

DECAYING SHELTERS

PROJEKTDOKUMENTATION

MATTHIAS BREUER

WS 2011

INHALTSVERZEICHNIS

- 3 Decaying Shelters
- 3 Inspiration
- 4 Materialwahl
- 5 Ergebnisse
- 5 Kuppeln
- 6 Geodätische Kuppel
- 7 Räumliche Tragwerke
- 8 Triangulierte Freiformstrukturen
- 9 Zusammenfassung und Ausblick
- 9 Quellen

Diese Projektdokumentation untersteht der
Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0
Unported License.



DECAYING SHELTERS

Der Kreislauf der Natur ist ein immerwährender Prozess von Zerfall und Erneuerung. Aus einem Samen in der Erde wächst eine Pflanze, die selbst Samen produziert und am Ende ihres Lebens zu neuer Erde wird. Nutzt man den Kreislauf der Natur als Quelle für Rohstoffe, darf man sein Gleichgewicht nicht stören. Das Prinzip, nicht mehr zu nehmen als nachwachsen kann, bildet die Grundlage jener Praktiken, die unter dem Begriff *Nachhaltigkeit* zusammengefasst werden. Mittlerweile ist das Modell der Nachhaltigkeit, das ursprünglich aus der Forstwirtschaft stammt, auch in viele andere Bereiche menschlichen Lebens vorgedrungen.



Modell einer Bogenkonstruktion, wie sie in der Landwirtschaft häufig zu finden ist

Bei der Betrachtung menschlicher Städte fällt auf, dass der Natur nur mehr eine ornamentale Funktion zu kommt. Sie wirken wie ein abgetrennter Raum neben der Natur, mit eigenen Prinzipien und Funktionsweisen. Der Drang, aus dem starren Gebilde Stadt auszubrechen und der Natur ein Stück näher zu kommen, ist die maßgebliche Inspiration für dieses Projekt. Es geht dabei um die Entwicklung und Gestaltung temporärer Behausungen, die sich den Kreislauf der Natur zu Nutze machen. Die Lebensdauer der Behausungen soll dabei an die Nutzungsdauer anpasst und flexibel ausbaubar sein. Alle verwendeten Materialien sind nach Ihrer Verwendung biologisch abbaubar, können also ohne weiteres Zutun im Freien verrotten. Im Laufe des Projektes entstanden mehrere Modelle und Konzepte, die als Ansatzpunkte weiterer Forschung und experimenteller Umsetzungen dienen sollen.

INSPIRATION

Auf der Suche nach Inspiration für ein solches Vorhaben stieß ich unweigerlich auf die Behausungen nomadischer Völker — etwa die Zelte der Nomaden in den Wüsten Afrikas und des Nahen Ostens oder auch die Jurte, die traditionelle mongolische Wohnbehausung. Eine andere Quelle waren Ingenieurbauwerke, beispielsweise leichte Flächentragwerke,

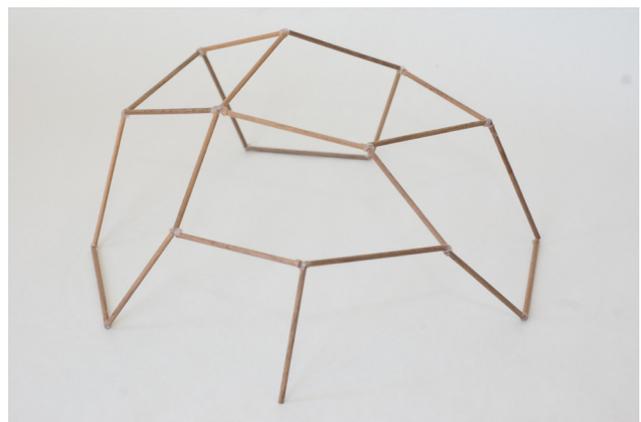
Fachwerke und Raumgitterstrukturen. Das verbindende Element all dieser unterschiedlichen Bauformen ist ihre Leichtigkeit und ein geringer Materialaufwand.

Die Publikationen des *Instituts für leichte Flächentragwerke* sowie die Arbeiten unterschiedlicher Architekten wie Frei Otto und Buckminster Fuller, aber auch die Überlegungen von Ken Isaacs zu seinen *Living structures* erwiesen sich zusätzlich als hilfreiche Quellen.

MATERIALWAHL

Der weltweit meistgenutzte Baustoff ist derzeit Stahlbeton, eine Kombination aus Beton, einer Mischung aus Zement, Gesteinskörnung und Wasser, sowie Bewehrungsstahl zur Erhöhung der Festigkeit. Neigt sich das Dasein eines Stahlbetongebäudes dem Ende zu, gibt es, was die weitere Nutzung der Rohstoffe angeht, kaum eine Wahl. Das eingerissene Gebäude aus Stahlbeton wird mit Maschinen zerkleinert und in Stahl und Beton getrennt. Während im Bausektor Stahl nahezu zu 100% wiederverwertet wird, kann der Beton selbst, einmal abgebunden, nie wieder in seine Bestandteile zerlegt werden. Der Betonbruch wird daher entweder in eine Deponie gebracht oder anderweitig im Straßenbau genutzt, was jedoch nur eine minderwertige Weiternutzung des Materials darstellt. Mittlerweile gibt es Verfahren, auch große Teile des Betonbruchs wieder neuem Beton beizumischen und sogenannten *Recycling-Beton* herzustellen. Frischer Zement ist aber auch bei diesem immer nötig. Neben dem Stahlbeton fallen beim Abriss eines Gebäudes Unmengen an anderen Materialien an, die oft nicht sinnvoll wiederverwertet werden können, zum Beispiel Dämmstoffe. Generell lässt sich für das Recycling von nicht organischem Bauschutt festhalten, dass die weitere Nutzung der Materialien meist nur in Form von Downcycling möglich ist.

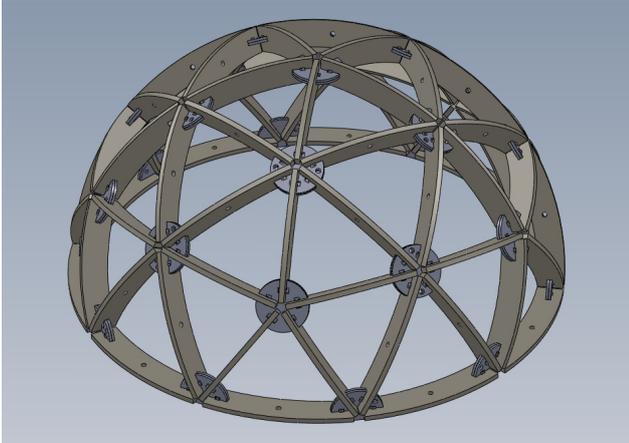
Neben dem klassischen und bewährten Baumaterial Holz, gibt es im Bereich der *natürlichen* Materialien vor allem zwei Stoffe, die für den Bau von temporären Behausungen gut nutzbar gemacht werden können. Zum einem sind das aus dem Rohstoff Holz hergestellte



Räumliches Tragwerk aus Polygonen verschiedener Seitenzahlen

Werkstoffe wie Papier, Karton und Plattenmaterial sowie daneben Gewebematerialien aus Baumwolle, Jute, Hanf oder anderen Fasern. Im Rahmen des Projekts kristallisierte sich bei mir ein großes Interesse für das Material Wellpappe heraus.

Wellpappe ist ein sehr leichtes, aber stabiles Material aus Zellstoff, das durch Zusammenkleben mehrerer glatter und gewellter Papierbahnen hergestellt wird. Durch die Welle erhält die Pappe eine hohe Festigkeit, so dass damit selbst schwere Seefracht verschickt werden kann. Wellpappe wird demnach vor allem als Transportverpackung genutzt und ist in vielen verschiedenen Sorten erhältlich, die sich in Stärke und Festigkeit unterscheiden. In Deutschland hergestellte Wellpappe besteht durchschnittlich zu 80% aus Recyclingmaterial und kann später vollständig dem Recyclingkreislauf zugeführt werden. In der Natur verrottet Wellpappe rückstandsfrei. Ihr einziger Nachteil ist eine hohe Empfindlichkeit gegen Feuchte und Nässe. Zwar gibt es auch mit Wachs behandelte Sorten von Wellpappe, die jedoch aufgrund ihrer schlechten Verrottbarkeit keine Alternative sind.

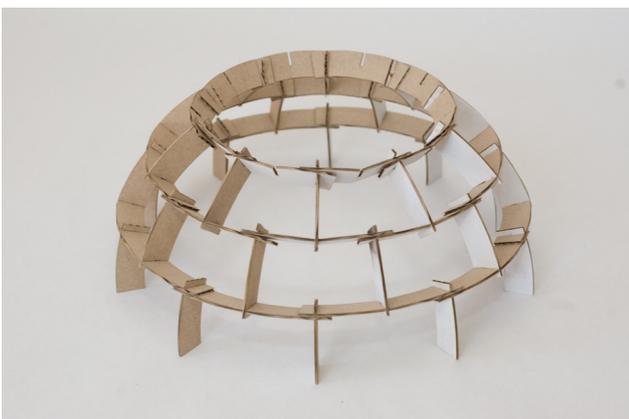


CAD-Modell der geodätischen Kuppel

ERGEBNISSE

Während des Projekts wurde eine Reihe von Modellen mit unterschiedlichen Ansätzen entwickelt. Neben Überlegungen zur effizienten Materialnutzung spielte hierbei auch die gestalterische Freiheit eine wichtige Rolle.

Entscheidend für den Entwurf der Modelle war, dass sie einfach und günstig mit digitalen Herstellungsmethoden produziert werden können.



Erstes Modell einer Kuppel aus Wellpappe

KUPPELN

Kuppeln sind äußerst stabile halbkugel- oder glockenförmige Bauten. Mit ihrer Hilfe lassen sich große Flächen freitragend überspannen. Sie finden daher Anwendung in vielen Gebäuden und Bauwerken, zum Beispiel auch in Zelten.

Kuppeln lassen sich auf mehrere Weisen konstruieren. Mit Hilfe von vertikalen und

horizontalen Kreissegmenten, die ein formgebendes Gitter bilden, entstanden meine ersten Versuche zur Erstellung einer Kuppel. Mehrere Prototypen zeigten jedoch, dass sich die nötige Wölbung der horizontalen Elemente mit einem starren Material wie Wellpappe nur sehr schwer konstruieren lässt. Eine Methode, mit deren Hilfe die Segmente durch eine Vielzahl von kleineren Einschnitten flexibel gemacht werden, lieferte zwar vielversprechende Ergebnisse bezüglich der Form, beeinflusste aber wiederum die Stabilität der Kuppel negativ und wurde deshalb verworfen.

GEODÄTISCHE KUPPEL

Als eine weitaus praktikablere Methode zum Konstruieren von Kuppeln erwies sich das Prinzip der geodätischen Kuppel. Bei solcher wird das Kugelsegment der Kuppel in eine Substruktur von Dreiecken aufgeteilt. Das Dreieck als in sich stabile Form gewährleistet dabei die Stabilität.

Geodätische Kuppeln wurden seit den 1940er Jahren maßgeblich von Buckminster Fuller weiterentwickelt und angewendet. In den 1960er und 1970er Jahren wurden sie vor allem in den USA, aber auch anderswo von Aussteigern als alternative Wohnform genutzt. Zu diesem Thema entstanden zahlreiche Publikationen. Auch heute wohnen ganzjährig Menschen in verschiedenen Klimazonen in geodätischen Kuppeln. Meist bestehen diese aus einem Gerüst aus Stahl oder Holz, auf das eine Membran gespannt ist. Geodätische Kuppeln lassen sich aber auch mit Holz oder Lehm verkleiden. Auch die Anpassung von Fenstern, Türen und Isolation stellt dank moderner Materialien kein Problem dar. Mehrere geodätische Kuppeln können miteinander verbunden werden und so größere Räume eröffnen.

Es existieren bereits zahlreiche Beispiele geodätischer Kuppeln aus Pappe, die allesamt auf ein Gerüst verzichten, indem die einzelnen Dreiecke der Verkleidung mit Falzen verbunden werden. In die einzelnen Elemente der Verkleidung können dann Löcher für Fenster und Türen geschnitten werden.



Zweites Modell einer Kuppel aus Wellpappe



Modell der geodätischen Kuppel aus Wellpappe

Bei meiner geodätischen Kuppel sollte dieses Prinzip umgekehrt werden. Auf ein aus Wellpappe bestehendes Gerüst mit Stäben/Speichen (Struts) und Verbindungsstücken/Naben (Hubs) können andere Materialien als Außenhaut gespannt werden. Der Vorteil dieser Methode ist vor allem die größere Freiheit bei der Gestaltung. Allerdings muss — da das Skelett aus Wellpappe besteht — darauf geachtet werden, dass die Außenhaut genügend Schutz vor Feuchtigkeit bietet. Die Auswahl des Materials richtet sich nach Klimazone und Jahreszeit. Bei warmem Wetter eignen sich vor allem Textilbespannungen als Außenhaut, in raueren Klimazonen kann das Skelett mit Stroh oder vergleichbar resistenten Materialien gedämmt und anschließend mit Lehmputz versiegelt werden.



Detailansicht der geodätischen Kuppel aus Wellpappe

Für das Modell wurde mit Hilfe eines CAD-Programms ein Stecksystem für die Stäbe und Verbindungen entwickelt. Der vollständige Satz an Teilen wurde anschließend auf einem Laser-Cutter markiert und ausgeschnitten. Die Problemstelle der Konstruktion bilden die Verbindungselemente, die die Kräfte der Stäbe aufnehmen und weiterleiten müssen. Da durch das Steckprinzip die Auflagefläche der Stäbe in den Verbindern nicht sehr groß ist, sollte die Wellpappe nach diesen Gesichtspunkten ausgesucht werden. Ferner muss darauf geachtet werden, dass das Material der Außenhaut nicht zu schwer ist oder, wie im Falle von Lehmputz, selbst eine zusätzliche tragende Konstruktion bildet. Neben der Außenhaut tragen auch Schnee und Wind zur Belastung der Kuppel bei und müssen daher in die Planung mit einbezogen werden.

RÄUMLICHE TRAGWERKE

Anders als bei Kuppeln, ist mit räumlichen Tragwerken eine größere Formenvielfalt möglich. Hierbei habe ich zwei Ansätze verfolgt. Bei immer gleicher Länge der Verbindungselemente wurde einmal mit festen Winkeln und einmal mit beliebigen Winkeln zwischen den Elementen experimentiert.

Bei Strukturen mit festen Winkeln entstehen immer Gebilde aus Polygonen mit fester Seitenzahl. Je nach Wahl der Winkel können

z.B. nur Sechsecke oder auch kombinierte Fünf- und Sechsecke auftreten. Durch die festgelegten Winkel weisen die Strukturen immer Muster auf, die die Form bestimmen, wodurch die Vielfalt und der Grad der Formbarkeit nicht allzu groß sind.

Eine weitaus größere Formenvielfalt erlangt man mit dem Einsatz beliebiger Winkel zwischen den Elementen. Die dabei entstehenden Strukturen sind aus Polygonen unterschiedlicher Seitenzahl zusammengesetzt.

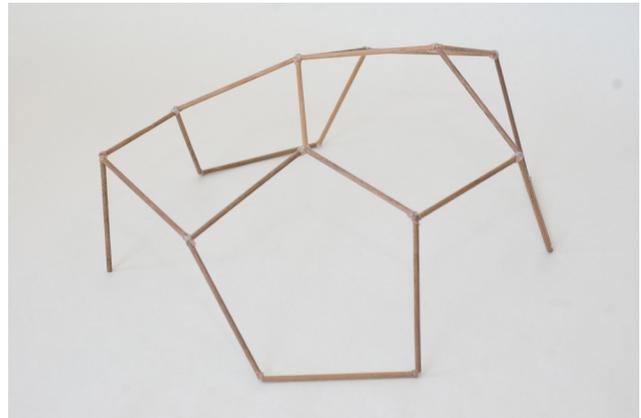
TRIANGULIERTE FREIFORMSTRUKTUREN

Eine Weiterentwicklung der räumlichen Tragwerke mit beliebigen Winkeln sind die triangulierten Freiformstrukturen. Bei dieser Methode werden die Polygone der räumlichen Tragwerke in Dreiecke unterteilt. Anstelle von Streben als verbindendes Element, wird die Oberfläche selbst zur tragenden Struktur. Über Falze an allen drei Seiten eines jeden Dreiecks werden alle Dreiecke untereinander verbunden und bilden eine steife Hülle, in die Öffnungen für Fenster und Türen geschnitten werden können. Die Falze werden über lösbare Dübel verbunden, womit die Struktur immer wieder auf- und abgebaut werden kann.

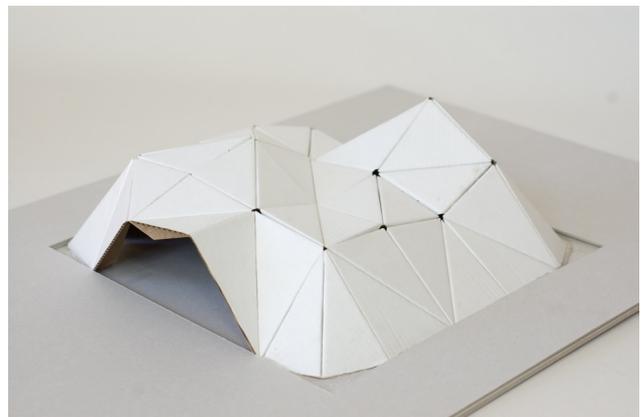
Die Planung der Struktur kann mit jedem beliebigen 3D-Programm durchgeführt werden. Da die meisten 3D-Formate schon von selbst auf Dreiecken basieren, muss in einem zusätzlichen Schritt lediglich die Aufteilung in die einzelnen Dreiecke und das Hinzufügen der Falze mit spezialisierter Software durchgeführt werden.

Die Herstellung hingegen ist weitaus komplizierter, da jedes Element eine andere Form hat und individuell nummeriert, gefalzt und geschnitten werden muss. Hierfür sind spezielle Maschinen nötig. Beim Aufbau muss dann darauf geachtet werden, dass die Seiten mit der richtigen Nummerierung verbunden werden. Die Form bildet sich durch die Steifigkeit der Elemente von selbst aus.

Bei dieser Konstruktionsform werden alle Kräfte über die Oberfläche abgeleitet und die Last liegt auf den Falzen und deren Verbindungen. Auch hier müssen neben dem

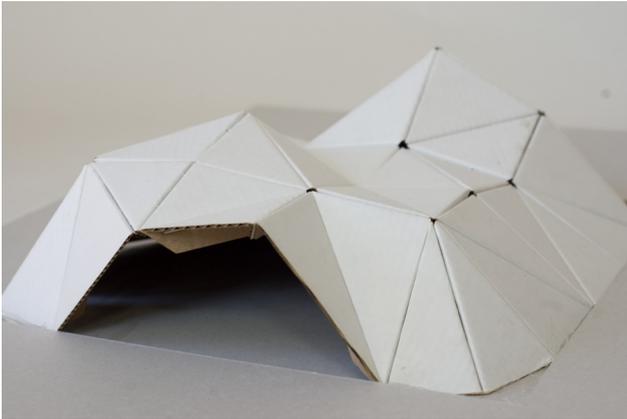


Räumliches Tragwerk aus Polygonen verschiedener Seitenzahlen



Ansicht der triangulierten Freiformstruktur

Eigengewicht der Konstruktion äußere Lasten berücksichtigt werden.



Ansicht der triangulierten Freiformstruktur

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Alle hier aufgeführten Strukturen wurden lediglich als Modell in kleinen Maßstäben und von einem künstlerisch-gestalterischen Standpunkt aus gebaut, weswegen keine Aussage über die Stabilität bei einem 1:1-Prototypen gemacht werden kann. Neben der geodätischen Kuppel, die sich in der Realität schon vielfach bewährt hat, bieten meiner Ansicht nach die triangulierten Freiformstrukturen das größte Potential, nicht zuletzt aufgrund der vielfältigen Möglichkeiten, die sich hier bei der Gestaltung der Form ergeben.

Aufgrund der gewählten Materialien ist die Praktikabilität der Behausungen nicht für jedes Klima gegeben. Bevorzugt kommen warme und überwiegend trockene Regionen in Frage, sofern nicht zusätzliche Maßnahmen zur Isolation und zum Wetterschutz getroffen werden. Fragwürdig bleibt daneben, ob die Lebensdauer der Materialien mit den Kosten der Herstellung übereinstimmen.

Den Schwerpunkt für zukünftige Forschung und experimentelle Entwicklung stellen die Erprobung großformatiger Prototypen sowie die strukturelle Berechnung und Optimierung der Behausungen dar.

QUELLEN

Angaben zu Quellen und weiterführenden Ressourcen finden sich auf der Online-Projektdokumentation auf dem Wiki der Fakultät Medien (http://www.uni-weimar.de/medien/wiki/GMU:I_am_a_wild_type/Projekte/Decaying_shelters).