

Architektur und Stadtplanung

Der Traum vom aufblasbaren Raum! Luftschloss oder Realität?



Ist es möglich, einen Ort, an dem ich meine Freund*innen treffen kann, oder einen Rückzugsraum nur für mich, aufzublasen? Kann ich mir aus Luft einen Ort schaffen, der ganz meinen Bedürfnissen entspricht?

Im Bauworkshop „wir brauchen raum!“ bekommen Jugendliche Einblick in die Membranarchitektur, die Luft als Baustoff verwendet. Mit der Membran-Tool-Bag bauen sie ihr eigenes „Luftschloss“.

Einleitung

Einfach so einen Raum aufzublasen, wie man es von Wasserspielzeugen kennt, ist leider nicht möglich. Es gibt jedoch Techniken, die mit aufblasbaren Elementen arbeiten, um den Bau von Gebäuden zu erleichtern oder temporäre Strukturen zu schaffen.

Eine Bauweise, die Luft und dünne, flexible Materialien (Textilien oder Folien) als Hülle und Luft als Baustoff nutzt, ist die Membranarchitektur. Membranbauten sind oft rohstoffeffizient, bieten große Flexibilität für temporäre oder wandelbare Strukturen und ermöglichen einen hohen Lichteinfall.

Methode

- Einführung: Geschichte, Material, Konstruktion und Aspekte der Nachhaltigkeit von luftgeformter Architektur
- praktischer Teil mit Bauworkshop

Abhängig von zur Verfügung stehendem Raum und Zeit, stehen für den praktischen Teil zwei Varianten des Workshops „wir brauchen raum!“ zur Wahl. In Variante 1 werden drei Räume für je eine Person und Skulpturen, in Variante 2 wird ein Raum für eine Gruppe errichtet.

Material

- Beispielbilder
- Membran-Tool-Bag mit Bauanleitung, Materialien für den Workshop und Membran-Materialproben.

Maximale Teilnehmer*innenzahl

25

Dauer

ca. 100 Minuten bzw. Semesterprojekt

Anhang

- Beispielbilder und Links



Beschreibung Teil A: Einführung ca 45 Minuten

**technik
bewegt**



Der/die Expert*in erzählt über Geschichte, Material, Konstruktionsprinzipien und Aspekte der Nachhaltigkeit luftgeformter Architektur. Die Wissensvermittlung wird mithilfe von Karten mit Beispielbildern, Membranen zum Anfassen und Merkblättern veranschaulicht.

Geschichte der luftgeformten Architektur

Das Wort „Membrane“ stammt aus dem Lateinischen (membrana) und bedeutet „Haut“. Der Begriff sagt noch nichts über die Beschaffenheit des Materials aus.

Die früheste Anwendung von Membranen ist noch viel älter als das Wort. Erraten: Es geht um Zelte. Die ersten Zelte aus Tierhäuten entstanden bereits in der Steinzeit, vor etwa 40.000 Jahren. Als Material wurden die Häute erlegter Tiere verwendet, lange Zeit bevor menschengemachte Membrane in Form von Textilien aufkamen. Schon damals wurde an Membranen besonders geschätzt, dass sie – im Vergleich zu anderen menschlichen Behausungen, wie Höhlen und einfache Hütten – wenig Gewicht haben, leicht zu verarbeiten, flexibel und vor allem mobil sind.

Der erste Heißluftballon, könnte die Inspiration für luftgeformte Architektur gewesen sein. Die tragende Kraft war bereits 1783 erwärmte Luft. Dieses Prinzip wird auch heute noch bei den farbenfrohen Himmelsobjekten angewendet. Zur Unterstützung und Zeitersparnis beim Start werden heute zusätzlich große Ventilatoren eingesetzt, die mit ihrer großen Menge an Luft die Objekte formen, bevor erhitzte Luft nachgeblasen wird. Die Entwicklung von Luftreifen durch Robert William Thomson (1845) und John Boyd Dunlop (1888) legte den Grundstein für statisch belastbare Bauteile, die aber – im Gegensatz zu vielen anderen technischen Gebieten - in der Architektur seltener angewendet werden.

Physikalisch betrachtet liegt der Unterschied zwischen Luftballon und Autoreifen im benö-

tigten Luftdruck. Der Druckunterschied zwischen Umgebungsluft und Ballon bewegt sich im Bereich von etwa 25 Millibar (weniger als wir beim Ausblasen einer Kerze benötigen), während dieser Druckunterschied bei einem Autoreifen etwa bei 2,5 Bar liegt, also hundertmal so viel. Dafür brauchen wir schon eine gute mechanische Pumpe! Bei Autoreifen hat sich international der Begriff „Pneu“ etabliert. Das bedeutet eigentlich Atem, Lufthauch, Wind und umschreibt das Thema treffender, weshalb wir als Begriff „luftgeformte Objekte“ bevorzugen und in Zusammenhang mit Membranarchitektur anwenden. Traditionell ist in der Literatur der Begriff „Pneu-Architektur“ durchaus gängig und gleichwertig.

Erste Versuche und theoretische Überlegungen zu pneumatischen Strukturen fanden bereits in den 1920er Jahren statt. Dabei ist die Entwicklung pneumatischer Architektur stark von der Natur inspiriert, etwa von der Pflanzenzelle, die durch Innendruck ihre Form erhält.

Heute kommen Membrane in der Architektur häufiger zum Einsatz – nur wenigen von uns ist bewusst, wie breit das Anwendungsgebiet luftgeformter Konstruktionen in unserem Alltag ist. Die luftgeformte Architektur stellt eine spannende Alternative zu traditionellen Bauweisen dar, insbesondere für temporäre Bauvorhaben und Architekturen, die eine hohe Flexibilität oder Mobilität erfordern.

Eine Beschreibung zur Geschichte der Traglufthallen findet man auf der Website des Mailänder Firma plasteco milano.

ANHANG

Merkmale der Membran-Architektur

Leichtbau: luftgeformte Strukturen zeichnen sich durch ihr geringes Gewicht im Verhältnis zu ihrer Größe und Tragfähigkeit aus.

Formgebung: Die Form der Membranstruktur wird durch den Innendruck bestimmt, wobei sie sich in Richtung des geringeren Drucks wölbt.

Flexibilität: luftgeformte Architektur ermöglicht eine flexible Gestaltung und Anpassung an unterschiedliche Umgebungen mit verschiedenen Anforderungen und Größen.

Einfacher und rascher Auf- und Abbau

Material und Konstruktion

Die luftgeformte Architektur nutzt luftgefüllte Membrane, um tragende Strukturen zu schaffen. Zum Einsatz kommen biegsame, zugbeanspruchbare Folien aus Kunststoff, die durch den Druckunterschied zwischen Innen und Außen stabilisiert werden. Diese Bauweise ist eine Form des Leichtbaus, bei der die Tragfähigkeit durch den Innendruck einer Membran erreicht wird. In der gebauten Umwelt kommen Membranen weniger als sichtbare Gestaltungselemente zum Einsatz. Als Helferinnen zur Lösung bauphysikalischer Aufgaben sind sie allgegenwärtig und unverzichtbar. Hier zwei „hidden Champions“:

- EPDM (Synthetischer Kautschuk) als Dachfolie und Sperre gegen Grundwasser
- PE (Polyethylen) als Dampfbremse, Flächenabdichtung im Passivhaus

Im Workshop arbeiten wir mit Folien und Bändchengewebe aus PE (Polyethylen). PE ist ein Kunststoff aus der Familie der Polyolefine und besteht aus Wasserstoff und Kohlenstoff (C_2H_4). Der Kohlenstoff kann aus fossilem Erdöl, aber auch aus nachwachsenden Rohstoffen stammen.

**AUSWAHL AN
KUNSTSTOFFEN
ZUM ANFASSEN
SIND IN DER
TOOL-BAG.**

PE wird seit etwa 70 Jahren weltweit in großen Mengen und einem breiten Produktspektrum hergestellt. Aktuell beträgt der Anteil von PE an der Gesamtproduktion aller Kunststoffe etwa ein Drittel.

Die Entwicklung von nicht fossilen biologisch abbaubaren Kunststoffen ist ein wichtiges Forschungsfeld. Hier führt PE sowohl in der Entwicklung als auch in der Anwendung (Stichwort „Plastiksackerl“). Trotzdem ist der Anteil an nachwachsenden, biogenen Rohstoffen aus unterschiedlichen Gründen (noch) marginal. Umso größer ist die Bedeutung des Recyclings des „Rohstoffs“. In dieser Frage liegt eine große Aufmerksamkeit auf Produkten, die aus bereits benutztem PE hergestellt werden können.

In der gebauten Umwelt werden neben dem bereits erwähnten EPDM als „sichtbare Gebäudehäute“ vorwiegend zwei Produkte eingesetzt: PVC-beschichtetes Polyestergewebe und ETFE-Folien. In geringem Umfang auch Gewebe aus PTFE (Polytetrafluorethylen - bekannt durch die als Kochpfannenbeschichtung geläufige Marke „Teflon“), versuchsweise zum Beispiel auch Glasfasergewebe mit Siliconbeschichtung als nicht entflammbare Variante.

- PVC-beschichtetes Polyestergewebe, umgangssprachlich auch „LKW-Plane“ genannt, wird als im gesamten Lebenszyklus äußerst kostengünstige geschätzt.
- Folien aus ETFE (Ethylen-Tetrafluorethylen) bestechen durch extreme Langlebigkeit, hohe Durchlässigkeit von UV-Licht, hoher Reißfestigkeit und de facto Unbrennbarkeit.

Brandschutz spielt bei Gebäuden eine dominante Rolle. Materialspezifische Eigenschaften in Kombination mit gewissenhaften baukonstruktiven Maßnahmen zu Schwerentflammbarkeit, minimierter Qualmentwicklung und Vermeidung von Abtropfen brennender Materialien qualifizieren Membrane als Baustoff.

Materialeigenschaften:

Die beschichteten Fluoropolymergewebe sind leicht, wetterbeständig, lichtdurchlässig, sehr beständig gegenüber UV-Strahlung und Witterungseinflüssen, ebenso gegen chemische Beanspruchungen.

Fluorkunststofffolien sind sehr glatt, haben ausgeprägte Oberflächenspannung, daher bleiben Verschmutzungen nicht haften, sondern werden durch Regen abgespült.

Konstruktionsprinzipien von pneumatischen Bauwerken:

- **luftgestützte Überdachungen** (Tragluft-hallen): diese Konstruktionen können große Spannweiten überbrücken. Die rein durch Luft geformten Objekte müssen gegen die oft unterschätzten Windkräfte gut gesichert werden. Sie kommen für Sportveranstaltungen, Ausstellungen oder als temporäre Unterkünfte zum Einsatz.
- **pneumatische Gitterschalen:** Tragwerk aus einem Netz aufgeblasener Folienschläuche (Pneus), die an den Kreuzungspunkten beweglich miteinander verbunden sind und so ein flexibles Gitternetz bilden, das sich in verschiedene Formen bringen lässt.
- **Folienkissensysteme:** dies ist eine Hybridform, bei der leichte, transparente Folien zu kissenartigen Strukturen aufgeblasen und mittels Rahmenkonstruktion miteinander verbunden werden. Sie ist die bekannteste Anwendung in der Architektur.

siehe Water Cube

Beispiele für Anwendungen:

Membranen können als **Fassadenbekleidung** eingesetzt werden, um eine hohe Tageslichtausbeute zu erzielen und die Energieeffizienz des Gebäudes zu verbessern.

siehe Oasis Salzburg

ANHANG

Beschichtete Membranen dienen der **Wärmedämmung**, da sie die Wärmeabstrahlung eines Gebäudes reduzieren.

Als **aufblasbare Solarzelle** können Membranen zur Nutzung von Sonnenenergie eingesetzt werden.

Häufig finden Membranen Einsatz für **Dachkonstruktionen**, insbesondere bei großen Spannweiten oder gebogenen Formen.

siehe Millenium Dome, Tragluft-halle 1935, Fuji-Pavillon Expo Osaka

ANHANG

Transparente oder transluzente Membranen können als **Sonnenschutz** eingesetzt werden, um Überhitzung zu vermeiden.

Die Konstruktionen eignen sich ideal für **temporäre Raumstrukturen** wie Messehallen, Zelte oder Überdachungen, da sie schnell auf- und abgebaut werden können.

Luftgeformte Architektur bietet aber auch Raum für **kreative und innovative Projekte** im Bereich Kunst und Design, wie sie etwa die österreichische Architekten- und Künstlergruppe Haus-Rucker-Co in den 1970er Jahren für Installationen im öffentlichen Raum eingesetzt hat, um eine besondere Wahrnehmung von Architektur und Stadtgestaltung zu schaffen.

siehe Beispiele von Hausrucker & Co

ANHANG

Aspekte der Nachhaltigkeit

Das Anwendungsgebiet von Membranen ist vielfältig und meist unspektakulär. Speziell im nachhaltigen Bauen stellen sie ein vielversprechendes Potenzial dar, bieten sie doch vielfältige Vorteile gegenüber starren Außenhautmaterialien wie Gewichtersparnis, Anpassungsfähigkeit an gegebene Strukturen, Tageslichtnutzung und erhöhte Energieeffizienz:

- Durch ihre geringe Masse wird der Energieaufwand gering gehalten. Dies wirkt sich auf die gesamte Lieferkette aus - von der Herstellung der Grundmaterialien, dem Transport, der Demontage bis zur Masse, die entsorgt werden muss.
- Da Membrane simpel aufzubauen (keine Gerüste, keine Kräne erforderlich) und leicht zu transportieren sind und sich optimal an die Form der Umgebung anzupassen vermögen, können sie vielfältig an beinahe jedem Standort permanent oder auch nur temporär eingesetzt werden. Damit kann auf aktuelle stadtplanerische Herausforderungen rasch reagiert werden.
- Die Transparenz und Lichtdurchlässigkeit des Materials haben zur Folge, dass wenig Energie für die Beleuchtung benötigt wird.
- Als aufblasbare Solarzelle oder als Element einer Gebäudehülle, das zur Wärmedämmung beiträgt, kann die Membran-Architektur auch zur Steigerung der Energieeffizienz eines Gebäudes eingesetzt werden.

Über die genannten Vorteile hinaus drückt sich der ökologische Wert von Membranen aus Kunststoff auch in der Recyclingfähigkeit des Materials aus. Im Gegensatz zum Plastikmüll, der in Gestalt von Plastiksackerl und Co den maritimen Lebensraum zerstört, sind Membranen nach Ablauf ihrer Lebensdauer und jahrzehntelangem Nutzen wertvolles Material für

Recyclingunternehmen. Denn Dank der hohen Standards für Planungsprozesse kommen im nachhaltigen Städtebau ausschließlich Folien aus kontrolliert sortenreinem Kunststoff zum Einsatz. Die Verwendung von Recyclingmaterial ist anwendungsspezifisch bereits selbstverständlich und biobasierte Kunststoffe auch in der gebauten Umwelt ein wichtiges Zukunftsthema.

Wesentlich ist, die Nachhaltigkeit von Membranen im Kontext ihres gesamten Lebenszyklus zu betrachten, von der Materialherstellung über den Transport bis zur Entsorgung und der Nachnutzung bzw. dem Recycling.



Beschreibung Teil B: Workshop

Variante 1
ca 100 Minuten

**technik
bewegt**



Workshop, Variante 1

ca. 80 min

Kleingruppen zu vier Personen bilden

Aufgabe 1:

Baue einen temporären Raum für einen Ort deiner Wahl.

Für drei Gruppen,
jede Gruppe erhält eine andere Spezifikation für einen einschaligen, begehbaren Raum (Tragwerkshalle):

- Baue einen Raum, in dem du stehen kannst.
- Baue einen Raum, in dem zwei Stühle Platz haben.
- Baue einen Raum, in dem du hineinkriechen musst und gerade einmal knien kannst.

Aufgabe 2:

Errichte Skulpturen aus aufblasbaren Elementen und stelle sie an einem Ort deiner Wahl auf.

Für alle weiteren Kleingruppen,

Präsentation & Reflexion ca. 20 min

Aufgabe 1:

- Erkläre deine Konstruktion. Wie bist du vorgegangen?
- Was ist besonders an dem Material?
- Warum hast du diesen Standort für deinen Raum gewählt?
- Wie kannst du ihn nutzen?

Aufgabe 2:

- Erkläre deine Konstruktion. Wie bist du vorgegangen?
- Wie wirkt deine Skulptur auf den Ort?
- Inwiefern verändert deine Skulptur den Ort, an dem sie aufgebaut ist?



Beschreibung Teil B: Workshop

Variante 2
10 Doppelstunden

**technik
bewegt**



Workshop, Variante 2

Kleingruppen zu je vier Personen bilden

Aufgabe 1: Pop-Up-Raum Bauen

für 1 Gruppe

Baue einen Raum an einem Ort deiner Wahl.

Gemeinsam wird ein begehbare Raum mit einer Grundfläche von etwa zwei mal zwei Metern geschaffen.

In Kleingruppen übernehmen die Schüler*innen verschiedene Aufgaben.

Im Anschluss experimentieren die Schüler*innen in Kleingruppen mit dem Raum.

Arbeitsschritt 1: Material kennenlernen

Die Schüler*innen „befühlen“ zu Beginn des Workshops die Membran-Tool-Bag.

Fragen:

Kannst du dir vorstellen, dass du daraus einen Raum errichten kannst?

Wie fühlt sich die Membran-Tool-Bag an?

Arbeitsschritt 2: Raum bauen

Verbinde die einzelnen Elemente der Membran mit dem Klebeband nach dem Schnittmuster.

Baue deinen Raum auf, in dem du ihn mit Hilfe des Gebläses mit Luft auffüllst.

Fertig!

Zwischenbesprechung mit allen Gruppen - Vorteile der luftgeformten Architektur:

Siehe Inhalte aus Punkt 2 Material und Konstruktion: Merkmale der Pneu-Architektur & Material und seine Eigenschaften.

Arbeitsschritt 3: Experimentieren und Raumnutzung

Aufgaben für das Experimentieren:

Spielt euch mit dem Raum. Geht hinein, setzt euch hin, greift die Membran an, geht wieder hinaus und schaut hinein. Überlegt, wie ihr den entstandenen Raum nutzen wollt/könnt.

Aufgabe 2: Dokumentieren

für 1 Gruppe

Dokumentiere den Bauworkshop

Erstellt Fotos und Reels

Befragt die „Baugruppe“, wie sie vorgeht.

Fasse die Vorteile der Membranarchitektur zusammen.

Verfasse einen Kurzbericht über den Pop-Up-

Aufgabe 3: Nutzungskonzepte erstellen

für 3-4 Gruppen

Wie könntet ihr den Pop-Up-Raum nutzen? Stellt euch vor, ihr müsst diese Nutzung der Stadtgemeinde präsentieren?

Mit welchen Argumenten würdet ihr euer Konzept untermauern?

Studiert eine beeindruckende Performance ein!

Jede Gruppe trägt ihre Performance in fünf Minuten vor.

Präsentation & Reflexion ca. 60 min

Präsentation in Kleingruppe:

Was hast du gelernt?

Erkläre deine Konstruktion. Wie bist du vorgegangen?

- Wie wirkt der Raum auf dich?
- Was ist besonders an dem Raum?
- Was möchtest du im Raum machen?
- Was möchtest du außerhalb, neben dem Raum machen?
- Was zeichnet das Material aus?
- Wie kannst du ihn nutzen?
- In welchen Situationen könntest du einen luftgefüllten Raum benötigen?
- Wie könntest du ihn nutzen? Wo aufbauen?



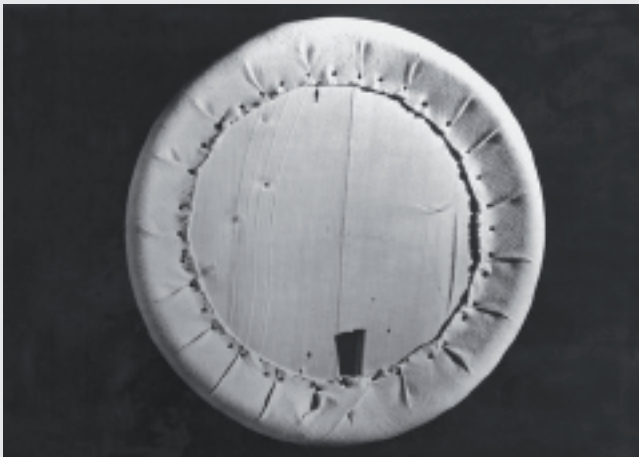
Anhang 1

Beispielbilder

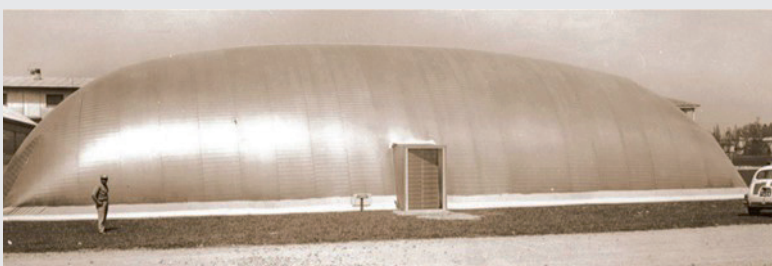
**technik
bewegt**



Luftreifen Robert William Thomson, 1845



Luftreifen von Dunlop, 1888



Traglufthalle um 1935

Die Geschichte der Tragluftsysteme - Plasteco Milano:

www.plastecomilano.com/de/wer-wir-sind/die-geschichte-der-tragluftsysteme/



Anhang Beispielbilder

**technik
bewegt**



FUJI-Pavillon EXPO Osaka 1970

www.tensinet.com/index.php/projects-database/projects?view=project&id=3765



OASIS Salzburg 1999

www.maxrieder.at/index.php?inc=projectSelection&id=141:2446

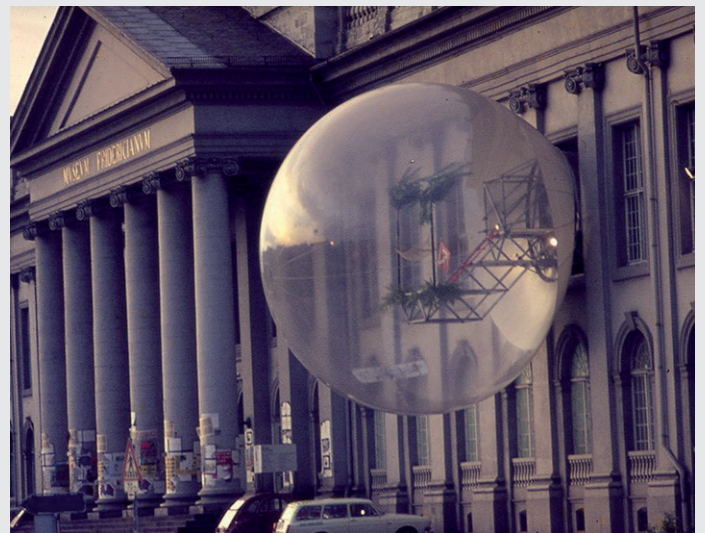


The Millennium Dome Greenwich 1999

rshp.com/projects/culture-and-leisure/the-millennium-dome/



Water Cube: National Aquatics Centre Olympische Sommerspiele Beijing 2008
ptw.com.au/project/watercube-national-swimming-centre



Experimente mit Membranen in der Architektur, Hausrucker & Co
ortner-ortner.com/de/haus-rucker-co