Zeitschrift: Bauen + Wohnen = Construction + habitation = Building + home : internationale Zeitschrift

Herausgeber: Bauen + Wohnen

Band: 33 (1979)

Heft: 1-2

Artikel: Architektur, Energie, Mineralien, Wasser und natürliche Vorgänge = Architecture, énergie, minéraux, eau et processus naturels = Architecture, energy, minerals, water and natural processes

Autor: Hilbertz, Wolf H. / Schäfer, Ueli

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-336257

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

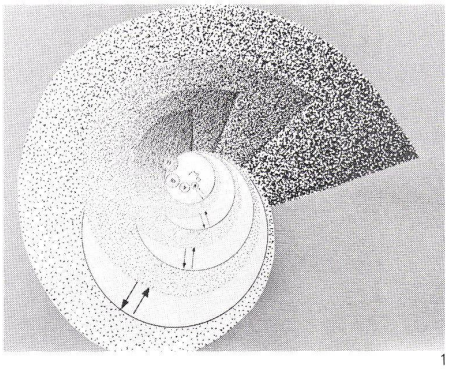
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

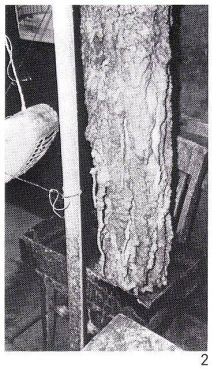
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 04.08.2025

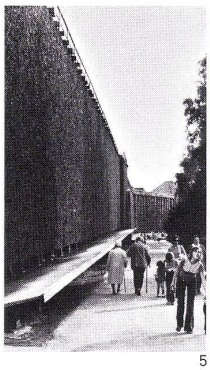
ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch



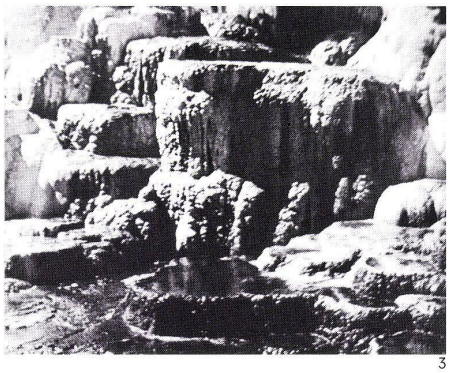
1



2



5



3

Architektur, Energie, Mineralien, Wasser und natürliche Vorgänge

Architecture, energie, minéraux, eau et processus naturels

Architecture, energy, minerals, water and natural processes

Wolf H. Hilbertz, Austin, Texas

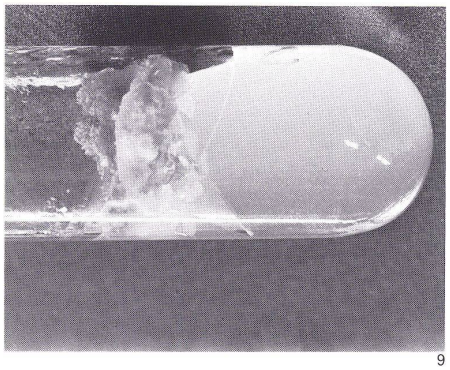
Das Symbiotic Processes Laboratory der Universität von Austin, Texas, das Wolf H. Hilbertz leitet, beschäftigt sich seit einigen Jahren mit Experimenten, durch elektrochemische Prozesse im Meerwasser gewollte und gesteuerte Anlagerungen von Mineralien zu erzeugen. Nach ersten Modellversuchen folgen jetzt praktische Anwendungen, ein Bootsrumpf, ein Teil eines künstlichen Riffs. Ungleich allen andern Bauprozessen haben die so erzeugten Strukturen die Eigenschaf, sich selbst zu erhalten, modifizieren und gar abbauen zu können – Bauen gleichsam Abbild, Nachbildung natürlicher Prozesse. Die Vorstellung neuer Lebensformen, neuer Bauweisen, neuer Städte liegt nahe. Schä

Le Symbitotic Processes Laboratory de l'université d'Austin, Texas que dirige Wolf H. Hilbertz, se consacre depuis quelques années à des expériences consistant à provoquer, artificiellement et en les contrôlant, des incrustations de minéraux dans l'eau de mer à l'aide de processus électrochimiques. A la suite des premiers essais sur maquette, on procède maintenant à des expériences pratiques; une coque de bateau, un morceau de récif artificiel. Contrairement à tous les autres processus de construction, les structures ainsi créés ont la faculté de se conserver, de se modifier et même de décroître. Formes de construction calquées sur les processus naturels. On imagine aisément de nouvelles formes de vie, de nouveaux procédés de construction et de nouvelles villes. Schä

The Symbiotic Processes Laboratory of the University of Austin, Texas, directed by Wolf H. Hilbertz, has been concerned for a number of years with experiments attempting to effect controlled deposition of minerals by means of electro-chemical processes in sea water. After preliminary laboratory tests, practical applications are now being carried out, in the shape of the hull of a ship, a part of an artificial reef. Unlike all other building processes, the structures produced in this way possess the property of being capable of maintaining themselves, modifying themselves and even of dismantling themselves. Building, as it were, is here an illustration, a simulation of natural processes. There is suggested the idea of new bio-forms, new kinds of architecture, new cities. Schä

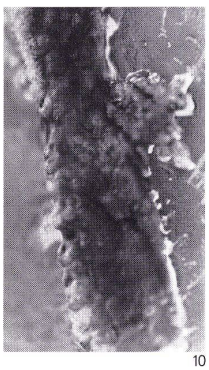
4

7

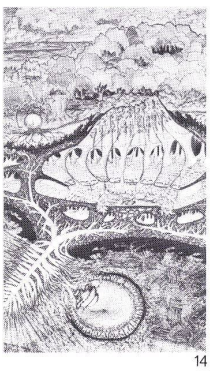


9

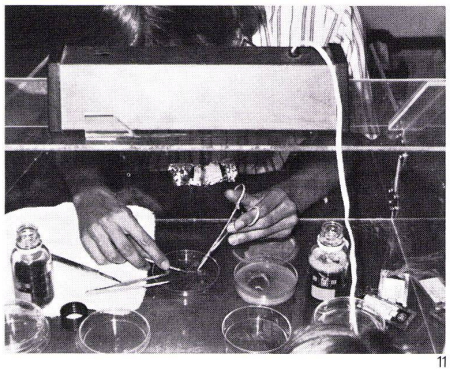
8



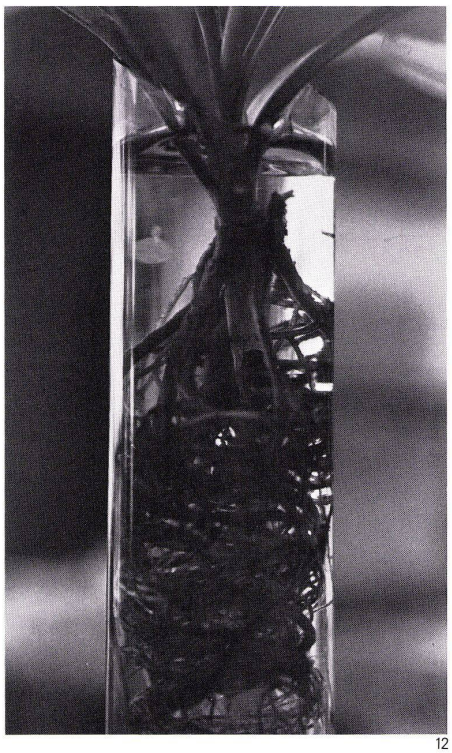
10



14

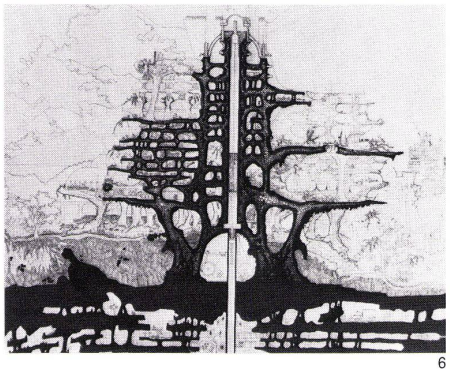


11

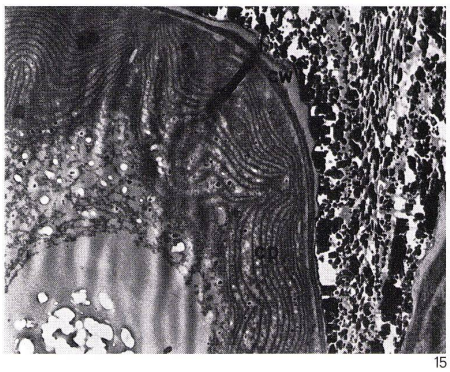


12

13



6



15

»Nicht Form, sondern formen, Form nicht als endgültige Erscheinung, sondern Form im Prozeß des Werdens, als Genesis.« Paul Klee

Ausgehend von der Gegebenheit nahezu unbegrenzter Energieeinstrahlung und begrenzter Materialvorräte im nicht endlosen Raum der Erdoberfläche haben sich Bau- und Abbauverfahren entwickelt, die ergreifend in ihrer Effizienz, Vielfalt und Eleganz sind. Staunend und zunächst nur zögernd erkennen wir den Systemcharakter der Welt, ihre Prozeßarchitektur.
Während wir Werden und Vergehen im molekularen und atomaren Bereich studieren, bewegen sich die Kontinente wie Schlacken auf flüssiger Schmelze. Die beginnende Einsicht, daß die Illusionen der Dauerhaftigkeit und Linearität zu lange unser Fühlen, Denken und Bauen als Ausdruck unseres Weltverständnisses bestimmten, bereitet zunehmend den Boden für die Formulierung einer evolutionären Architektur. Diese Architektur wird sich in die Ströme ineinandergreifender Kreisläufe integrieren und behutsam die Strategie der Genesis übernehmen (Abb. 1).
In den folgenden zwei Kapiteln werden einige natürliche morphogenetische Prozesse beschrieben, denen gemeinsam ist, daß sie ohne die Mitwirkung des Wassers nicht stattfinden könnten. Wasser besitzt eine außerordentliche Eigenschaft: Es ist ein universales Lösungsmittel, da es Säure und Base sein kann und folglich mehr Stoffe als jede andere Flüssigkeit in gelöster Form aufzunehmen vermag. Im dritten Kapitel wird ein morphogenetischer Prozeß vorgestellt, der auf den vorher beschriebenen basiert.

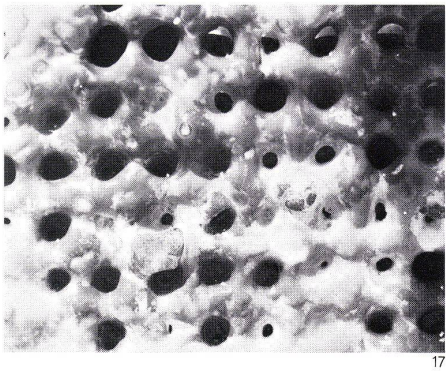
1. Diagenese

Die oben erwähnte außerordentliche Eigenschaft des Wassers kann am Beispiel der Vorgänge, die Höhlenformationen auf- und abbauen, erläutert werden. Wenn Wasser Kohlenstoffdioxyd aufnimmt, wird es Kohlensäure, und Mineralien werden aufgelöst. Sobald Kohlenstoffdioxyd als Gas entweicht, wird Wasser eine Base, und Mineralien werden als Stalagtiten und Stalagmiten ausgesondert. Ähnliche Prozesse finden im Ozean in Kreisläufen von Auflösung und Aussonderung statt.
Die Salzsäule wurde durch Verdunstung von Meerwasser erzeugt (Abb. 2), die Mineralformationen im Yellowstone Nationalpark werden fortlaufend durch Mineralwasser umgebaut (Abb. 3).
Als erster Architekt berichtet Vitruvius über das Bauen mit angereichertem Wasser: »Gleichermaßen gibt es in Hierapolis in Phrygien viele kochend heiße Quellen, deren Wasser in Gräben geleitet wird, die Gärten und Weingärten umgeben; dieses Wasser wird zu einer Inkrustation von Stein nach einem Jahr. So werden jedes Jahr Erddämme zur Linken und zur Rechten gebaut, Wasser wird hineingelassen, und aus den Inkrustationen werden Mauern für die Felder.« (Quelle: Die zehn Bücher über Architektur, Buch 8, Kapitel 3, Absatz 10.)
In Bad Salzuflen (BRD) wird ähnlich wie weiland in Hierapolis verfahren, jedoch zu einem anderen Zweck. Mineralwasser wird durch und über Konstruktionen aus Astwerk gerieselt, um die umgebende Luft für Heilzwecke zu ionisieren. Das Nebenprodukt sind Inkrustationen von hoher Druckfestigkeit (Abb. 4). So entstehen Wände mit imponierenden Ausmaßen (Abb. 5), die jedoch in regelmäßigen Abständen abgerissen und durch neues Astwerk ersetzt werden. Die gebrochenen Ablagerungen können als Betonzuschlag verwendet werden.
Abb. 6 erläutert ein Bausystem, das von den gegebenen Beispielen abgeleitet wurde. In der Erdkruste werden Mineralien aufgelöst, Räume werden so geschaffen, und die gelösten Mineralien werden zum Bau und zur Veränderung der überirdischen Struktur verwendet. Dieser Prozeß ist umkehrbar.

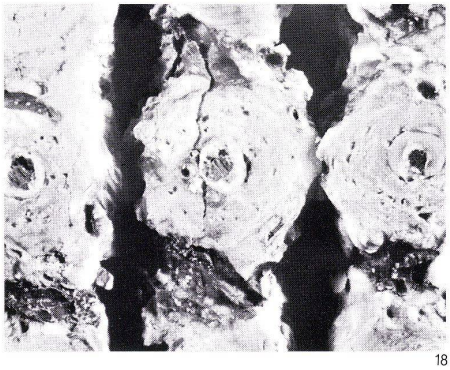
2. Biogenese

SPL Laborversuche mit Pilzen (Abb. 7, 8), Pflanzenzellen (Abb. 9), Knochengewebe (Abb. 10, 11) und Wurzeln (Abb. 12) wurden seit 1972 durchgeführt. Diese lebenden Strukturen ziehen das zum Stoffwechsel notwendige Material aus Nährlösungen. Wurzelsysteme bauen »Erdlösung« ab, ähnlich den oben erwähnten unbelebten Systemen. Doch im Gegensatz zu diesen sind Pflanzen autochthon; in Verbindung mit am Ort vorhandenen Gasen, Wasser und der Sonneneinstrahlung sind sie selbständig und verarbeiten nur allgemein verfügbare Materialien.
Abb. 13 und 14 illustrieren eine Architektur mit Wurzelsystemen, die Genkomplexe besitzt, sich aus den Gegebenheiten des Ortes selbst gestaltet und sich fortpflanzen kann.
Versuchen wir doch, dieses Denkmodell in einer Städtewüste angewandt zu sehen. Wel-

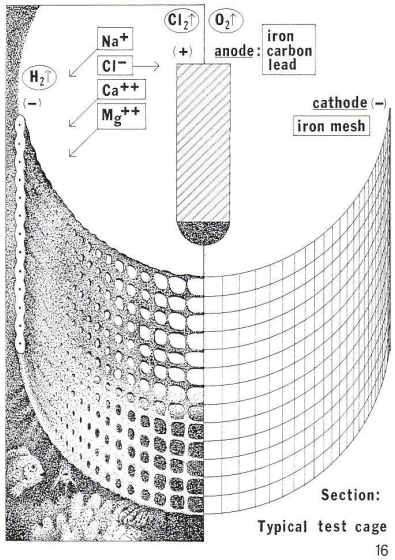
The illustrations present examples of purely mineral incrustations in nature (2–4) and in the human milieu (5), attempts to produce them with the aid of biological processes, fungi (7, 8), plant cells (9), bone tissue (10, 11) and roots (12) in the laboratory, and in the open sea using a direct current field (16–22). The hull of a small boat nears completion (27, 28), an artificial reef (33, 34) emerges. Building in the sea is possible. "Plasticity, the sine qua non of any evolution, is assured. Now conceivable are structures that develop naturally, mature and perish (37–39)."



17



18

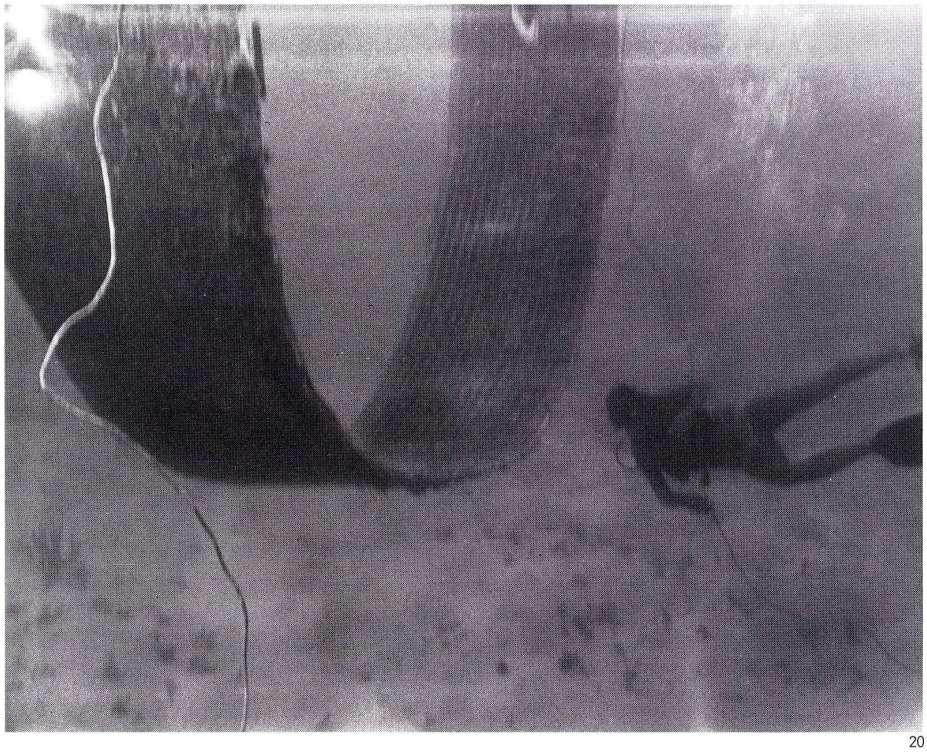


16

16
Testtrommel – positive Metallionen lagern sich auf der negativ geladenen Seite des Stützgewebes ab.

Tambour d'essai – Des ions métalliques positifs se déposent sur le côté de la trame d'appui chargé négativement.

Test drum – positive metallic ions are deposited on the negatively charged side of the supporting fabric.



20

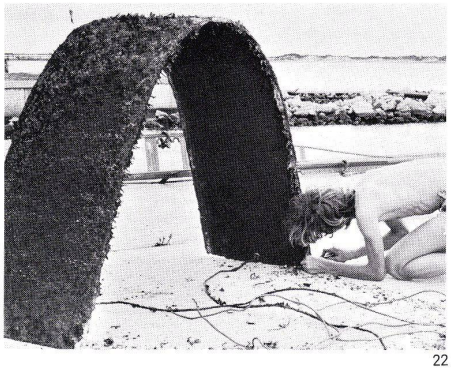
che Mengen von rohem Material da transformiert werden können! Eine lebendige, abgewandelt autoplastische Architektur...

Kalkschalen bauende Meeresorganismen benutzen die sie umgebende »inorganische Suppe« zum Aufbau ihrer Konstruktionen. Die Schalen der Mollusken zum Beispiel, bestehen aus in einer organischen Matrix eingebetteten Kalkkristallen. Ein beträchtlicher Bestandteil des löslichen Eiweißes dieser Matrix besteht aus einer sich wiederholenden Folge aspartischer Säure, getrennt entweder durch Glycin oder Serin. Diese Anordnung hat ein negatives elektrisches Potential und zieht im Meerwasser vorhandene positiv geladene Ionen an, wodurch die Matrix mineralisiert wird und somit eine Schale entsteht.

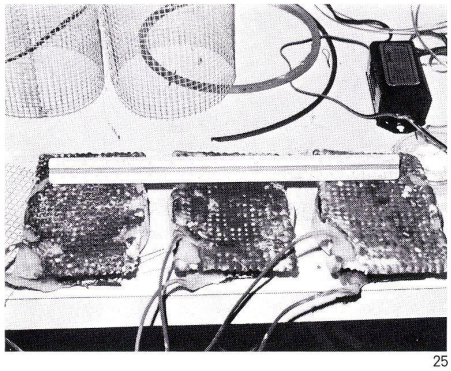
Abb. 15 zeigt einen Schnitt durch eine stark kalzifizierte koralline Alge. CW ist die Zellwand, Cr die Kristallformation.

3. Bauen mit Meerwasser

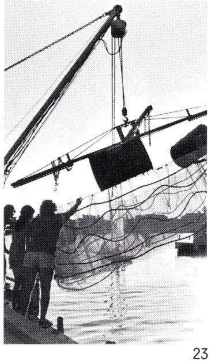
Die Ozeane bedecken mehr als 70% der Erdoberfläche. Die Gesamtheit der durchschnittlich vorhandenen 3,5% im Meerwasser gelösten Stoffe besteht zu 99,9% aus neun Ele-



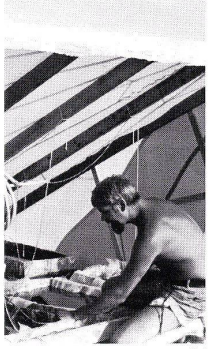
22



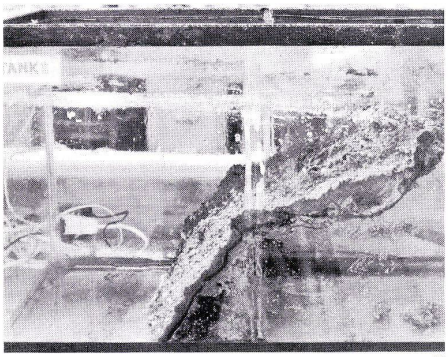
25



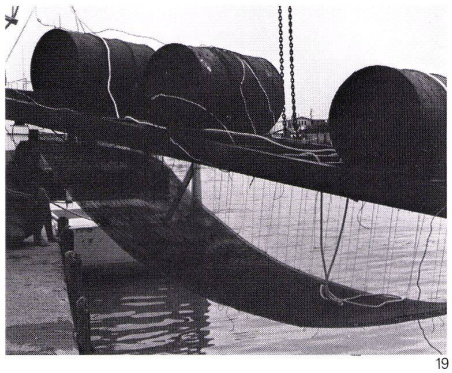
23



24



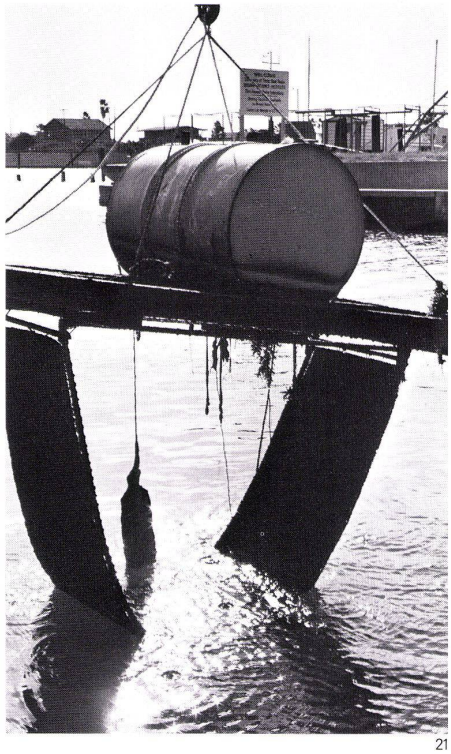
29



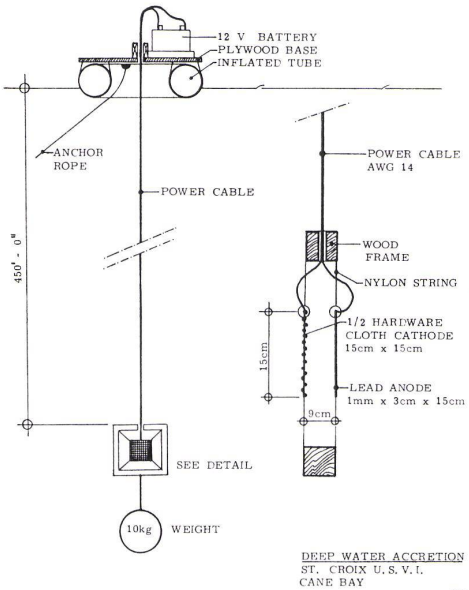
19

Les illustrations montrent des exemples d'incrustation naturelles purement minérales (2–4) et, dans le milieu humain (5), des tentatives de recréation en laboratoire, au moyen de processus biologiques (champignons (7, 8), cellules végétales (9), tissu osseux (10–11), et racines (12), ou dans la mer libre à l'aide d'un champ de courant continu (16–22). Une petite coque de bateau sera bientôt achevée (27, 28), un récif artificiel est en train de naître (33, 34). Il est possible de construire dans la mer. «La plasticité», caractéristique indispensable de toutE évolution, y est assurée. On ne peut envisager que des structures qui se développent, mûrissent et se meurent au sein du jeu des forces naturelles.

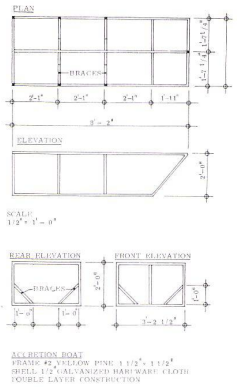
Die Bilder zeigen Vorbilder rein mineralischer Anlagerung in der Natur (2–4) und in der Umgebung der Menschen (5). Versuche ihrer Erzeugung mit Hilfe biologischer Vorgänge, Pilzen (7, 8), Pflanzenzellen (9),Knochengeweben (10, 11) und Wurzeln (12) im Labor, und mit einem Gleichstromfeld im Freiversuch im Meer (16–22). Ein kleiner Bootsrumpf nähert sich der Fertigstellung (27, 28), ein künstliches Riff (33, 34) entstand. Bauen im Meer ist möglich. »Die Plastizität, unabdingbarer Bestandteil jeder Evolution, ist gewahrt. Vorstellbar sind nun Strukturen, die sich im Kräftespiel der Natur entfalten, reifen und absterben (37–39).«



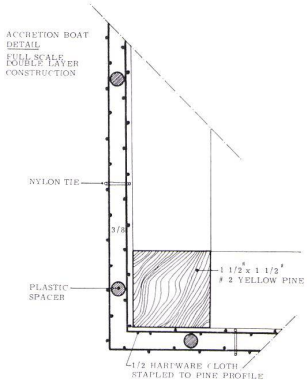
21



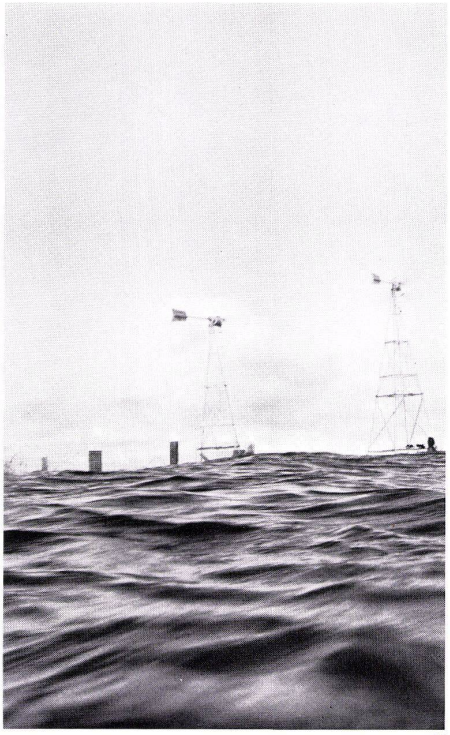
26



27



28



31

menten: Kalzium, Kalium, Strontium, Chlor, Schwefel, Brom, Kohlenstoff, Magnesium und Natrium.

Wenn ein Gleichstromfeld zwischen Elektroden im Seewasser erzeugt wird (zum Beispiel 4 V, 500 mA pro qm Kathode), lagern sich positiv geladene Kalzium-, Kohlenstoff- und Magnesiumionen an der Kathode (–) an. Gleichzeitig wird Wasserstoffgas freigegeben (Abb. 16). Dieses Material (Abb. 17, 18), $CaCO_3$ und $Mg(OH)_2$, hat eine Druckfestigkeit von 280 kg/cm² und kann somit als tragendes Baumaterial verwendet werden. Zugkräfte können vom kathodischen Gitter übernommen werden.

Erste Versuche wurden mit Katenarienformationen durchgeführt, die in das Meerwasser von Schwimmpontons gehängt wurden (Abb. 19, 20, 21, 22). Versuchsgebiete sind der Golf von Mexico, die Karibik und der mexikanische Pazifik.

Größere Bauteile wurden plaziert (Abb. 23) und Experimente mit Wassern verschiedener Komposition und kleineren Elektroden gemacht (Abb. 24). Abb. 25 zeigt Kathoden nach 9 Stunden Accretion in Behältern.

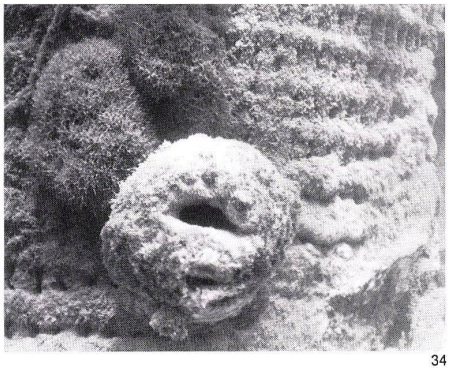
Alle Versuche fanden in geringen Wassertiefen statt. Um Aufschlüsse über den elektrochemischen Anlagerungsprozeß in größerer Wassertiefe zu gewinnen, wurde das in Abb. 26 erläuterte Experiment in 137 m Tiefe durchgeführt.

Ein kleiner Bootsrumpf nähert sich der Fertigstellung (Abb. 27, 28). Sandschichten zwischen Elektroden in Tanks wurden erfolgreich zementiert (Abb. 29).

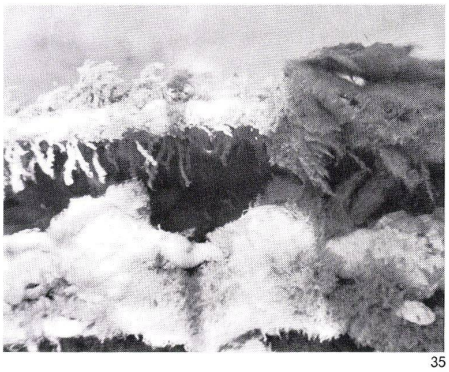
Die autochthone Eigenschaft des Accretionsprozesses wird durch die Versuchsanordnung für die stehende Säule ausgedrückt: die Materialien zur Beschichtung des Drahtgewebes sind im umgebenden Wasser gelöst; die Energie zu ihrer Extraktion wird durch örtlich vorhandenen Wind geliefert (Abb. 30, 31). Der Aufbau der doppelschaligen Säulenkathode ist einfach (Abb. 32).

Mehrere Riffe wurden in situ gebaut, um die Produktion und Konzentration von Fischen, Muscheln, Krabben und Krebsen in Hinblick auf intensive Eiweißerzeugung zu untersuchen (Abb. 33, 34). Abb. 35 zeigt typischen Algenbewuchs des Mineralsubstrats.

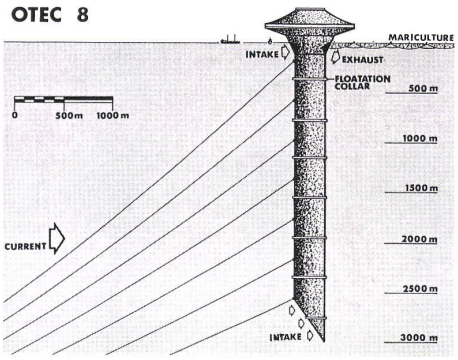
Energieumwandler, die Temperaturdifferenzen der Meeresoberfläche und tieferer Wasserschichten nutzen, können eine wirksame Alternative zu Atomkraftwerken darstellen, da die verfügbare Energie nahezu unerschöpf-

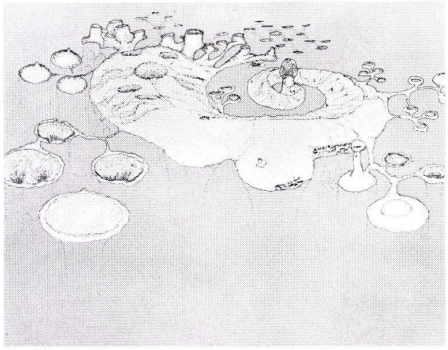


34

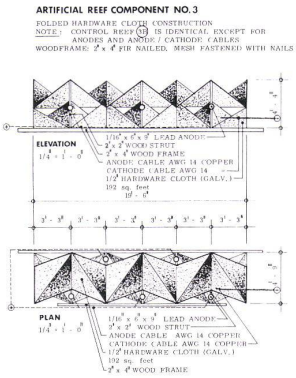


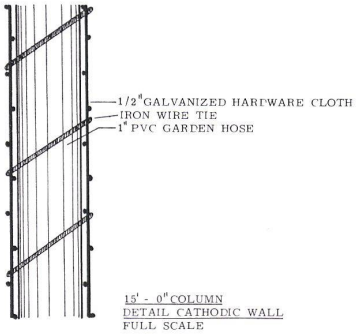
35

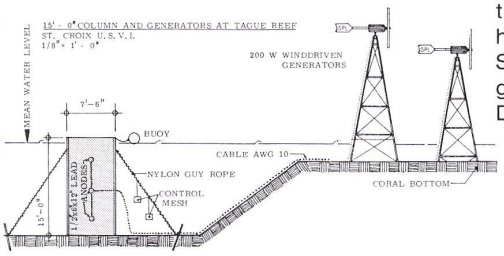




38







lich ist. In besonders hohem Maße sind die tropischen Gewässer Reservoire der Sonneneinstrahlung. Abb. 36 zeigt eine am Ort gefertigte Anlage. Das kathodische Drahtgewebe für die Kaltwasserröhre wird kontinuierlich an Bord einer Plattform hergestellt und accretisiert während des Absenkens.

Das Bauen mit Meerwasser hat eine einzigartige Eigenschaft: ungleich allen von unserer Zivilisation hervorgebrachten Bauten können sich elektrochemisch erzeugte Strukturen selbst erhalten, reparieren oder, durch Veränderung der chemischen Komposition des umgebenden Elektrolyts, sich modifizieren oder abbauen. Im Gegensatz zu einem mit herkömmlicher Technik gefertigten Bauelement, das, wenn es zum Beispiel die Ziegelpresse oder die Walzstraße verläßt, nur noch bedingt konstruktiv formenden Prozessen unterworfen ist, kann ein accretisiertes Element im Meerwasser jederzeit morphogenetische Prozesse durchlaufen. Damit ist Plastizität, ein unabdingbarer Bestandteil jeder Evolution, gewahrt. Vorstellbar sind nun Strukturen, die sich im Kräftespiel der Natur entfalten, reifen und absterben (Abb. 37, 38, 39).

Chemische Reaktionen finden am leichtesten in Lösungen statt. Die Zusammensetzung unseres Blutserums gleicht in auffallender Weise der des Meerwassers. So wenig es ein Zufall ist, daß das Leben im Wasser seinen Anfang nahm, wird es zufällig sein, daß evolutionäre Architekturen in den Meeren entstehen, das Land erobern, zurückgehen...

Sind das natürliche oder künstliche Vorgänge?

Die Frage ist überholt.

30
Reifensegment von 4,50 m Durchmesser, mit Gegenratorenstrom akkrediert auf dem Riff von Tague.

Segment annulaire de 4,50 m de diamètre avec contre-courant, amarré au récif de Tague.

Annular segment of 4.50 m diameter, with counter-current, moored to the reef of Tague.

32
Kathodenelement aus verzinktem Stahlnetz, Bindedraht und Gartenschlauch im Innern.

Elément cathodique fait d'un treillis en acier galvanisé, fil d'attache et tuyau d'arrosage à l'intérieur.

Cathode element of galvanized steel screening, attachment wire and garden hose on the inside.

33
Netzfaltwerk als Basis für das künstliche Riff.

Ouvrage en filet servant de base au récif artificiel.

Netting as basis for the artificial reef.