

Austria



EUROPEAN SPACE EDUCATION RESOURCE OFFICE
A collaboration between ESA & national partners

teach with space

SPACE MATTERS!

Zukunftsmaterialien im gestalterischen Unterricht



LEHRER*INNENTEIL

ESERO Austria

SPACE MATTERS!

Zukunftsmaterialien im gestalterischen Unterricht

LEHRER*INNENTEIL

| | |
|---|----|
| ZUSAMMENFASSUNG, ECKDATEN, ZIELE | 3 |
| LEHRPLANBEZUG | 4 |
| AKTIVITÄT 1 - WELTRAUMHABITAT / PROGRAMMIERBARES HOLZ - Ein hygrosensitives Material | 5 |
| AKTIVITÄT 2 - EIN AUSSERGEWÖHNLICHES FALTSYSTEM / DIY TRACES - Programmierung durch Freiformfaltung | 15 |
| AKTIVITÄT 3 - WELTRAUMKLEIDUNG / PROGRAMMIERBARE TEXTILIEN - 3-D Druck mal anders | 22 |
| AKTIVITÄT 4 - VON DER ZELLE BIS ZUM SPACEFRAME / TENSEGRITY - Ein effizientes Bausystem | 28 |
| ANHANG | 33 |
| NÜTZLICHE INFORMATIONEN | 34 |

ZUSAMMENFASSUNG

Intelligente Werkstoffe, programmierbare Materialien – Begriffe für Hightech-Werkstoffe, die zukünftig in der Raumfahrt eine große Rolle spielen sollen. Dieser Workshop bietet Ihnen Einblicke in das Gebiet neuer Materialien und zeigt Ihnen, wie das Thema praktisch umgesetzt werden kann. Im Kurs erfahren Sie, wie Sie Materialien (Papier, Holz, usw.) mit einem Hauch von Intelligenz ausstatten können. Der Fokus liegt auf vernetztem und kreativem Denken und Do-it Yourself.

Diese Bildungs-Ressource beinhaltet vier ausgearbeitete Workshop-Module und weiterführende Informationen bzw. Unterrichtsideen, die skizzenhaft angedeutet sind. Grundsätzlich ist jedes der ausgearbeiteten Module, als abgeschlossenes Unterrichts-Projekt zu verstehen und kann entsprechend der Rahmenbedingungen, Interessenslage und Vorkenntnis adaptiert werden. Informationen zum geschätzten Zeitaufwand finden Sie in der Modul-Beschreibung.

ECKDATEN

Alter: 10-18

Komplexität: Richtet sich nach dem Modul → Siehe Modulbeschreibung

Vorbereitungszeit Lehrender: Zwischen 10 und 30 Minuten → Siehe Modulbeschreibung

Kosten: Niedrig (5-10 EUR), Mittel (10-30 EUR), Hoch (30-100 EUR) → Siehe Modulbeschreibung

Dauer: Zwischen 20 und 120 Minuten → Siehe Modulbeschreibung

Ort: In der Klasse

Benötigtes Material: → Siehe Modulbeschreibung

ZIELE

Die Schülerinnen und Schüler lernen ...

- Einblick in das Forschungsgebiet der programmierbaren Materialien bzw. smarten Materialien.
- Gegenseitige Beeinflussung von Kunst und Wissenschaft.
- Materialbezogene Herausforderungen in der Weltraumtechnologie / Raumfahrt.
- Entwicklung eines Grundinteresses für das Thema Raumfahrt.

LEHRPLANBEZUG

- **MINT**
 - » Erfahrungs- und Lernbereich Natur
 - » Erfahrungs- und Lernbereich Technik
 - » Bionik
 - » Programmieren
- **Technisches Werken**
 - » Arbeiten mit verschiedenen Materialien
- **Mathematik**
 - » Geometrische Formen
 - » Hantieren mit Zeichengeräten
- **Deutsch, Lesen, Schreiben**
 - » Erzählen, Informieren, Zuhören
 - » Situationsbezogenes Sprechen
 - » Gespräch
- **Bildnerische Erziehung**
 - » Abstrakte Formenfindung
 - » Visuelles Vorstellungsvermögen
 - » Haptisches, feinmotorisches Arbeiten



AKTIVITÄT 1

WELTRAUMHABITAT

Die Errichtung von Weltraumhabitaten bringt oft die Herausforderung mit sich, dass dies in sehr unwirtlichen Gegenden zu geschehen hat, die für den menschlichen Körper enorme Belastungen hervorrufen. Aus diesem Grund ist es unerlässlich, autonome Bauweisen zu etablieren. Eine zusätzliche Anforderung ist dabei immer ein möglichst platz- und gewichtssparender Transport. Ein Musterbeispiel für ein solches Habitat ist das „Self-deployable Habitat for Extreme Environments – SHEE“ an dessen Entwicklung auch österreichische Forscher*innen beteiligt waren.

Das Hauptziel des SHEE-Projekts ist die Erforschung einer effektiven Integration von Architektur und Robotik für Weltraumanwendungen. SHEE wird als eine Hybridstruktur aus aufblasbaren, starren und robotergestützten Komponenten konzipiert. Das Endprodukt soll mit 50 Kubikmetern ein Minimalhabitat für zwei Personen bilden. Das System ist grundsätzlich so ausgelegt, dass mehrere Einheiten zu einer größeren Struktur zusammengefügt werden können. Neben der Grundstruktur sind auch die meisten Einrichtungselemente auffalt- und veränderbar.

Nachdem SHEE mehrere Tests auf der Erde durchlaufen hat, soll es in Zukunft Astronaut*innen und Forscher*innen an unwirtlichen Orten wie der Mond- oder Marsoberfläche als Behausung und Arbeitsstätte dienen.

In dieser Aktivität arbeiten wir mit einem ähnlichen System. Die Strukturen blasen sich dabei nicht von selber auf, sondern nehmen ihre neue Form mit Hilfe von Feuchtigkeit an. Eine Methode, die durchaus Einzug in die Errichtung von Weltraumhabitaten finden kann.

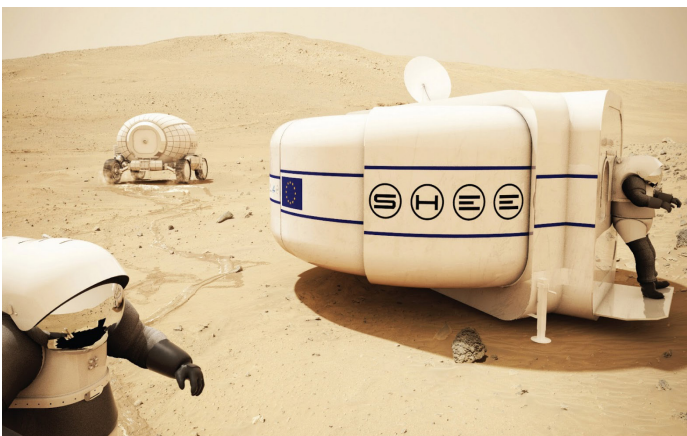


Abb. 1 | **Vorderansicht SHEE - Weltraumhabitat**
(Bild: SHEE Consortium, rendering-LSG, 2014)



Abb. 2 | **Bürobereich**
(Bild: SHEE Consortium/Bruno Stubenrauch)



Abb. 3 | **Schlafbereich**
(Bild: SHEE Consortium/Bruno Stubenrauch)

PROGRAMMIERBARES HOLZ

Ein hygrosensitives Material

Zusammenfassung

Viele biologische Materialien besitzen sensorische und motorische Fähigkeiten, die im Material selbst „eingebaut“ sind. Diese Übung beschäftigt sich mit dem physischen Programmieren von Material, ohne dazu eine mechanische oder elektrische Steuerung einzusetzen und ohne dazu zusätzlichen Strom zu benötigen. Das Material ist die Maschine.

Die Material-Maschine – Holz

Holz ist wasseranziehend. In einer feuchten Umgebung nimmt das Material die Feuchtigkeit in sich auf. In einer trockenen Umgebung gibt es die Feuchtigkeit wieder ab. Dabei sucht das Material ein Gleichgewicht mit der Feuchtigkeit, die in der Umgebungsluft vorhanden ist. Es behält dabei dieselbe Menge an Feuchtigkeit, die in der Luft vorhanden ist. Man kann diese Eigenschaften des Holzes als sensorisch (registrierend, erkennend) bezeichnen.

Wenn Holz Feuchtigkeit aufnimmt oder abgibt, verändert sich seine Form. Die Zunahme oder Abgabe von Feuchtigkeit führt zu einer Veränderung der Zellstruktur (Mikro-Fibrillen). So verändern sich die Stärke und die Größe des Holzes. Dieser Vorgang kann als motorischer Prozess bezeichnet werden. Diese Fähigkeiten ermöglichen es Holz, eines der ältesten und am weitest verbreiteten Konstruktionsmaterialien, so programmiert zu werden, dass es sich mittels Veränderungen der Luftfeuchtigkeit in bestimmte Richtungen biegen kann.

Forscher*innen und Künstler*innen aus unterschiedlichen Ländern nutzen diese Eigenschaft und erzeugen Holzobjekte, die sich ohne Zufuhr von zusätzlicher Energie bewegen können. Diese Objekte sind mit neuen Produktionstechnologien, zum Beispiel einem 3D Drucker, produziert und bestehen oft aus geometrischen Grundstrukturen. Die Anordnung des geometrischen Musters ist mit dafür verantwortlich, in welche Richtung und an welchen Stellen sich das Holzobjekt verformt. Die Formveränderung des Materials erfolgt selbstständig und gemäß einer vorab erfolgten Programmierung, sobald es die Feuchtigkeit in sich aufnimmt und anschließend wieder trocknet (ähnlich dem Tannenzapfen). Das Zusammenziehen und Ausbreiten des Holzes ist somit die motorische Leistung.

Das Besondere an diesem Holzmotor ist, dass er keine zusätzlich erzeugte Energie, (Verbrennung oder Strom) benötigt um die Bewegung durchzuführen. Er ist als Material-Maschine ein „Low-Tech“ Gerät. High-Tech-Geräte benötigen in der Regel elektrischen Strom.

Eckdaten

Alter: 10-18 Jahre | **Komplexität:** Mittel | **Vorbereitungszeit Lehrende/er:** 30 Minuten (optional gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern) | **Kosten:** Mittel (10-30 EUR) | **Dauer:** Zwischen 40 und 120 Minuten (Je nach Umfang des Projektes) | **Ort:** In der Klasse

Benötigtes Material:

Präpariertes Papier (bestehend aus Tonkarton 220g/m², doppelseitiges Klebeband und hauchdünner Folie), Furnierholz, Fön, Wachs (Kerzen), Wasser (im Behälter oder einer Sprühflasche), Heftgeräte, Büroklammern (klein), Scheren, Klebebänder, Bleistifte, Skizzenpapier, TYVEK - Folie

Ablauf (Eine detaillierte Anleitung finden Sie auf den nächsten Seiten)

1. Alle Schüler*innen bekommen präpariertes Papier ausgehändigt. Ob Sie es in Streifen vorschneiden oder in ganzen Blätter austeilen, ist Ihnen überlassen. Gegebenenfalls können Sie als ersten Schritt, das Papier mit den Schüler*innen selbst präparieren. (Stellen Sie Schneidewerkzeuge, Büroklammern und Klebebänder zur Verfügung.)
2. (Optional) Thematisieren Sie Intelligente Werkstoffe und Smarte Materialien anhand der Informationen im Anhang. (zusätzliche Recherchetätigkeit empfohlen)
3. Testen Sie die unterschiedlichen Papiersteifen auf ihr Biegeverhalten. Die diagonal geschnittenen Streifen rollen sich zu einer Spirale ein. Die gerade abgeschnittenen Streifen, rollen sich zu einem Kreis.
4. Sie können den praktisch, gestalterischen Teil mit einem Ideenfindungsprozess und einer abschließenden Präsentation verbinden.

Die Laufrichtung und die Biegerichtung:

Bevor Sie die Papier-Präparierungsschritte auf den nächsten Seiten befolgen, finden Sie die Laufrichtung des Papiers heraus. Diese ist essentiell für funktionierende Ergebnisse. Schneiden Sie dafür ein kleines Stück Papier aus dem Blatt heraus und bestreichen Sie es auf einer Seite mit Wasser. Warten Sie kurz bis sich das Stück in eine Richtung wölbt. Anhand der Wölbung erkennen Sie die Laufrichtung.

Merken Sie sich: Die Laufrichtung verläuft quer zur Wölbungsrichtung des Papiers. Demnach müssen die beim Ausschneiden von Streifen darauf achten, dass sie diese quer zur Laufrichtung, bzw. parallel zur Biegerichtung, ausschneiden. Wenn Sie sich komplexere Gebilde überlegen, müssen Sie, beim Auftrag der Grundform auf das Papier, die Biegerichtung im Vorfeld bestimmt haben.

Aufgabenstellungen

- Erzeuge ein Gebilde auf Beinen, das Aufstehen kann.
- Erzeuge ein blütenähnliches Gebilde.
- Erzeuge ein Weltraumhabitat.
- Erzeuge ein Gebäude welches seine Wände verändern kann.
- Erzeuge eine Kugel.
- Erzeuge eine Welle.
- Erzeuge ein Objekt mit mehreren zusammenhängenden Streifen, welche nur an den Endpunkten befestigt sind.
- Kombiniere die Streifen mit der TYVEK Folie - Dadurch erhältst du eine geschlossene Form.

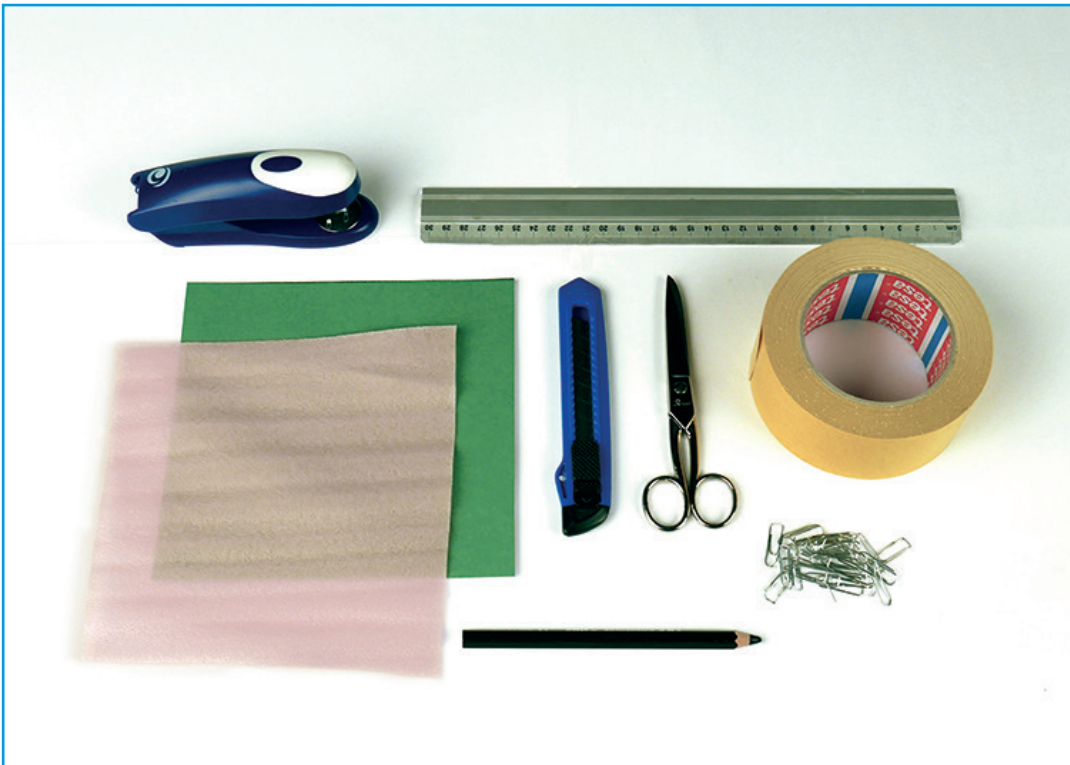
Präsentation

- Was stellt deine Material-Maschine dar?
Große Objekte: Behausung, Kleine Objekte: Regulierungssysteme für Luft oder Wasser
- Wie funktioniert sie? Was macht sie?
- Auf welchen Einfluss könnte sie, außer Feuchtigkeit, noch reagieren?
Hitze, Licht, Kälte, Feuchtigkeit (Regen, Luftfeuchte oder sogar Schweiß) etc.
- Welche Einsatzgebiete kannst du dir für deine Material-Maschine vorstellen?
Behausungen, Kleidungen bzw. Textilien, Regulierungssysteme, Maschinen bzw. Roboter, Mobiliar
- Welche Bezeichnung, welchen Namen würdest du deiner Material-Maschine geben?

Wo Sie die wichtigsten Materialien bekommen können

- Winkler Schulbedarf: Tonkarton 220 g/m² – 50x70, 10 Blatt/Pkg.
- Winkler Schulbedarf: Furniere – gemischt, 1 kg/Pkg.
- Winkler Schulbedarf: Drachenfolie – TYVEK

Variante A - Teil 1



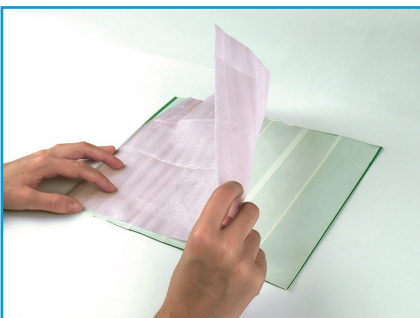
Schritt 1 | Befestigen Sie die Klebebandstreifen parallel zueinander auf dem Papier. Bekleben Sie die ganze Fläche des Blattes!



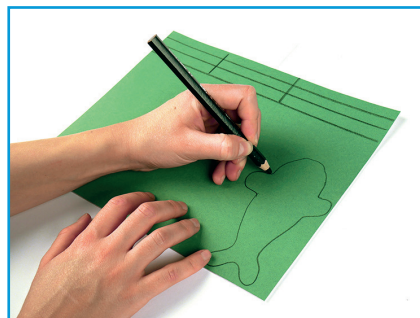
Schritt 2 | Drücken Sie die Klebebandstreifen mit einem Lineal fest auf das Papier.



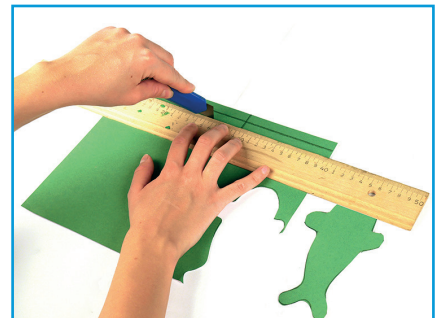
Schritt 3 | Entfernen Sie die Schutzstreifen.



Schritt 4 | Platzieren Sie eine weiche Kunststoffolie (Verpackungsfolie, Noppenfolie, etc.).



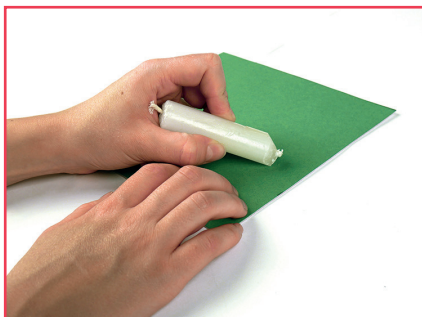
Schritt 5 | Gestalten Sie entweder beliebige Formen oder einzelne „Baulemente“ wie zum Beispiel Streifen. (ACHTUNG: Achten Sie auf die Biegerichtung → Entlang der Laufrichtung des Papiers).



Schritt 6 | Schneiden Sie die Formen aus.

Teil 2 auf Seite 11
.....▶

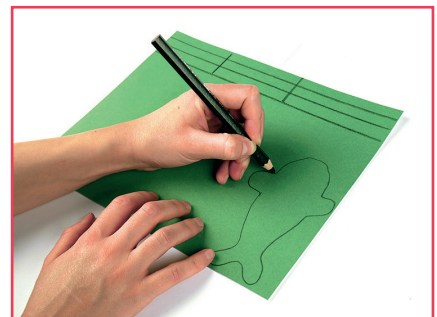
Variante B - Teil 1



Schritt 1 | Reiben Sie nur eine Seite des Papiers mit Wachs ein.



Schritt 2 | Schmelzen Sie das abgeriebene Wachs mit einem Fön, sodass die Oberfläche des Papiers gut versiegelt wird. (Achtung: Ein Zuviel an Wachs kann sich auf die andere Seite des Papiers hindurchsaugen)



Schritt 3 | Gestalten Sie entweder beliebige Formen oder einzelne „Baulemente“ wie zum Beispiel Streifen. (ACHTUNG: Achten Sie auf die Biegerichtung → Quer zur Laufrichtung des Papiers).



Schritt 4 | Schneide die Formen aus.

Variante C - Teil 1



Schritt 1 | Reiben Sie nur eine Seite des Furnierholzes großzügig mit Wachs ein.



Schritt 2 | Schmelzen Sie das abgeriebene Wachs mit einem Föhn, sodass die Oberfläche des Furnierholzes gut versiegelt wird.

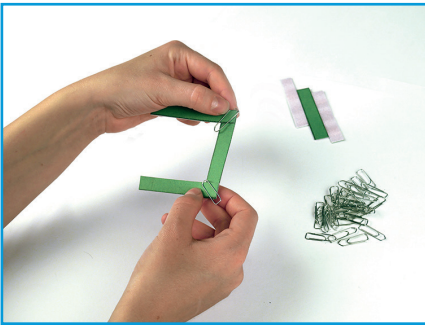


Schritt 3 | Gestalten Sie entweder beliebige Formen oder einzelne „Baulemente“ wie zum Beispiel Streifen. (ACHTUNG: Achte auf die Biegerichtung → Quer zur Faserrichtung des Holzes).

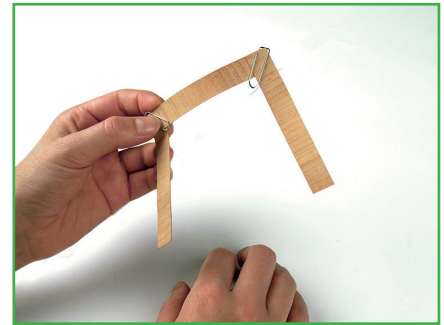
Variante A - Teil 2

Variante B - Teil 2

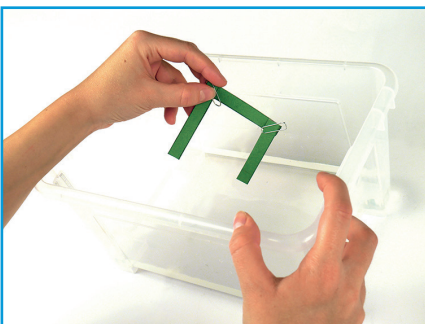
Variante C - Teil 2



Schritt 7 | Verbinden Sie die einzelnen Elemente miteinander (Büroklammern, Heißklebepistole, Klammermaschine, etc.).



Schritt 4 | Verbinden Sie die einzelnen Elemente miteinander (Büroklammern, Heißklebepistole, etc.).



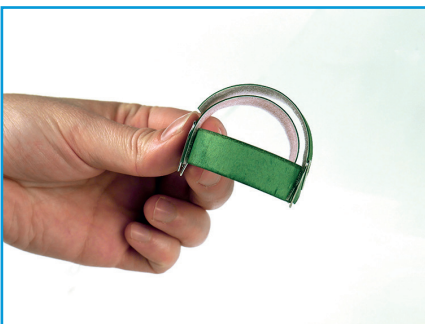
Schritt 8 | Befeuchten Sie die Papierseite (grün) durch Eintauchen oder durch Besprühen mit einem Wassersprüher.



Schritt 5 | Befeuchten Sie die Papierseite (grün) durch Eintauchen oder durch Besprühen mit einem Wassersprüher.



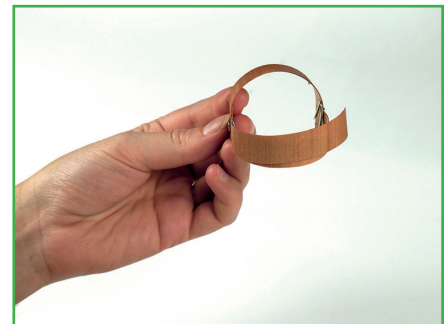
Schritt 5 | Befeuchten Sie die unbehandelte Seite des Holzes durch Eintauchen oder durch Besprühen mit einem Wassersprüher.



Schritt 9 | Die saugfähige Papierseite quillt auf und biegt sich gleichmäßig in Richtung der versiegelten Seite.



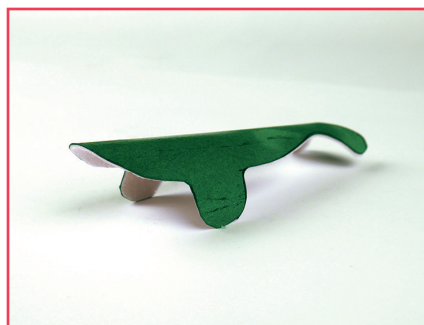
Schritt 6 | Die saugfähige Papierseite quillt auf und biegt sich gleichmäßig in Richtung der versiegelten Seite.



Schritt 6 | Die saugfähige Holzseite quillt auf und biegt sich gleichmäßig in Richtung der versiegelten Seite.



Resultat | Es gibt unzählige Möglichkeiten die einzelnen Streifen zu kombinieren. → Siehe nächste Seite

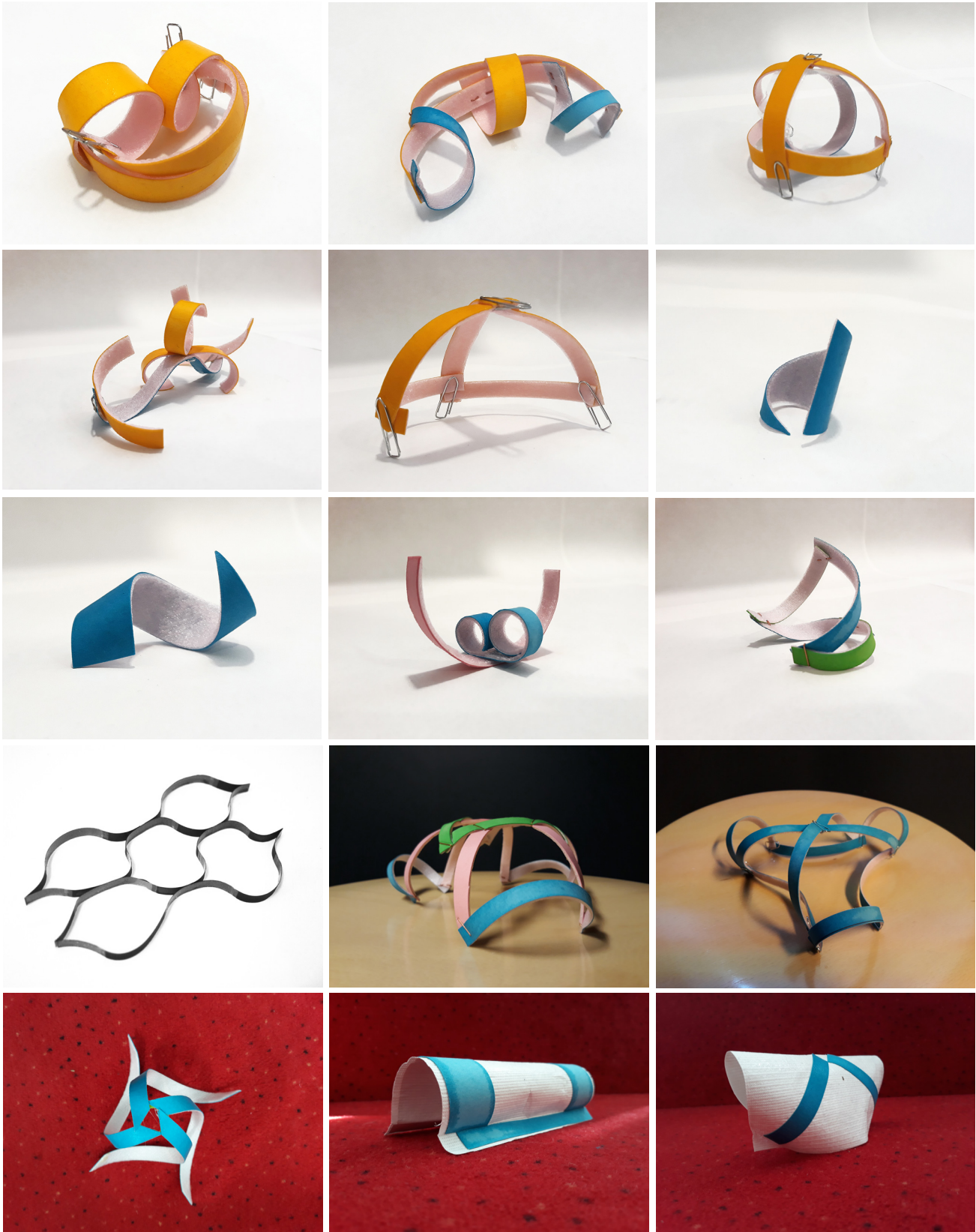


Resultat | Der Kreativität sind im Freiformzuschnitt keine Grenzen gesetzt.

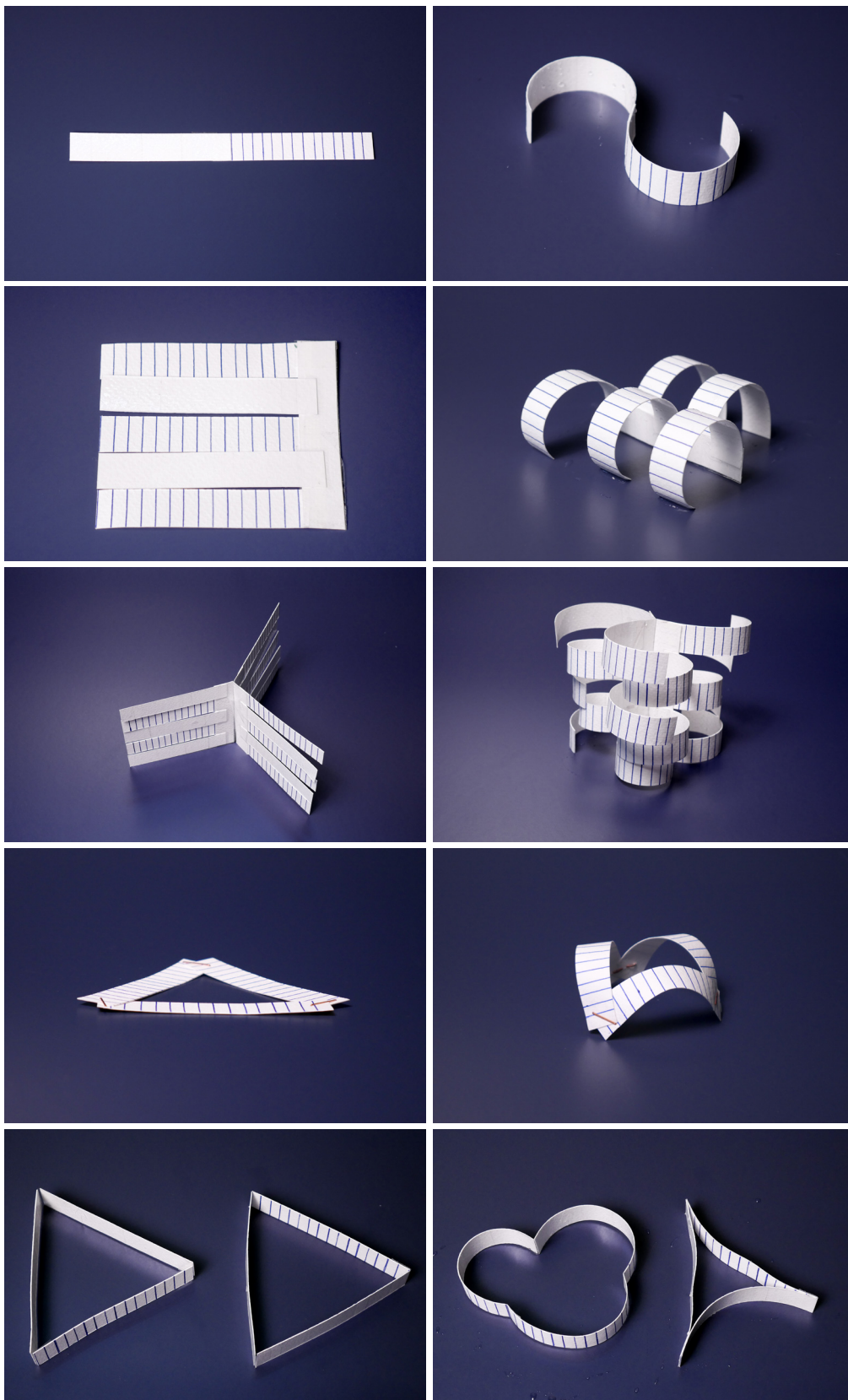


Resultat | Furnierholz kann eine größere Biegekraft entwickeln, ist aber im Gegensatz zum Papier etwas zerbrechlicher.

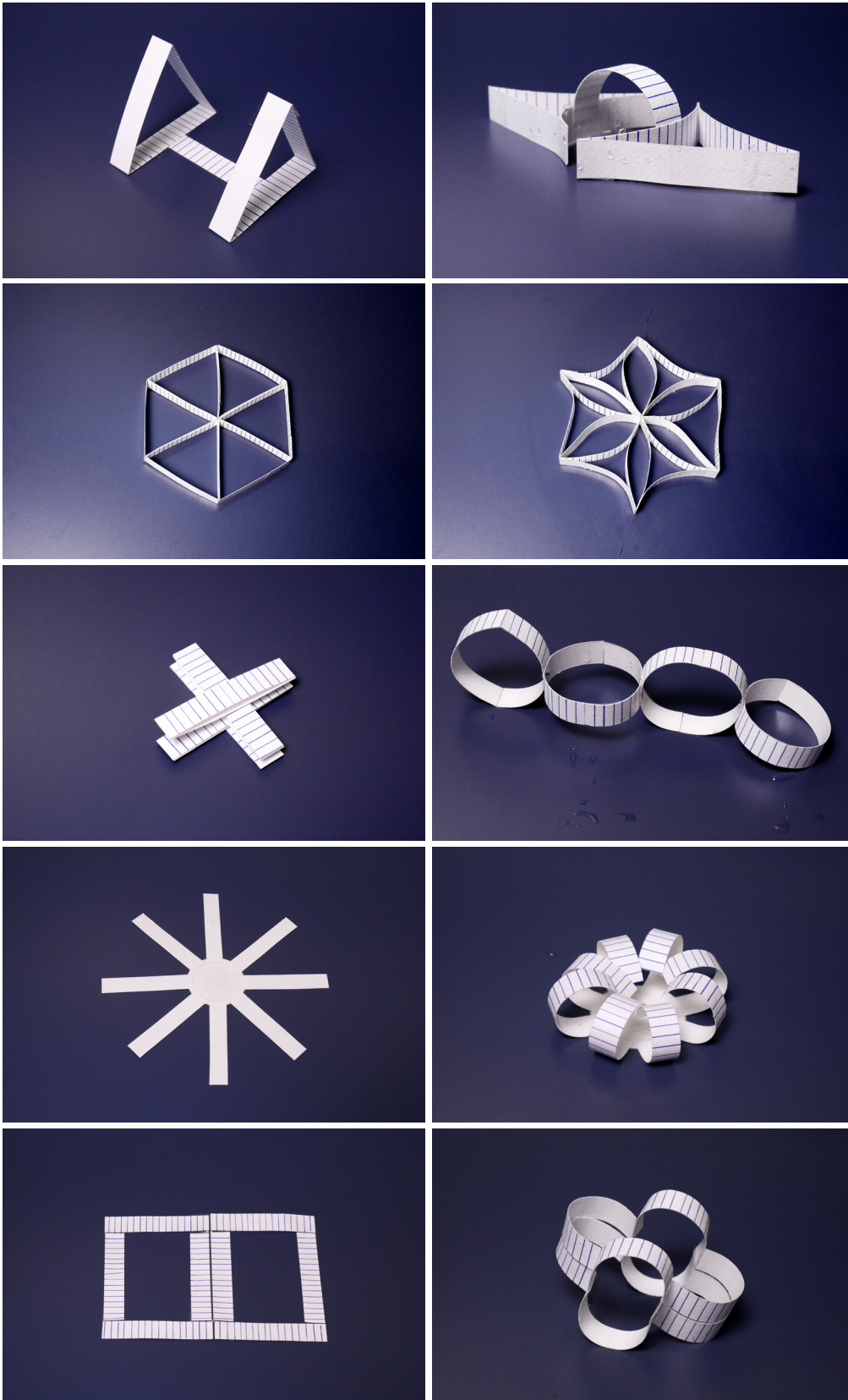
Ergebnisse



Vorher - Nachher



Vorher - Nachher



AKTIVITÄT 2

EIN AUSSERGEWÖHNLICHES FALTSYSTEM

Formgedächtnislegierungen sind aus der Weltraumtechnik nicht mehr wegzudenken. Darunter werden spezielle Metalle verstanden, die in zwei unterschiedlichen Kristallstrukturen existieren können. Dadurch können sie sich nach erfolgter Verformung an ihre ursprüngliche Struktur „erinnern“. In der Raumfahrt werden solche Legierungen häufig zum Entfalten von Sonnensegeln benutzt. Auch beim James Webb Weltraumteleskop, welches das Hubbleteleskop im Jahr 2021 ersetzen soll, spielen Formgedächtnislegierungen eine wichtige Rolle. Eine der Kernaufgaben des neuen Teleskopes besteht in der Suche nach Exoplaneten, also Planeten, die um einen anderen Stern als unsere Sonne kreisen. Wird ein solcher gefunden, soll in weiterer Folge die Atmosphäre und die allgemeinen Bedingungen auf dem Planeten hinsichtlich des Vorhandenseins von Leben untersucht werden. Um dies zu gewährleisten muss das James Webb Teleskop über einen extrem großen und leistungsstarken Spiegel verfügen. Der Hauptspiegel misst im Durchmesser 6,5 Meter, womit er deutlich zu groß ist, um mit einer herkömmlichen Rakete transportiert werden zu können. Die Konstrukteurinnen und Konstrukteure entschieden sich daher für 18 sechseckige Segmente, die sich erst an ihrem Einsatzort im All zu einer Spiegeleinheit entfalten. Zusätzlich wurden hunderttausende Mikroblenden eingebaut, die sich nach Bedarf präzise öffnen und schließen lassen, um nur das Licht eines ganz bestimmten Objektes einzufangen zu können und alle anderen Lichtquellen auszublenden.

Die folgende Animation zeigt, wie der Entfaltungsprozess des Teleskopes ausschauen wird:

www.youtube.com/watch?v=vpVz3UrSsE4



Abb. 1 | Webb Teleskop steht aufrecht im Johnson Space Center der NASA.
(Quelle: JWST, NASA)



Abb. 2 | James Webb Teleskop, Aufsicht.
(Quelle: JWST, NASA)

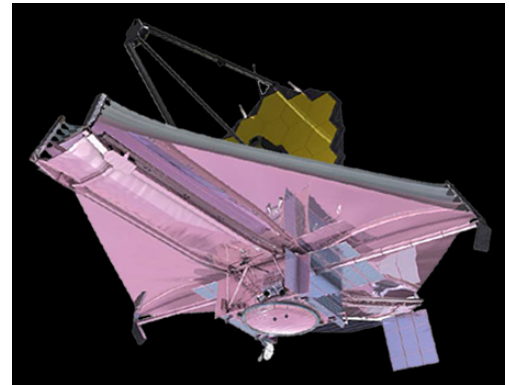
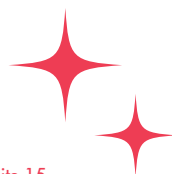


Abb. 3 | James Webb Teleskop, Untersicht.
(Quelle: JWST, NASA)



DIY TRACES

Programmierung durch Freiformfaltung

Zusammenfassung

Das Projekt Traces beschäftigt sich mit den Potentialen eines vergleichsweise simpel anmutenden, formveränderbaren Materials, das scheinbar magische Fähigkeiten entfaltet. Es kann sich unter Hitzeeinwirkung verformen und wir werden versuchen diese Verformung zu steuern, bzw. zu kontrollieren.

Faltung durch Hitzeeinwirkung

Traces basiert auf der Arbeit der israelischen Künstlerin Dana Zelig. Mit ihrem Projekt erforscht sie die Programmierbarkeit von Materialien: Es soll physisch so beeinflusst und „programmierbar“ gemacht werden, dass es sich selbst formt. Sie verwendet als Ausgangsmaterial ein schrumpfbares Polystyrol. Zuerst werden Muster entwickelt, die in schwarz auf das Polystyrol gedruckt werden. Für den Schrumpf-Prozess wird das Material unter ein Infrarotlicht gelegt. Die Folie verformt sich entsprechend der aufgedruckten Linien innerhalb von Sekunden. Die schwarzen Linien fungieren quasi als Scharniere, indem sie mehr Licht aufnehmen als die weiße Fläche. Die Moleküle in diesem Bereich gehen in angeregte Energiezustände über und es entsteht Wärme. So dehnt und faltet sich das Material entlang der Drucke.

Eckdaten

Alter: 10-18 Jahre | **Komplexität:** Leicht | **Vorbereitungszeit Lehrende/er:** 10 Minuten
Kosten: Mittel (10-30 EUR) | **Dauer:** Zwischen 20 und 50 Minuten (Je nach Umfang des Projektes)
Ort: In der Klasse

Benötigtes Material:

Schrumpffolie, schwarze Farbstifte, Infrarotlampe(n) - 150 Watt, Scheren, (ev. 3D-Doodler)

Vorbereitung

Schneiden Sie ggf. die DIN A4 großen Schrumpffolie-Blätter auf ein bestimmtes Maß vor (bspw. 5x5cm = 24 Stk. / A4 Blatt). Um eine optimale und gleichmäßige Beleuchtung der Schrumpffolie mit der Wärmelampe zu gewährleisten, empfiehlt sich ein Stativ dafür anzufertigen. (Siehe Pkt. Anleitung) – bedenken Sie, dass eine längere Beleuchtung des Untergrundes zu hitzebedingten Oberflächenirritationen führen kann (Sengspuren auf Holzoberflächen und ein Schmelzen von Kunststoffoberflächen).

Ablauf

1. Schrumpffolie, Werkzeug und Infrarotlampe bereitstellen.
2. Erläuterung der Funktionsweise: Farbauftrag mittels schwarzem Farbstift, Kunststoff - Auftrag mittels 3-D-Doodler
Schablonen für eigene Grundformen bzw. Zuschnitte, Einschnitte entlang von schwarzen Linien. (Siehe Pkt. Anleitung)
3. Musterstücke werden hergezeigt. Mögliche Muster aufgezeigt. Tipp: Einfache geometrische Muster und eine reduzierte Formensprache in der Linienführung führen zu den spannenderen Ergebnissen. Der Farbauftrag sollte nicht zu leicht stattfinden.

Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellungen sind als Hilfestellung zu verstehen und verkörpern die drei spannendsten Möglichkeiten auf die Verformung des Materials Einfluss zu nehmen.

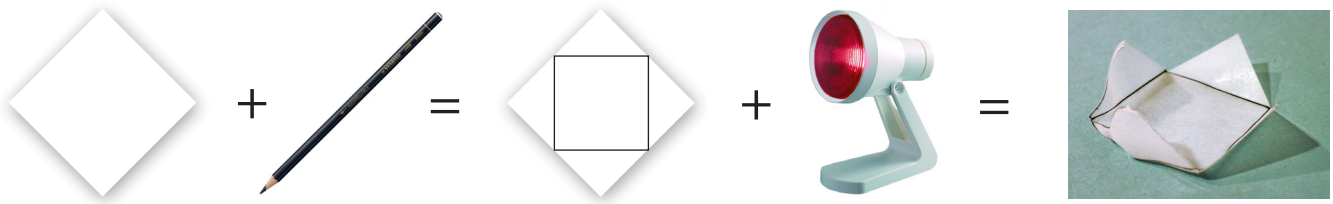
1. Erzeuge eine eingedrehte Spiralform
2. Erzeuge eine „sich öffnende“ Form. (mittels „Einschnitten“)
3. Erzeuge eine „sich schließende“ Form. (mittels 3D Doodler)

Wo Sie die wichtigsten Materialien bekommen können

- Amazon: Vaessen Creative AR3-800 Schrumpffolie Mattiert Satiniert A4, 25 Blatt, Plastic, Sanded, 21 x 29.8 x 0.3 cm
- Winkler Schulbedarf: Schrumpffolie – Designo

Tipp: Achten Sie darauf, dass die Schrumpffolie „mattiert“ ist. Ansonsten können sie nicht mit Farbstiften darauf zeichnen.

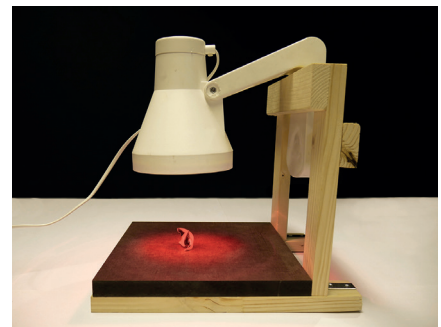
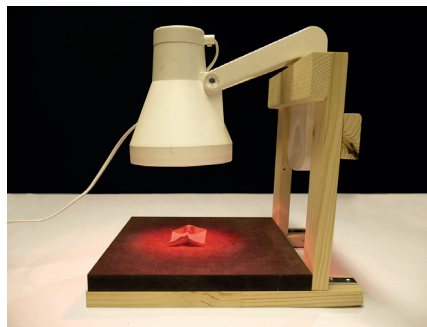
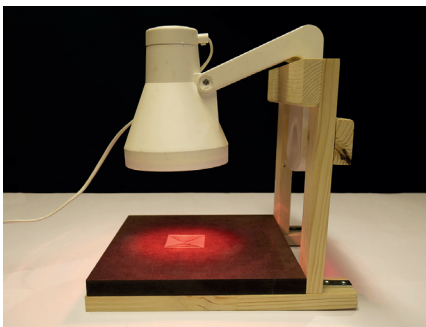
Anleitung



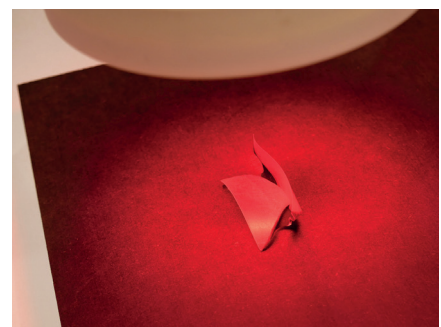
Schritt 1 | Schneiden Sie beliebig große Schrumpffolienstücke zurecht. (Empfehlung: 5 x 5cm)

Schritt 2 | Zeichnen Sie mit schwarzen Farbstift geometrische Formen auf die raue Seite der Folie und legen Sie es unter die Rotlichtlampe.

Schritt 3 | Das Material faltet sich auf magisch anmutende Art und Weise.



Vorbereitung | Die Verwendung eines Statives ist empfehlenswert. Es gewährleistet eine gleichmäßige Beleuchtung und eine gleichmäßige Hitzeeinwirkung auf die Schrumpffolie.

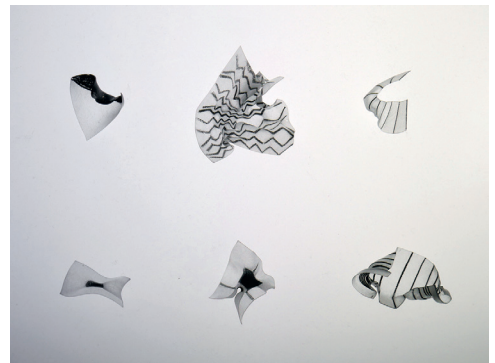
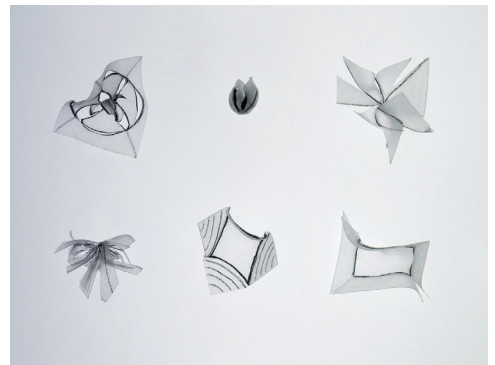
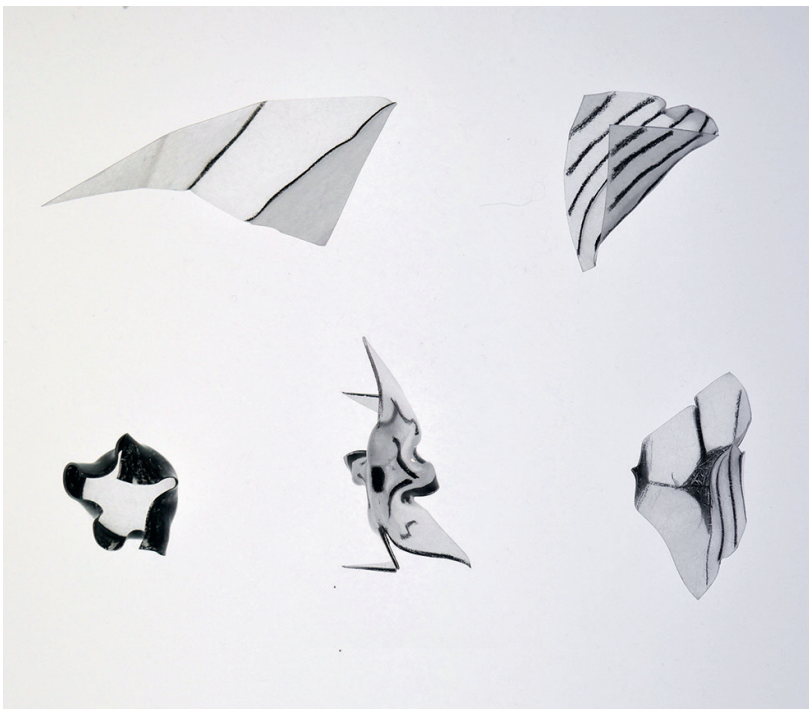
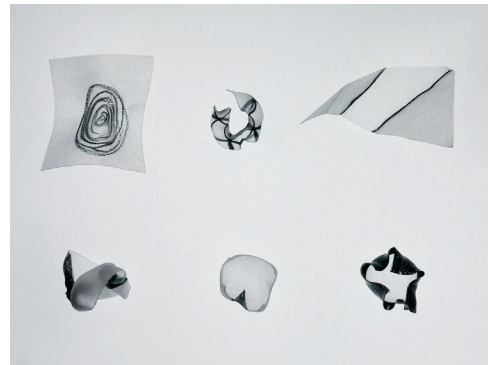
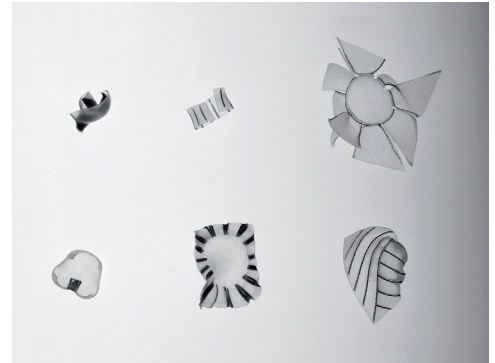
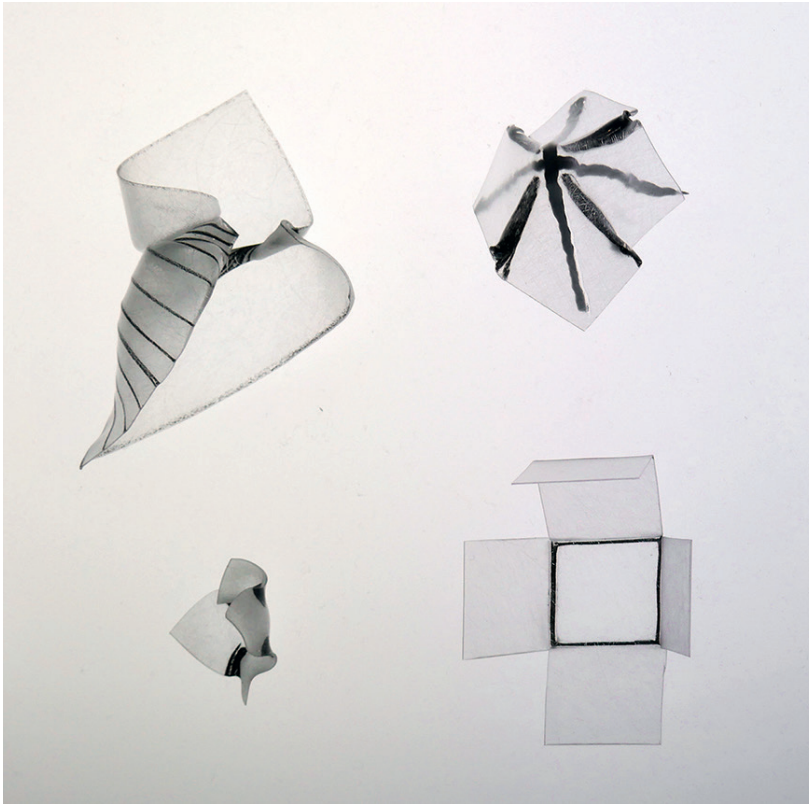


Detail 1 | Die untergelegte Folie beginnt nach kurzer Zeit mit dem Verformungsprozess.

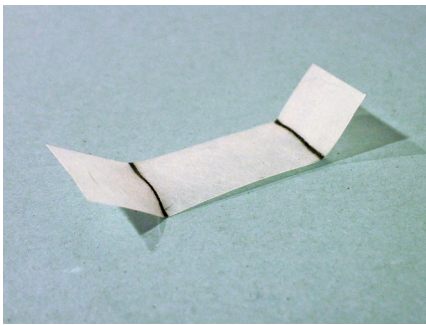
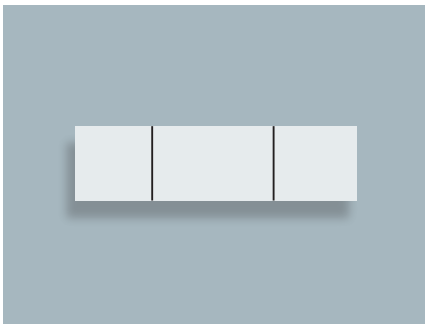
Detail 2 | Das Material reagiert auf den schwarz gezeichneten Stellen. Achten Sie auf den richtigen Zeitpunkt ...

Detail 3 | ... um die Folie wieder von der Hitzequelle zu entziehen (Sobald keine wesentlich Verformung mehr erkennbar ist).

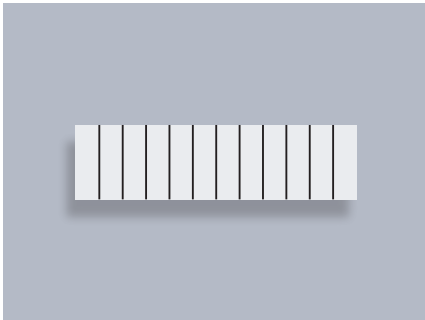
Resultate



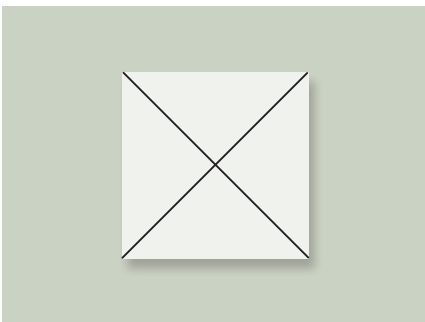
Vorher - Nachher



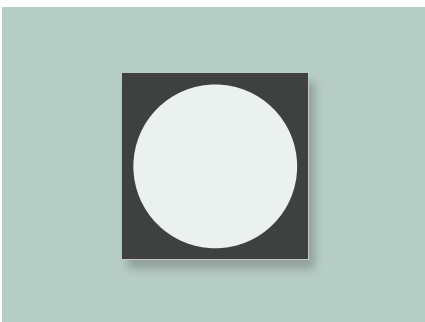
Einfache Linien biegen das Material an der aufgezeichneten Stelle



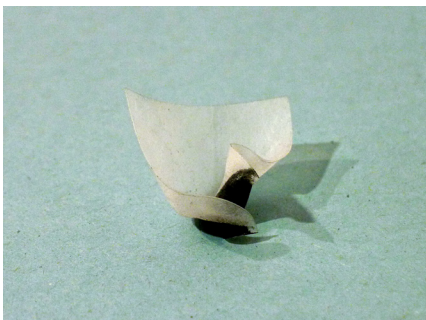
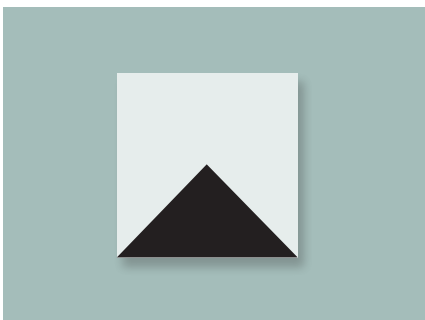
Mehrere Linien nebeneinander erzeugen eine eingerollte Form



Überkreuzte Linien erzeugen meist sehr organische Formen

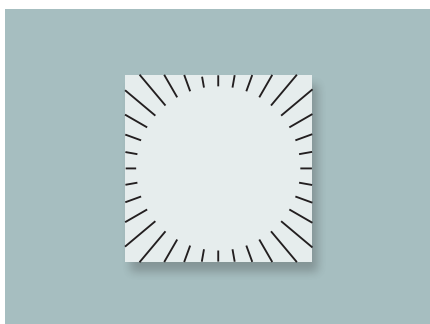


Schwarze Flächen reagieren schneller und stärker als Linien.

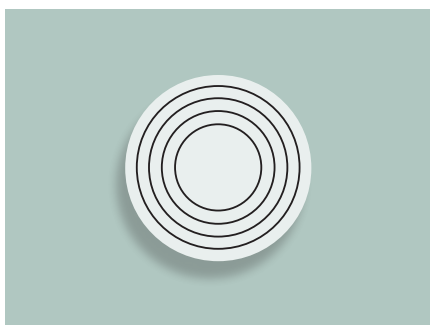


Der gezielte Einsatz von schwarzen Flächen kann zu sehr spannenden Ergebnissen führen.

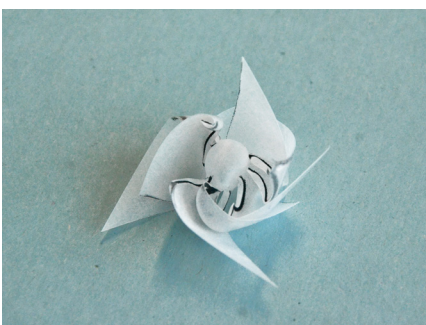
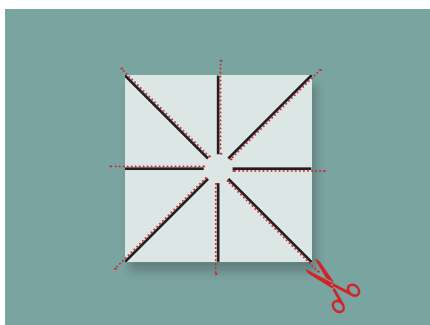
Vorher - Nachher



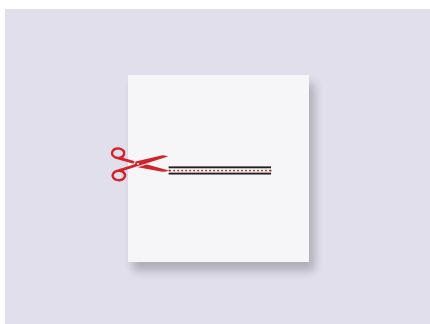
Einzelne Striche können konzeptionell eingesetzt werden.



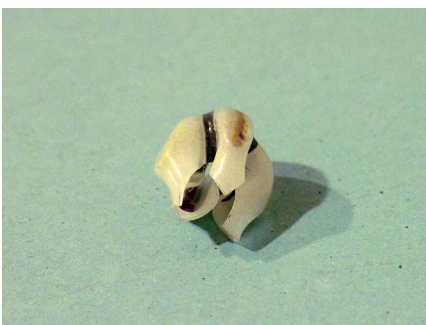
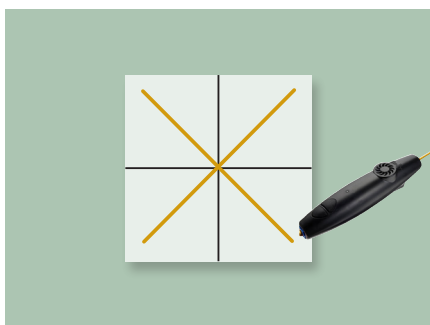
Kreise erzeugen meist sehr organische Formen.



Die konzeptionelle Kombination von Schnitt und Strich stellt die Königsdisziplin dar.



Neben einem Schnitt empfiehlt es sich einen Strich zu setzen. Hier sind zwei Striche, auf beiden Seiten des Schnittes gezeichnet.



Der Auftrag von Plastiklinien mittels eines 3-D-Stiftes erzeugt ganz spezielle Verformungseigenschaften. Die Folie wird an jenen Stellen gestützt.

AKTIVITÄT 3

WELTRAUMKLEIDUNG

Ein Raumanzug hat die Funktion eines Schutzpanzers. Er schützt Astronaut*innen vor extremer Kälte, Mikrometeoriten und Strahlung, er versorgt den Benutzer mit Trinkwasser und Sauerstoff. Solche Anzüge bestehen aus zahlreichen Schichten verschiedener Textilien, Kunststoff und auch Metallen.

Die meisten derzeit verwendeten Anzüge wurden vor längerer Zeit konzipiert und müssen dringend überholt werden. An neuen Materialien bzw. Funktionsmöglichkeiten wird ständig geforscht. Besonders für die zukünftigen Mond- und Marsmissionen müssen komplett neue Anzüge entwickelt werden.

In den Abbildungen kann man sehen, wie sich die Anzüge weiterentwickeln. Die neuen Anzüge müssen viele Tests bestehen, bevor sie im Weltraum verwendet werden.

In der Entwicklung von Hightech Textilien kommen neueste Produktionstechnologien zum Einsatz. In diesem Zusammenhang spielen auch 3-D- Druck Technologien eine bedeutende Rolle. Die in dieser Aktivität vorgestellten programmierbaren Textilien, sind durch ein 3-D-Druck ähnliches Verfahren erzeugt worden und stehen stellvertretend für mögliche Entwicklungen, wie sie in den nächsten Jahren Einzug in die Raumfahrt erfahren könnten.



Abb. 1 | Astronaut Alexander Gerst in seinem Raumanzug.
(Quelle: ESA)



Abb. 3 | Raumanzüge von Space X
(Quelle: Space X)



Abb 2 | Raumanzug im Teststadium: Bio Suit.
(Quelle: NASA)



PROGRAMMIERBARE TEXTILIEN

3-D-Druck mal anders

Zusammenfassung

Programmierbare Materialien sind in ihrer Form und Funktion hoch dynamisch und dabei kosteneffizient und einfach zu verarbeiten. Ein oft geringes Packmaß und gewisse Fähigkeiten zur Selbstmontage gehören ebenso zu ihren Vorzügen.

Fast jede Branche kennt die Sehnsucht nach intelligenten Materialien - seien es die selbstständige Transformation von Bekleidung und Architektur, formveränderbare Alltagsstools oder beeinflussbare Materialstrukturen in der Automobilindustrie und in der Luft- und Raumfahrt.

Bisweilen bedarf die gezielte Einflussnahme auf die Funktionalität oder die Erscheinung eines Erzeugnisses meist einer teuren, komplexen und fehleranfälligen Zusammenarbeit elektronischer und mechanischer Bestandteile (Motoren, Sensoren, Elektrotechnik). Manche Komponenten sind sperrig und zu einem mitunter hohen Energiebedarf (Batterien oder Strom) kommen des Öfteren schwierige Montageprozesse.

Derlei Einschränkungen haben es bisher erschwert, dynamische Materialsysteme und dadurch leistungsfähigere Maschinen und anpassungsfähigere Produkte effizient herzustellen.

Das Ziel so mancher Forschungsrichtungen ist deshalb echte Materialrobotik bzw. Robotik ohne Roboter.

Zu den neuen Technologien, die den nächsten Umbruch in der Materialforschung versprechen, gehören beispielsweise Multimaterialien, 3-D-/4-D-Druck und neue Möglichkeiten in der Simulations-/Optimierungssoftwareentwicklung.

Es soll ermöglicht werden, eine breite Palette von Materialien vollständig zu programmieren, um Form, Aussehen oder andere Eigenschaften nach Bedarf zu ändern.

Im folgenden Modul wird ein Textilverbundwerkstoff erzeugt, der durch das Kräfteverhältnis von Zug-Elementen (Spannung) und Druck-Elementen (Stabilität) programmiert werden kann.

Eckdaten

Alter: 10-18 Jahre | **Komplexität:** Mittel bis Schwer

Vorbereitungszeit Lehrende/er: 30-40 Minuten | **Kosten:** Mittel (10-30 EUR)

Dauer: Zwischen 40 und 120 Minuten (Je nach Umfang des Projektes) | **Ort:** In der Klasse

Benötigtes Material:

Skizzenpapier, Zeichenstifte, Heißklebepistolen (ggf. 1 Stk. / 3 Personen), ev. 3-D- Doodler, Heißklebesticks, Holzrahmen, Tacker, Bi-Elastisches Textil (hoher Elastan-Anteil, 20%) oder Jersey Stoff (Ist jedoch nicht in beide Richtungen streckbar und bietet weniger gute Ergebnisse).

Wo Sie die wichtigsten Materialien bekommen können

- Im Textil Discounter zw. 3 und 6 Euro / lfm
- Oberösterreich: MyTEX in Kefermarkt, Textil Müller in Wels

Vorbereitung



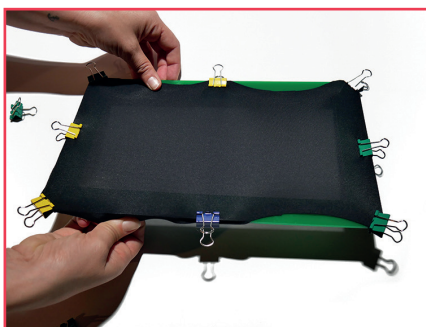
Schritt 1 | Spannen Sie das Textil auf einen Rahmen.



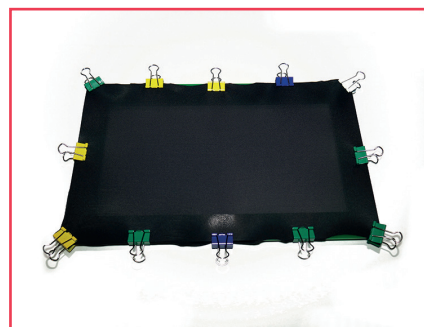
Schritt 2 | Beginnen Sie mit zwei gegenüberliegenden Befestigungen. Danach die anderen beiden Seiten.



Schritt 3 | Anschließend müssen die Ecken gespannt werden.

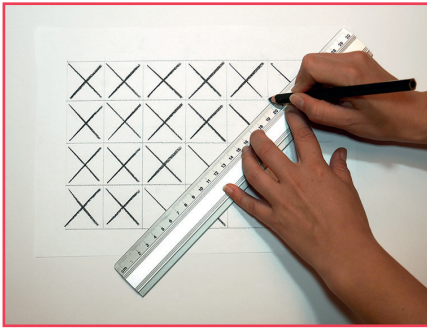


Schritt 4 | Spannen Sie die losen Stellen um, eine gleichmäßige Spannung zu erzeugen.

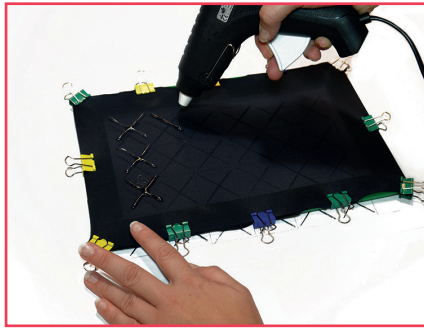


Schritt 5 | Zwölf Befestigungen für einen Rahmen mit der Größe eines DIN A4 Blattes sollten reichen.

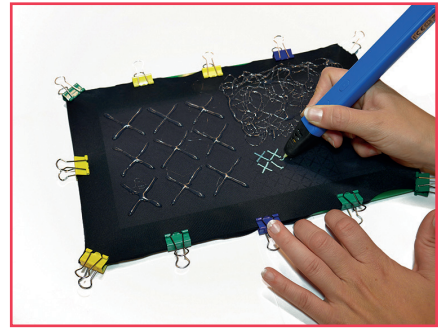
Anleitung



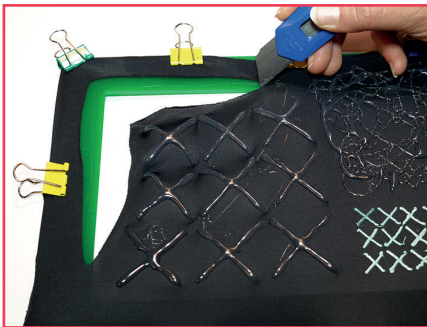
Schritt 6 | Überlegen Sie sich eine Struktur.



Schritt 7a | Legen Sie sich die Skizze unter den Textilrahmen und übertragen Sie die Struktur mit der Heißklebepistole. (Siehe Tipp)



Schritt 7b | Anstelle der Heißklebepistole können Sie auch einen analogen 3-D- Stift (3-D- Doodler) benutzen.



Schritt 8 | Schneiden Sie die einzelnen Textilobjekte aus dem Rahmen heraus.



Schritt 9 | Das Textil zieht sich wieder zusammen und erzeugt entlang des Auftrages spannende Verformungen.



Resultat | Repetitive Grundformen welche sich einander nicht berühren, erzeugen die spannendsten Ergebnisse.



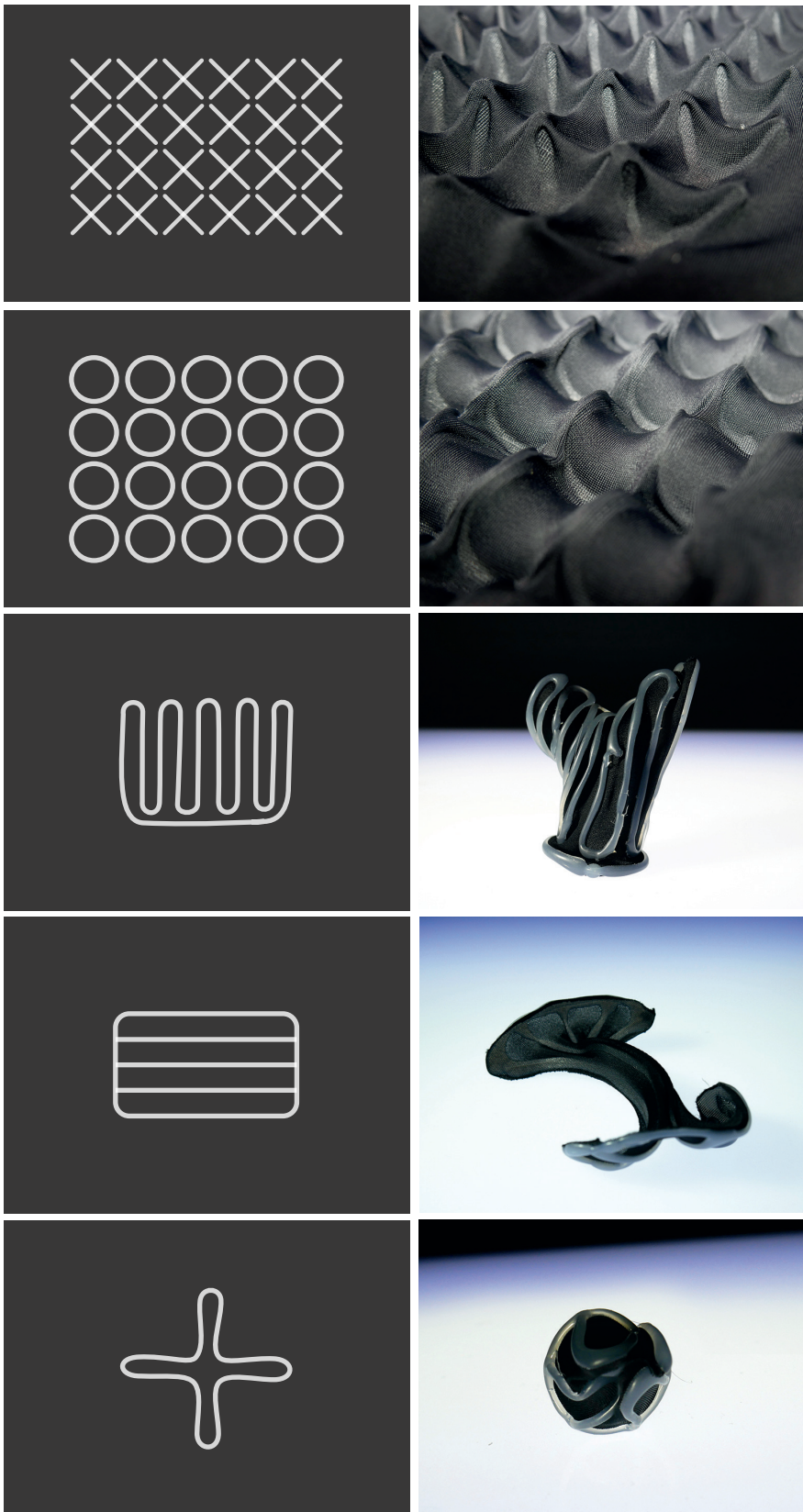
Resultat | Das Textil kann beliebig drapiert oder arrangiert werden.



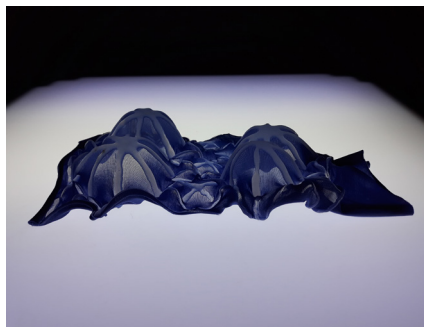
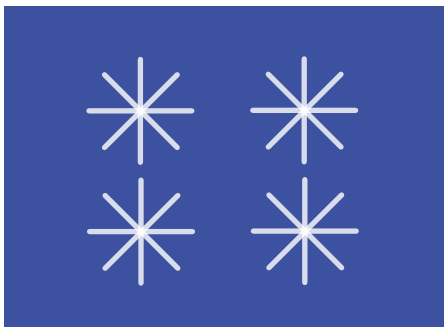
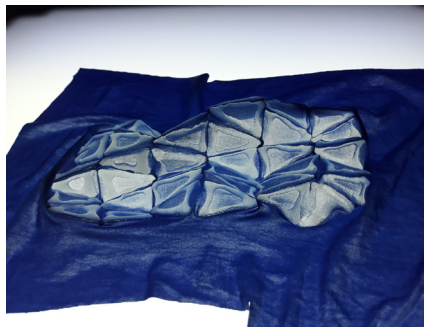
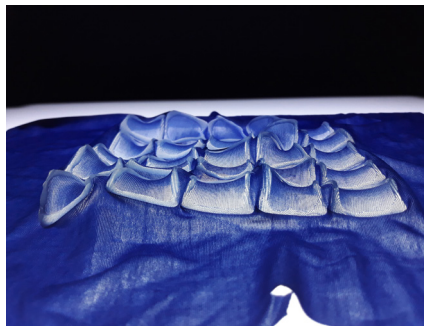
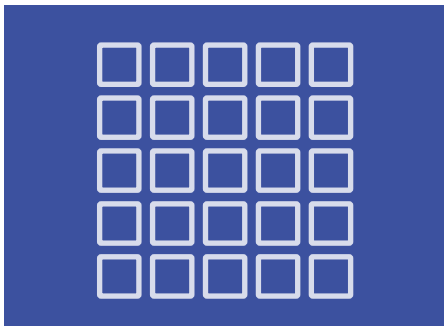
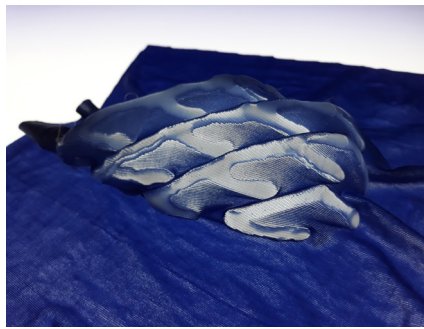
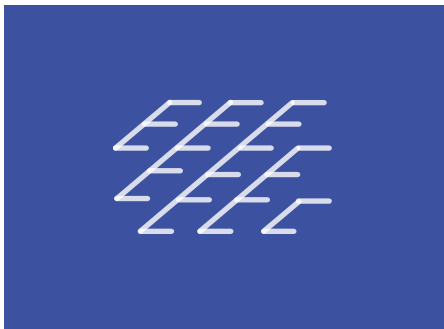
Anwendungsbeispiel | Beispiel einer futuristischen Weltraumkleidung.

Tipp: Achten Sie auf einen gleichmäßigen Auftrag des Klebers. Vermeiden sie Lücken beim Auftrag.

Vorher - Nachher



Vorher - Nachher



AKTIVITÄT 4

VON DER ZELLE BIS ZUM SPACEFRAME

Die Rede ist hier von einer Struktur, die sich Tensegrity nennt. Hierbei handelt es sich um ein stabiles „Stabwerk“, in dem sich die Stäbe untereinander nicht berühren, lediglich durch Zugelemente miteinander verbunden sind. Folgend werden verschiedene Tensegrity Strukturen dargestellt, welche alle nach einem ähnlichen Prinzip funktionieren.

Das Zytoskelett eukaryotischer Zellen ist ein gespanntes Tensegrity aus molekularen Streben, Seilen und Kabeln im Nanometerbereich und stabilisiert die Zelle mechanisch. (Abb. 1)

Zytoskelettfilamente sind weitgehend verantwortlich für die Fähigkeit der Zelle, Formverzerrungen (mechanische Belastung) zu widerstehen. Diese Gerüste dienen einerseits als Spuren (Laufbahn) für die Bewegung von Organellen und sie leiten andererseits viele der Enzyme und Substrate, welche für biochemische Reaktionen für die unterschiedlichsten Zellfunktionen zuständig sind.

Beispiele für geodätische Tensegrity-Strukturen sind Buckminster Fullers geodätische Dome, Bucky Balls auf Kohlenstoffbasis und tetraedrische Space Frames, die bei der NASA beliebt sind, weil sie ihre Stabilität ohne Schwerkraft und damit ohne kontinuierliche Kompression beibehalten.

Unser Körper ist ein bekanntes Beispiel für eine vorgespannte Tensegrity-Struktur: Unsere Knochen wirken wie Streben, um dem Zug von Zugmuskeln, Sehnen und Bändern zu widerstehen, und die Formstabilität (Steifigkeit) unseres Körpers variiert je nach Tonus (Vorspannung) in unseren Muskeln.

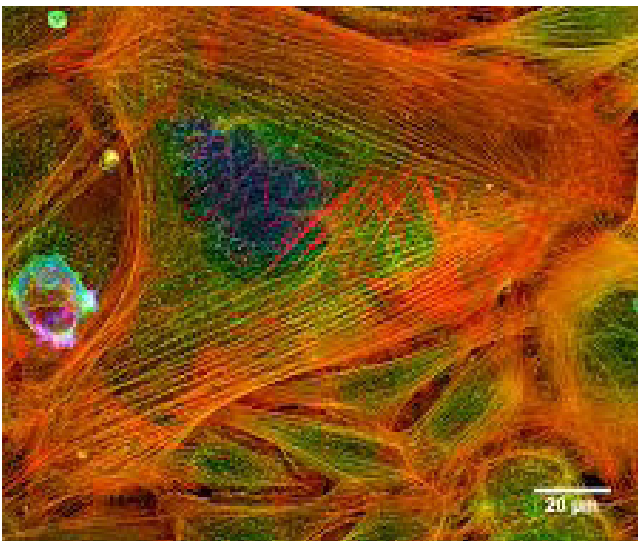


Abb 1 | **Zytoskelettaufbau iner eukaryotischen Zelle**
(Quelle: wikipedia.org/wiki/Cytoskelett, 08.11.2018)

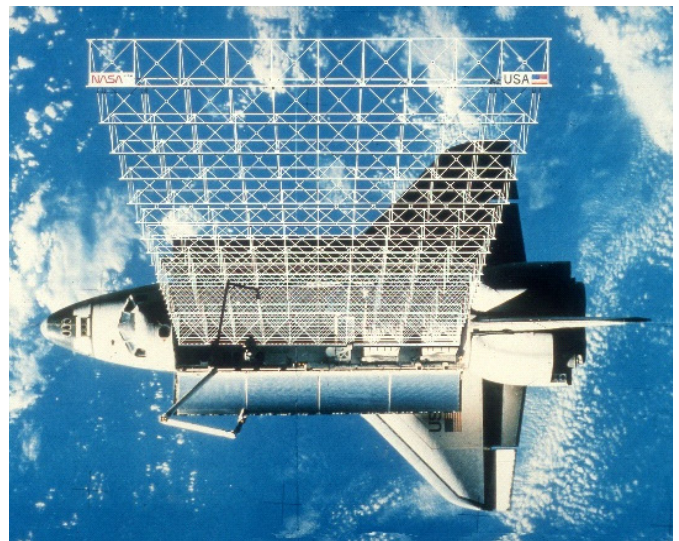


Abb 2 | **Space Frame System in einem Space Shuttle**
(Quelle: cosmopolitanscum.wordpress.com/2015/03/06/youre-the-only-star-in-heaven, 08.11.2018)



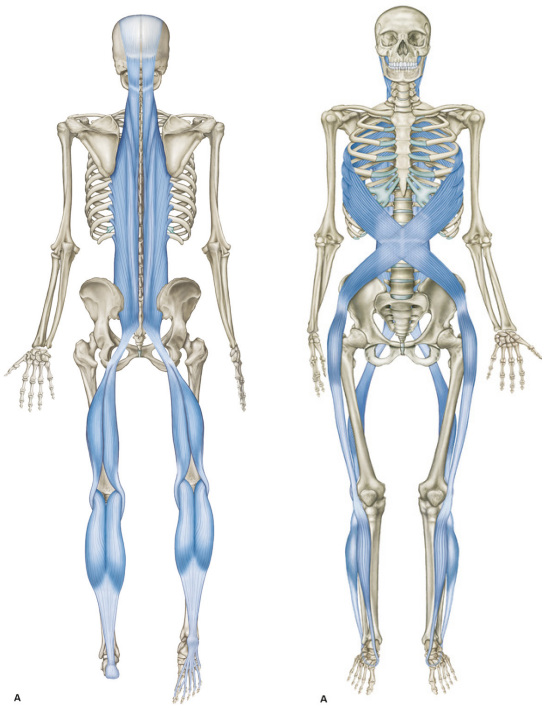


Abb 3 | Menschlicher Körper als vorgespannte Tensegrity Struktur (Quelle: www.physiotherapeuten.de/das-tensegrity-modell-ein-neues-bild-vom-koerper, 08.11.2018)

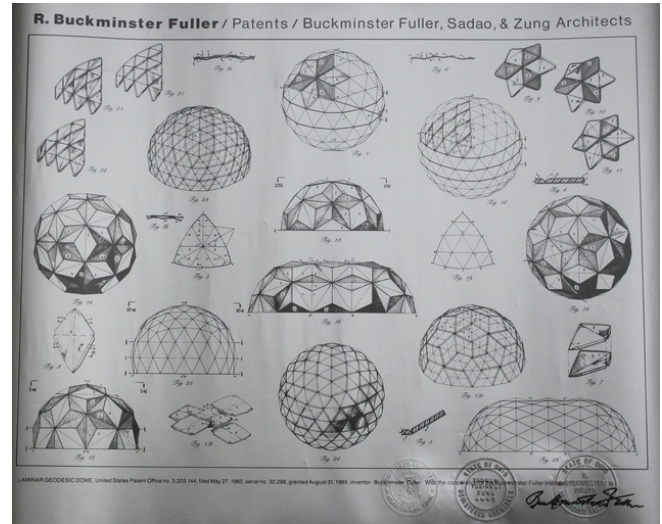


Abb 4 | Entwürfe von Buckminster Fuller (Quelle: paddle8.com/work/buckminster-fuller/35636-geodesic-dome-patent-illustrations, 08.11.2018)



Abb 5 | Geodätischer Dom als Weltraumhabitat (Quelle: www.businessinsider.com/mars-colony-volcano-hawaii-hi-seas-2016, 08.11.2018)

DIY TENSEGRITY – Ein effizientes Bausystem

Zusammenfassung

Tensegrity ist ein Bauprinzip, das erstmals vom Architekten R. Buckminster Fuller (Fuller, 1961) beschrieben und vom Bildhauer Kenneth Snelson (Snelson, 1996) visualisiert wurde. Fuller definiert Tensegrity-Systeme als Strukturen, die ihre Form durch kontinuierliche Spannung oder „tensional integrity“ stabilisieren und nicht durch kontinuierliche Kompression (z. B. wie in einem Steinbogen).

Eckdaten

Alter: 10-18 Jahre | **Komplexität:** Mittel | **Vorbereitungszeit Lehrende/er:** 10 Minuten
Kosten: Niedrig (5-10 EUR) | **Dauer:** Zwischen 15 und 50 Minuten (Je nach Umfang des Projektes)
Ort: In der Klasse

Benötigtes Material:

Gummiringe p.P. mindestens 3 Stk. 3cm und 2 Stk. 5cm Ø, Holzstäbe (3 oder 6 Stk. / Pers.),
 Sägen zum Präparieren der Holzstäbe oder Klebeband

Vorbereitung & Ablauf

Siehe bebilderte Anleitungen auf den nächsten Seiten

Wo Sie das Material bekommen können?

Winkler Schulbedarf: Achsstäbe Ø 4 mm - Buche, 120 mm, 25 Stk./Pkg.

Vorbereitung



Tipp: Achten Sie beim Zusammenkleben der Holzstäbe auf den Spalt der zwischen den Stäben bestehen bleiben muss, damit die Gummiringe angebracht werden können.

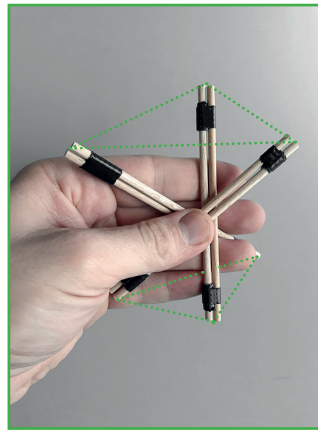
Anleitung



Schritt 1 | Eine bestimmte Reihenfolge der Stäbe ist für die Konstruktion dieses Tensegrity zu beachten.



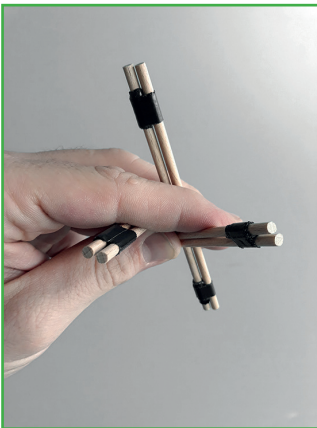
Schritt 2 | Der hinten liegende Stab ist nach links geneigt, der Mittlere steht senkrecht und der Obere ist nach rechts geneigt.



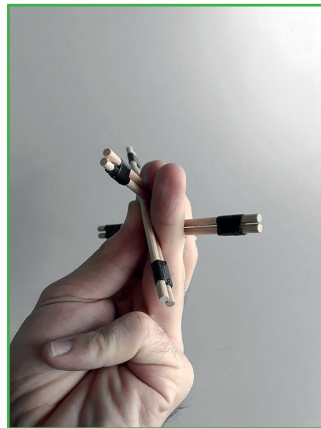
Schritt 3 | Verschieben Sie die Stäbe so, dass sich auf der Kopf- und Fußseite des Gebildes je ein Dreieck ergibt.



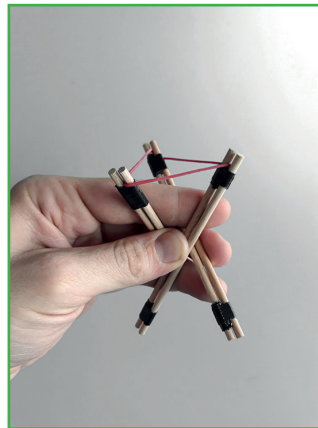
Schritt 4a | Achten Sie auf den Zeigefinger und auf den Ringfinger. Sie spreizen die Stäbe auseinander.



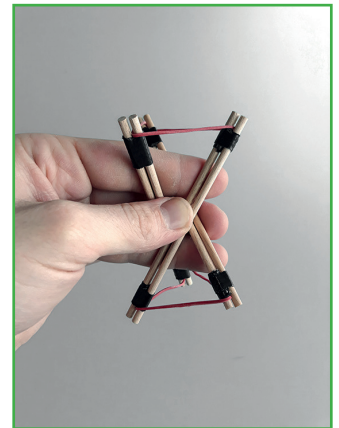
Schritt 4b | Der Daumen stabilisiert das Gebilde. Behalten Sie diese Position bis alle Gummiringe angebracht sind.



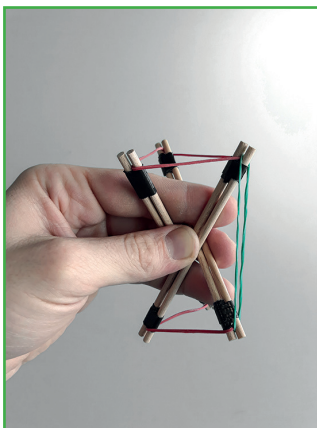
Schritt 4c | Der Ringfinger spreizt den unteren und den mittleren Stab auseinander.



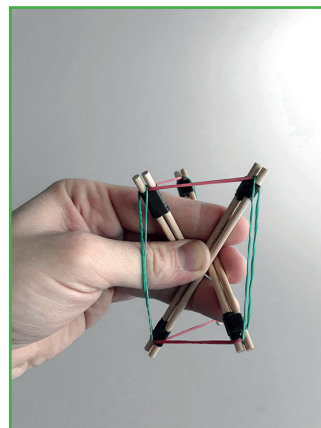
Schritt 5 | Positionieren Sie das erste 5 cm Gummiband in das obere Dreieck.



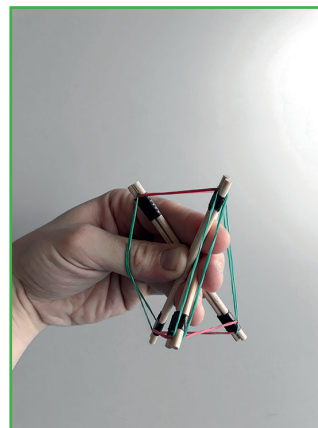
Schritt 6 | Positionieren Sie das zweite 5 cm Gummiband in das untere Dreieck.



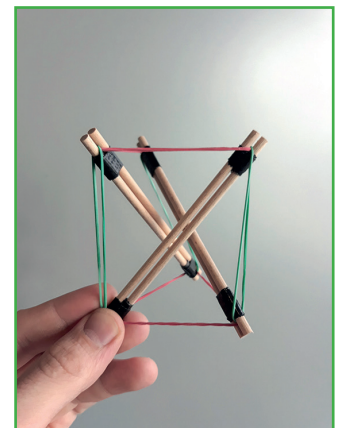
Schritt 7 | Verbinden Sie die am nächsten untereinander befindlichen Eckpunkte des Dreiecks mit einem 3 cm Gummiband.



Schritt 8 | Fahren Sie fort mit einer beliebigen Verbindung.



Schritt 9 | Das letzte Gummiband muss etwas um den Daumen herum gespannt werden.



Schritt 10 | Fertig ist die einfachste Form eines Tensegrity.

ANHANG

SMART MATERIALS

Formvariierende Smart Materials

Hierunter fallen smarte Materialien, die ausgehend von einem äußeren Einfluss ihre Erscheinungsform verändern können. Diese lassen sich wie folgt untergliedern:

- **Photostriktive Smart Materials**
Anregung durch die Einwirkung von Licht (elektromagnetische Energie)
- **Thermostriktive Smart Materials**
Anregung durch die Einwirkung von Temperatur (thermische Energie)
- **Piezelektrische Smart Materials**
Anregung durch die Einwirkung von Druck oder Zug (mechanische Energie)
- **Elektroaktive Smart Materials**
Anregung durch die Einwirkung eines elektrischen Felds (elektrische Energie)
- **Magnetostriktive Smart Materials**
Anregung durch die Einwirkung eines magnetischen Feldes (magnetische Energie)
- **Chemostriktive Smart Materials**
Anregung durch die Einwirkung eines chemischen Milieus (chemische Energie)

Farb- und optisch variierende Smart Materials

Darunter werden smarte Materialien verstanden, die ihre Farbe und/oder andere optische Eigenschaften durch verschiedene äußere Einflüsse reversibel ändern können.

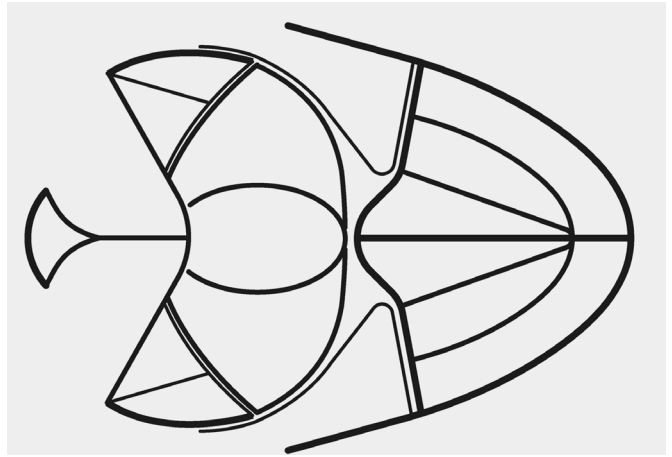
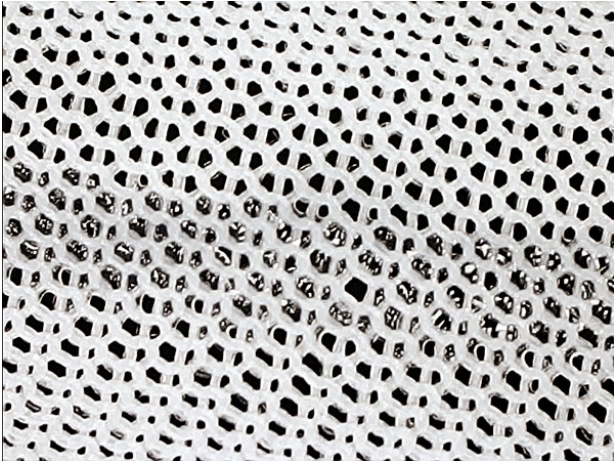
Die derzeit bekannten farb- und optisch variierenden Smart Materials lassen sich wie folgt untergliedern:

- **Photochrome Smart Materials**
Diese werden durch die Einwirkung von Licht (elektromagnetische Energie) angeregt, ihre Farbe zu ändern.
- **Thermochrome, -trophe Smart Materials**
Diese werden durch die Einwirkung von Temperatur (thermische Energie) angeregt, ihre Farbe und/oder weitere optische Eigenschaften zu ändern.
- **Mechanochrome Smart Materials**
Diese werden durch die Einwirkung von Druck, Zug, Reibung (mechanische Energie) angeregt, ihre Farbe zu ändern.
- **Elektrochrome, -optische Smart Materials**
Diese werden durch die Einwirkung eines elektrischen Feldes, von Elektronen, Ionen (elektrische Energie) angeregt, ihre Farbe und/oder optischen Eigenschaften zu ändern.
- **Chemochrome Smart Materials**
Diese werden durch die Einwirkung eines chemischen Milieus (chemische Energie) angeregt, ihre Farbe und/oder optischen Eigenschaften zu ändern.

NÜTZLICHE INFORMATIONEN

Active shoe

Self Assembly Lab @ MIT Media Lab



Bilder: Studio Guberan, Christoph Guberan

- Material mit unterschiedlichen Schichtdicken und Eigenschaften wird auf gestrechtes Textil gedruckt.
- Nach dem lösen des Textils, springt der Schuh in die vorprogrammierte Formen .
- Die Kombination aus gestrecktem Material und gedruckten Mustern bietet sowohl Flexibilität als auch Stabilität.
- Produktionsverfahren, welches die Komplexität und den Arbeitsaufwand der Schuhherstellung reduziert.

NÜTZLICHE INFORMATIONEN

HygroSkin-Meteorosensitive Pavilion

Achim Menges @ ICD Stuttgart (Institute for Computational Design)



Bilder: HygroSkin-Meteorosensitive Pavilion / Achim Menges Architect + Oliver David Krieg + Steffen Reichert

- Erforscht eine neue Art der **klimafreundlichen Architektur**.
- Reaktionsfähigkeit des Materials
- **Meteorosensitive Architekturhaut** reagiert auf den Feuchtigkeitsgehalt in der Luft; bei Witterungseinflüssen öffnet und schließt sie sich selbständig.
- Weder Zufuhr von Betriebsenergie noch eine mechanische oder elektronische Steuerung benötigt.
- Die **Materialstruktur selbst ist die Maschine**.

Was ist ESERO AUSTRIA?

ESERO steht für „European Space Education Resource Office“ und ist ein Projekt der Europäischen Weltraumorganisation ESA und nationalen Partnern in den jeweiligen Mitgliedsländern. In Österreich ist ESERO seit 2016 am Ars Electronica Center in Linz beheimatet. Ziel von ESERO ist es, das Interesse der Jugend an naturwissenschaftlichen Fragestellungen und Themen zu fördern, wobei die „Faszination Weltraum“ Motivations- und Ausgangspunkt der Aktivitäten ist.

ESERO AUSTRIA bietet jährlich eine Vielzahl von zertifizierten Fortbildungsangeboten für Lehrkräfte im Grund- und Sekundarschulbereich an. Diese werden in Zusammenarbeit mit nationalen Partnern durchgeführt, die bereits in der MINT-Weiterbildung („Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft, Technik“) tätig sind. Fortbildungsveranstaltungen für Lehrkräfte werden im Rahmen der Weiterbildungsmaßnahmen offiziell anerkannt.

Zusätzlich bietet ESERO AUSTRIA Wettbewerbe für Schüler*innen im Grund- und Sekundarschulbereich sowie Lehrmaterialien zum Thema Raumfahrt und Weltraumwissenschaften an. Aktuelle Informationen und Hilfestellungen rund um das Thema „Bildung und Raumfahrt“ runden das Angebot ab.

Weitere Informationen über ESERO AUSTRIA finden Sie auf der Webseite www.esero.at.

IMPRESSUM

ESERO Austria
 Ars-Electronica-Straße 1, 4040 Linz
 esero@ars.electronica.art
 www.esero.at

Das vorliegende Material wurde in Zusammenarbeit zwischen ESERO Austria und Ars Electronica entwickelt.