

## Tragendes Holzgewebe

### Markus Hudert

Architekt

Doktorand IBOIS

### Prof. Dr. Yves Weinand

Architekt und Ingenieur

Direktor IBOIS

Institut für Holzkonstruktionen (IBOIS)

EPF Lausanne

[markus.hudert@epfl.ch](mailto:markus.hudert@epfl.ch)

[yves.weinand@epfl.ch](mailto:yves.weinand@epfl.ch)

[www.epfl.ch](http://www.epfl.ch)

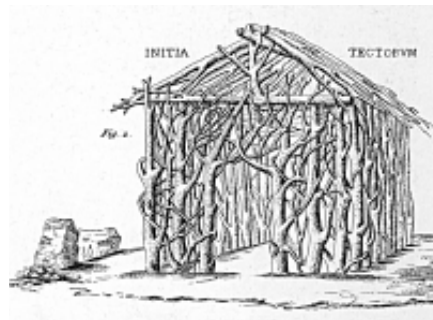
Das am IBOIS, dem Institut für Holzkonstruktionen der EPF Lausanne, angesiedelte Forschungsvorhaben «Tragendes Holzgewebe: Die Anwendung textiler Prinzipien im baulichen Massstab» untersucht neuartige Holzkonstruktionen, die auf der Logik und den Prinzipien textiler Techniken basieren. Durch Anwenden dieser Techniken im grossen Massstab können modular einsetzbare Elemente mit doppelt gekrümmten Flächen und dadurch vorteilhaften statischen Eigenschaften entstehen.

### Geschichte und Klassifizierung von Textilien

Textile Techniken gelten als eine der ersten handwerklichen Errungenschaften der Menschheit. Nach Ansicht verschiedener grosser Architekturtheoretiker, unter anderem von Rondelet und Viollet-le-Duc, fanden sie bereits beim Bau der ersten menschlichen Behausungen Verwendung. Tatsächlich werden heute noch, zum Beispiel in Afrika, Hütten durch Verflechten von Bambus errichtet, was für diese Theorie spricht. Es ist wahrscheinlich, dass die Produktion textiler Bekleidung erst später einsetzte, nachdem auch das hierzu benötigte feinere Fadenmaterial hergestellt werden konnte.

Es gibt zwei Hauptwerke zur Klassifizierung nicht-industrieller Textilien. Es handelt sich zum einen um das Werk «The Primary Structures of Fabrics: An Illustrated Classification» von Irene Emery, das sich auf die Struktur von Textilien konzentriert, sowie zum anderen um die «Systematik der Textilien Techniken» von Annemarie Seiler-Baldinger, die nach den unterschiedlichen Herstellungsprozessen differenziert.

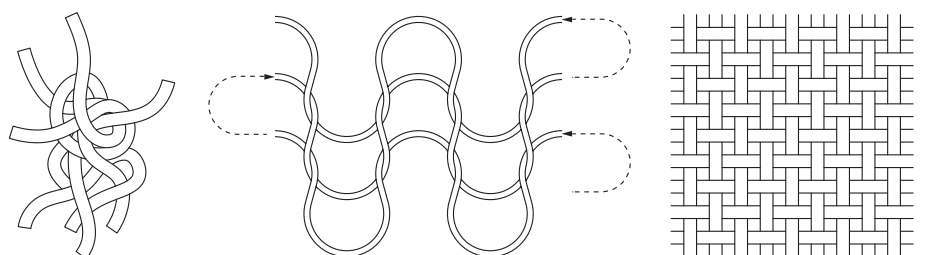
Grundsätzlich wird zwischen Filz und Maschenstoffen unterschieden und zwischen den entsprechenden Techniken wie Stricken und Häkeln oder Weben und Flechten. Daneben sind unzählige Mischtechniken und Varianten bekannt. Deshalb ist es praktisch unmöglich, einen allumfassenden Überblick zu gewinnen, geschweige denn die Techniken zu identifizieren, die sich am besten zur baulichen Anwendung eignen. Aus dieser Erkenntnis wurde die Idee geboren, nach einem kleinsten gemeinsamen Nenner zu suchen, den alle Textilien gemeinsam haben. Im Laufe dieser Untersuchung ergab sich, dass sich alle Textilien auf eine Grundzelle reduzieren lassen: Ein Grundmodul, das aus zwei sich kreuzenden Elementen, im Normalfall Fäden, besteht. Dies trifft sowohl bei Maschen- als auch bei Webstoffen zu.



Die erste primitive Hütte nach Rondelet.



Die erste primitive Hütte nach Viollet-le-Duc.



Filz, Maschen- und Webstoff.

## Das «Textile Modul»

Was passiert nun, wenn das Prinzip dieser Grundzelle, die Verkreuzung zweier Elemente, auf zwei Streifen aus Sperrholz übertragen wird? Es entsteht das «Textile Modul», ein bogenähnliches Konstrukt, bestehend aus zwei doppeltgekrümmten Streifenflächen. Dieses Modul überrascht mit seinen aussergewöhnlichen Trageigenschaften. Bei vertikaler Belastung am Bogenmittelpunkt lässt sich folgendes beobachten: Während sich die Länge vergrössert, verschmälert und erhöht sich der dreiecksförmige Querschnitt, der für die Tragfähigkeit verantwortlich ist. Das heisst, bei Belastung verstärkt sich das Querschnittsprofil, das Modul stabilisiert sich.

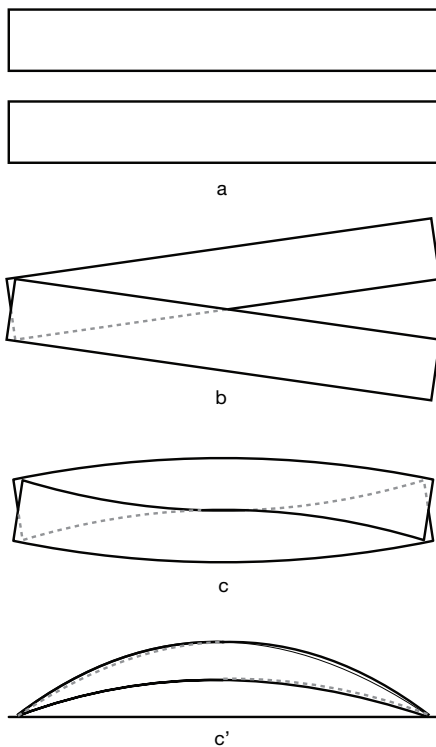
## Vom Modul zur Fläche

In statischer Hinsicht verfügen Textilien über einen so genannten Systemeffekt. Sie bestehen aus einer Vielfalt von einzelnen Elementen, den Fäden, die aber als ein grosses Ganzes zusammenwirken. Auch wenn einzelne der Elemente versagen, bedeutet das nicht das Versagen des gesamten Gewebes. Um einen ähnlichen Effekt im baulichen Massstab zu erreichen, ist es ebenfalls notwendig, die tragende Struktur aus einer Vielzahl von Grundelementen zu generieren. Um dies – ausgehend vom «Textilen Modul» – zu erreichen, gibt es mehrere Möglichkeiten.

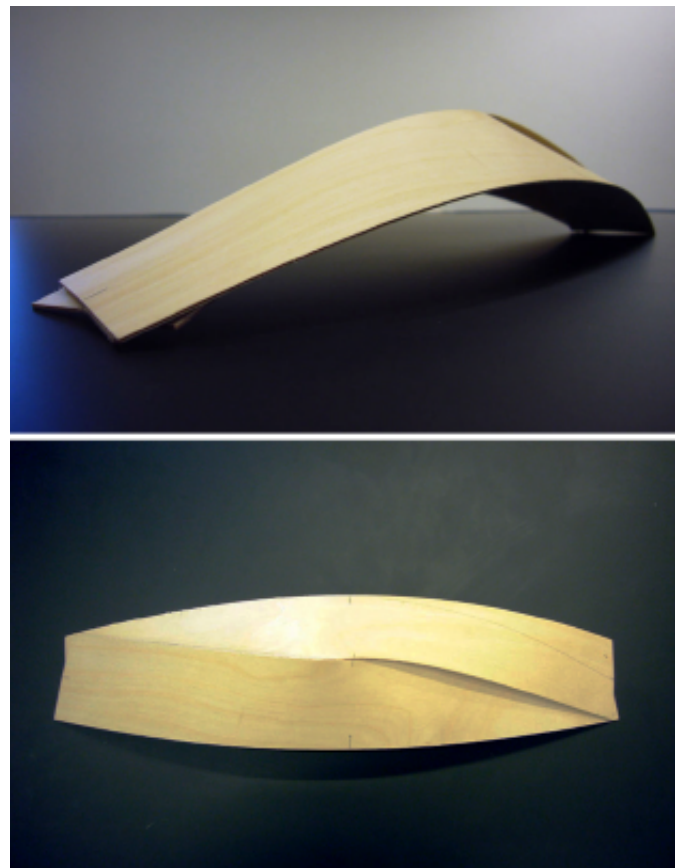
Die offensichtlichste Möglichkeit einer Aneinanderreihung des «Textilen Moduls» ist die in Längsrichtung, wodurch

eine bogenartige Flechtstruktur entsteht. Diese Bögen können dann, wiederum durch Reihung, allerdings in Querrichtung zum Bogen, zu gewölbeähnlichen Strukturen entwickelt werden. Nachteil dieses Ansatzes ist, dass nur eine Richtung kontinuierlich verläuft und keine Kontinuität in der Querrichtung vorliegt. Hierauf kann durch das Hinzufügen zusätzlicher Elemente reagiert werden, die auch die Trageigenschaften der Gesamtstruktur erheblich verbessern.

Ein zweiter Ansatz führt direkt zu einer in beide Richtungen kontinuierlichen Struktur. Dies wird durch Verlängern und gegenseitiges Verschieben der Streifen des Grundmoduls erreicht. Allerdings ergeben sich hierdurch auch geometrische



Prozess zur Generierung des «Textilen Moduls».



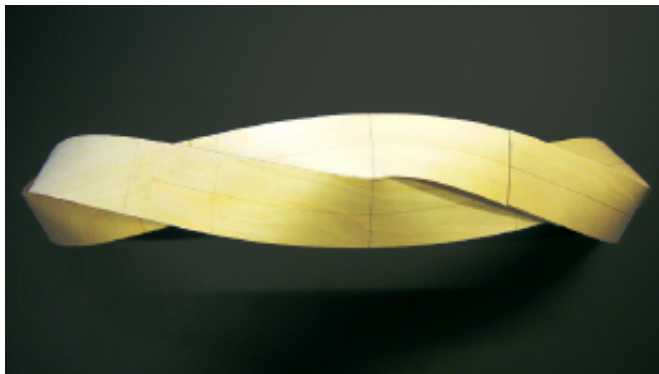
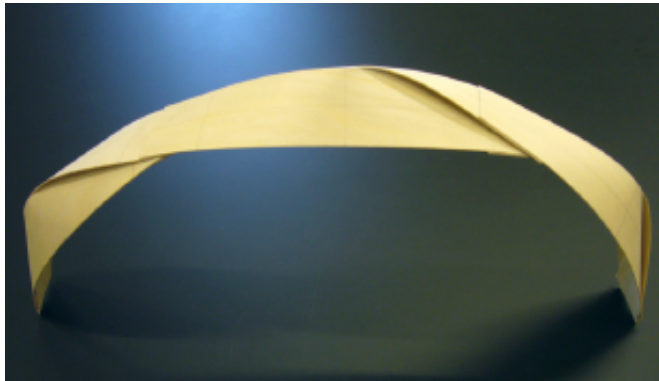
«Textiles Modul», Perspektive und Aufsicht.

Probleme im Gesamtgebilde. Dennoch ist dies eine viel versprechende Richtung für zukünftige Untersuchungen und Weiterentwicklungen.

## Modellisierung und Berechnung

Das «Textile Modul» ist ein gutes Beispiel dafür, wie eine bestimmte Technik in Zusammenspiel mit einem bestimmten Material als formgenerierendes Werkzeug eingesetzt werden kann. Für seine Entwicklung haben und werden physische, von Hand gefertigte Modelle, eine grundlegende Rolle spielen. Um jedoch den Schritt zum realisierten Gebäude zu machen, wird es notwendig sein, computerbasierte Planungswerkzeuge in den Prozess einzubeziehen. Ein digitales Modell ist zudem Voraussetzung zum Einsatz von Programmen zur statischen Berechnung.

Moderne CAD-Software entwickelt sich zwar ständig weiter, hat aber immer noch ihre Grenzen. Bis zum jetzigen Zeitpunkt ist noch kein Werkzeug gefunden worden, das die Verformung der Holzstreifen, wie sie im «Textilen Modul» zu beobachten sind, digital simulieren kann. Um trotzdem erste Untersuchungen mit FEM-Software unternehmen zu können, wurde ein Modell des «Textilen Moduls» mit Hilfe eines 3D-Scanners digitalisiert. Ein alternativer Ansatz ist die Simulation des Fügungsprozesses, wiederum mit FEM-Software. Beide Möglichkeiten bergen Potenzial, jedoch sind in dieser Richtung noch intensive Untersuchungen vorzunehmen.



Geflochtener Bogen, bestehend aus drei «textilen Modulen».



Reihung dreier geflochtener Bögen.

## Referenzen

Emery, Irene  
«The Primary Structures of Fabrics: An Illustrated Classification», 1966

Rondelet, Jean-Baptiste  
«Traité théorique et pratique de l'art de bâtir», 1834

Seiler-Baldinger, Annemarie  
«Systematik der Textilen Techniken», 1991

Viollet-le-Duc, Eugène  
«Histoire de l'habitation humaine», 1978



Gegeneinander verschobene Flechtbögen mit Elementen in Querrichtung.