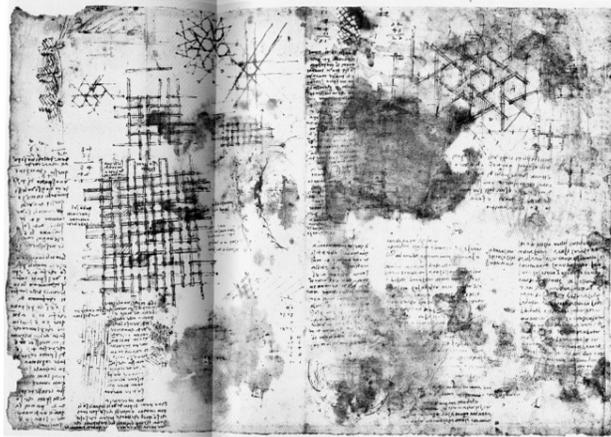
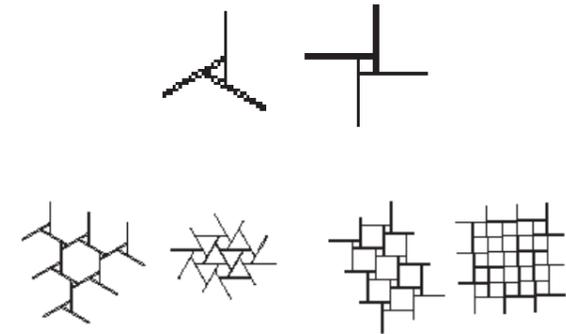


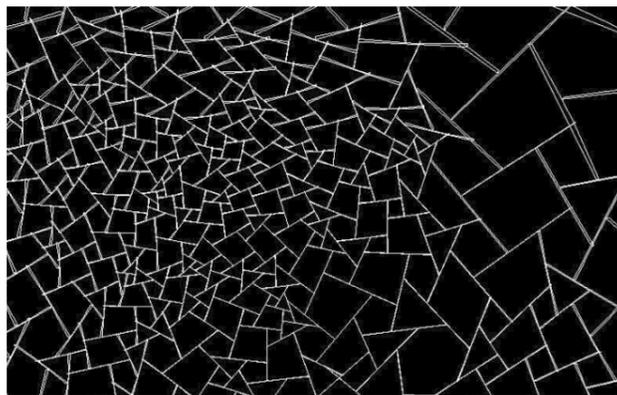
1



2



3



4

- 1 Grundprinzip Hebelstabsystem
- 2 Leonardo da Vinci, Codex Atlanticus, 15.Jh.
- 3 drei- und vierteilige Grundtypen und ihre Kombination
- 4 digitales Modell einer unregelmässigen Konfiguration in der Fläche

## Objects in Mirror are closer than they appear

Das Forschungsprojekt mit dem Arbeitstitel *Objects in Mirror are closer than they appear* beschäftigt sich mit traditionellen Konstruktionen, die im Laufe der Geschichte in Vergessenheit geraten sind. In Teilprojekten sollen deren Potentiale entdeckt und weiterentwickelt werden.

Beim ersten Teilprojekt geht es um die Untersuchung von Konstruktionen, die durch den Einsatz kurzer Elemente aus Holz grosse Spannweiten effizient überbrücken. In der Geschichte wurden diese Techniken im Zuge einer sich verschärfenden Holzknappheit oder aus beschränkten Möglichkeiten des Transports und der Montage entwickelt. Heute sind sie wieder interessant, weil auf lokale Holzressourcen, minderwertiges Holz und auch Holzverschnitt zurückgegriffen werden kann. Die handlichen Elementgrössen erlauben zudem einen einfachen und schnellen Aufbau.

Im Fokus stehen zwei Holzbausysteme: das Zollinger Lamellensystem und das Prinzip der Hebelstabwerke. Die beiden Systeme sind einander verwandt und verfügen über ein grosses Potential in ihrer Weiterentwicklung oder Kombination.

### Hebelstabwerke

Bei den Hebelstabwerken handelt es sich weniger um ein Bausystem, als um ein allgemeines Konstruktionsprinzip. Sich gegenseitig tragende Stäbe können dabei ohne weitere Verbindung Tragwerke grosser Spannweiten bilden.

Mindestens drei Stäbe lagern so aufeinander, dass ein Stab auf zwei anderen lagert und wechselseitig einem anderen Stab als Auflager dient. Aus dieser gegenseitigen Abhängigkeit - der Reziprozität, die dem Prinzip seinen Namen gibt - entsteht eine sich drehende Grundfigur, wobei durch Verwendung zusätzlicher Stäbe neue Grundformen geschaffen werden können.

Die Anzahl  $n$  der verwendeten Stäbe spiegelt sich im Zentrum in Form eines  $n$ -Ecks wieder. Diese auf  $n$  Auflagern lastenden Tragwerke lassen sich durch Kombination zu grösseren Tragwerken addieren.

Der räumliche Übergriff der Stäbe bewirkt eine gegenseitige Einspannung, ähnlich eines Hebelpaars, die bei Belastung über Reibungskräfte funktioniert.

Der Knoten erweist sich, durch die komplexen geometrischen und statischen Zusammenhänge begründet, als der anspruchsvollste Teil des Hebelstabsystems.

### Geschichte

Hebel-Stab-Systeme sind sehr alte Prinzipien, die bereits im 12. und 15. Jahrhundert in China und Japan bekannt waren. Auch die Renaissance-Architekten Leonardo da Vinci und Sebastiano Serlio entwickelten Ideen für flache Deckentragwerke.

Die Zollingerbauweise geht auf die Bogendächer von Philibert de l'Orme zurück und wurde 1920 von Friedrich Zollinger zum heute bekannten Zollinger Lamellendach weiterentwickelt.

Diese besonders leichte Holzkonstruktion kommt mit kurzen Holzprofilen aus, die rautenförmig mit einem sehr einfachen Knoten versetzt miteinander verbunden werden.

### Anwendungen

Der grosse Vorteil von Hebelstabkonstruktionen ist, dass sie mit wenig Aufwand und in kürzester Zeit aus einfachen Stäben und Knotenverbindungen zusammengebaut werden können. Mit kurzen Elementen können dabei grosse Strukturen erzeugt, wieder abgebaut und weiterverwendet werden. Sie bieten zudem die Möglichkeit, unregelmässige Grundrisse zu überspannen. Sei dies als Dachtragwerk, mit dem einfachen Grundmodul als beliebiges Vieleck oder als komplexes flaches Tragwerk in Deckenkonstruktionen.

### Analoge Modelle und Digitale Weiterentwicklung

Die relativ einfachen Bildungsregeln führen bei gleichbleibenden Parametern wie Stablänge, Stabquerschnitt, Übergriffslänge zu homogenen Strukturen. Durch die gegenseitige Abhängigkeit sind punktuelle Veränderungen jedoch kaum zu kontrollieren. Mithilfe der Programmierung und rechnergestützten Fertigung wird es möglich diese Parameter flussend zu verändern und so die Maschendichte, die Steigung, das statische Verhalten der Stäbe und Knoten punktuell wie auch rekursiv im gesamten System zu beeinflussen. So ist es möglich mit kurzen Elementen und einfachen Knotenverbindungen ein differenziertes Tragwerk zu entwerfen.

### Projektleitung

Prof. Annette Spiro  
Professur Architektur und Konstruktion

### Mitarbeiter

Udo Thönnissen  
Patric Unruh  
Nik Werenfels

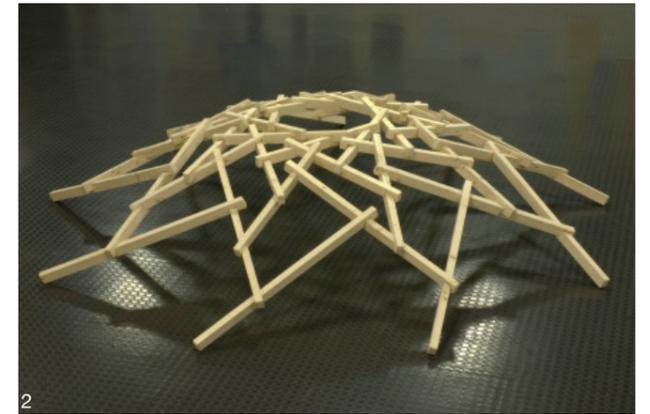
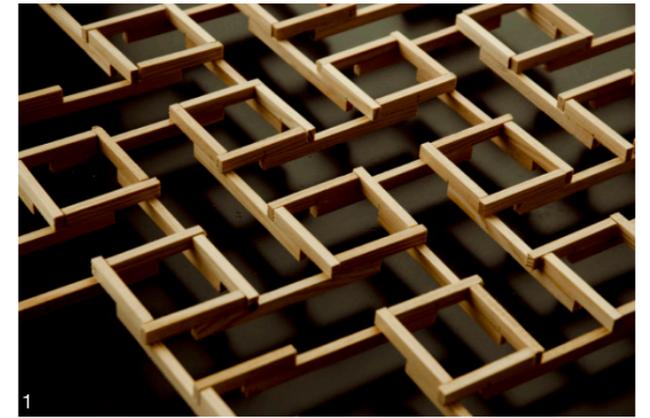
**Dauer**  
2009-2011

**A.S.** ETH Zürich  
Departement  
Architektur

Professur Annette Spiro  
Architektur +  
Konstruktion

**ETH**  
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Eidgenössische Technische  
Hochschule Zürich  
**DARCH**  
Departement Architektur



- 1 flaches Hebelstabsystem mit ausgeklinkten Stäben
- 2 Teilmodell im Masstab 1:2 eines konzentrischen Systems
- 3 digital erzeugtes Modell mit unterschiedlichen Krümmungsradien
- 4 Manipulation der Maschenweite im digitalen Modell