

PlusMinus

FESTO



**Pneumatische
Gitterschale**

Ausgezeichnet mit dem
Bauwelt Preis 2011

Info

Bauen mit Über- und Unterdruck



Selbstaufrichtende Pneus: Schneller Aufbau ohne Hilfskonstruktion

PlusMinus ist ein Projekt von Studenten der Universität Stuttgart, Fachbereich Architektur, Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren in Zusammenarbeit mit dem Bionic Learning Network von Festo.

In den Bereichen Architektur und Ingenieurbau gilt die Gitterschale als eine der effizientesten Flächentragwerke. Durch ein Netz aus linearen, stabförmigen Elementen lassen sich große Flächen mit minimalem Materialaufwand stützenfrei überspannen und in nahezu jede beliebige Form bringen. Eine wichtige Rolle spielen dabei die Knotenpunkte, an denen sich die Stabelemente des Gitters kreuzen. Zur Montage werden die Knotenpunkte örtlich fixiert, bleiben währenddessen aber dennoch drehbar. Anschließend wird das Gitter mit einer Hilfskonstruktion in seine endgültige Form gebracht. Die anfangs orthogonalen Maschen verschieben sich dabei zu Rauten. Durch das biegesteife Fixieren der Knotenpunkte wird die Gitterschale ausgesteift und kann somit auf die Struktur wirkende Lasten abtragen.

Das Projekt „PlusMinus – die pneumatische Gitterschale“ geht einen Schritt weiter: Ein Umdenken in der Materialwahl und der Art der Montage sowie eine Neuinterpretation statisch wichtiger Punkte sollen die Gitterschale noch effizienter gestalten. Die Idee sieht vor, besonders beim Eigengewicht der Konstruktion neue Wege zu gehen und die Struktur so leicht wie möglich zu halten. Das Tragverhalten in Relation zum Eigengewicht darf durch diese Maßnahmen jedoch nicht beeinträchtigt werden.

Neben der konstruktiven Zielsetzung spielen auch Ästhetik und Raumwahrnehmung eine große Rolle. Die Leichtigkeit der Struktur soll sich dem Betrachter optisch erschließen – zum einen durch die Wahl eines geeigneten Materials und zum anderen durch die räumliche Qualität, welche durch das netzartige Tragwerk definiert wird.

Um diesen modifizierten Anforderungen gerecht zu werden, wurde die Konstruktion unter vorwiegendem Einsatz nur eines Materials in einer sortenreinen Bauweise aus transparenten Folienwerkstoffen

ausgeführt. Das Gitternetz bilden aufgeblasene Folienschläuche, die an den Knotenpunkten beweglich miteinander verbunden sind. Durch das Aufblasen der Pneus richtet sich die Gitterstruktur von selbst auf, wodurch der zeitintensive Aufbau einer Hilfskonstruktion entfällt. Um die Formstabilität des Netzes zu gewährleisten, ist eine kontinuierliche Luftversorgung der Schläuche von ca. 0.5 – 0.7 bar notwendig. Die Gitterschale funktioniert erst dann als Tragwerk, wenn alle Knotenpunkte fixiert und die Konstruktion damit ausgesteift ist. Für den Aussteifungseffekt werden zwei Hüllfolien vakuumisiert, die sich ober- und unterhalb des Pneunetzes befinden und die mit Luft gefüllte Folienschläuche an den Knotenpunkten aneinanderpressen.

Die pneumatische Gitterschale ist ein Produkt aus verschiedenen Systemkomponenten, die auf ein Minimum an Material und Kosten reduziert sind und einen schnellen Aufbau zum Ziel haben.

Bodenmembran: Grundriss aus Textilgewebe

Die formbedingt auftretende Zugspannung wird über ein konfektioniertes, beschichtetes Textilgewebe auf dem Boden aufgenommen. An den beiden Längsseiten werden Sockelelemente in das Gewebe eingehängt und miteinander verbunden. Die Bodenmembran ist somit für den Kräfteschluss und den Grundriss der Gitterschale verantwortlich.

Sockelelemente: modulare Luft- und Stromversorgung

Entlang der Bodenmembran sind 22 trapezförmige, modular kopfbare Versorgungselemente angeordnet. Jedes einzelne Sockelelement ist so konstruiert, dass es über Anschlüsse mit Luft für die Pneus sowie Strom für Licht und Unterdruckventilatoren versorgt werden kann. Zudem verfügt jede Einheit über zwei Führungsschienen, in welchen die Pneu-Fußpunkte verankert werden. Das Vakuum wird über eingebaute Lüfter generiert, die sich in jedem zweiten Element befinden. Um den Transport zu vereinfachen, ist das Sockelmaß mit 1,2x 0,36m so gewählt, dass die Elemente problemlos auf Europaletten zu stapeln sind.



Aus Gründen einer effizienten Fertigung und der Nachhaltigkeit wurden die Module aus Holzwerkstoffen hergestellt.

Fußpunkte: Ausrichtung in jeden Winkel

Die Fußpunkte der Gitterschale nehmen eine bedeutende Stellung in der gesamten Konstruktion ein. Jedes einzelne Element besitzt mehrere, integrative Funktionen: Ein Kugelgelenk verbindet die Pneus mit den Socketelementen, die dadurch in jeden erforderlichen Winkel eingestellt werden können. Über verschiedene Klemmmechanismen wird die Schlauchfolie luftdicht mit dem Fußpunkt verknüpft und durch den hohen Innendruck am Herausrutschen gehindert.

Gleichzeitig werden in dem äußerst kompakten Bauteil die Versorgungsleitungen für Strom- und Luftzufuhr geführt. Der Pneu wird mittels einer Hochleistungs-LED von innen beleuchtet.

Schlauchfolien: Stabiles Gitternetz aus Pneus

34 Polyamid- Folienschläuche mit einer Wandstärke von 55my formen das Gitterschalennetz. Um eine größere Stabilität zu erreichen, werden diese Schlauchfolien zweilagig verarbeitet. Die Längen der einzelnen Pneus sind sowohl über einen 3D-Scan des Konzeptionsmodells als auch über ein Computermodell ermittelt worden. In der gesamten Konstruktion sind nur zwei Diagonalpneus an beiden Enden mit den Fußpunkten verbunden. Die Enden der restlichen 32 Schläuche kragen frei aus und werden durch luftdichte Klemmkeder verschlossen.

Hüllfolien: Vakuum sorgt für Aussteifung

Die beiden Hüllfolien bestehen aus vorkonfektionierten Polyethylenfolien und sind für den Aussteifungseffekt der Gitterschale notwendig. Teile der Folien werden seitlich an den Socketelementen durch Klemmleisten befestigt. Im Bereich der beiden Eingangsseiten werden die Folien vorort geschweißt, so dass durch Klemmleisten und Schweißnähte ein annähernd luftdichtes System für den Unterdruck erzielt wird.

Versorgungseinheit: Halbautomatische Steuerung von außen

Die Luft- und Stromzufuhr sowie der Unterdruck in der Hüllfolie werden über ein externes Steuergerät halbautomatisch geregelt. Somit kann die Gitterschale autark versorgt werden und eventuell auftretende Undichtigkeiten ausgleichen.

Die pneumatische Gitterschale ist für eine temporäre Nutzung konzipiert. Sie überzeugt durch ihr geringes Eigengewicht und einen schnellen Auf- und Abbau. Aufgrund seiner raumschaffenden Form lässt sich die Tragstruktur vielseitig einsetzen, zum Beispiel auf Konzerten, Events oder Ausstellungen. Die vielfältige Bespielbarkeit des Innenraumes und die Eye-Catcher-Wirkung, die vor allem durch das Material geschaffen wird, sprechen für sich. PlusMinus vereint Effizienz und Ästhetik auf eine subtile Art und Weise miteinander. Bauen mit Überdruckfolienschläuchen und einer Aussteifung mit Unterdruck ist eine innovative Konstruktionsart in der Architektur.

Ähnliche Konstruktionsweisen bei denen Druckdifferenzen in Zellstrukturen Stabilität erzeugen, findet man in der Natur wieder. Der Flügel einer Libelle, der seine Form und Stabilität über Innendruck generiert, ist dem durch Überdruck stabilisierten Pneunetz ähnlich. Die Saugnäpfe von Kalmaren oder Gelbrandkäfern erreichen durch Unterdruck enorme Haftkräfte. Dieses Prinzip wird bei der Hüllfolie der pneumatischen Gitterschale angewandt, um die Struktur auszusteuern.

Die Druckregelventile LRP-1/4-2,5 sowie die Wartungsgeräte Kombination der Baureihe MS von Festo ermöglichen eine präzise Druckregelung der Pneus und sorgen dadurch für die Stabilität der temporären Architektur. Der Überdruck in den Pneus wurde mit Sensoren SDE5 D10 von Festo detektiert. In der Automation stellen diese Bauteile von Festo täglich den Betrieb von Fabriken auf der ganzen Welt sicher.

Festo steht für Innovation mit pneumatischen und elektrischen Antrieben. Mit PlusMinus zeigen die Studenten der Universität Stuttgart, dass im Membranbau mit Über- und Unterdruck neue Konstruktionen realisierbar sind. PlusMinus ergänzt den Bereich des temporären Membranbaus um ein neues einzigartiges Bauwerk.



Technische Daten

Länge:	16,50 m
Breite:	10,40 m
Höhe:	3,60 m
Rauminhalt ca.:	270,00 m ³
Überbaute Fläche:	112,20 m ²
kg pro überbautem m ² :	3,78 kg/m ²
Gesamtgewicht:	423,20 kg
Transportvolumen:	2,60 m ³
Betriebsdruck:	0,40 und 0,65 bar mit zwei Regelkreisen
Erstaufbauzeit:	25,00 h mit Netzkonstruktion
Weiterer Aufbau:	6,00 h
Materialien Sockelelemente:	Wasserfest verleimte Holzwerkstoffe
Pneus:	Polyamid
Hüllfolie:	Polyethylen
Steuerung Versorgung:	Druckluftversorgung über Ringleitung mit mehreren voneinander unabhängigen Regelkreisen
Betriebsart:	automatische Druck- regulierung

Projektpartner

Projektinitiator:	PlusMinus-Projektteam www.studiolta.de Nora Haase-Aschoff Mathias Hackmann Sebastian Kron Philipp Kuner Julian Lutz Fabian Pfeifer
Projektleitung Festo:	Markus Fischer, Corporate Design, Festo AG & Co. KG
Betreuung:	Prof. Dr.Ing. Dr.Ing. E.h. Werner Sobek Dipl. Ing. Jürgen Hennicke, Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren, ILEK, Universität Stuttgart
Konzeption und Bau:	STUDIO LTA www.studiolta.de info@studiolta.de

Festo AG & Co. KG

Ruiter Straße 82
73734 Esslingen
Germany
Telefon 0711 347-0
Telefax 0711 347-21 55
cc@de.festo.com
www.festo.com/bionik