreite der Diatomeenwelt kennengelernt hatte, wollte ich die Faszination an andere weitergeben und habe mich somit entschlossen, eine Ausstellung über das Thema zu gestalten. Da ich mich im theoretischen Teil dieser Arbeit intensiv mit dem Thema auseinandergesetzt habe, fiel es mir schwer mich auf einen Teilaspekt im Design zu beschränken. Die Vielfalt und die Möglichkeiten der Diatomeen und Radiolarien sind nur schwer in einer Produktserie festzuhalten.

Während meiner Arbeit bin ich immer wieder auf den Namen Dr. Christan Hamm gestoßen, der am Institut IMARE beschäftigt ist. Bei einem Telefonat mit Dr. C. Hamm, wurde ich zum AWI Institut in Bremerhaven eingeladen. Unser Treffen wurde auf Video aufgenommen. Es stellte sich heraus, dass wir sehr ähnliche Vorstellungen von einer Datenbank für Materialstruktur hatten. Allerdings stellten wir auch fest, dass unsere Verwendung dieser Datenbank unterschiedlich wäre. Diese unterschiedlichen Zugänge könnten sehr fruchtbar für eine gemeinsame Arbeit sein und deshalb haben wir beschlossen, in Kontakt zu bleiben und uns nach meiner Diplomarbeit wieder zu treffen. Durch Zufall hat das Institut eine Ausstellung über Planktonbiomechanik für das Jahr 2012 geplant.

Mit meinem Ausstellungsentwurf hoffe ich, eine transdisziplinäre Plattform zu schaffen, die die Vielfalt, Schönheit und Funktionsprinzipien von Zoo- und Phytoplankton vorstellt und ihre Anwendung im Bereich Bionik, Engineering, Design, Architektur und Kunst präsentiert. Im ersten Schritt habe ich hierzu ein inhaltliches Konzept erarbeitet.



Ausstellungskonzept:

Planktondesign - Diatomeen und Radiolarien als Innovation

Thema der Arbeit: Konzeption und Entwurf der Ausstellung

Kooperationspartner: Dr. Christian Hamm von IMARE

Grundlagenermittlung- Ausstellungsinhalt:

Hinter den Kulissen des Alltags gibt es eine parallele Welt - eine mikroskopisch kleine Welt - die uns und unsere Umgebung in ihrem Aufbau konstruiert.

Der Einfluss der Mikrotechnologie ist heute in vielen Gebieten Entwicklung offensichtlich. Seit dem 17. Jh. wurden, einhergehend mit der Entwicklung neuer Technologien, immer wieder versteckte Welten aufgedeckt. Durch diese Erweiterung unseres Sehvermögens ist unser Bewusstsein von Mikrostrukturen und unsere materiellen Wahrnehmung erweitert worden. Mit Hilfe der Bionik, lernen wir von der Natur, in dem wir sie beobachten und versuchen unser Verständnis von ihren Funktionen und Strukturen auszubauen. Die Untersuchung und Wahrnehmung der Natur ist seit Jahrhunderten eine unerschöpfliche Inspirationsquelle für Gestalter, Architekten und Ingenieure. Die Natur ist sowohl ein Vorbild für die Technik wie auch die Ästhetik, so zeigte sich ihr vielfältiger Formensinn beispielsweise im Jugendstil. Aber auch die Notwendigkeit für uns als Menschen zu erkennen, das es noch Potential und Verbesserung in unseren Designansätzen gibt, ist in der heutigen Zeit wichtig, um unsere gestaltete Umwelt in ihren Funktionen zu optimieren.

Wie und was können wir von unserer hochentwickelten natürlichen Umwelt lernen, um nachhaltige evolutionäre Methoden, Materialien, Strukturen und Systeme zu entwickeln? Die Wanderausstellung Planktondesign-Diatomeen und Radiolarien als Innovation wird genau diese Fragen stellen und eine Präsentationsplattform für Kunst, Design, Technik, Handwerk und Wissenschaft schaffen, die sich mit Natur auseinandersetzt und sie als evolutionäre Konstruktions- Bibliothek erkennt. Die Ausstellung soll eine Transdisziplinarität zwischen Wissenschaft, Kunst, Design und Handwerk schaffen. Hierfür werden jeweils die Prozesse, Problemlösungen und Innovationen der verschiedenen Disziplinen zusammengestellt und thematische Verknüpfungen geschaffen. Das verbindende Element zwischen den verschiedenen Arbeiten werden die Strukturanalogien der verschiedene Objekte sein. Darüber hinaus soll in der Ausstellung zum Dialog mit verschiedenen Fachleuten angeregt werden.

Kernaussagen- Absichten und Zieldefinition:

Das Ziel der Ausstellung ist die funktionelle Morphologie der Diatomeen und Radiolarien (Einzellige Mikroplankton) zu zeigen. Hierfür wird dem Besucher erläutert, wie die Planktonorganismen als Designansatz verwendet werden. Ihre Strukturen und Funktionen werden als Innovations- und sogar als Konstruktionsblaupause vorgestellt. Es wird vermittelt, dass Diatomeen und Radiolarien nicht nur durch ihre Schönheit bestechen, sondern zugleich Meisterwerke des Engineerings und der statischen Leichtbaukonstruktionen sind. Die vom Menschen als ästhetisch empfundenen Formen sind oft sinnvolle, über Jahrtausende optimierte Evolutionsprodukte, die nicht selten wie von Mensch oder Maschine geschaffen aussehen. Deshalb werden in der Ausstellung Planktondesign- Diatomeen und Radiolarien als Innovation unterschiedliche designrelevante Ansätze, Methoden und Innovationen aufgezeigt. Es werden Mikro Planktonstrukturen, mit Hilfe von technischen Geräten vergrößert und für den Besucher im Alltag sichtbar gemacht. Der Besucher kann sich von diesen Formen und Methoden inspirieren lassen und sie sogar im angeschlossenen Labor mitwirkend gestalten. Das Publikum ist aufgefordert in den verschiedenen Zonen die unterschiedlichen inhaltlichen Schwerpunkte zu entdecken. Um den Besucher aktiv einzubinden, werden die Entwicklungen und Entdeckungen der Design- und Bionikforschung in hands-on-Stationen präsentiert. Die Ausstellung soll dem Publikum die Begeisterung für Planktonstrukturen vermitteln.

Aussicht- Konzept und Ziel

Momentan ist diese Ausstellung noch fiktiv, aber es gibt Pläne der Abteilung MSN des „IMARE“ (Institut für Marine Ressourcen GmbH) am Alfred Wegener Institut für Meeresforschung eine Ausstellung über Meeresplankton 2012 zu realisieren.

Dieses Konzept wird von mir eigenständig ausgearbeitet, könnte aber in einer späteren Phase mit der IMARE überarbeitet werden und so eine Zusammenarbeit für eine Realisationsplanung entstehen. Ich konzipiere diese Ausstellung als Wanderausstellung, da sie an unterschiedlichen Orten gezeigt werden soll. Der erste geplante Ausstellungsort wird im Herbst 2012 das BCC (Berlin Congress Center) am Alexanderplatz sein.

Bedarf, Interesse und Positionierung: Um den Bedarf und die Positionierung der Ausstellung zu ermitteln, stellen sich folgende Fragen: Was ist der Grundtenor der Aussage, die über Planktondesign getroffen werden soll? Was sind die Interessen von IMARE? Welche Besucher wollen wir anlocken und was wird sie am meisten interessieren? Was wollen wir bei den Besuchern erreichen? Wie kann man den Besucher animieren kritisch über die Inhalte nachzudenken? Soll er sich amüsieren? Soll er durch die Ausstellung einen neuen Zugang zu Bionik finden?

In der Design- und Architekturfachliteratur kann man einen eindeutigen Trend zum neugeborenen Interesse an der kritischen Untersuchung unseren Lebensumstände feststellen. Auch die Faszination der Zeichnungen Ernst Heckels wurden von vielen in den letzten Jahren wiederentdeckt. Desweiteren lässt eine Explosion an zellartige Möbel, Emergenzstrukturen, Morphogenetic Wandelemente und algorithmische Lampen auf eine aufgeflamte Neugierde der Wissenschaften hin. Das Sehnen nach Neuem, zeigt eine mögliche Wende zu einem holistischen, interdisziplinären, verbesserten und vor allem sinnvolle Design auf. Deshalb möchte ich mit dieser Ausstellung ein breites Publikum auf das Thema der Planktondesigns aufmerksam machen. Diese Ausstellung wird einen zeitgemäßen Schritt in dieser Richtung zeigen, in der Funktion zur Ästhetik und Material zum Werk wird. Darüber hinaus wird sie deutlich machen, dass das Überleben der Menschheit und die Umwelt in unserer heutigen Zeit unzertrennbar miteinander verwoben sind. Im Vergleich zu der Ausstellung Diatomeen Formensinn (2010) in Jena und der Bionik Ausstellung im Brandenburger Tor Stiftung, wird Planktondesign-Diatomeen und Radiolarien als Innovation tiefer in die Inhalte einsteigen, den Besucher mit Hands-on-Elementen einbinden und vor allem einen transdisziplinären Ansatz verfolgen. Mit den zusätzlichen Begleitprogrammangeboten an den Schnittstelle zwischen Kunst, Design und Naturwissenschaft wird den Besucher eine eigenständige Vertiefung und Networking durch Seminare, Workshops, Vorträge und einen online Blog ermöglicht.

Stand der Forschung: Die Entwicklung durch neue Software und Technik verändert so rasant, dass in regelmäßigen Abständen Konferenzen, Artikel und Ausstellung stattfinden müssen. Die Abteilung IMARE am AWI wird als Hauptaussteller ihre neuesten Forschungen und Erkenntnisse zeigen.

Quellen: Da mich schon länger das Thema interessiert, habe ich über die Jahre themenverwandte Informationen und Material gesammelt. Die Hauptquellen der Ausstellung sind Informationen und Bildmaterial aus Büchern, Dokumentarfilmen, Interviews, Ausstellungen, wissenschaftliche Arbeiten verschiedener Biologen, Designer und Bioniker. Die Forschungsergebnisse entstanden an der TU Berlin (Abteilung Zelmi), Uni Potsdam Abteilung, Geoforschungsinstitut Potsdam und IMARE (Abteilung MSN) am Meeresforschungsinstitut AWI.

Information: Die Kerninformationen der Ausstellung werden über einen Audioguide vermittelt. Über die beschriftete Informationsflächen wie Wände und Räume hinaus, wird es verschiedene mediale Vermittlungen in Form von Film und Ton innerhalb der einzelnen Themeninseln geben. Ein Kurzführer als Karte (Faltplan) wird am Eingang verteilt.

Objektlage: Die Objektlage ist sehr vielseitig, es wird Multimediainstallationen, Designprodukte, Skulpturen, biologische und geologische Proben, Gemälde und Infoiseln geben. Die Ausstellungsstücke reichen von großen begehbaren Skulpturen bis hin zu mikroskopisch kleinen Präparate.

Zielgruppenbestimmung: Da es sich um ein sehr vielseitiges Thema handelt wird auch die Zielgruppe ähnlich weit gefächert sein. Sie umfasst: Erfinder, Designer, Ingenieure, Handwerker, Architekten, Biologen, Botaniker, Bioniker, Umweltaktivisten, Naturfreunde, Wissenschaftler, Hersteller aus der Industrie und Schüler. Die Ausstellung soll auch das Mainstream Publikum anlocken und vor allem Menschen neugierig machen, die sich für Natur, Design oder Bionik interessieren. Da die Ausstellung im BCC sehr zentral gelegen ist, kann ein großer Strom an Laufpublikum (Shopper oder Touristen), die sich am Alexanderplatz oder im Alexa aufhalten angelockt werden.

Pädagogik: Die Ausstellung soll vor allem das Publikum informieren, sie soll inspirieren und Staunen auslösen. Parallel zur Ausstellung soll ein Workshop-Labor entstehen. Das SiO₂Lab soll eine Plattform schaffen auf der eine Atmosphäre der Experimentierfreudigkeit und Erfindung herrschen soll. Das Labor ist eine Experimentierwiese für Fachleute aus verschiedenen Bereiche, Schulklassen, Firmen und Vereine. Im SiO₂ Lab werden freie Designexperimente, mit Hilfe von Zeichnungen, Modellbau, rapid Prototyping und Materialproben durchgeführt. Workshops, in Form von Demonstrationen und Kurse werden über 4 Wochen regelmäßig stattfinden. Es wird ein Ort sein, an dem man sich in Netzwerken über Vorkenntnisse, Erfahrungen, Erfolge und Misserfolge austauschen kann.

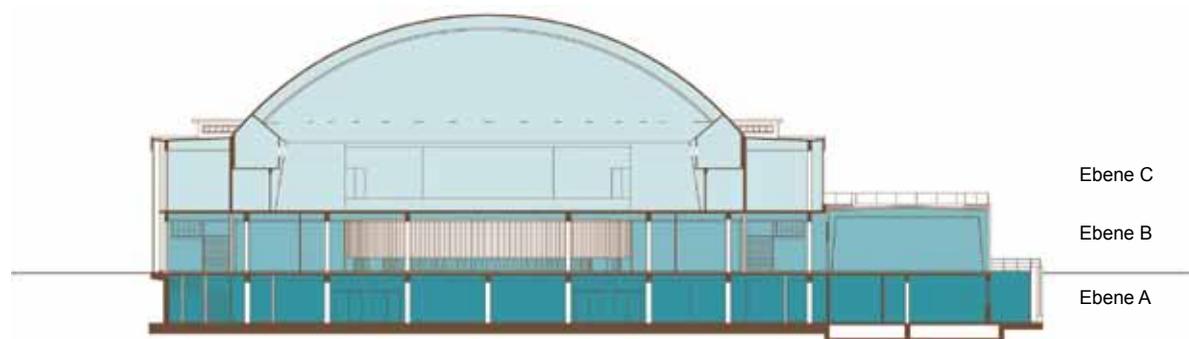
Budget: Ein Budget steht für das dieses Projekt noch nicht zur Verfügung. Das fertigen Konzept wird erst nach der Diplompräsentation dem IMARE Institut vorgestellt. Für eine Umsetzung werden später noch zusätzliche Kooperationspartner und Sponsoren gesucht. Somit werde ich mich in der Konzeptionsphase nicht durch die Budgetüberlegungen einschränken lassen, versuche aber realistische Vorbedingungen zu beachten. Dies erlaubt eine freie Raumgestaltung, die erst im Realisationskonzept dem eigentlichen Budget angepasst werden.

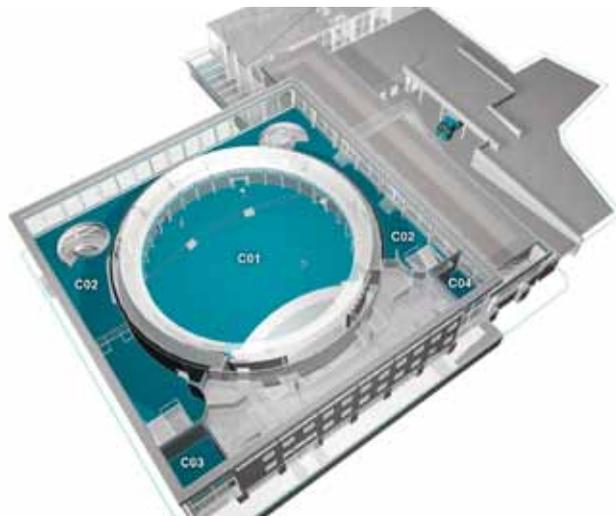
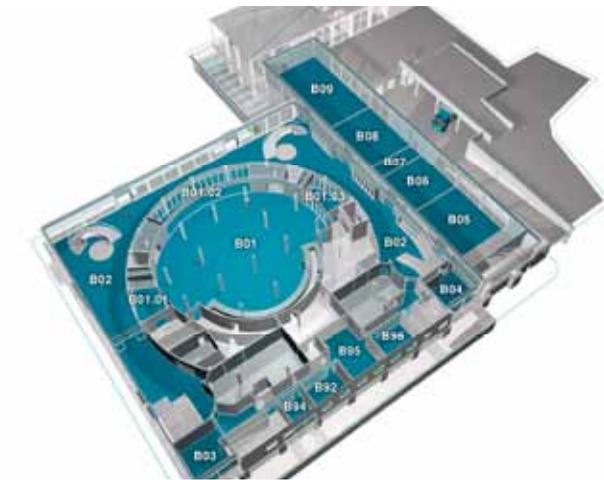
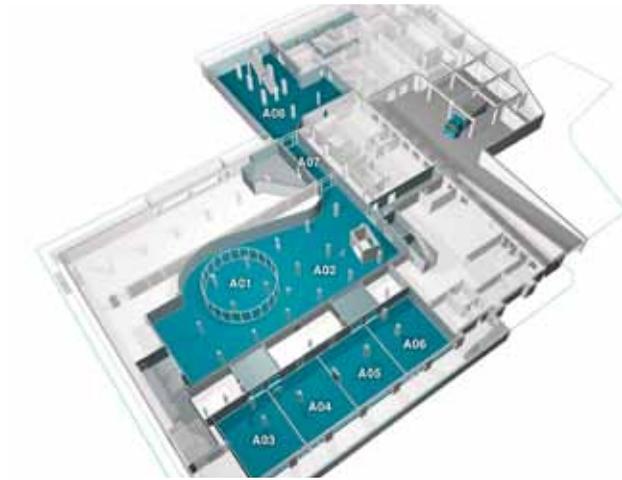
Mobilitätskonzept: Da die Ausstellung als Wanderausstellung konzipiert wird, soll sie durch verschiedene bewegliche Elementen flexibel, erweiterbar, leicht auf- und abbaubar, so wie transportfähig sein. Der Strom der Besucher, die sich durch die Zonen der Ausstellung bewegen, folgt keinem chronologischen Ablauf. Die einzelnen Themen werden in synergetischen Gruppen zusammengesetzt. Sie könne von den Besuchern in unterschiedlicher Reihenfolge angelaufen werden und ergeben dennoch immer eine Sinneinheit. Die Synergien der Themen und Zonen sollte aber für ein neuen Aufbau so gut wie möglich berücksichtigt werden. Die Ausstellung wird so gestaltet, dass sie auch an anderen Orten, in verschiedener Zusammensetzung funktionieren kann.

Räumliche Gegebenheiten BCC: Das Gebäude wurde 1964 vom Bauhaus Architekt Hermann Henselmann errichtet. Die Architektur ist die Zeit der Nachkriegsmoderne zugewiesen. Die Platzierung des Gebäudes ist optimal gelegen, da sehr zentral und leicht erreichbar. Die ausgewählten Räumlichkeiten sind die Ebene A im Untergeschoss mit 1.486 m² und die Ebene B im Erdgeschoss mit 2.126 m² (Eingangsebene). Die Räumlichkeiten des BCC sind ideal für mobile Wanderausstellung geeignet, da die vorhandenen mobilen Trennwände eine flexible Raumkombinationen auf 10.000 m² Fläche erlauben.⁽¹¹⁹⁾ Durch die Rundungen, Flexibilität und Flächen der Räumlichkeiten ist für alle Zonen der Ausstellung, wie Seminare, Vorträge, Workshops, Café/Bar und Shop gesorgt. Die Form des zukunftsweisende Bau passt zum Thema und Look der Ausstellung. Die Kuppel und der umliegende Bau erinnert sehr an ein Diatom im Kasten, dieses ist eine zusätzliche Analogie zur Ausstellung.

Umgang mit dem Raum: Da die Außenfassade an sich schon beeindruckend ist, soll das Gebäude von Außen nicht baulich verändert werden, dennoch kann ich mir eine Videoprojektion mit Moiré-Effekt auf den unteren Fenster des Gebäudes für nachts vorstellen, die die Bewegung und Überlagerung von Diatomeen simuliert. Auf den Vorplatz wird mit Fahnen im C.I der Ausstellung aufmerksam gemacht. Da der Raum sehr offen gestaltet ist und die Decke nur durch Säulen getragen wird bleibt viel Spielraum, um darin frei zu gestalten. Eine Besonderheit bietet die rund verschließbare Sonderfläche auf der Ebene B dar. Die Raume der Sonderfläche gegenüberliegend eignen sich gut für Workshops des SiO² Lab.

Rahmenbedingungen, Denkmalschutz: Das BCC steht unter strengen Denkmalschutz, Farbänderungen und Befestigungen und jegliche Bauveränderungen müssen genehmigt werden. Dadurch empfiehlt es sich möglichst gebäudeunabhängig mit freistehenden Elementen zu planen.





Themen

Raum

Zonen

A

Eingang

Eingangsbereich und Marktplatz

B 01.01

B 08

B 01

B01.02

B01.03

1A Infostand/Ticketverkauf

2A Garderobe

3A Café/Bar:

4A Lounge:

5A Shop

B

Plasmadynamik

Naturgesetze des Wachstums

C 01

C 02

C 01 / C 02

C 01 / C02

B 01

1B Mikroplankton

2B Meeresbiologie

3B Geologie &
Mikropaläontologie

4B Klima und Alltag

5B Evolutionsmorphologie

C

Zeitzeugen

Entdecker und Liebhaber der

Diatomeen und Radiolarien

C 01

C 01

C 01

C 01

1C Kuriositätenkabinett

2C Möller

3C Ehrenberg und andere
Liebhaber

4C Haeckels „Kunstfor-
men der Natur“

D

Naturstruktur als Muse

Einfluss der Naturmodellen auf die
Kunst

Jugendstil bis zur Moderne

C 01

C 01

C 01

1D Jugendstil

2D Gaudi, Binnet und
Blaschka

3D Moderne

E

Lost in Space

Vorbild Mikrokosmos von der

Moderne zur Space Age

C 01

C 01

C 01

1E Moderne

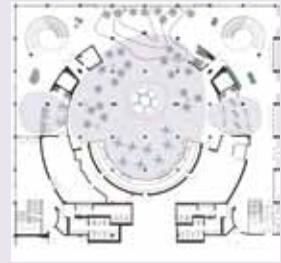
2E Space Age

3E Entwurf

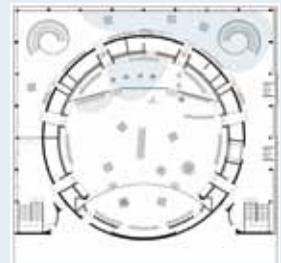
Präsentationsziel

Einladende Atmosphäre,
Neugierde wecken, Verweilort schaffen, Kontemplation,
Orientierung und Informationen

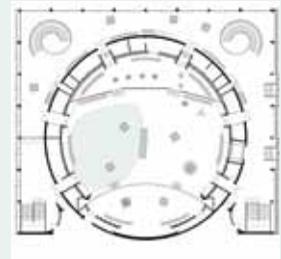
Zonenplan



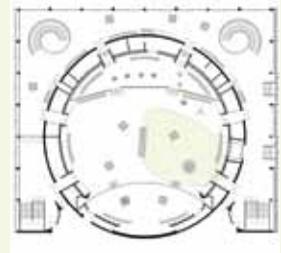
Vorstellung Mikroplankton
Einleitung und Überblick,
Forschungsgebiete sollen erlebbar gemacht werden.
Informationsvermittlung über Klima und Plankton im Alltag
Besucher Feedback



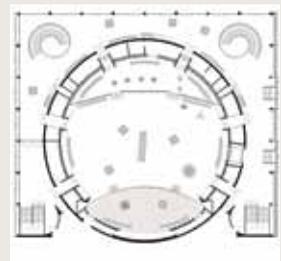
Biografien der Entdecker und Liebhaber der Diatomeen
und Radiolarien: Darwin, Möller, Ehrenberg und Haeckel
Geschichte der Mikroskopie
Schönheit der Diatomeen: Staunen, Dokumentieren,
Bewunderung und Festhalten



Naturästhetik und Naturdesign vom Jugendstil bis zur
Moderne, Wachstum als Inspirationsquelle und
Gestaltungsprinzip, Methoden und Ansätze aus Kunst,
Design, Photographie und Architektur



Vorstellung Architektur und Designmethoden
Ansporn zum selbstgestalten



Themen

Raum

Zonen

F

Biodynamische Naturmodelle

Naturstrukturen, visualisierte
Energien und Strukturenanalogien

B 02
B 02.01
B 02

1F **Muster und Struktur**
2F **Cluster**
3F **Designstrukturen**

G

Smart Structures

Intelligente Bio-Strukturen und
Materialien

C 02
C 0 2
C 01

1G **Analogien/ Bisoziation**
2G **Smart Strukturen und
Materialien**
3G **Ultra Stark
Super leicht**

H

The future is now

Planktonbiomechanik

C 01
C 01
C 01

1H **Bionik**
2H **IMARE**
3H **Future Design**

I

Sio² Labor

Maker Lab. und Ausstellung

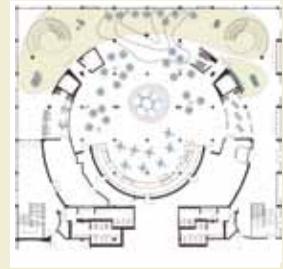
A 01 / A 02
A 03
A 04 / A 05
A 06

1I **Ausstellung SiO₂ Lab**
2I **SiO₂ Archiv**
3I **Maker Lab.
SiO₂ Buro**

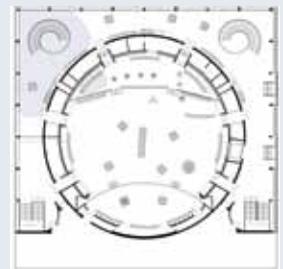
Präsentationsziel

Vorstellung der Ästhetik
Übernahme der ästhetischen Strukturen als Designansatz
Strukturen in größerem Maßstab erlebbar machen

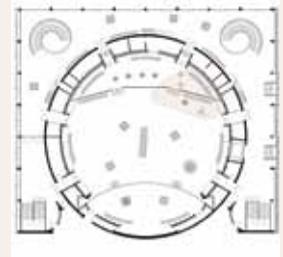
Zonenplan



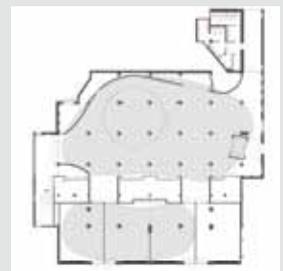
Vorstellung Architektur und Designmethoden



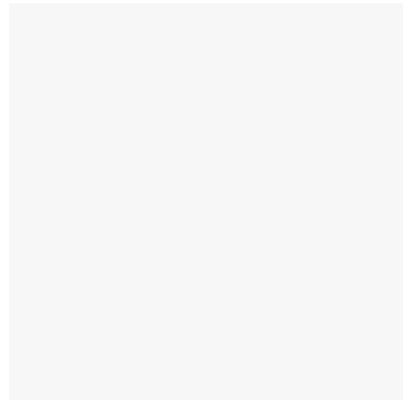
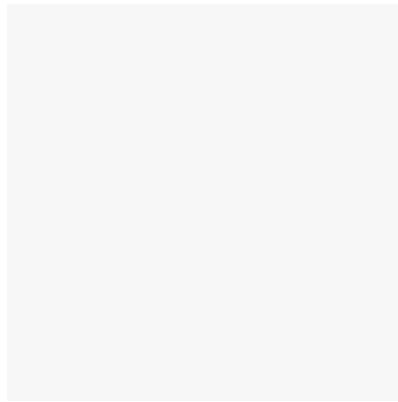
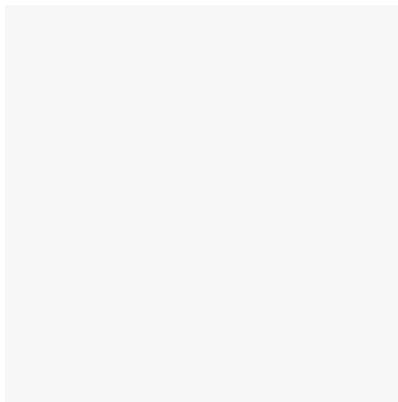
Präsentation von Diatomeen und Radiolarien als
zeitgenössisches Vorbild
Information und Hintergrunderklärung Bionik,
Planktonmorphologie,
Blick in zukunftsweisende Methoden



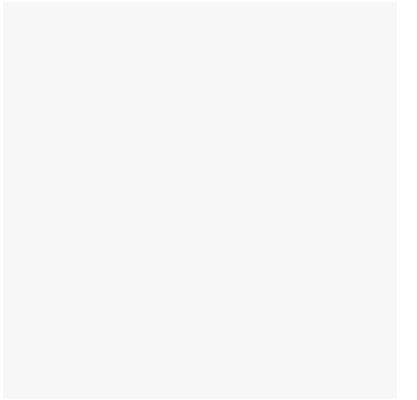
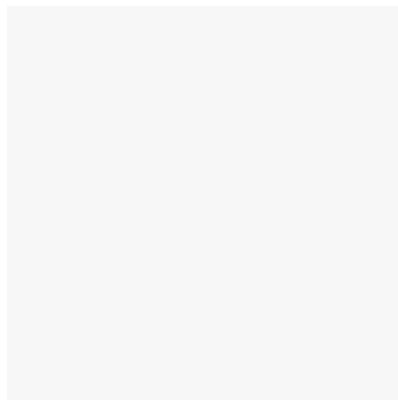
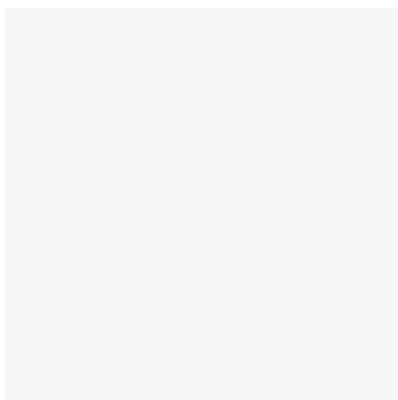
Work-in-Progress Ausstellung mit Versuchslabor,
Werkstatt, Arbeitsplatz für Forschungsinteressierte
Vorträge, Workshops und Kurse



ZONEN



MOODBOARDS



Zone/Thema/ Raum

Zone: 1A

Infostand /Ticketverkauf

Zone: 2A

Garderobe

Thema: A

Eingangsbereich & Marktplatz

Raum: B 01.01

Idee

Hier werden Ausstellungstickets verkauft, Informationen verteilt (Faltpläne) und Audioguides ausgeliehen.

Exponat/Installation

Tresen, Faltplanständer, Sitze, Kasse, Audioigide- und Ladestation. Tresen und Garderobe.

Zone: 3A

Café/Bar

Thema: A

Eingangsbereich & Marktplatz

Raum: B 01

Das Café wird tagsüber geöffnet sein und ein kleines Menü anbieten. Angeboten werden Drinks, Café, Kuchen, Suppen und Sandwiches.

Die Bar wird zur Vernissage, Finissage und an Vortragsabenden geöffnet sein. Sie wird leichte Snacks und Getränke verkaufen, ausschenken und servieren.

Illuminierter Tresen, Tische und Stühle, Kasse und Mini Küche in weiß gehalten.

Zone: 5A

Shop

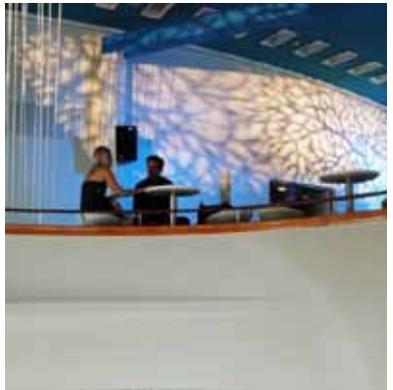
Thema: A

Eingangsbereich & Marktplatz

Raum: B 01.02

Der Shop wird sehr vielseitig, ähnlich wie bei einem Museumsshop (Design/ Kunstmuseum). Er soll ein hochwertiges, aber vielseitiges Sortiment anbieten. Im Sortiment sind Bücher, Zeitschriften, Fotos, Zeichnungen, Siebdrucke, Plakate, Postkarten, Accessoires/Souvenirs, Schmuck, Kleinmöbel, Lampen und Designobjekte aus der Ausstellung.

Regalsystem und Podeste für Produkte und Bücher



Zone/Thema/ Raum

Zone: 3B

Geologie

Thema: B Plasmadynamik

Naturgesetze des Wachstums

Raum: C 01

Idee

Der Verbrauch und die Geschichte von Kieselerde und Diatomit im Alltag

Exponat/Installation

Exponate werden (Kieselerde, Farbe, Filter, etc.) real oder als Abbildung auf einer Infovitrinwand präsentiert.

Plasma Weltkarte 3B (Seite 136)

Zone: 4B

Klima

Thema: B Plasmadynamik

Naturgesetze des Wachstums

Raum: C 01

Klimaveränderung, Mikroplanktologie, Meeresbiologie und Geologie werden vermittelt und ihr Einfluss auf unseren Alltag gezeigt, sowie die Sauerstoffproduktion durch Photosynthese. Weiter Themen sind Evolutionsmorphologie, Mutationen der Arten als Survival-tool im Laufe der Zeit.

Infoinseln und -wände zeigen Abbildung. Sie werden mit Informationstext und Graphiken erweitert. Exponate sind z.B. eine Sauerstoffflasche und ein Forschungsgerät. Infovitrinwand..

Erdwand 4B (Seite 137)

Zone: 1C , 2C

Kuriositätenkabinett

Thema : C Zeitzeugen

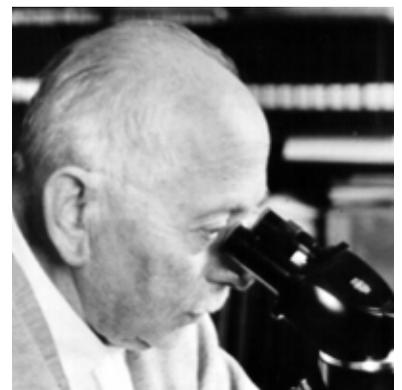
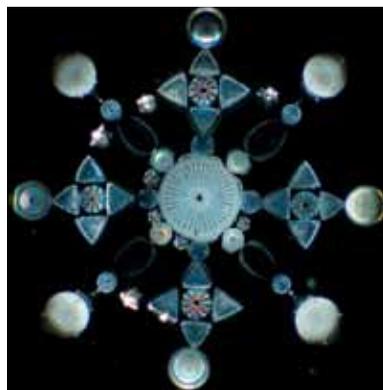
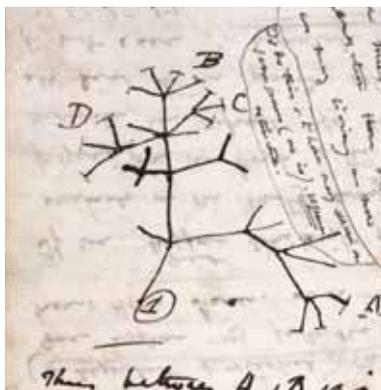
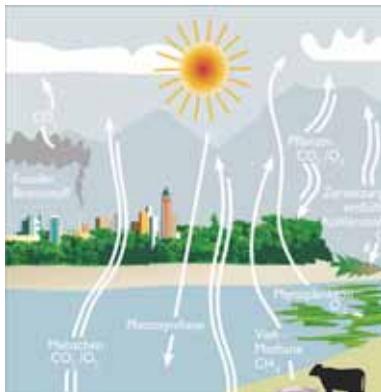
Entdecker und Liebhaber der Diatomeen und Radiolaria

Raum: C 01

Darwins Evolutionsbaum und seine Arbeit mit Diatomeen. Möller, Ehrenberg und andere Liebhaber, ihre Arbeiten und Biografien,.

Infovitrininsel und Infovitrinensäulen mit Abbildungen, Informationstexten und Graphiken. Exponate z.B. Alte Mikroskope, Teile archivierter Sammlungen von Proben. Infovitrinwand. Möllers Kompositionen 2C (Seite 139)

Kuriositätenkabinett 1C (Seite 138)



Zone/Thema/ Raum

Zone: 2D

Gaudi, Binnet und Blaschka

Thema: D

Naturstruktur als Muse

Der Einfluss von Naturmodellen
auf dem Jugendstil bis zur Moderne

Idee

Beispiele aus Architektur und Natur als Vorbild für Konstruktion und Statik der Bauten von Renne Binnet, Paxton , Gaudi und die Gebrüder Blaschka.

Exponat/Installation

Infovitrieneninseln, Infovitrinensäulen
Exponate wie Glassmodelle, Photographien und Radierungen.
Infovitrienenwand.
Gaudi Web 2D (Seite 141)

Zone: 1D

Jugendstil

Thema: D

Naturstruktur als Muse

Der Einfluss von Naturmodellen
auf dem Jugendstil bis zur Moderne

Geschichte der Naturästhetik und des Naturdesign im Jugendstil. Methoden und Ansätze aus Kunst, Design, Fotografie und Architektur anhand von Beispielen in Bild und Text. Arbeiten der Arts and Crafts Bewegung von Endel und Christopher Dresser.

Fotographien, Designobjekte, Modelle, Tapeten. Infovitrinenseule.

Zone: 3D

Moderne

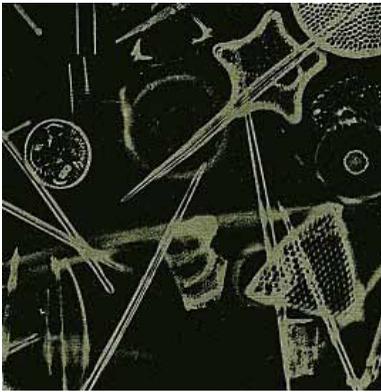
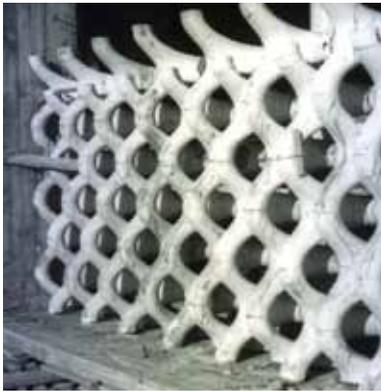
Thema: D

Naturstruktur als Muse

Der Einfluss von Naturmodellen
auf dem Jugendstil bis zur Moderne

Einfluss von Naturstrukturen in der Moderne. Strukturfassaden unter anderen von Erwin Hauer. Photographien von Laure Albin-Guillot und Karl Blossfeld.

Wandelemente, Photographien und Modelle, Infovitrinensäulen und Infowand.
Hauerwand 3D (Seite 142)



Zone/Thema/ Raum

Zone: 1E

Space Age Design und Architektur

Thema:

Lost in Space

Vorbild Mikrokosmos von der
Postmoderne zum Space Age

Idee

Vorstellen diversen Visionäre und Space Age
Architekten. Beispielsweise Ero Sarinnen und
Kiesler. Präsentation des Space Age Oragnic
Design. Neue Bauten inspiriert von Natur-
strukturen.

Exponat/Installation

Fotographien, Informationstext auf
einer Infowand.

Zone: 2E

IL Gruppe

Thema:

Lost in Space

Vorbild Mikrokosmos-Postmoderne zum
Space Age. Ziele und Methoden der von Frei
Otto, Manfred Manleitner Gerhard Helmke
gegründetenn IL Gruppe. Pneu-Radiolaria
und Diatomeen als Muse, Beobachtung ihrer
Strukturen und Präsentation von analogen
Modelle und Experimenten der Gruppe.

Modelle, Experimente, Zeichnungen
und Fotografien auf einer Infowand
und in einer Infovitrineneinsel.

Zone: 3E

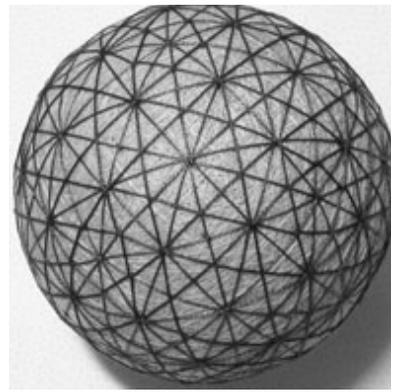
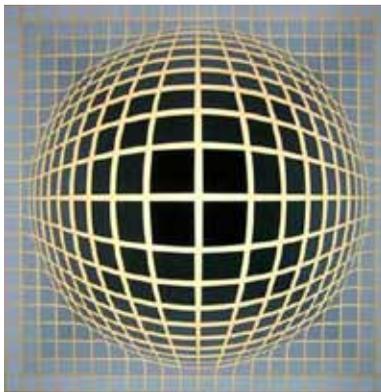
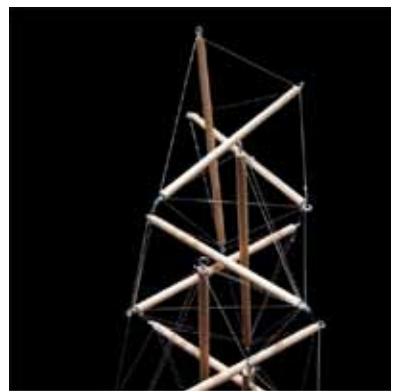
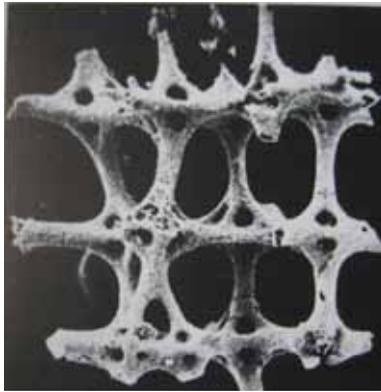
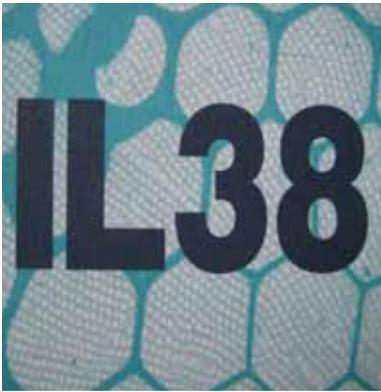
Dymaximation

Thema:

Lost in Space

Vorbild Mikrokosmos-Postmoderne zum
Space Age. Strukturen, Vergleiche, Ähn-
lichkeiten mit mathematischen Strukturen
der Diatomeen und Radiolarien. Kostrukti-
onsprinzipien von Buckminster Fuller. Eine
Beobachtung modularer Leichtbauelemente
als statische Bauweise „Dymaximation“.
Schlaue Geometrien, Victor Vaserelli und alte
Handwerkstechniken als Analogie.

Modelle, Fotografien, Gemälde,
Handwerkstechniken. Infowand und
Podeste.
Zeichentisch (Digital) 3E (Seite 143)



Zone/Thema/ Raum

Zone: 1F

Muster und Struktur

Thema: F

Biodynamische

Naturmodelle

Naturstrukturen

Idee

Naturmodelle in der Physik, Atomarer Aufbau, visualisierte Energien, Diatomeen und Radiolarien in der chemischen Zusammensetzungen. Strukturenaufbau. Systeme des Wachstums, Fraktale Diatomation Design Prinzipien Strukturen und Beispiele. Planktonstrukturanalyse: Pneus, Raster, Rippen und Löcher, Schaum, Moiré Effect, und das Matroschka Prinzip.

Exponat/Installation

Abbildungen, Strukturen und Modelle platziert in eine Infovitri-
nenwand.

Zone: 2F

Cluster

Thema: F

Biodynamische

Naturmodelle

Naturstrukturen

Durchlöchernte Skulpturen von Tony Cragg und eine Installation von Tara Donovan die Alltagsgegenständen verbaut, um eine abstrakte Struktur zu erlangen, die an die mikroskopischen Aufnahmen von Plankton erinnern.

Auf einem Podest stehende Skulpturen und an der Decke und Wand eine Installation von Donovan.

Zone: 3F

Designstrukturen

Thema: F

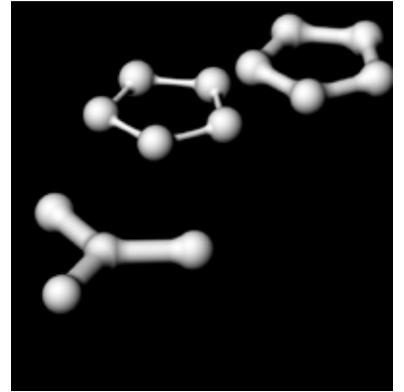
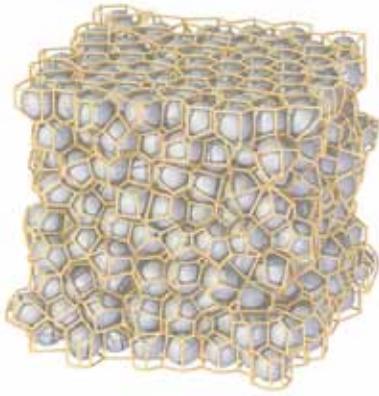
Biodynamische

Naturmodelle

Naturstrukturen

Mikrostrukturen als Designinspiration heute. Innovative zeitgenössische Designer: Brüder Bouroullec, Andrew Kudless

Auf ein Podest stehende Design-
möbel. Kleinere Objekte in einer
Infovitrienenwand präsentiert.



Zone/Thema/ Raum

Zone: 1 G

Analogien Bisoziation

Thema: G

Smart Structures

Intelligente Materialien und
Strukturen

Idee

Vergleiche zwischen Natur und Man made objects. Strukturen und Funktionen von Alltagsobjekten die Plankton ähneln.

Naturmodelle - Naturstrukturen in der Physik, Visualisierte Energien, Wachstumssysteme und Fraktale. Strukturen in Kunst und Design
Struktur analogien im Alltag.

Exponat/Installation

Fotographien, Industrie und Design-objekte präsentiert in einer Infovitri-
nenwand.

Zone: 2 G

Smart Structures

Thema: G

Smart Structures

Intelligente Materialien und Strukturen
Morphogenetic Design Plattform mit Nerri
Oxmann und Andrew Kudless
kinetische und intelligente Materialien und
Strukturen.

Strukturen und Materialbeispiele und
Erklärungen.
Auf Infovitrieneninseule und Infovitri-
nenwand.

Zone: 3 G

Ultra stark super leicht

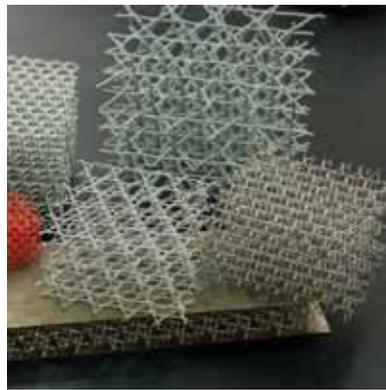
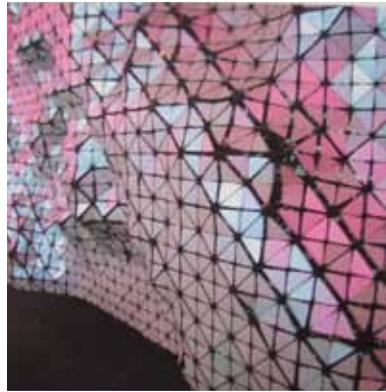
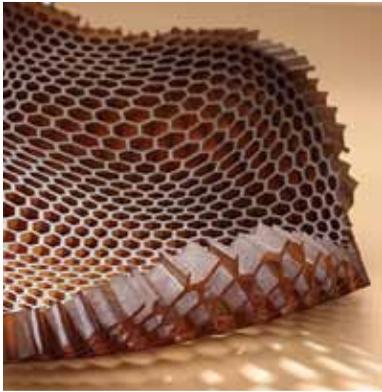
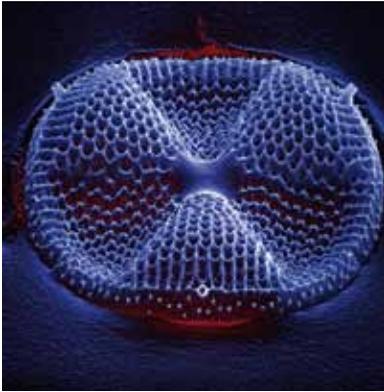
Thema: G

Smart Structures

Intelligente Materialien und
Strukturen

Ultra starke und leichte Materialien. Ihre An-
wendung im Bau und in Produktentwicklung.
energiesparende nachhaltige Methoden.

Modelle, Materialproben und
Designobjekte in Leichtbau.
Infovitrienenwand.



Zone/Thema/ Raum

Zone: 1 H

Bionik

Thema: H

The Future is now

Planktonbiomechanik

Bionik und Plankton Design

Idee

Natur Design und Bionik, Funktionen in der Natur und deren Anwendung in der Technik Geschichte und Einführung in das Thema Bionik.

Vorstellung der Pioniere Werner Nachtigal und Gerhard Helmke und deren Thesen.

Exponat/Installation

Text, Grafiken, Fotografien und kleine Prototypen/Modelle präsentiert in einer Infovitrinenwand.

Zone: 2 H

IMARE

Thema: H

The Future is now

Planktonbiomechanik

Bionik und Plankton Design

Vorstellung das AWI und IMARE. Ihre Abteilungen und ihre Arbeiten im Bereich Light Structure Engineering. M.S.N Planktontech, ELiSE (Evolutionary Light Structure Engineering) Vorstellung der neuen Strukturendatenbank des M.S.N Team

Text, Rechner, Prototypen und Grafiken präsentiert in einer Infovitrinenwand oder Insel.

Windkraftelement 2H (Seite 144)

Zone: 3 H

Future Design

Thema: H

The Future is now

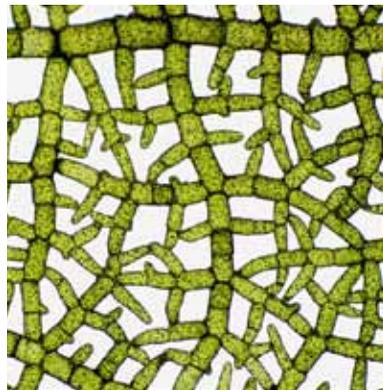
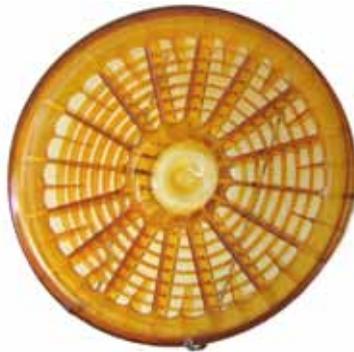
Planktonbiomechanik

Bionik und Plankton Design

Innovative, nachhaltige und sinnvolle Anwendung der Planktonbiomechanik. Hoch moderne und zukunftsweisende Konzepte, Prototypen, Modelle und Systeme. Energieerzeugung und Strukturen und Funktionsübernahme.

Text, Fotografien, Modelle, Renderings, Prototypen und Grafiken präsentiert in einer Infovitrinenwand oder Insel.

Diatom Headspace 3H (Seite 145)



Zone/Thema/ Raum

Zone: 1 |

SiO² Lab. Ausstellung

Thema: 1

SiO² Labor-

Maker Lab. und Ausstellun

Idee

Ausstellung der bis dahin entstanden Modelle und Versuche aus dem Experimentierlab. Eine Work-in-Progress Ausstellung die parallel zum Versuchslabor und zu Werkstatt läuft. 3D Drucke, Laserproben, Abformungen, Faserverstärkungen. Tests mit Tensegrity, Di-maximation, Diatomation, und Anwedungen der verschiedenen Diatom-Design Prinzipien werden präsentiert.

Exponat/Installation

Text, Fotografien, Modelle, Entwürfe und Skizzen. Präsentiert auf Sockeln, Podest und in einer Infovitrinenwand. 3D Strukturenkino 1 | (Seite 149)

Zone: 2 |

SiO² Archive

Thema: 1

SiO² Labor

Maker Lab. und Ausstellung

Besuchergruppen oder Besucher mit Termin können hier eine haptische Strukturenarchiv als Magnetwand von SiO² Lab und die Materialdatenbank von IMARE nutzen. Auch die Recherche von Kooperationsfirmen z.B. Herstellern oder Handwerkern kann hier stattfinden.

Strukturenarchiv als Magnetwand. Rechner mit Datenbankzugang. Infotafeln, Ordner und Internetzugang. Arbeitsbereiche, Tische und Stühle. Strukturenarchivwand 2 | (Seite 146)

Zone: 3 |

SiO² Maker Labor

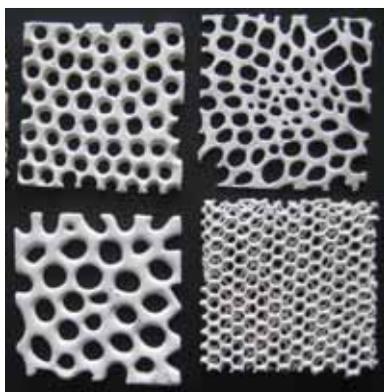
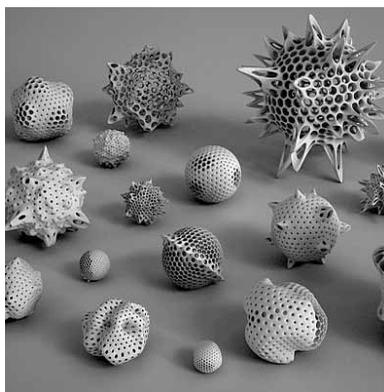
Thema: 1

SiO² Labor

Maker Lab. und Ausstellung

Im Maker Lab SiO² werden Materialien, Werkzeug, Maschinen und Fachpersonal zu Verfügung stehen. Es wird einen temporären Arbeitsplatz für Forschungsinteressierte geben. Besucher können Hands-on experimentieren, recherchieren, Prototypen bauen, Tests machen, Strukturen gestalten und Versuchsmodelle bauen. Anhand analoger und Digitale Techniken. Auch Vorträge, und Workshops sollen hier stattfinden.

Anleitungen und Fachpersonal stehen zu Verfügung. Rechner, Wacom Zeichenmonitore, 3D Drucker, kleine Fräsen, Laser, Tiefziehmaschine, Gipsdrucker, Modellbauwerkzeug und Maschinen. Arbeitstische, Hocker und Stühle stehen zu Verfügung.





EXPONAT- ENTWÜRFE



Zone/Thema/Raum

Zone: 4A

Lounge

Thema: A

Eingangsbereich & Marktplatz

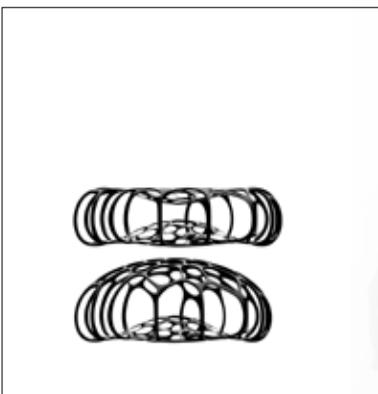
Raum: B 01, B 02

Exponat: Lounge

Die Lounge ist eine Erweiterung des Cafés und der Bar. Sie lädt zu verweilen, Erholung und Unterhaltung ein. Eltern können sich hier entspannen, während ihre Kinder im Plasma-Pneu spielen..

Aufbau

Die stapelbaren Diatomeenartigen Sitzelemente bestehen aus Gummi somit sind sie leicht und flexibel. Eine Sitzmulde formt sich durch das Körpergewicht des Nutzers.



Zone/Thema/Raum

Zone: 5B

Evolutionsmorphologie

Thema: B

Plasmadynamik

Naturgesetze des Wachstums

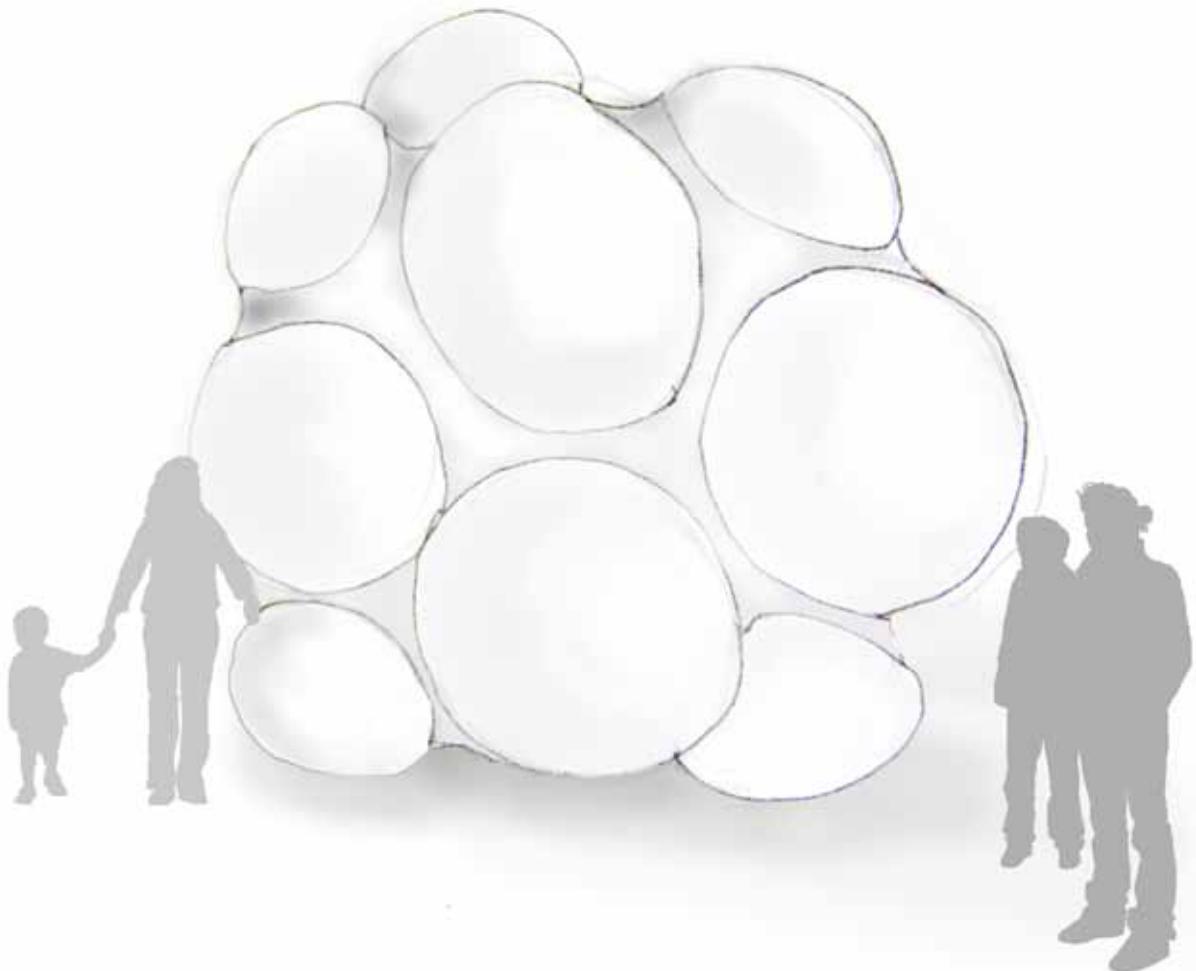
Raum: B 01

Exponat: Plasmapneu

Im Gegensatz zu den sonst verwendeten Skelettstrukturen, wurde für das Plasmapneu ein lebender Einzeller als Gestaltungsprinzip zu Grunde gelegt. Die Nachbildung eines lebenden Radiolaria, lädt zum spielen ein.

Aufbau

Begehbare Luftskulptur aus Latex und Stoff. Ähnlicher Aufbau wie bei einer Hüpfburg, aber mit doppelter Membrane, um den Eintritt ohne Luftverlust zu erreichen.



Zone/Thema/Raum

Zone: IB

Mikroplankton

Diatomeen & Radiolarien

Thema: B

Plasmadynamik

Naturgesetze des Wachstums

Raum: C 01

Exponat: Radiodiadoc-Station

Fünf Plastiken (Diatomeen und Radiolarien) informieren die Besucher über ihre Formbildung, Ursprung, Verhalten, Wachstum und Entwicklung, sowie über ihre möglicherweise bionisch-übertragbaren Funktionen.

Aufbau

Objekte aus Laser-Sintering Herstellung. Alle Objekte sind mit RFID-Transponderchips versehen, um die Informationen für den Audioguide zu steuern. Sockel aus transluzenten Acrylglass von innen mit LEDs beleuchtet.



Zone/Thema/Raum

Zone: 2B

Meeresbiologie

Thema: B

Plasmadynamik

Naturgesetze des Wachstums

Raum: C 02

Exponat: Planktonfarmen

Zuchtstelle für Diatomeen und Radiolarien. Information zum Klima, Verortung und Formen der verschiedenen Diatomeen. Energie erzeugung mit Plankton.

Aufbau

Informationen werden auf transluzenten Glasscheiben angebracht. Grosse sockelförmige Aquarien sitzen hinter den Glasscheiben. Eingelassen in den Glassockel sind Monitor, die über Mikroskopkamearas das Geschehen in den Aquarien live übertragen.



Zone/Thema/Raum

Zone: 3B

Klima:

Thema: B

Plasmadynamik

Naturgesetze des Wachstums

Raum: C 01

Exponat: Plasmaweltkarte

Große Weltkarte mit statistischer Auswertung zu Probenfundorten und Typen von Diatomeen und Radiolarien, Planktontechnischen und Mikropaleontologischen Einrichtungen.

Aufbau

Rundwandelemente aus Aluminium mit Scheidplatt-Folien bezogen und mit LED Punktbeleuchtung. Texte und Bilder sind auf der Alufläche angebracht. Grundkonstruktion aus Holz und MDF.



Zone/Thema/Raum

Zone: 4B

Geologie

Thema: B

Plasmadynamik

Naturgesetze des Wachstums

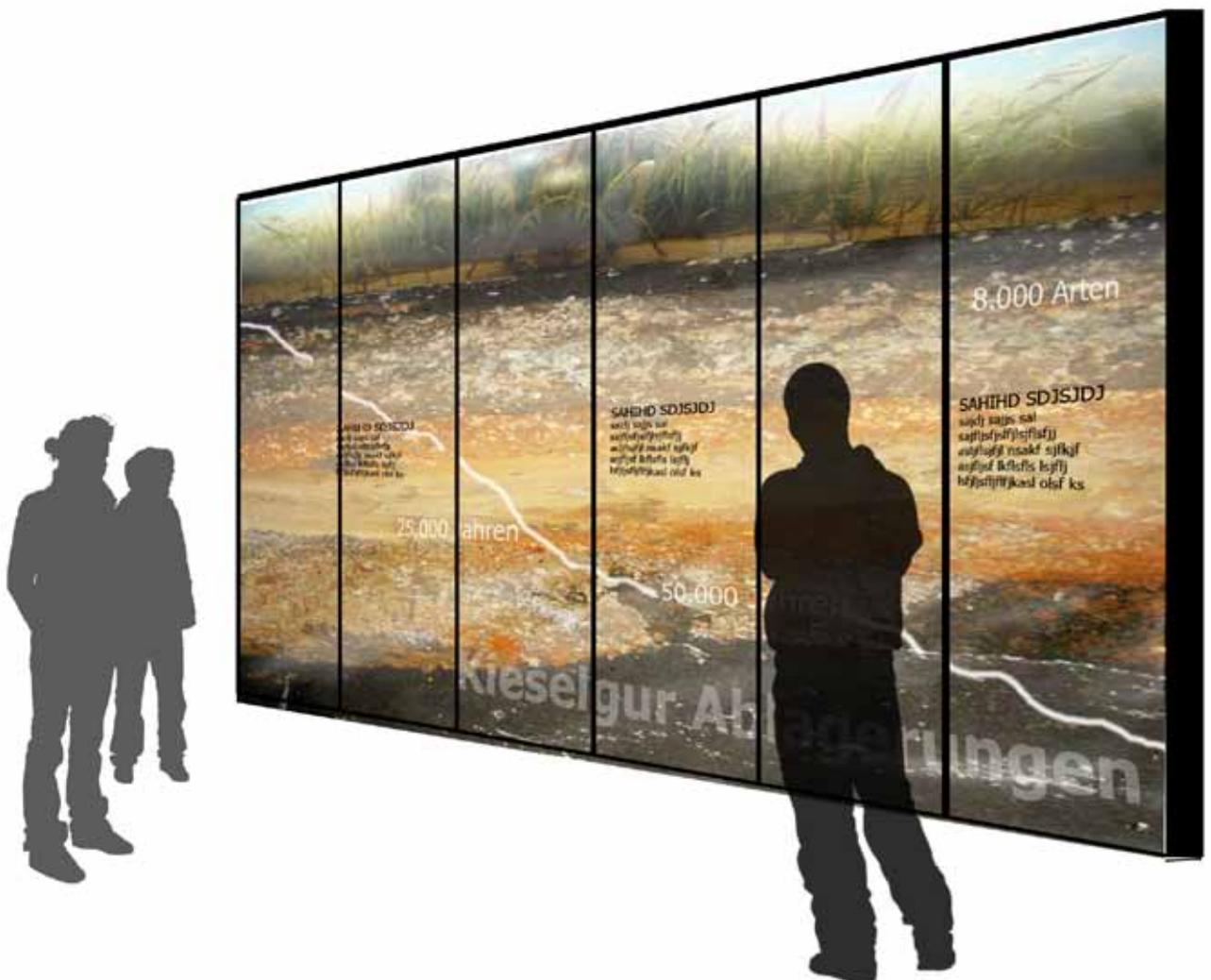
Raum: C 01

Exponat: Erdwand

Eine mit Erdschichten vom Meeresgrund gefüllte Glasaquarium, dessen oberes Viertel mit Wasser gefüllt ist. Die Schichten dienen als Zeitzeuge. Viele Arten, ihre Schichttiefe und ihr Alter werden als „Timeline“ auf der Oberfläche visualisiert.

Aufbau

Aquariumbau mit mobilem Siebdruck der Zeitangaben, Texte und Illustrationen der Diatomeensorten



Zone/Thema/Raum

Zone: 1C, 2C

Kuriositätenkabinett

Thema : C Zeitzeugen

Entdecker und Liebhaber der
Diatomeen und Radiolaria

Raum: C 01

Exponat: Kuriositäten- kabinett

Darwins Evolutionsbaum und seine Arbeit mit Diatomeen. Johann Dietrich Möller (1844-1907) Biografie und seine Arbeiten. Ehrenberg und andere Liebhaber. Eine Vorstellung der Salonkultur: Viktorianischer Schrank als Infowand bestückt mit verschiedenen Meereskreaturen wie Korallen, Schwämme, Plankton, Glasmodelle, Proben von Diatomeen und Radiolarien und Alben mit archivierten Zeichnungen und Proben.

Aufbau

Infovitrinensiel und Infovitrinensäulen mit Abbildungen, Informationstexten und Graphiken. Exponate z.B. Proben, Alte Mikroskope, Teile archivierte Sammlungen von Proben.



Zone/Thema/Raum

Zone: 2C

Johann Diedrich Möller

Thema: C

Zeitzeugen-

Entdecker und Liebhaber der

Diatomeen und Radiolaria

Raum: C 01

Exponat: Möllers Kompositionen

Interaktive Multitouchinstallation, bei der die Besucher auf einer dunklen Oberfläche projizierte Diatomeen mit den Händen herum schieben und ähnlich wie bei einem digitalen Air-Hockey-Spiel gegeneinander abstoßen kann. Der Besucher ist eingeladen aus einer vielseitigen Sammlung verschiedenster Diatomeen eine eigene Komposition zu schaffen. Die runde Form des Ausschnittbildes und der darüber schwebende Zylinder sind von einem Mikroskop inspiriert.

Aufbau

Eine Infrarotkamera nimmt die Bewegung der Hände auf und schickt die Bewegungsinformationen an den Rechner. Dieser erkennt und verarbeitet die aktuelle Bewegung auf der Oberfläche und steuert die Projektion der Diatomeen-Bilder entsprechend.



Zone/Thema/Raum

Thema: 4 C

Zeitzeugen

Thema: C

Entdecker und Liebhaber der Diatomeen und Radiolaria

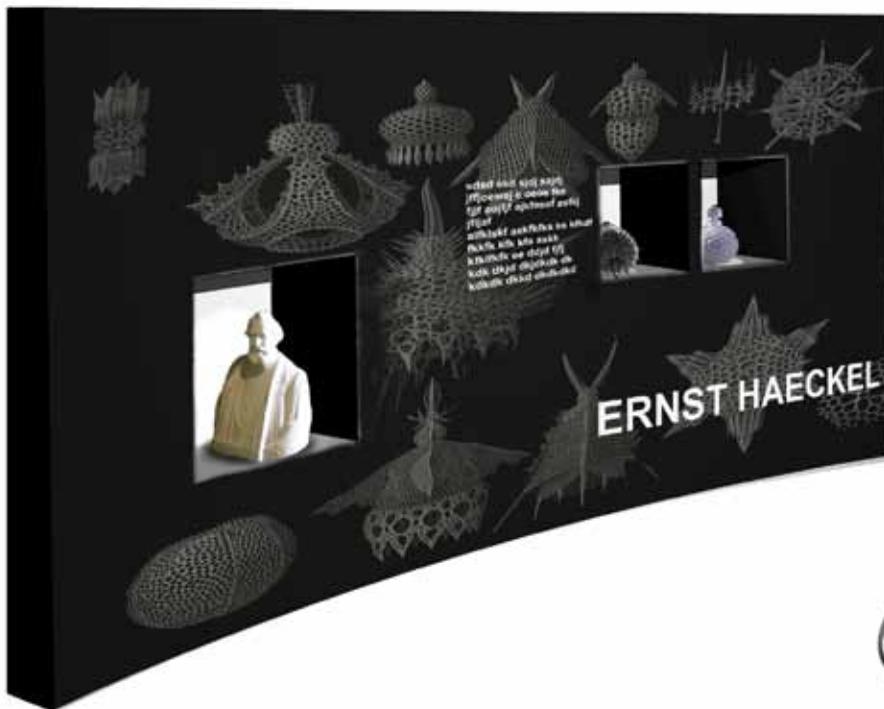
Raum: C 01

Exponat: Haeckelwand

Texterklärung und Kurzbiographie, Einfluss auf den Jugendstil.

Aufbau

Infovitrinenelement angepasst an die Raumrundung. Beleuchtete Vitrinen mit Haeckel-inspiriertem Handwerk, Fläche bedruckt mit großflächigen Ernst Haeckel Zeichnungen. MDF lackiert mit Klebfolien.



Zone/Thema/Raum

Zone: 2D

Gaudi, Binnet und Blosfeld

Thema : D

Naturstrukturen als Muse

Der Einfluss von Naturmodellen auf
dem Jugendstil bis zum Bauhaus

Raum: C 01

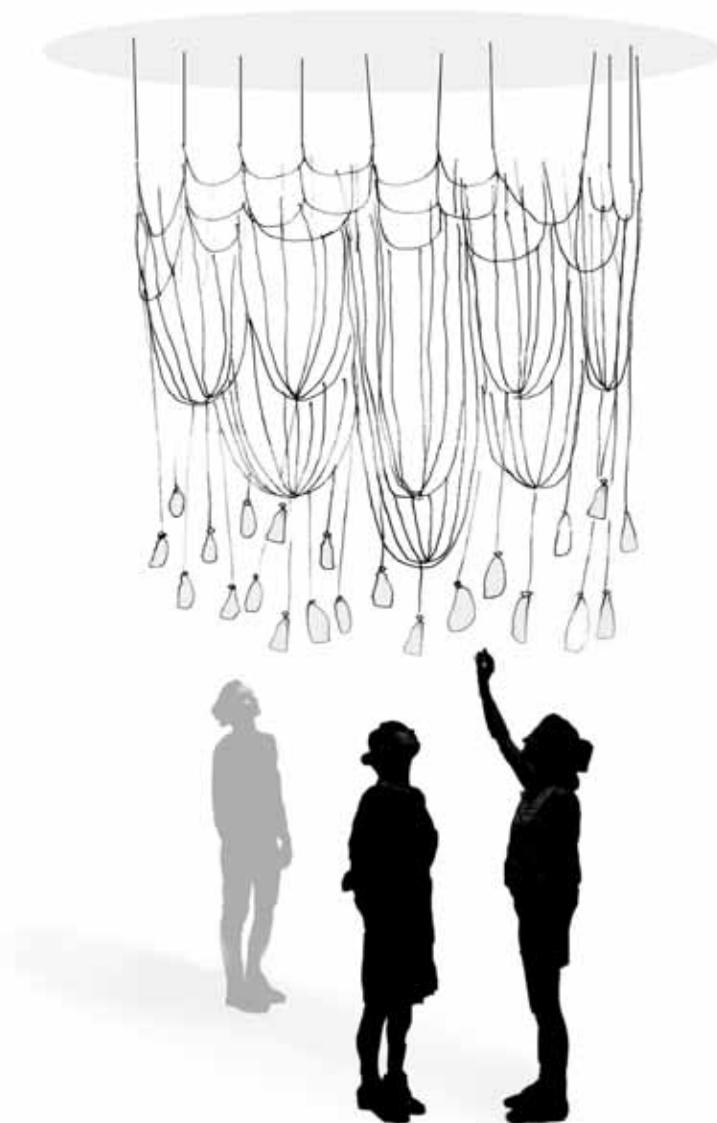
Exponat: Gaudi Web

Nachbau der Hängekonstruktion
von Gaudis „Canerary“ Model für
das Colonia Guell Kirche.

Vergleich Methoden für Leichtbau
und Statik, Binnet und Blosfeld.

Aufbau

An der Decke angebrachte Hän-
gekonstruktion aus Schnüren (oder
dünnen Ketten), an denen als Zug-
gewichte mit Metalpellets gefüllte
Leinensäcke hängen.



Zone/Thema/Raum

Zone: 3D

Moderne

Thema: D

Naturstruktur als Muse-

Der Einfluss von Naturmodellen auf
dem Jugendstil bis zur Moderne

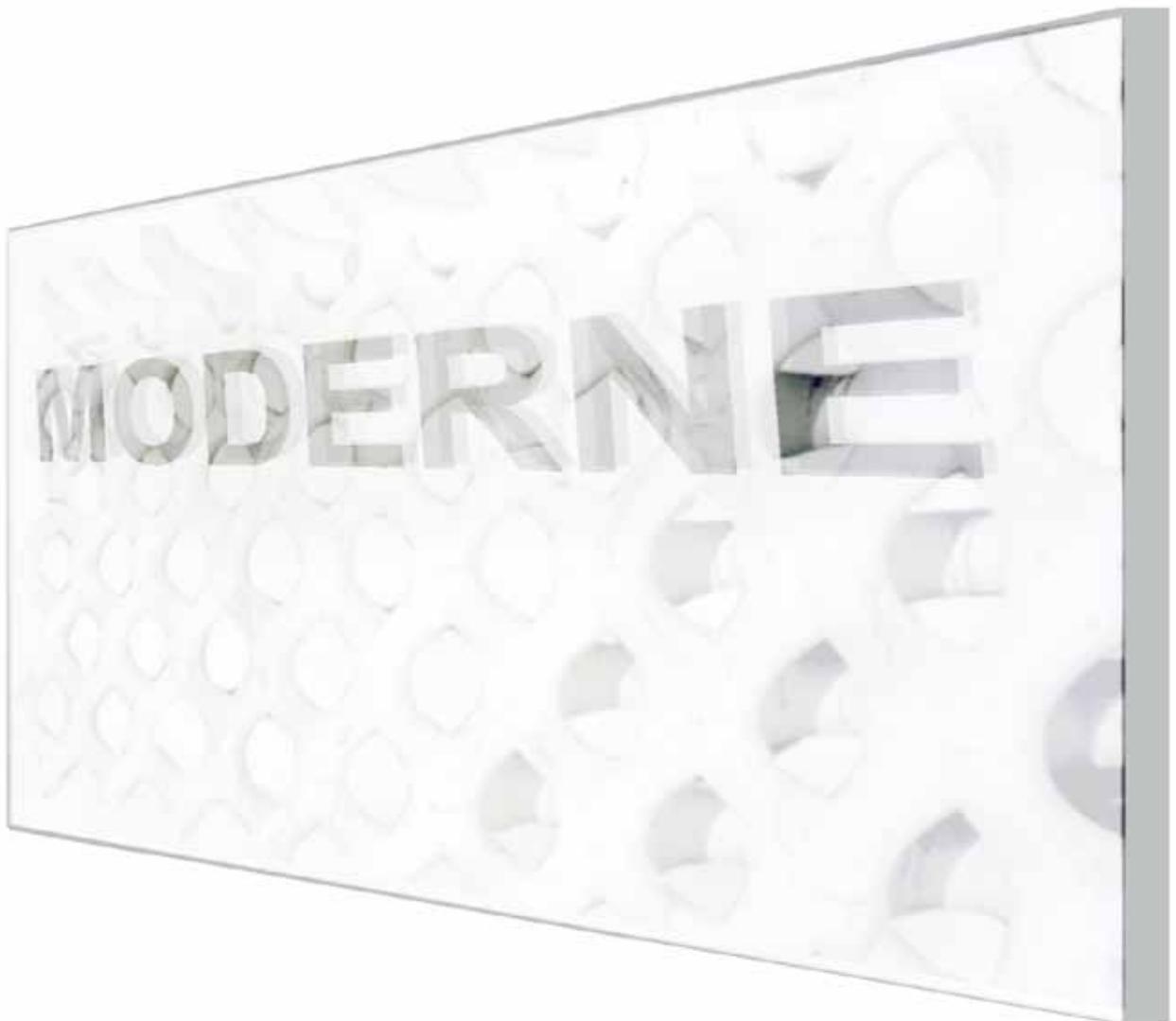
Raum: C 01

Exponat: Hauerwand

Als Analogie zu Planktonstruktu-
ren wird ein Fassadenelement von
Erwin Hauer oder eine Kaufhaus
Fassade in einer Vitrine gezeigt

Aufbau

Das Wandelement steht in einer
Vitrine, die Informationen werden
auf einer transluzenten Glasscheibe
angebracht. Teile der Scheibe bleiben
klar. MDF und Sicherheitsglas.



Zone/Thema/Raum

Zone: 3E

Entwurf

Thema: E

Lost in Space

Vorbild Mikrokosmos von der Moderne zur Space Age

Raum: C 01

Exponat: Zeichentisch

Tisch mit Mikroskop und eingelassenen Tablettmonitor, an dem die Besucher Beobachtungen und Ideen skizzieren können. Es können sowohl Zukunftsideen, sowie Nachbildungen von Planktonstrukturen gezeichnet werden. Die Daten werden gespeichert und ans SiO² Lab verschickt.

Aufbau

In einen Sockel ist ein Tablettmonitor eingelassen, an dem ein Mikroskop befestigt ist. Das Mikroskop ist in eine vergrößerte Mikrostruktur eingebaut. Durch das Mikroskop können Radiolarien betrachtet werden. Der Tablettmonitor ermöglicht den Besucher seine Beobachtungen und Designideen direkt in die digitale Datenbank zu zeichnen. Die Zeichnungen werden ins SiO² verschickt und auf einem Monitor als Slideshow präsentiert. MDF lackiert.



Zone/Thema/Raum

Zone: 2 H

IMARE

Thema: H

The Future is now

Planktonbiomechanik

Bionik und Plankton Design

Raum: C 01

Exponat: Windkraftelement

Windrad entwickelt von IMARE mit dem ELISE Verfahren. Ein Radiolaria Skelett diente als Vorbild für die statische Berechnung der Form.

Aufbau

Nachgebautes 1:2 Modell aus lackiertem MDF, Styropor und Sewacryl steht mitten im Raum.



Zone/Thema/Raum

Zone: 3 H

Future Design

Thema: H

The Future is now

Planktonbiomechanik

Bionik und Plankton Design

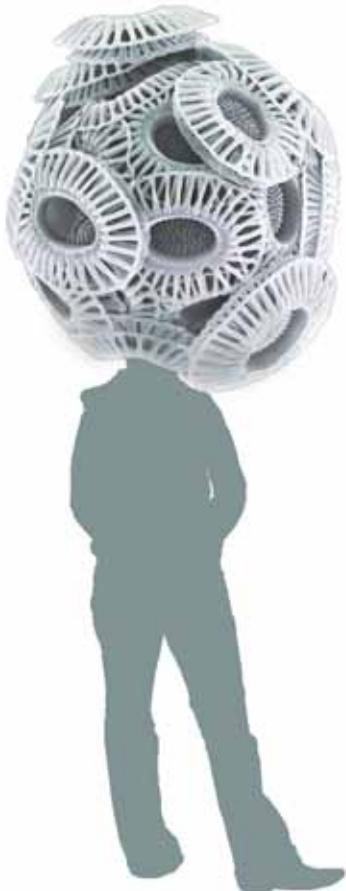
Raum: C 01

Exponat: Diatom Headspace

Mehrere Diatomeen inszenieren einen privaten Film- und Interviewraum. In diesem Raum wird ein Film über Diatomeenstrukturformationen und deren Anwendung im Inneren der Headspace gezeigt. Nach dem Film besteht die Möglichkeit für die Besucher, über einen Knopfdruck im zweiten Headspace in einer Interviewsituation ihre Meinung und Ideen mitzuteilen. Die Daten werden ebenfalls ans SiO² Lab. verschickt.

Aufbau

Eine diatomeenförmige Luftplastik. Die gesamte Elektronik ist in die Befestigung eingelassen. Ein Projektor wirft die Bilder auf die Oberfläche des Headspace. Es wird vom Besucher im Inneren betrachtet. Das Interviewheadspace ist aus Styropor gebaut und gepolstert, um eine weiche Struktur in Diatomeenoptik zu schaffen. Sie hängen von der Decke im Raum.



Zone/Thema/Raum

Zone: 2 I

Strukturenarchiv

Thema: I

SiO₂ Labor

Maker Lab. Ausstellung

Raum: A 03

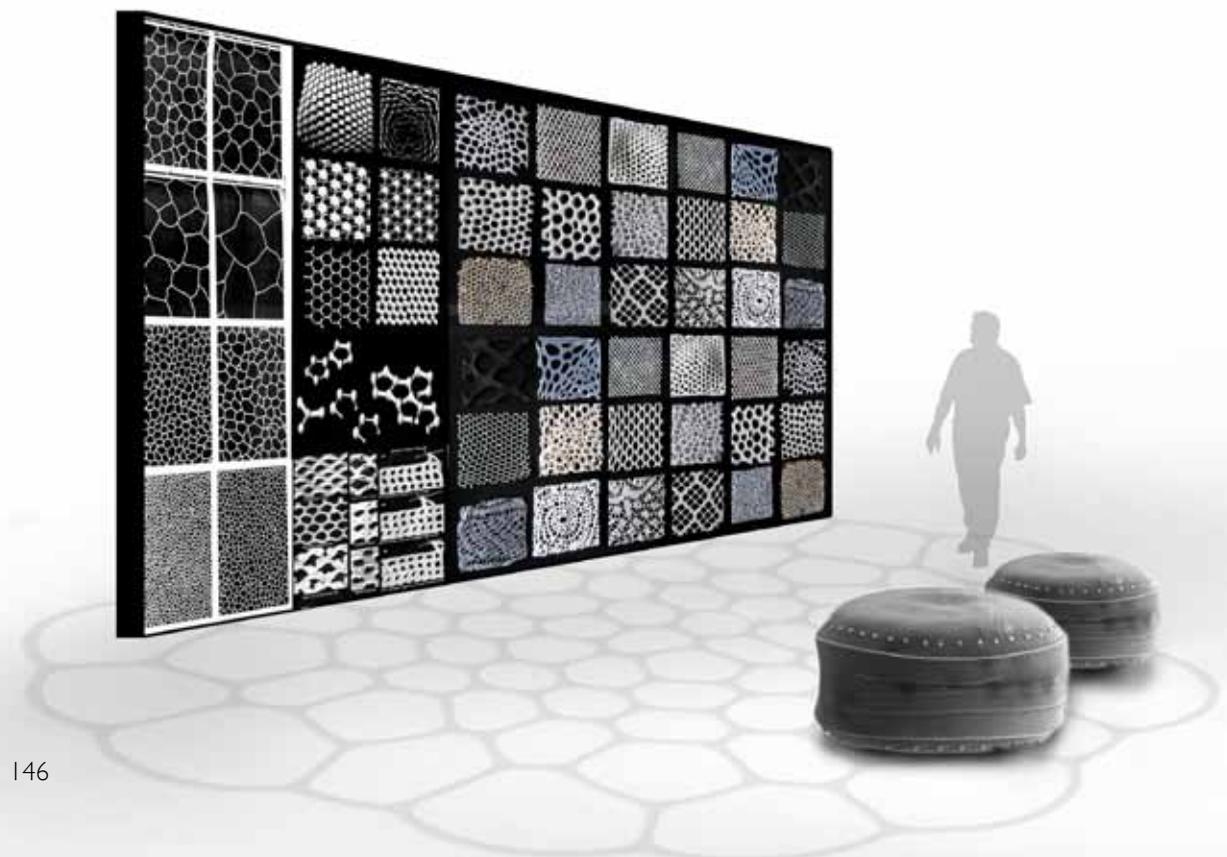
Exponat: Strukturen- archive

SiO₂ Probenwand

Haptisches Probenarchiv Diatomar
und Radiolare Strukturen:

Aufbau

Magnetwandelement mit neuen
und ehemalige Proben aus dem
SiO₂ lab. Gepolsterte Diatomeen
Sitzelemente. MDF mit Magnetfarbe
lackiert oder mit dünnen Stahlplat-
ten abgedeckt



Zone/Thema/Raum

Zone: I I

SiO₂ Lab. Ausstellung

Thema: I

SiO₂ Labor

Maker Lab. Ausstellung

Raum: A 01

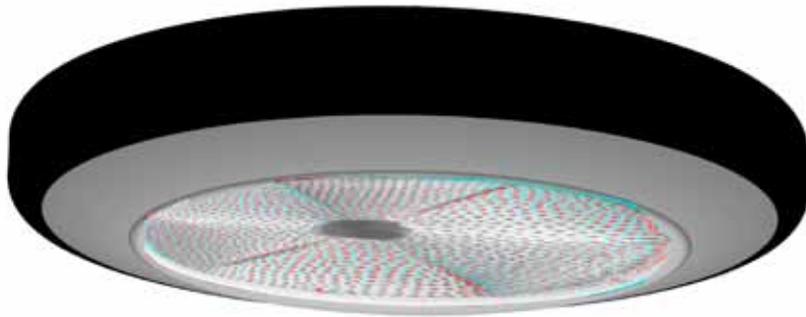
Exponat : 3D

Strukturenkino

Diatomeen und Radiolarien werden in verschiedenen Vergrößerungen, wie ineinander schmelzende Strukturen, projiziert. Eine diatomförmiges Sitzelement erlaubt entspanntes Zuschauen. Mit Hilfe einer Rot-Grün-Brille wirken die Strukturen sehr real und plastisch.

Aufbau

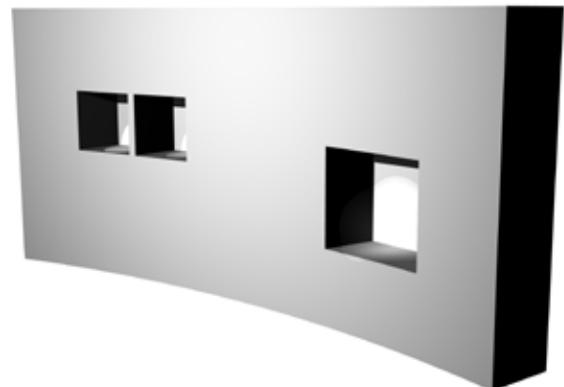
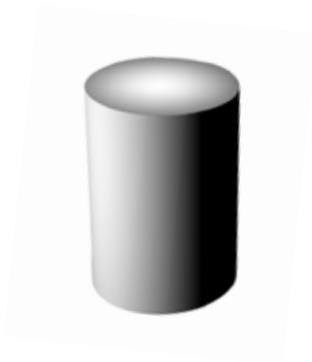
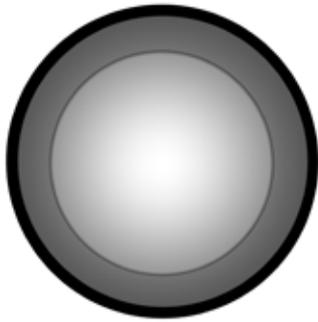
Schwebender Filmscreen und Sitzelemente. Das Strukturenkino soll im Rundbereich A 01 platziert werden. Das Bild wird von oben projiziert. Screen MDF lackiert, bespannt mit Projektionsfolie. Sitzelement MDF Unterkonstruktion gepolstert mit Schaumstoff.



Ausstellungsobjekte

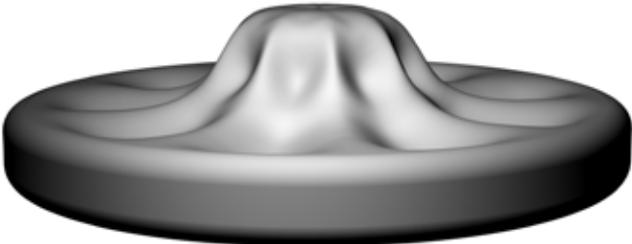
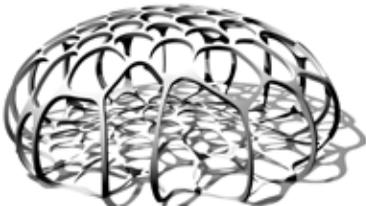
Glassitrine, Projektionsscreen, Rundpodest, Runds-
tisch, Rundwandelement, Radiolariasitzelement,
schrägsockel und Acrylleuchtsockel.

Textinformationen werden auf Flächen in Form von
geplotteten Folien aufgebracht. Große Abbildungen
oder Strukturen als bedruckte Klebfolien.



Sitze

Lounge sitzelemente, Diatomeensitzkissen,
8 Personen Sitzelement,

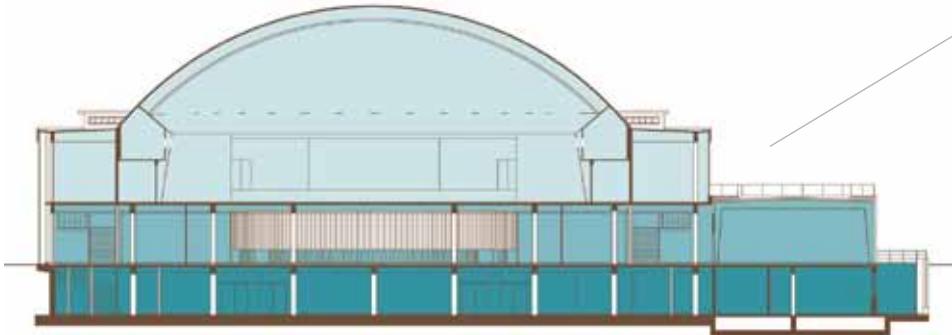


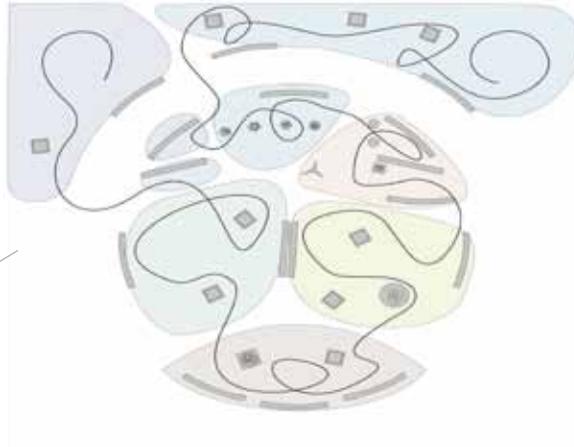




PLÄNE

Besucherwege

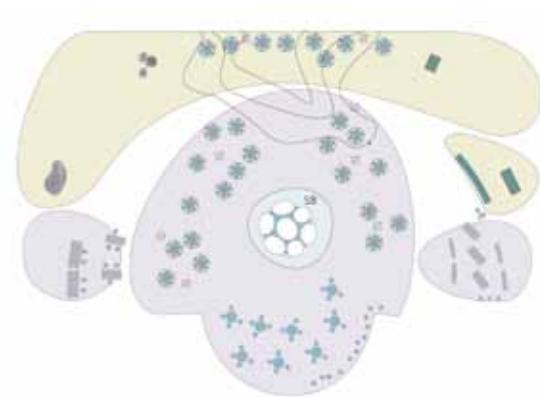




Ebene C

Wege: Frei und kreisförmig

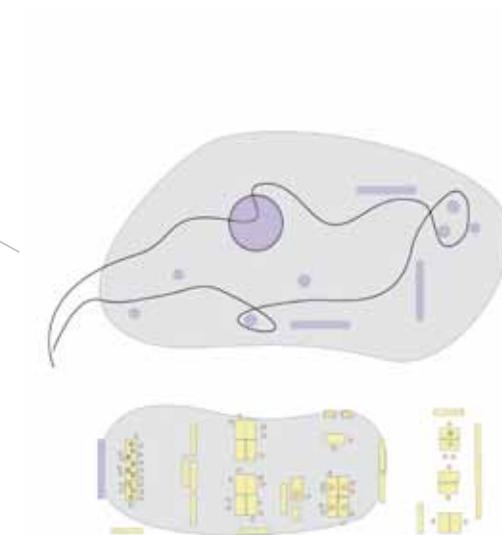
Hauptausstellung



Ebene B

Wege: Frei

Eingangsbereich und
Marktplatz
(Info, Shop, Lounge und Cafe)



Ebene A

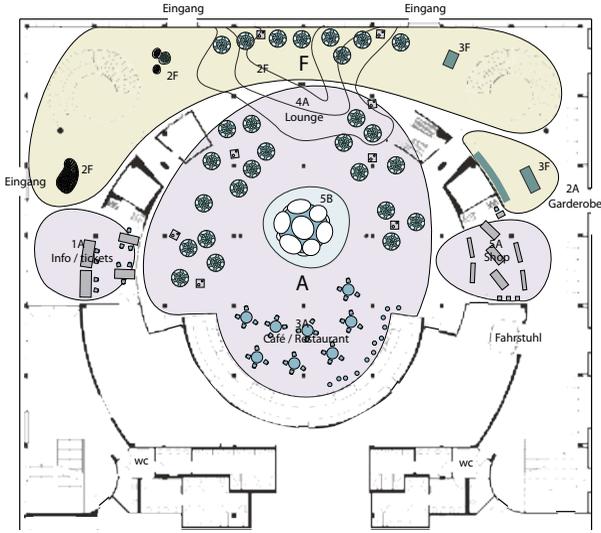
Wege: Frei und kreisförmig

SiO²Ausstellung
SiO² Maker Lab.

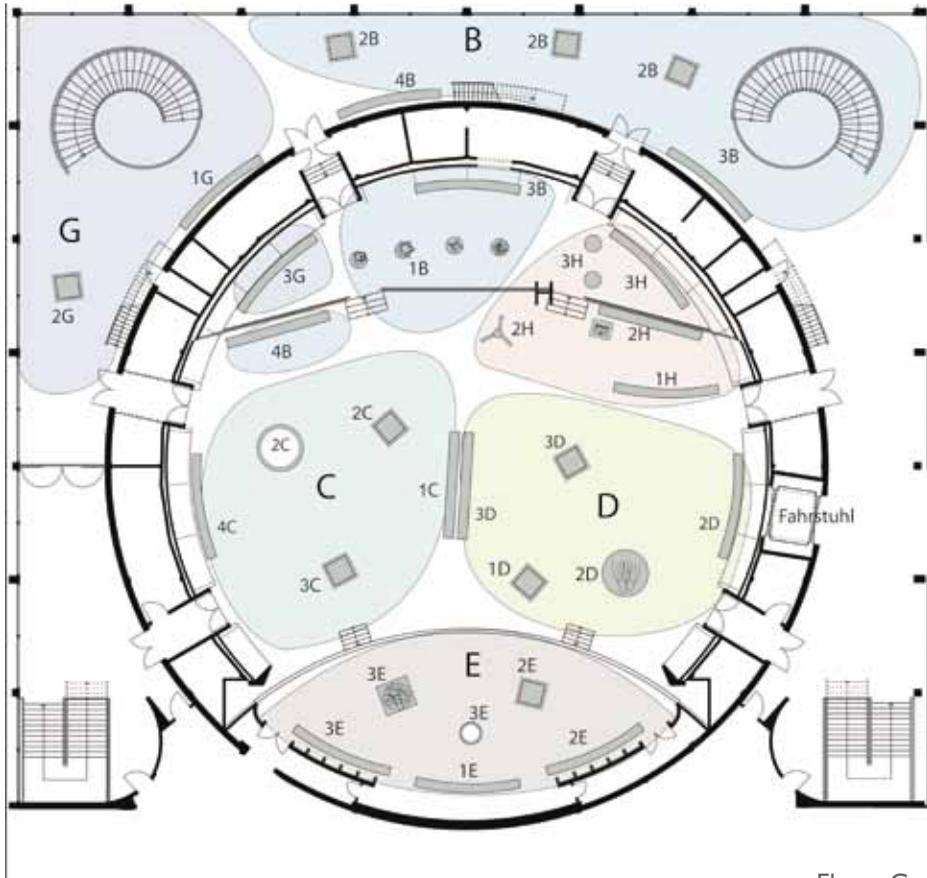
Pläne



Ebene A



Ebene B



Ebene C

Fazit

Dieser Ausstellung soll Transdisziplinarität schaffen. Sie soll zum Dialog zwischen fachfremden Personen anregen, inspirieren und gegebenenfalls neue Wege der Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Gestaltung schaffen.. Es geht nicht um die nostalgische Devise „Zurück-zur-Natur“, sondern vielmehr um

„ ... ein geduldiges Bemühen, die drei Facetten Mensch, Technik und Umwelt zu einem möglichst nur positive vernetzten Beziehungsgefüge zusammenzufassen.“⁽¹²⁰⁾

Literatur- und Quellenverzeichnis

Fussnoten

1. Gricic, Konstantin: <http://www.nymphenburg.com/de/designers/konstantin-grcic.html> [02.12.2010]
2. Eames, Charles and Ray: *The powers of 10*, Erzähler Morrison, Philip, Endscene im Film, 1977
“We are in the domain of universal modules. There are protons and neutrons in every nucleus, electrons in every atom, atoms bonded into every molecule out to the farthest galaxy.”
Übersetzung Saskia Heinzl.
3. Marten, Michael: Trux, John: Chesterman, John: May, John: *World within worlds: A journey into the unknown*, Secker & warburg, England, 1977 **“All these new techniques are windows into alternative realities. Each level of structure is supported by a scaffolding of substructures. Each system is part of a larger one: worlds within worlds.”**
Übersetzung Saskia Heinzl. Seite 7.
4. Polygone werden bei der Tesselierung in so genannte primitive Flächen, wie z.B. Dreiecke oder Vierecke zerlegt, da solche Flächen leichter zu handhaben sind als komplexe Polygone (insbesondere konkave). Das englische Wort to tessellate kommt ursprünglich aus dem lateinischen und bedeutet mit Mosaik pflastern, mit einem Muster überziehen. Es gibt verschiedene Typen von Tessellation, kann man in dieser Arbeit lesen. [tp://www-lehre.informatik.uni-osnabrueck.de/cg2/material/20021218/Tesselation.htm](http://www-lehre.informatik.uni-osnabrueck.de/cg2/material/20021218/Tesselation.htm) [02.12.2010]
5. Blüchel, Kurt: *Bionik: Wie wir die geheime Baupläne der Natur nutzen können*, Wilhelm Goldmann Verlag, München. 2006. Seite. 191.
6. Nachtigal, Werner und Blüchel, Kurt G: *Das große Buch der Bionik: Neue Technologien nach dem Vorbild der Natur*, Dva Verlag 2003. Seite 15.
7. Unbekannt.
8. Nachtigal, Werner und Blüchel, Kurt G: *Das große Buch der Bionik: Neue Technologien nach dem Vorbild der Natur*, Dva Verlag 2003. Seite 48
9. ebenda, Seite 40
10. Ford Joseph: Physicist, Georgia technical University Intro. quote in Briggs John, *Fractals: The patterns of Chaos*, Touchstone Publishers, NY, 1993, „**We are at the beginning of a major revolution ... The whole way we see nature will be changed.**“ Seite 12. Übersetzung Saskia Heinzl

11. Hamein, Nassim: *lectures – Crossing the Event Horizon 3/9*, 2005. http://www.youtube.com/watch?v=Fw7J_D7H7E&feature=related, [18.01.11]

12. Blüchel, Kurt: *Bionik: Wie wir die geheime Baupläne der Natur nutzen können*, Wilhelm Goldmann Verlag, München. 2006. Seite 21

13. <http://de.wikipedia.org/wiki/Konstruktions-Morphologie> [12.02.11]

14. Hamm, Christian: Abteilung MSN (http://www.imare.de/en/marine_structures/) und IMARE (<http://www.imare.de/>) am Alfred Wegner Institut für Polarforschung AWI (<http://www.awi.de>) in Bremerhaven. Interview mit Saskia Heinzel am 04.02.11

15. Fisher, Martin; Sattler, Felix: *Besuch und Catalog, Diatomeen: Formensinn*, Phyletisches Museum, Jena, 2010. <http://www.diatomeen-ausstellung.de/> [12.02.11]

16. Damaschun, Ferdinand; Hackethal, Sabine: *Klasse Ordnung Art*, Museum für Naturkunde, Berlin, 2010. Seite 270

17. Noser, Tobias: *Natur als Baumeister: Modelle zum Nachweis von formbestimmenden Kräften und Prozessen bei der Bildung von einigen Diatomeenschalen*, Doctor Arbeit an der H.D.K, Berlin, 1983

18. Nachtigal, Werner und Blüchel, Kurt G: *Das große Buch der Bionik: Neue Technologien nach dem Vorbild der Natur*, Dva Verlag 2003. Seite 270

19. Beukers Adriaan, Hinte Ed Van: *Lightness: The inevitable renaissance of minimum energy structures*, 010 publishers, Rotterdam, 2001, Seite 52. Original in Ingber Donald D., *The architecture of life*, Scientific American, January 1998, Seite 30-39, **“It is possible that fully triangulated tensegrity structures may have been selected through evolution because of their structural efficiency-their high mechanical strength using a minimum of materials.”** Übersetzung Saskia Heinzel

20. Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ: <http://www.gfz-potsdam.de/portal/gfz/home>, Gespräch am GFZ in Potsdam, 2010

21. Blüchel, Kurt: *Bionik: Wie wir die geheime Baupläne der Natur nutzen können*, Wilhelm Goldmann Verlag, München. 2006. Seite 206

22. Helmke, Johann-Gerhard; Bach, Klaus; Klenk, Frieder: *IL 33 Radiolaria, Institute für leichte Flächentragwerke (IL)* Leitung Frei Otto, Karl Krämer Verlag, Stuttgart, 1990. Seite 153
 IL 38 Diatomeen II: *Schalen in Natur und Technik III, Institute für leichte Flächentragwerke (IL)* leitung Frei Otto, Karl Krämer Verlag, Stuttgart, 2004
23. <http://www.kage-mikrofotografie.de> [10.02.11]
24. http://www.viewsfromscience.com/documents/webpages/methods_p3.html [10.03.11]
25. Briggs, John: *Fractals: The patterns of Chaos*, Touchstone Publishers, NY, 1993, Seite 38
26. Murray, John: *Die Entstehung der Arten* (englisch: *The Origin of Species*), 6. Auflage, London 1872.
27. Damaschun, Ferdinand; Hackethal, Sabine: *Klasse Ordnung Art*, Museum für Naturkunde, Berlin, 2010. Seite 166-169
28. Fisher, Martin; Sattler, Felix: *Besuch und Catalog, Diatomeen: Formensinn*, Phyletisches Museum, Jena 2010. Seite 5
29. Ernst-Haeckel-Haus: *Villa Medusa*, Ernst-Haeckel-Museum, Jena, Besucht in 2010
30. Haeckel, Ernst: *Kunstformen der Natur*, 2. Auflage, Marixverlag, Wiesbaden, 2004
31. Kessler, Rob; Harley, Madeline: *Die geheimnisvolle Sexualität der Pflanzen*, Knesebeck GmbH & Co. Verlags KG, München, 2008, Seite 167
32. Nachtigal, Werner und Blüchel, Kurt G: *Das große Buch der Bionik: Neue Technologien nach dem Vorbild der Natur*, Dva Verlag 2003. Seite 113
33. Kockerbeck, Christoph; Ernst, Haeckels: *Kunstformen der Natur und ihr Einfluß auf der Bildende Kunst der Jahrhundertwende*, Verlag Peter Lang, Frankfurt am Main, 1986
34. Kessler, Rob; Harley, Madeline: *Die geheimnisvolle Sexualität der Pflanzen*, Knesebeck GmbH & Co. Verlags KG, München, 2008, Seite 169
35. Proctor, Robert; Breidbach, Olaf; Rene Binet: *Nature und Kunst*, Prestel Verlag, München, 2007, Seite 6-14

36. Sachs Angeli: *Nature Design: From inspiration to Innovation* zit. n Binet, Rene; Museum für Gestaltung Zürich, Lars Müller Verlag, Zürich, 2007, ibid. French 26, Seite 57
37. Lahuerta, Juan José: *Gaudiuniverse*, Buch zur Ausstellung, Centre de Cultura Contemporània de Barcelona, 2002. Seite 56
38. Beukers Adriaan, Hinte Ed Van: *lightness: The inevitable renaissance of minimum energy structures*, 010 publishers, Rotterdam, 2001, Seite 39
39. ebenda, Seite 40
40. Kessler, Rob; Harley, Madeline: *Die geheimnisvolle Sexualität der Pflanzen*, Knesebeck GmbH & Co. Verlags KG, München, 2008, Seite 70
41. ebenda, Seite 168
42. Guillot, Laure Albin: *Micrographie décorative*. Erste Edition, 20 Fotografuren, Paris: Draeger Frères, 1931
43. Sarrinen, Eero; Serraino Pierluigi: Ingalls Hockey Ring. (1953-1959) S.52-55 und TWA JFK Flughafen (1956-1962) *Saarrinen*, Taschen Verlag, Köln, 2005. Seite 60-67
44. Garner, Philippe: *Sixties Design*, Taschen Verlag, Köln, 2000, Seite 60
45. Krause, Joachim: Buckminster Fuller: Your Private Sky: The Art of Design Science, Lars Müller Publisher; Museum für Gestaltung Zürich, Design Museum London, Italien, 1999. Seite 444
46. ebenda, Seite 392-411
47. ebenda, Seite 178-216
48. Helmke, Johann-Gerhard; Bach, Klaus; Klenk, Frieder: *IL 33 Radiolaria*, Institute für leichte Flächentragwerke (IL) Leitung Frei Otto, Karl Krämer Verlag, Stuttgart, 1990.
IL 38 Diatomeen II: Schalen in Natur und Technik III, Institute für leichte Flächentragwerke (IL) Leitung Frei Otto, Karl Krämer Verlag, Stuttgart, 2004. Bitte Bücherliste anschauen.
49. AD Architectural Design: Vol 74 *Emergence*, Seite 24, Mai/Juni 2004,
„for testing forces the model must be made with the same materials and in the same way as the final structure ... Finding the first shapes and understanding the structure is best done with small inexpensive models, some of which built in a few hours. If the form is new, then there will be no mathematical precedent and calculations are not immediately possible and models must be used. However modelling is only part of the job...“

Übersetzung Saskia Heinzel,

50. Cragg, Tony: *vantage point*, in art monthly, 1988

51. Cragg, Anthony: *Material_Object_Form*, Cantz Verlag, Ostfildern-Ruit, 1998. Seite 47

52. ebenda Seite 48

53. Stender, Oriane: *Material seduction*, artnet, Interview with Donovan on Apr. 2, 2006.

<http://www.artnet.com/magazineus/features/stender/stender4-3-06.asp>, [20.03.11]

„I was particularly drawn to the scalloped edge on the paper plates. The structure and activity of spooling is what brought me to work with adding machine paper. The way the plastic cups absorb and diffuse light and, of course, their stackability, motivated me to use them for the project currently at Pace Wildenstein. In a sense, I develop a dialogue with each material that dictates the forms that develop. With every new material comes a specific repetitive action that builds the work.“ Übersetzung Saskia Heinzel

54. Klooster-Thorsten: *Smart Surfaces: Intelligente Oberflächen und ihre Anwendung in Architektur und Design*. Birhäuser, Boston und Berlin, 2009. Seite 46

55. Aisslinger, Werner: <http://www.aisslinger.de> [20.03.11]

56. <http://matsysdesign.com/> [20.03.11]

57. Iwamoto, Lisa: *Digital Fabrications: Architectural and Material Techniques*, Princeton Architectural Press, New York, 2009. Seite 40

58. Cudless, Andrew: *Herstellung der P_Wall*, SFMOMA, Matsys Film,

<http://www.sfmoma.org/multimedia/videos/359> [20.04.11]

59. Oxmann, Nerri: *Materialecology*, Seedmagazine, http://revminds.seedmagazine.com/revminds/member/nerri_oxman/ [22.03.11]

„The biological world is displacing the machine as a general model of design.“

“Forget about the way it looks, think about how it behaves.“ Übersetzung Saskia Heinzel

60. <http://de.wikipedia.org/wiki/Voronoi-Diagramm> [20.03.11]

61. Beukers Adriaan, Hinte Ed Van: *lightness: The inevitable renaissance of minimum energy structures*, 010 publishers, Rotterdam, 2001, Seite 52. Original in Ingber Donald D., *The architecture of life*, Scientific American, January 1998, Seite 49

62. Interview with Andrew Dent on <http://www.materialconnexion.com/Home/Matter/MATTERMagazine/PastIssues/MATTER63/MATTERInterviewNeriOxman/tabid/699/Default.aspx> [05.01.11]

“Biomimicry is not a method; it is a philosophy, an intellectual disposition, and a mentality with which to perceive the natural world around us. It is the study of age-old design solutions to problems in the natural world as potentially relevant to contemporary design and engineering...The combination of these age-old crafts with rapid technologies will bring us into a new age of a Rapid Craft.” Übersetzung Saskia Heinzl

63. Fresco, Jacque: *the Venus Project*. <http://www.thevenusproject.com/>

64. Briggs, John: *Fractals: The patterns of Chaos*, Touchstone Publishers, NY, 1993, Seite 21

“Everything influences, or potentially influence, everything else-because everything is in some sense constantly interacting with everything else. At the moment, the feedback in a dynamical system may amplify some unexpected “external” or “internal” influence, displaying this holistic interconnection. So paradoxically, the study of chaos is the also the study of wholeness” Übersetzung Saskia Heinzl

65. Blüchel Kurt: *Bionik: wie wir die geheime Baupläne der Natur nutzen können*, Wilhelm Goldmann Verlag, München, 2006. Seite 48

66. Miyake, Issey: *The 8 Geometry Link Models as Metaphor of the Universe*, <http://www.ams.org/news/math-in-the-media/04-2010-media> [20.03.11]

67. Briggs, John: *Fractals: The patterns of Chaos*, Touchstone Publishers, NY, 1993, Seite 31

68. Hamein, Nassim: *lectures, Crossing the Event Horizon 3/9*, 2005, http://www.youtube.com/watch?v=Fw7J_D7H7E&feature=related/ [18/01/11], „**People come out of people**“ Übersetzung Saskia Heinzl

69. Briggs, John: *Fractals: The patterns of Chaos*, Touchstone Publishers, NY, 1993, Seite 75

70. Thomas H. Huxley, 1825 – 1895, Oxmann Neri, <http://web.media.mit.edu/~neri/site/index.html> Abgerufen am 02.01.11 **“The different branches of science combine to demonstrate that the universe in its entirety can be regarded as one gigantic process, a process of becoming, of attaining new levels of existence and organization, which can properly be called a genesis or an evolution”** Übersetzung Saskia Heinzl

71. Strüwe, Carl; Fisher, Martin; Sattler, Felix: Besuch und Katalog, *Diatomeen: Formensinn*, Phyletisches Museum, Jena, 2010. <http://www.diatomeen-ausstellung.de/> Seite 22
72. Mandelbrot, Benoit; *Quelle unbekannt*
73. Koestlers, Arthur; Blüchel Kurt: *Bionik: wie wir die geheime Baupläne der Natur nutzen können*, Wilhelm Goldmann Verlag, München, 2006. Seite 24
74. Württenberger, Franzsepp; *Die Architektur der Lebewesen*, Info Verlag GmbH, Karlsruhe, 1989. Seite 27
75. Nachtigal, Werner; Blüchel Kurt G: *Das große Buch der Bionik: Neue Technologien nach dem Vorbild der Natur*, Dva Verlag 2003. Seite 36
76. Beukers, Adriaan; Hinte, Ed Van: *Lightness: The inevitable renaissance of minimum energy structures*, The Lab. of Structures and Materials, faculty of Aerospace Technology, 010 Publishers, Rotterdam, 2001. Seite 27
77. http://www.festo.com/cms/nl-be_be/16306.htm Abgerufen am 20.03.11
78. Nachtigal, Werner; Blüchel Kurt G: *Das große Buch der Bionik: Neue Technologien nach dem Vorbild der Natur*, Dva Verlag 2003. Seite 16
79. Pierces, Pierce: *Structure in nature is a strategy for design*. The MIT Press, Cambridge USA, 1980
80. Beukers, Adriaan; Hinte, Ed Van: *Lightness: The inevitable renaissance of minimum energy structures*, The Lab. of Structures and Materials, faculty of Aerospace Technology, 010 Publishers, Rotterdam, 2001. Seite 53
81. Krause, Joachim; Buckminster Fuller: *Your Private Sky: The Art of Design Science*, Lars Müller Publisher; Museum für Gestaltung Zürich, Design Museum London, Italien, 1999.. Seite 122-143
82. Nachtigal, Werner; Blüchel Kurt G: *Das große Buch der Bionik: Neue Technologien nach dem Vorbild der Natur*, Dva Verlag 2003. Seite 124
83. AD Architectural Design: *Vol 76 Techniques and Technologies in Morphogenetic Design*, Wiley academy, Sussex U.K, March/April 2006. Seite 35
84. Helmke, Johann-Gerhard; Bach, Klaus; Klenk, Frieder: *IL 33 Radiolaria*, Institute für leichte Flächentragwerke

(IL) leitung Frei Otto, Karl Krämer Verlag, Stuttgart, 1990 Seite. 248

85. Beukers, Adriaan; Hinte, Ed Van: *Lightness: The inevitable renaissance of minimum energy structures*, The Lab. of Structures and Materials, faculty of Aerospace Technology, 010 Publishers, Rotterdam, 2001. Seite 56

86. Puig Boada, Isidre; Lahuerta, Juan José: *Gaudi universe*, Buch zur Ausstellung, Centre de Cultura Contemporània de Barcelona, 2002. Seite 126

87. Cunniff, Philip M.; Auerbach, Margaret A.: *High Performance „M5“ Fiber for Ballistics/Structural Composites*, U.S. Army Soldier and Biological Chemical Command, Netherlands, web.mit.edu/course/3/3.91/www/slides/cunniff.pdf [03.03.11]

88. Nachtigal, Werner; Blüchel Kurt G: David Kaplan Armeeforschungszentrum Zitiert in: *Das große Buch der Bionik: Neue Technologien nach dem Vorbild der Natur*, Dva Verlag 2003.

89. Delta Bikes: Iso Truss Kevlar Rad. <http://www.delta7bikes.com/> [25.03.11]

90. Grcic, Konstantin: <http://www.konstantin-grcic.com/> Abgerufen am [25.03.11]

91. Siggraph: <http://www.siggraph.org/> [25.03.11]

92. Sachs, Angeli: *Paradise Lost - From inspiration to Innovation*, Nature Design, Museum für Gestaltung Zürich, Lars Müller Verlag, Zürich, 2007. Seite 266

93. ebenda, Seite 46

94. Blüchel, Kurt: *Bionik: Wie wir die geheime Baupläne der Natur nutzen können*, Wilhelm Goldmann Verlag, München. 2006.

95. ebenda, Seite 206

96. Hamm, Christain: *Crashtests*, <http://epic.awi.de/Publications/Ham2002b.pdf/> [28.12.11]

97. Hamm, Christian: *Abteilung MSN* http://www.imare.de/en/marine_structures/ und IMARE (<http://www.imare.de/> am Alfred Wegner Institut für Polarforschung AWI <http://www.awi.de> in Bremerhaven. Interview mit Saskia Heinzel am 04.02.11

98. Kries, Mateo: *Total Design.-Die Inflationmoderner Gestaltung*. Nicolaische Verlagsbuchhandlung GmbH, Berlin. 2010

99. Nachtigal, Werner; Blüchel Kurt G: *Das große Buch der Bionik: Neue Technologien nach dem Vorbild der Natur*, Dva Verlag 2003. Seite 387

100. Blüchel, Kurt: *Bionik: Wie wir die geheime Baupläne der Natur nutzen können*, Wilhelm Goldmann Verlag, München. 2006, Seite 214

101. Nachtigal, Werner; Blüchel, Kurt G: *Das große Buch der Bionik: Neue Technologien nach dem Vorbild der Natur*. Dva Verlag, Stuttgart München, 2003. Seite 371

102. Greer, Jed: *The Reality Behind Corporate Environmentalism*. Apex Press, New York, 1997

103. Hill, Bernd: *Naturorientiertes Lernen*. 2 Auflage, Shaker Verlag, Achen, 1998

104. Blüchel, Kurt: *Bionik: Wie wir die geheime Baupläne der Natur nutzen können*, Wilhelm Goldmann Verlag, München. 2006 Seite 202

105. Oxmann, Nerri: Interview mit Andrew Dent <http://www.materialconnexion.com/Home/Matter/MATTER-Magazine/PastIssues/MATTER63/MATTERInterviewNeriOxman/tabid/699/Default.aspx> [05.01.11]

„We have witnessed the outcomes of the information age affecting so many aspects of our lives. I am positive that such a renaissance of material processing will take us into the next material revolution, post the industrial revolution and post the information age altogether. In the future, materials will be data-encapsulating-energy-managing agents built into the fabric of clothes, products, buildings and cities.“ Übersetzung Saskia Heinzl

106. Nachtigal, Werner; Blüchel, Kurt G: *Das große Buch der Bionik: Neue Technologien nach dem Vorbild der Natur*. Dva Verlag, Stuttgart München, 2003 Seite 8

107. Limber; Axel: *Das Plankton Manifest: Wie ein Rohstoff die Welt verändern wird*. Zaunkönig, Hamburg, 2007

108. Blüchel, Kurt: *Bionik: Wie wir die geheime Baupläne der Natur nutzen können*, Wilhelm Goldmann Verlag, München. 2006, Seite 324

109. Höweler + Yoon: <http://www.hyarchitecture.com/> [02.27.11]

I 10. Arnold, Ken: *Science and art: Symbiosis or just good friends?. Welcome trust new supplement*, 2002.
<http://www.wellcomecollection.org/explore/science--art/articles/symbiosis-or-just-friends.aspx> [12.03.11]
„The coupling of science and art might then seem quite unexceptional, fitting in along side links between say geography and history, physics and biology, football and economics. But the charged meeting between creativity's twin peaks has, it would seem, produced more than its fair share of new light. Maybe because they come from what are thought to be opposite ends of the spectrum of human understanding, there seems to be an added energy released when they embrace. Whatever the reason, it is tempting to conclude that contemporary science and art have found gaps in each other that require filling.“ Übersetzung Saskia Heinzl

I 12. Otto, Frei; Rasch, Bodo: *Finding Form: Towards an Architecture of the Minimal*. Axel Menges, Lancaster, 1996

I 13. Zelmi: <http://www.zelmi.tu-berlin.de/> [20.03.11]

I 14. GeoForschungsZentrum: <http://www.gfz-potsdam.de> [18.11.10]

I 15. AWI: Alfred Wegner Institut für Polarforschung, <http://www.awi.de> [02.11.10]

I 16. IMARE: <http://www.imare.de/> [02.11.10]

I 17. MSN: http://www.imare.de/en/marine_structures/ [02.11.10]

I 18. Beukers Adriaan, Hinte Ed Van: *lightness: The inevitable renaissance of minimum energy structures*, 010 publishers, Rotterdam, 2001, Seite 52. Original in Ingber Donald D., *The architecture of life*, Scientific American, January 1998, Seite 68 | **“Testing prototypes and real models is the only way to see if theories really work. A biologist builds a model of a one celled organism to see if tensegrity is involved ...engineering and design involve a succession of many simple and complicated experiments. Testing itself is also subject to trial and error and improvement.”** Übersetzung Saski Heinzl

I 19. BCC: <http://www.bcc-berlin.de/de/architecture/monument> [15.03.11]

I 20. Nachtigal, Werner und Blüchel, Kurt G: *Das große Buch der Bionik: Neue Technologien nach dem Vorbild der Natur*, Dva Verlag 2003. Seite 393

Bücher

- Lazarus, David: *Klasse Ordnung Art.* museum für Naturkunde, Berlin, 2010.
- Brownell, Blaine: *Transmaterial.* Princeton Architectural Press, New York, 2006
- Beukers, Adriaan; Würtenberger; Franzsepp; *Die Architektur der Lebewesen*, Info Verlag GmbH, Karlsruhe, 1989
- Hinte Ed Van: *Lightness: The inevitable renaissance of minimum energy structures*, 010 publishers, Rotterdam, 2001.
- Briggs, John: *Fractals: The patterns of Chaos*, Touchstone Publishers, NY, 1993
- Celant, Germano; Tony Cragg. Thames and Hudson Ltd. London, 1996
- Cragg, Anthony: *Material_Object_Form*, Cantz Verlag, Ostfildern-Ruit, 1998.
- Cheung, Victor: *viction:workshop Ltd: Simply Material.* viction:workshop Ltd, Hong Kong, 2007
- Dernie, David: *Ausstellungsgestaltung Konzept und Techniken.* Avedition, Ludwigsburg, 2006
- Damaschun, Ferdinand; Hackethal, Sabine: *Klasse Ordnung Art*, Museum für Naturkunde, Berlin, 2010.
- Iwamoto, Lisa: *Digital Fabrications: Architectural and Material Techniques*, Princeton Architectural Press, New York, 2009.
- Fisher, Martin; Sattler, Felix: *Katalog, Diatomeen: Formensinn*, Phyletisches Museum, Jena, 2010.
- Garner, Philippe: *Sixties Design*, Taschen Verlag, Köln, 2000
- Greer, Jed: *The Reality Behind Corporate Environmentalism.* Apex Press, New York, 1997
- Guillot, Laure Albin: *Micrographie décorative.* Erste Edition, 20 fotografuren, Paris: Draeger Frères, 1931
- Touchstone Publishers, NY, 1993
- Hill, Bernd: *Naturorientiertes Lernen.* 2. Auflage, Shaker Verlag, Achen, 1998
- Hundertmark, Dieter: *Bauelemente der Schalen von Kieselalgen in Achitektonischer sicht.* Fakultät für Architektur der Technischen Universität, Berlin, 1967
- Hudson, Jennifer: *Process-Product Designs from concept to Manufacture*, Laurence King Publishing Ltd., London, 2008
- Haeckel, Ernst: *Kunstformen der Natur*, 2. Auflage, Marixverlag, Wiesbaden, 2004
- Hustedt, Friedrich: *Süßwasser-Diatomeen Deutschlands.* Franckh´sche Verlagshandlung, Stuttgart, 1923
- Kamphuis, Hanneke; Onna, Hedwig van: *Atmosphere: The Shapes of thingst to come.* Birkhäuser Verlag Ag, Amsterdam, 2007
- Kessler, Rob; Harley, Madeline: *Die geheimnisvolle Sexualität der Pflanzen*, Knesebeck GmbH & Co. Verlags KG, München, 2008
- Klooster, Thorsten: *Smart Surfaces, Intelligente Oberflächen und ihre Anwendung in Architektur und design.* Birkhäuser, Basel, 2009
- Kockerbeck, Christoph; *Ernst, Haeckels: Kunstformen der Natur und ihr Einfluß auf der Bildende Kunst der Jahrhundertwende*, Verlag Peter Lang, Frankfurt am Main, 1986
- Krause, Erika; Nöthlich, Rosemarie: *Museum, Ernst-Haeckel-Haus der Friedrich-Schiller-Universität Jena.* Westermann, Braunschweig, 1990

Kries, Mateo: *Total Design.-Die Inflation moderner Gestaltung*. Nicolaische Verlagsbuchhandlung GmbH, Berlin, 2010

Krause, Joachim: *Buckminster Fuller: Your Private Sky: The Art of Design Science*, Lars Müller Publisher, Museum für Gestaltung Zürich, Design Museum London, Italien, 1999

Lahuerta, Juan José: *Gaudiuniverse*, Buch zur Ausstellung, Centre de Cultura Contemporània de Barcelona, 2002

Leydecker, Sylvia: *Nanomaterialien in Architektur, Innenarchitektur und Design*. Birkhäuser, Basel, 2008

Limber, Axel: *Das Plankton Manifest: Wie ein Rohstoff die Welt verändern wird*. Zaunkönig, Hamburg, 2007

Marten, Michael; Trux, John; Chesterman, John, May John: *World within worlds: A journey into the unknown*, Secker & warburg, England, 1977

Murray, John: *Die Entstehung der Arten* (englisch: *The Origin of Species*), 6. Auflage, London 1872

Noser, Tobias: *Natur als Baumeister*. Hochschule der Künste, Berlin, 1983

Otto, Frei; Rasch, Bodo: *Finding Form: Towards an Architecture of the Minimal*. Axel Menges, Lancaster, 1996

Otto, Frei: Institut für Leichte Flächentragwerke: *Natürliche Konstruktionsformen*. Deutsche Verlag- Anstalt, Stuttgart, 1982

Otto, Frei; Helmke, Gerhard: *IL 33 Radiolarien*, Institut für Leichte Flächentragwerke: *Natürliche Konstruktionen*. Karl Krämer Verlag, Stuttgart 1990

Otto, Frei: *IL 38 Diatomeen II: Schalen in Natur und Technik III*, Institute für leichte Flächentragwerke (IL) leitung Frei Otto, Karl Krämer Verlag, Stuttgart, 2004

Otto, Frei: Institut für Leichte Flächentragwerke: *IL3, Biologie und Bauen Teil I*. Karl Kramer verlag, Stuttgart, 1971

Pierces, Pierce: *Structure in nature is a strategy for design*. The MIT Press, Cambridge USA, 1980

Proctor, Robert; Breitbach, Olaf; René Binet, *Natur und Kunst*. Prestel Verlag, München, 2007

Puig Boada, Isidre; Lahuerta, Juan José: *Gaudiuniverse*, Buch zur Ausstellung, Centre de Cultura Contemporània de Barcelona, 2002.

Reas, Casey; McWilliams, Chandler: *Form+Code in Design, Art, and Architecture*, Princeton Architectural Press, 2010

Reinhardt, Uwe J.; Teufel Philipp: *Neue Ausstellungsgestaltung, New Exhibition Design 01*. Avedition, Ludwigsburg, 2008

Ritter, Axel: *Smart Materials in Architektur, Innenarchitektur und Design*. Birkhäuser, Basel, 2007

Round F.E.; Crawford R.M.; Mann D.G.: *The Diatoms, Biology and Morphology of the genera*. Cambridge University Press, 1990

Sachs Angeli: *Nature Design: From inspiration to Innovation*. Museum für Gestaltung Zürich, Lars Müller Verlag, Zürich, 2007

Schwarz Frey Bertron: *Designing Exhibitions, Ausstellungen entwerfen*. Birkhäuser, Basel, 2006

Serraino Pierluigi: *Saarinens*, Taschen Verlag, Köln, 2005.

Seltmann, Gehard; Lippert, Werner: *Entry Paradise, neue Welten des designs*. Birkhäuser, Basel, 2006

Stattmann, Nicola: *Ultra light- Super Strong*, Birkhäuser, Basel, 2003

Streble, Heinz; Krauter, Dieter: *Das Leben im Wassertropfen*. Kosmos, Stuttgart, 2008

Strüwe, Carl; Fisher, Martin; Sattler, Felix: *Besuch und Katalog, Diatomeen: Formensinn*, Phyletisches Museum, Jena,

2010.

Thywissen, Cornelius: IL 19, *Wachsende und sich teilende pneus*. Karl Kramer verlag, Stuttgart, 1979

Ulrich, Uta: *Gründe mit System*. Barbara Fay Verlag, D-Gammelby, 2009

Württemberg, Franzsepp; *Die Architektur der Lebewesen*, Info Verlag GmbH, Karlsruhe, 1989

Zeitschriften

AD:Architektural Design:The New Structuralism, July/August 2010.

AD:Techniques and Technologies in Morphogenetic Design.Vol 176 no2.Wiley-Academy, March/April 2006

AD: Emergence: Morphogenteic Design Strategies.Vol 74 no 169.Wiley-Academy, May/June 2004

ELLE decoration, 4/2009 August/ September. ELLE Verlag, München, 2009

DAMN° Magazine: DAM, Nr. 22, August/September 2009. DAMnation, Gent, 2009

Bildnachweis

Cover: Marten Michael, Trux John, Chesterman John, May John: Diatomeen, *World within worlds: A journey into the unknown*, secker & warburg, England, 1977. S. 61

Seite 5: Eames, Charles and Ray, *The powers of 10*, 1977: <http://beyondentropy.aaschool.ac.uk/?p=67/> [24.10.10]

Seite 6: *UV Pneu*. Saskia Heinzl. Glasgow. 1997

Seite 7: v.l.n.r.: Heinzl, Saskia: *UV Pneustruktur*, 1997

Heinzl, Saskia: *Easter House Easter House School for special needs*, 1997

Heinzl, Saskia: *Kind, Easter House Easter House School for special needs*, 1997

Seite 8: Heinzl, Saskia: *IONS*, 1998

Seite 9: Heinzl, Saskia: *IONS*, 1998

Seite 11: v.l.n.r.: Wong, Timo: *Cell*, <http://www.frame-digital.com/news/177/Timo-Wong%27s-%27Cells%27.html/> [09.11.10]

Moroso: v.l.n.r.: *Antobody Chaise*, http://image.architonic.com/imgProSat/morososat/antibody---chaise_b.jpg/ [20.03.11]

Luceplan: *Honeycomb*, <http://www.architonic.com/pmgal/honeycomb-luceplan/2041331/> [20.03.11]

Aranda, Ben: Lasch, Chris: *Quasi Cabinet*. <http://www.taktal.com/creative-archive/#all/> [20.03.11]

Studio Job: *Rock Chair, Material*, viction workshop ltd. Hong Kong, 2007. S. 131

Pairot, Anon: *Restrogen - Cell Collection*, <http://www.thefrankconnection.com/restrogen-design-cell-collection-ottoman.html>

Studio Hausen: *Radiolaria Honeycomb Chair*. <http://www.studiohausende.de/> [20.03.11]

Haberli, Alfredo: *Quodes*. 2006. <http://www.architonic.com/pmsht/pattern-quodes/1045934/> [20.03.11]

Unto This Last: *Cell Shelf*. <http://www.untothislust.co.uk/Shelving/Cell%20Shelf.html/> [20.03.11]

- Seite 13:** Science Photo: *SEM von Mlychenensis*. http://www.sciencephoto.com/images/download_lo_res.html?id=670057476/ [20.03.11]
- Seite 15:** DNA: http://de.academic.ru/pictures/dewiki/68/DNA_ORF.gif/ [20.03.11]
- Seite 16:** *Sauerstoffflasche*. <http://ck-wissen.de/ckwiki/index.php?title=Sauerstoffflasche/> [20.03.11]
- Seite 17:** Heinzl, Nicole: Infographik O² Produktion
- Seite 18:** IMARE, Siehe Quellen, *Radiolaria 100.0 µm*
- Seite 19:** ESA: *Iceland and the Denmark Strait*. http://www.esa.int/esaEO/SEM98GYEM4E_index_1.html/ [20.03.11]
- Seite 20:** v.l.n.r.: Gschmeissner, Steve: *SEM Diatomeen*. <http://www.gettyimages.de/> [20.03.11]
- Seite 23:** Carl Zeiss NTS: *Filsia eislingensis*. <http://www.foerderverein-eislinger-saurierfunde.de/raster/htm/> [20.03.11]
- Seite 24:** Micropolitan, *Radiolaria Barbados*. <http://www.microscopy-uk.org.uk/micropolitan/index.html/> [20.03.11]
- Seite 27:** Science Photo: *Radiolaria*. <http://www.sciencephoto.com/search/> [20.03.11]
- Seite 29:** Haeckel, Ernst. *Kunstformen der Natur*, Tafel 1 – circogonia. Marixverlag, Wiesbaden, 2004
- Seite 30:** Blaschka, Leopold und Rudolf: *Glassmodel Radiolaria*, Humboldt-Universität zu Berlin: Institut für Biologie, Zoologische Lehrsammlun. <http://www.sammlungen.hu-berlin.de/dokumente/8319//> [20.03.11]
- Seite 31:** v.o.n.u. Leeuwenhoek, Anton van: *Mikroskop*. <http://www.greatscientists.net/anton-van-leeuwenhoek/> [20.03.11]
- Leeuwenhoek, Anton van: *Portrait*. <http://de.academic.ru/dic.nsf/dewiki/532340/> [20.03.11]
- Darwin, Charles: *Portrait*. <http://gardening.lohudblogs.com/2008/04/22/darwins-garden//> [20.03.11]
- Darwin, Charles: *Proben*, Lazarus, David: *Klasse Ordnung Art*. Museum für Naturkunde, Berlin, 2010. S. 270
- Seite 32:** Illustrated London News, *Radierung Salonkultur*, Shrewsbury Museums Service, 1855. <http://www.darwincountry.org/explore/001168.html/> [20.03.11]
- Seite 33:** Möller, Dietrich: *Diatom Arrangement*. <http://www.victorianmicroscopeslides.com/slides.htm/> [20.03.11]
- Seite 34:** Heinzl, Saskia. *Ernst Haeckel Haus: Villa Medusa*, Jena 2010
- Seite 35:** v.l.n.r.: Autor Unbekannt. *The Gigantic Waterlily*. http://www.territorioscuola.com/wikipedia/en.wikipedia.php?title=Joseph_Paxton/ [20.03.11]
- Nachtigal, Werner und Blüchel, Kurt G., *Das große Buch der Bionik: Neue Technologien nach dem Vorbild der Natur*, Dva Verlag, 2003. S. 113
- Seite 36:** v.o.n.u. Oberist, Hermann: *Bauwerk* http://www.jambookscout.com/books/jam_1_09/art/1-09-015.html/ [20.03.11]
- Sachs, Angeli. *Vasen von Alfred William Finch: Nature Design: Von Inspiration zu Innovation*. Lars Müller Publishers, Baden, 2007. S. 89
- Sachs, Angeli. *Alessi Besteck: Gregg Lynn, Nature Design: Von Inspiration zu Innovation*. Lars Müller Publishers, Baden, 2007
- Seite 37:** Endell, August: *Drei Abbildungen von Atelier Elvira*, Munchen, Dekorative Kunst, 1900.

http://www.bc.edu/bc_org/avp/cas/fnart/symbolist/images/atelier_elvira3.jpg/ [20.03.11]

Seite 38: Proctor, Robert: Breidbach, Olaf: René Binet: *Natur und Kunst*. Prestel Verlag, München, 2007. S. 10

Seite 39: Haeckel, Ernst: *Kunstformen der Natur*, Tafel 22, Marixverlag, Wiesbaden. 2004

Proctor, Robert: Breidbach, Olaf: Haeckel, Ernst: *René Binet: Natur und Kunst*. Prestel Verlag, München, 2007.

S. 11

Proctor, Robert: Breidbach, Olaf: René Binet: *Natur und Kunst*. Prestel Verlag, München, 2007. S. 69

Seite 40: v.o.n.u. Gaudi, Antonio: *Canterary*. <http://shapesoftime.tumblr.com/> [20.03.11]

Gaudi, Antonio: *Schornsteine* <http://www.spraygraphic.com/ViewProject/387/normal.html/> [20.03.11]

Seite 41: Puig Boada, Isidre; Lahuerta, *Gaudiuniverse*. Buch zur Ausstellung, Centre de Cultura Contemporània de Barcelona, 2002. S. 135

Seite 42: Sachs, Angeli. *Nature Design: Von Inspiration zu Innovation*. Lars Müller Publishers, Baden, 2007. S. 38-39

Seite 43: Guillot, Laure Albin: *Microgram 1931* http://www.argentic-photo.com/content/products/product_full_8619.jpeg/ [20.03.11]

Seite 45: Sarrinen, Eero: Saarrinen, Taschen Verlag, Köln, 2005. S. 61

Seite 46: v.o.n.u. Sarrinen, Eero: *TWA Flughafen, Saarrinen*, Taschen Verlag, Köln, 2005. S. 67

Sarrinen, Eero: *TWA Saarrinen*, Taschen Verlag, Köln, 2005. S. 55

Seite 45: Fuller R. Buckminster, *Your Private Sky: The Art of Design Science*, Lars Müller Publisher, Museum für Gestaltung Zürich, Design Museum London, Italien, 1999. S. 431

Seite 48: Heckel, Ernst: *Radiolaria*. Expedition Report 1887.

Fuller, Buckminster: *Your Private Sky: The Art of Design Science*, Lars Müller Publisher, Museum für Gestaltung Zürich, Design Museum London, Italien, 1999. S.445.

Seite 49: Vasarely, Victor: *Ter-Ur Year*, Medium: Serigraph, 1980. <http://www.picassomio.com/victor-vasarely/61267.html/> [20.03.11]

Fuller, Buckminster: *Your Private Sky: The Art of Design Science*, Lars Müller Publisher, Museum für Gestaltung Zürich, Italien, 1999. S. 429

Roger White Stoller: *Fly's Eye und Dymaxion Car*, 1980. <http://blogs.nationalgeographic.com/blogs/intelligenttravel/a10a0%28c%29-Roger-Stoller.jpg/> [20.03.11]

Zenarchy: *Digital Diatoms* http://zenarchy.net/gallery_3d_8.html/ [20.03.11]

Fuller, Buckminster in his *Studio*. <http://www.olats.org/pionniers/pp/buckminster/images/MODELS.JPG>

Seite 50: v.o.n.u. Nachtigal, Werner: *Netz. Das große Buch der Bionik: Neue Technologien nach dem Vorbild der Natur*, Dva Verlag, 2003. S. 52

Otto, Frei: Sachs, Angeli: *Nature Design: Von Inspiration zu Innovation*. Lars Müller Publishers, Baden, 2007. S. 175

Otto, Frei: *Institut für Leichte Flächentragwerke: Natürliche Konstruktionen*. Deutsche Verlag- Anstalt, Stuttgart, 1982 S. 66

Seite 51: Otto, Frei: *Institut für Leichte Flächentragwerke: Natürliche Konstruktionen*. Deutsche Verlag- Anstalt, Stuttgart, 1982 S. 37

- Seite 52:** Cragg, Anthony: *Evelope* <http://www.tony-cragg.com/> [20.03.11]
- Seite 53:** Cragg, Anthony: *Secretions. Material_Object_Form*, Cantz Verlag, Ostfildern-Ruit, 1998. S. 112
Cragg, Anthony: *Evelope*. <http://www.tony-cragg.com/> [20.03.11]
- Seite 54:** Hamm, Christian: *Diatom*. Abteilung MSN am AWI, 2010. http://www.imare.de/en/marine_structures/ [20.03.11]
- Seite 55:** v.o.n.u. v.l.n.r. Donovan, Tara: # 11 of 58. 2003. http://www.acegallery.net/artwork.php?pageNum_ACE=10&Artist=8/ [20.03.11]
Radiolaria, Quelle Unbekannt
Donovan, Tara: 16 of 58. 2003. http://www.acegallery.net/artwork.php?pageNum_ACE=15&totalRows_ACE=58&Artist=8/ [20.03.11]
Donovan, Tara: <http://www.artnet.de/ag/fineartdetail.asp?wid=42449116&gid=826/> [20.03.11]
- Seite 56:** Bouroullec, Ronan, Erwan: *Cloud*. <http://davidreport.com/200901/more-clouds-images-by-bouroullec/> [20.03.11]
- Seite 57:** v.o.n.u.v.l.n.r. Lovegrove, Ross: *Artemide Cosmic Leaf suspensione*. <http://www.objectguide.com/blog/?p=1150/> [20.03.11]
Lovegrove, Artemide. Ross: *System X*. <http://inhabitat.com/ross-lovegrove-system-x-modular-fluorescent-lighting/> [20.03.11]
Lovegrove, Ross: *Artemide: Cosmic leaf*. <http://www.dezeen.com/2009/07/19/cosmic-angel-cosmic-ocean-and-cosmic-leaf-by-ross-lovegrove-for-artemide/> [20.03.11]
Lovegrove, Ross: *Artemide: System X*. <http://inhabitat.com/ross-lovegrove-system-x-modular-fluorescent-lighting/> [20.03.11]
- Seite 58:** Aisslinger, Werner: *Coral*. http://www.aisslinger.de/index.php?option=com_project&view=detail&pid=8&Itemid=1/ [20.03.11]
- Seite 59:** Iwamoto, Lisa: *Cudless, Andrew P_wall*, *Digital Fabrications: Architectural and Material Techniques*. Princeton Architectural Press, New York, 2009. S. 138
- Seite: 60:** Oxmann, Nerri: *Monocoque I, Beast*. <http://web.media.mit.edu/~neri/site/projects/monocoque1/monocoque1.html/> [20.03.11]
- Seite 61:** Oxmann, Nerri: *Monocoque*. <http://web.media.mit.edu/~neri/site/projects/monocoque2/monocoque2.html/> [20.03.11]
Oxmann, Nerri: *Natural Artifice*, MoMa: *Design and the Elastic Mind* Ausstellung <http://www.moma.org/interactives/exhibitions/2008/elasticmind/> [20.03.11]
- Seite 62:** Fresco, Jacque: *Rendering. the Venus Project* <http://www.thevenusproject.com/> [20.03.11]
- Seite 63:** Miyake, Issey: Thurson, Paul: *The 8 Geometry Link* <http://www.animath.fr/spip.php?rubrique205/> [20.03.11]
- Seite 64:** Heinzl, Saskia: *Zwiebel*, 2010.
- Seite 65:** v.l.n.r. Pickover, Cliff. In Briggs John, *Biomorph Petrischale. Fractals: The patterns of Chaos*, Touchstone

Publishers, NY, 1993 S. 65IBM

Briggs John, *Iteration anhand der Hilbert Curve*, *Fractals: The patterns of Chaos*, Touchstone Publishers, NY, 1993 S. 65

Kyttänen, Janne: *Fibonacci code Lamp*, Laser sintered. http://www.designaddict.com/design_index/index.cfm?fuseaction=designer_show_one&designER_ID=736/ [20.03.11]

Briggs John, *Hilbert Curve Iteration*, *Fractals: The patterns of Chaos*, Touchstone Publishers, NY, 1993 S. 65

Chemistry Daily: *Magnetisches Vektor feld*. http://www.chemistrydaily.com/chemistry/Vector_fields

Briggs John, *Koch Insel Iteration*, *Fractals: The patterns of Chaos*, Touchstone Publishers, NY, 1993 S. 66

Briggs John, *Sierpinski Iteration*. *Fractals: The patterns of Chaos*, Touchstone Publishers, NY, 1993 S. 68

Seite 66: v.o.n.u. Round F.E.: Crawford R.M.: Mann D.G.: *Syndectocystis. The Diatoms, Biology and Morphology of the genera*. Cambridge University Press, 1990. S.317

Heinzel, Saskia. *Reisverschlüß 2010*

Round F.E, Crawford R.M.: Mann D.G.: *The Diatoms, Biology and Morphology of the genera*. Cambridge University Press, 1990

Friedel Hinz, AWI, *Thalassiosira ritscheri*. http://www.innovations-report.de/bilder_neu/25161_bdiatomee2.jpg/ [20.03.11]

Seite 67: MSN am Alfred Wegner Institut für Polarforschung, *3D Diatom Atomzeichen*. 2011

Seite 68: v.o.n.u. Heinzel, Saskia: Künstler unbekannt, *Gipsskulpturen*. Documenta 13. 2008
Alianz Arena book

Festo: *Bionic Handling Assistant*. http://www.festo.com/cms/nl-be_be/16306.htm/ [20.03.11]

Seite 96: Wanders, Marcel, *Egg Vase*. <http://www.unicahome.com/products/small/4765.CDEC5C3A.jpg/> [20.03.11]

Seite 70. v.o.n.u. Front Design. *Carbon Vase*. <http://www.domusweb.it/en/design/tracks-from-the-north/> [20.03.11]

Cheung, Victor: Wanders, Marcel: Pott, Bertjan: *Carbon Chair*. SimplyMaterial. viction:workshop Ltd, Hong Kong, 2007 .

Seite 71: v.o.n.u. Wikimedia, *Silikat Tetrahedron*. <http://commons.wikimedia.org/?title=File:Silicate-tetrahedron-3D-balls.png/> [20.03.11]

Wikimedia, *Struktur eines ZSM-5*. http://de.wikipedia.org/wiki/Zeolithe_%28Stoffgruppe%29/ [20.03.11]

Wikimedia, *Cluster eines ZSM-5*. http://de.wikipedia.org/wiki/Zeolithe_%28Stoffgruppe%29/ [20.03.11]

Seite 72: v.o.n.u Sullivan, John M: *Weaire-Phelan Schaum* <http://www.structuremag.org/article.aspx?articleID=754/> [20.03.11]

Cleve: *Protoscenium simplex*, 1899. http://www.radiolaria.org/species.htm?sp_id=58&division=/ [20.03.11]

Haldane, Martin: *Möbelentwurf*. <http://www.apartmenttherapy.com/la/living-room/polyhedra-by-haldane-martin-modular-coffee-table-077547/> [20.03.11]

Seite 73: v.o.n.u PTW: *Watercube*. Peking. <http://www.jhr.ca/ben/wp-content/uploads/2009/09/water-cube.jpg/> [20.03.11]

Wentworth Thomson, D´arcy: *Oberschenkelknochen*. <http://spacesymmetrystructure.wordpress.com/rheotomic->

surfaces/ [20.03.11]

Otto, Frei: Blasen, *Institut für Leichte Flächentragwerke: Natürliche Konstruktionsformen*. Deutsche Verlag- Anstalt, Stuttgart, 1982 S. 77

Seite 74: Wanders, Marcel: *Knotted Chair*. <http://milwaukeeartmuseum.files.wordpress.com/2010/10/wanders-knotted-chair.jpg/> [20.03.11]

Delta Bikes: *Iso Truss Kevlar Rad*. <http://www.delta7bikes.com/> [20.03.11]

Seite 75: Gricic, Konstantin: *OSOROM*. <http://design-milk.com/osorom-seat/> [20.03.11]

Gricic, Konstantin: *OSOROM* innen. <http://www.unicahome.com/zoom.html?src=http%3A//www.unicahome.com/products/16831.70D99E57.jpg&width=450&height=450> [20.03.11]

Seite 78: v.o.n.u Material Connexion: *Nerri Oxmann*. http://www.wired.com/beyond_the_beyond/2009/09/nerri-oxman-in-material-connexion/ [20.03.11]

Klooster,Thorsten: *Hydro Wall*, *Smart Surfaces: Intelligente Oberflächen und ihre Anwendung in Architektur und Design*. Birkhäuser, Basel, 2009 S. 48

Klooster,Thorsten: *Solar Thermieabsorber*, Fraueenhofer ISE. *Smart Surfaces: Intelligente Oberflächen und ihre Anwendung in Architektur und design*. Birkhäuser, Basel, 2009 S. 47

Seite 79: Klooster,Thorsten: *Siliziumsolarzellen*. *Smart Surfaces: Intelligente Oberflächen und ihre Anwendung in Architektur und design*. Birkhäuser, Basel, 2009 S. 47

Seite 80. Klooster,Thorsten: *Drip Feed Grünalgen*, *Smart Surfaces: Intelligente Oberflächen und ihre Anwendung in Architektur und design*. Birkhäuser, Basel, 2009 S. 47

Seite 86: v.o.n.u Kaiser, Aylin, *Heinzel bei SEM Untersuchungen* im Inst. Für Erd und Umweltwissenschaften. 2009 *Sputter SEM Autocoating*. <http://www.ohm-hochschule.de/seitenbaum/fakultaeten/angewandte-chemieangewandte-chemie/wir-ueber-uns/lehrgebiete/makromolekulare-chemie/lageplan-der-makromolekularen-chemie/t-108/page.html/> [20.03.11]

Hudson, Toby: „Sputtern“ *Goldbedampfte Spinne*. http://en.wikipedia.org/wiki/File:Gold_Spider_SEM_sample.jpg/ [20.03.11]

Seite 85: v.o.n.u Hamm, Christian: *Diatom*. Abteilung MSN am AWI, 2010

Hamm, Christian: *Radiolaria*. IMARE, Abteilung MSN am AWI, 2010

Hamm, Christian: *Radiolaria*. IMARE, Abteilung MSN am AWI, 2010

Hamm, Christian: *Radiolaria*. IMARE, Abteilung MSN am AWI, 2010

Seite 86-87: Hamm, Christian: *Windkraftanlagen Entwicklung*. Leichtbau und Stabilität. IMARE, Abteilung MSN am AWI, 2010

Seite 89: Lacaze, Ivan: *Gefräste Struktur*. IMARE, Abteilung MSN am AWI, 2010

Lacaze, Ivan: *Besprechung 1*. mit SiO² Lab (Heinzel) und IMARE und ,Abteilung MSN am AWI, 2010

Lacaze, Ivan: *Besprechung 2*. mit SiO² Lab (Heinzel) und IMARE (Hamm, Christain) und ,Abteilung MSN am AWI, 2010

Seite 91: v.o.n.u Heinzel, Saskia. *Probe 1*. Lycra durchlöchert und gehärtet mit Sewacryl. 2011

Heinzel, Saskia. *Probe 2. Netzstoff in Layer gehärtet mit Sewacryl.* 2011

Heinzel, Saskia. *Probe 3. Styrodur durchlöchert und gehärtet mit Sewacryl.* 2011

Heinzel, Saskia. *Probe 4. Styrodur durchlöchert und gehärtet mit Sewacryl.* 2011

Heinzel, Saskia. *Probe 5. Nudeln geleimt, gesägt und gehärtet mit Sewacryl.* 2011

Heinzel, Saskia. *Probe 6. Kunstschaumstoff gehärtet mit Sewacryl.* 2011

Seite 92: v.o.n.u Heinzel, Saskia. *Probe 7. Modelliermasse,* 2011

Heinzel, Saskia. *Probe 8. Netzstoff gehärtet mit Sewacryl.* 2011.

Heinzel, Saskia. *Probe 9. Kombi mit Sewacryl.* 2011

Heinzel, Saskia. *Probe 10. Netzstoff gehärtet mit Sewacryl.* 2011.

Heinzel, Saskia. *Probe 11. Strumpfhose gehärtet mit Sewacryl.* 2011.

Heinzel, Saskia. *Probe 12. Gehäkelte Struktur gehärtet mit Sewacryl.* 2011.

Seite 93: v.o.n.u Heinzel, Saskia. *Probe 13. Kombi mit Sewacryl.* 2011.

Heinzel, Saskia. *Probe 14. Kombi mit gehärtet mit Epoxydharz* 2011

Heinzel, Saskia. *Probe 16. Gehäkelte Struktur gehärtet mit Sewacryl.* 2011.

Heinzel, Saskia. *Probe 17. Gehäkelte Struktur gehärtet mit Epoxydharz.* 2011.

Heinzel, Saskia. *Proben 18. Rhino Renderings System Proben.* 2011

Seite 94. v.o.n.u Heinzel, Saskia. *Proben 18. Rhino Renderings System Proben.* 2011

Seite 95: Heinzel; Saskia *Sitzelement Produktentwurfskitzen.* 2011

Seite 96-97: Heinzel; Saskia *Sitzelement Rough Produktentwurfskitzen, Faltbareflasche, Stapelbare Sitzelemente, Radiolaria Crash-helem, Sitzelement und Küchenutensilien.*

Seite 101: BCC: *Außenansicht, Treppe, Außenansicht.* BCC, 2011

Seite 106: BCC: *Zeichnung, Seitenansicht,* BCC, 2011

Seite 107: v.o.n.u BCC: *Zeichnung, Untererdgeschoss Ebene A.* BCC, 2011

BCC: *Zeichnung, Ebene B.* BCC, 2011

BCC: *Zeichnung, Ebene C.* BCC, 2011

Seite 115: v.o.n.u Heinzel, Nicole: *Info. Illustration.* 2011

Apple: I phone. <http://www.apple.com/de/> [20.03.11]

Audioconexus: Audioguide. <http://www.audioconexus.com/audio-guides.php/> [20.03.11]

Allvendo: Latte Machiato. <http://www.allvendo.de/shop/produkt/tassen---glaeser-glaeser/hausbrandt-latte-macchiato-glas.htm/> [20.03.11]

Be Interior Decorator: *Küche* <http://www.beinteriordecorator.com/interior-design/interior-modern-6a-brockton-house-by-ccconci-simone/attachment/white-kitchen-clean-modern-design/> [20.03.11]

BCC: *Veranstaltung Abends.* BCC, 2011

Sako: *Konzeptstore Beijing.* <http://chinadesign.lecolededesign.com/category/interior-design/> [20.03.11]

Japan: *Design Concept Store, Quelle Unbekannt*

DOX: *Concept Store in Holešovice.* <http://designeast.eu/2009/01/04/dox-by-qubus/> [20.03.11]

Seite 117: v.l.n.r Kieselgur für Haut und Haar. <http://www.makana-shop.de/juergen993-p60h169s184-Kieselgur-30-Pro-fue.html/> [20.03.11]

Heimrohstoffe: kieselgur. <http://www.heimrohstoffe.de/produktauswahl/haus-garten/kieselgur-schwimmbad.html/> [20.03.11]

Kwolek, Stephanie: *Erfinderin* mit Silikat Model <http://www.futuristspeaker.com/2008/08/a-study-of-women-inventors/> [20.03.11]

Heinzel, Nicole: *Klima Infographik*. 2012

C K Wissen: *Sauerstoffflasche*. <http://ck-wissen.de/ckwiki/index.php?title=Sauerstoffflasche/> [20.03.11]

Chemie Online: *Algen*. <http://ag.arizona.edu/azaqua/algaeclass/algaedraw/PSALG.JPG/> [20.03.11]

Curatedobject: Charles Darwins *Fraktal Zeichnung*. http://www.curatedobject.us/the_curated_object_/2008/03/exhibitions-t-1.html/ [20.03.11]

victorian microscopes and slides: Dietrich Möller; *Diatomeen Dia*. <http://www.victorianmicroscopeslides.com/slide-dia.htm/> [20.03.11]

AWI: *Friedrich-Husted*. http://www.awi.de/de/aktuelles_und_presse/pressemitteilungen/detail/item/40_years_with_diatoms/?cHash=9fdbb11c649e51e88e64fac3549e4d5f/ [20.03.11]

Seite 119: v.l.n.r Proctor, Robert; Breitbach, Olaf: *René Binet, Natur und Kunst*. Prestel Verlag, München, 2007. S. 6
Nachtigal, Werner und Blüchel, Kurt G: *Das große Buch der Bionik: Neue Technologien nach dem Vorbild der Natur*, Dva Verlag 2003. S.113

Blaschka, Leopold und Rudolf: *Glassmodel Radiolaria*, Humboldt-Universität zu Berlin: Institut für Biologie, Zoologische Lehrsammlung. <http://www.sammlungen.hu-berlin.de/dokumente/8319/> [20.03.11]

Endell, August: *Atelier Elvira*, Munchen, Dekorative Kunst, 1900.

Webbs: Christoffer Dresser; *Sea Urchin Vessel*. <http://www.webbs.co.nz/files/RD280-14.jpg/> [20.03.11]

Micropolitan: *Radialaria Barbados*. <http://www.microscopy-uk.org.uk/micropolitan/index.html/> [20.03.11]

Wikipedia: *Erwin Hauer Wand*. http://de.wikipedia.org/wiki/Erwin_Hauer/ [20.03.11]

Blue Lantern: Laure Albin Guillot. *Microgram*. http://thebluelantern.blogspot.com/2010_08_01_archive.html

Sachs, Angel: *Blofed Modelle. Nature Design: Von Inspiration zu Innovation*. Lars Müller Publishers, Baden, 2007. S. 38-39

Seite 121: v.o.n.u. Sarrinen, Eero: *TWA Flughafen. Saarinen*, Taschen Verlag, Köln, 2005. S. 67. ebeda

Clusters: Frederick Kiesler; *Endless house*. <http://arch.virose.pt/clusters/endless.html/> [20.03.11]

Otto, Frei; Helmke, Gerhard: *Knochen*. Cover von *IL 33 Radiolarien*, Institut für Leichte Flächentragwerke: Natürliche Konstruktionen. Karl Krämer Verlag, Stuttgart 1990 S. 35

Liftarchitects: *Tensegrity Skulptur*. <http://www.liftarchitects.com/journal/2007/2/15/tensegrity-tower-v10.html/> [20.03.11]

Fuller, Buckminster: *Your Private Sky: The Art of Design Science*, Lars Müller Publisher; Museum für Gestaltung Zürich, Italien, 1999. S

<http://www.vdm-gallery.com/VASARELY-SERIGRAPH-SPHERERELIEF-ORIGINAL-EDITION-ARTWORK.htm>

Tamarimath: www.tamarimath.info/studies/multifaceted/multifaceted.html/ [20.03.11]

Seite 123: v.l.n.r Berkley Education: <http://math.berkeley.edu/~chr/research/voronoi/> [20.03.11]

Sullivan, John M: *Weaire-Phelan Schaum* <http://www.structuremag.org/article.aspx?articleID=754/> [20.03.11]

Heinzel, Saskia: 3d Renderings Systeme

Cragg, Anthony: *Evelope*. <http://www.tony-cragg.com/> [20.03.11]

Donovan, Tara: # 11 of 58. 2003. http://www.acegallery.net/artwork.php?pageNum_ACE=10&Artist=8/ [20.03.11]

Donovan, Tara: *Nah*. <http://www.artnet.de/ag/fineartdetail.asp?wid=424491116&gid=826/> [20.03.11]

Bouroullec, Ronan, Erwan: *Cloud*. <http://davidreport.com/200901/more-clouds-images-by-bouroullec/> [20.03.11]

Studio Hausen: *Radiolariastuhl*. <http://studiohausen.com/> [20.03.11]

Hudson, Jennifer: *Process:Product Designs from concept to Manufacture*, Laurence King Publishing Ltd., London, 2008 S. 146

Seite 125: v.l.n.r Imare: *Diatom Atomzeichen* http://www.mare.de/index.php?article_id=1081

Heinzel, Saskia: *Orangenpresse*. 2011

Heinzel, Saskia: *Gullideckel*. 2011

Nervous: *Voronoi Struktur*. <http://n-e-r-v-o-u-s.com/index.php/> [20.03.11]

Earley, Dustin: <http://www.droiddog.com/android-blog/2011/01/honeycomb-minimum-requirements-leaked/honeycomb-gal-431/> [20.03.11]

Goulthorpe, Mark: *Interaktives Hyposurface*. <http://blog.blinkenarea.org/wp-content/uploads/2006/09/hyposurface.jpg/> [20.03.11]

Allianz: *Olympia Stadion München*. http://www.ksc-suppurbia.de/content/bildergalerie/bilder_keywords/167.allianz-arena.1.htm/ [20.03.11]

Delta Bikes: *Iso Truss Kevlar Rad*. <http://www.delta7bikes.com/> [20.03.11]

Velo: *Kagome-Drahtstrukturen* <http://www.velomobilforum.de/forum/imgcache/2394.png/> [20.03.11]

Seite 127: v.l.n.r: AWI: *Diatomeen* http://www.awi.de/fileadmin/user_upload/News/Press_Releases/2005/2._Quarter/Hustedt4_w.jpg/ [20.03.11]

The Venus Project: *Jaque Fresco*. <http://www.worldinfuture.com/venus-project-dream-of-the-perfect-world-in-the-future/> [20.03.11]

Lovegrove, Ross: *Andromed*. <http://arredamentoxarredare.lacasagiusta.it/novita-stilistiche-mondo-design/4446/> [20.03.11]

AWI: http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:AWI_alfred_wegener_institut_u._friese.jpg/ [20.03.11]

Strüwe, Carl; Fisher, Martin; Sattler, Felix: *Plankton-Felge*, Katalog, *Diatomeen:Formensinn*, Phyletisches Museum, Jena, 2010. S.11

MSN, IMARE: *EliSE Strukturedatenbank* (copyright), Bremerhaven, 2011

Klooster,Thorsten: *Algen Speicher*. Smart Surfaces, Intelligente Oberflächen und ihre Anwendung in Architektur

und Design. Birkhäuser, Basel, 2009

Huisman, John: Algen <http://www.mpa.nsw.gov.au/mr-07-12-09-2.html/> [20.03.11]

Dezeen: Howler + Yoon, *Eco-Pod*. <http://www.dezeen.com/2009/10/02/eco-pods-by-howeler-yoon-architecture-and-squared-design-lab/> [20.03.11]

Seite 129: v.l.n.r Arsic, Danilo: *Geo mutants*. <http://mel-d.tumblr.com/post/214054433/geo-mutants-by-danilo-arsic/> [20.03.11]

Badratgeber: Ross Lovegrove. <http://www.badratgeber.de/2007/11/22/ross-lovegrove-der-herr-der-rundungen.html/> [20.03.11]

Lovegrove, Ross: *Strukturproben*, Google

Heinzel, Saskia: *Probenwand*. 2011

Heinzel, Saskia. *Workspace Visualisierung*. 2011

Heinzel, Saskia. *T-shirt issue Buro*. 2011 <http://www.the-t-shirt-issue.com/> [20.03.11]

Google: *Workgroups* Bildersuche. 2011

Gipsdruck. Google

http://www.oberlehrer.de/wp-content/uploads/2010/02/wacom_pl_2200.jpg/ [20.03.11]

Seite 132-155. v.l.n.r Heinzel, Saskia: Entwürfe/Visualisierungen für die Ausstellung Plankton Design. 2011

Film

Eames, Charles and Ray: *The powers of 10*, Erzähler Morrison, Philip, Endscene im Film, 1977

Haramain, Nassim: lectures – Crossing the Event Horizon 3/9, 2005. [http://www.youtube.com/watch?v=Fw7\]_JD7H7E&feature=related](http://www.youtube.com/watch?v=Fw7]_JD7H7E&feature=related), [18.01.11]

Cudless, Andrew: *Herstellung der P_Wall*, SFMOMA, Matsys Film, <http://www.sfmoma.org/multimedia/videos/359> [20.04.11]

Internet

<http://www.awi.de/> [20.03.11]

<http://www.imare.de/> [20.03.11]

http://www.imare.de/en/marine_structures/ [20.03.11]

<http://www.gfz-potsdam.de/> [20.03.11]

<http://www.zelmi.tu-berlin.de/> [20.03.11]

<http://research.calacademy.org/izg/collections/geology/> [20.03.11]

<http://www.nymphenburg.com/de/designers/konstantin-grcic.html/> [20.03.11]

<http://spacesymmetrystructure.wordpress.com/2009/02/06/rheotomic-surfaces/> [20.03.11]

www.temarimath.info/studies/multifaceted/multifaceted.html/ [20.03.11]

<http://www.victorianmicroscopeslides.com/> [20.03.11]

<http://n-e-r-v-o-u-s.com/index.php/> [20.03.11]

<http://www.diatomeen-ausstellung.de/> [20.03.11]
<http://www-lehre.informatik.uni-osnabrueck.de/> [20.03.11]
<http://www.bathsheba.com/> [20.03.11]
<http://www.moma.org/interactives/exhibitions/2008/elasticmind/> [20.03.11]
<http://www.informaworld.com/smpp/section?content=a790496139&fulltext=713240928#references/> [20.03.11]
<http://sac3.blogspot.com/2009/05/grasshopper-polygon-gradiant-voronoi.html/> [20.03.11]
<http://www.flyfoot.de/expertise.php/> [20.03.11]
<http://micro.magnet.fsu.edu/primer/museum/index.html/> [20.03.11]
<http://datainature.com/?p=564/> [20.03.11]
<http://www.marinespecies.org/> [20.03.11]
<http://caliban.mpiz-koeln.mpg.de/haeckel/kunstformen/liste.html/> [20.03.11]
<http://www.grasshopper3d.com/profile/hisashiimai/> [20.03.11]
<http://www.leichtbauinstitut.de/> [20.03.11]
<http://www.bionik.tu-berlin.de/> [20.03.11]
<http://de.wikipedia.org/wiki/Strahlentierchen/> [20.03.11]
<http://de.wikipedia.org/wiki/Diatomeen/> [20.03.11]
http://tvmny.blogspot.com/2007_08_01_archive.html/ [20.03.11]
<http://www.naturkundemuseum-berlin.de/pal/microp/ehrenmp.asp?lang=1/> [20.03.11]
<http://www.bfi.org/about-us/> [20.03.11]
<http://www.kage-mikrofotografie.de> [20.03.11]
<http://www.bcc-berlin.de/> [20.03.11]

Designbüros

<http://www.aisslinger.de/> [20.03.11]
<http://studiohausen.com/> [20.03.11]
<http://studiohausen.com/> [20.03.11]
<http://www.konstantin-grcic.com/> [20.03.11]
<http://www.rosslovegrove.com/> [20.03.11]
<http://www.bouroullec.com/> [20.03.11]
<http://www.designfront.org/product.php/> [20.03.11]
<http://web.media.mit.edu/~neri/site/index.html/> [20.03.11]
<http://matsysdesign.com/> [20.03.11]
<http://www.thevenusproject.com/> [20.03.11]
<http://www.haldanemartin.co.za/proj12.php/> [20.03.11]
<http://fiyellevnt.com/index.html>
<http://www.pudelskern.at/> [20.03.11]

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, die vorliegende Arbeit selbständig und nur unter Verwendung der genannten Quellen erstellt zu haben.

Saskia Heinzel, Matrikelnummer 5891, Saskia.heinzel@gmail.com, Fachhochschule Potsdam, März 2011



Dankeschön an:

Jörg Hundertpfund, Martin Rissler, Christian Haam, Julia Toed, Aylin Kaiser, Ivan Lacaze, Nicole Heinzl, Morat, Sewa, alle vom MSN/IMARE, Christaine für die übersetzung, Katja Jasch, Mum and Dad, für die Gedult meiner Tochter, Ernst Haeckel, Werner Nachtigal und alle Künstler, Bioniker, Biologen, Designer die ich in der Arbeit erwähnt habe.