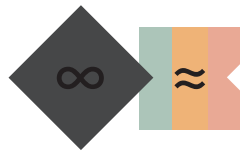


**»SMART TOOLS
FOR SMART DESIGN«**

SYNERGIEN ZWISCHEN DESIGN
UND TECHNOLOGIE AM BEISPIEL
VON »SMART MATERIALS«

weißensee kunsthochschule
berlin & fraunhofer-institute
iwu, ikts und iap



Inhalt

»Smart Tools for Smart Design«

»Smart Materials«

Dielektrische Elastomere

Piezokeramiken

Formgedächtnislegierungen

»Smart Tools«

Funktions-Clips

Fallstudiensammlung

Materialkarten

Funktions-Demonstratoren

DIY-Anleitungen

Digitale Auslegungstools

Datenbank

Website

Öffentlichkeit

Impressum

Die Broschüre fasst die Ergebnisse des interdisziplinären Forschungsprojekts **»Smart Tools for Smart Design«** (ST4SD) zusammen.

Durchgeführt wurde das Projekt von Dezember 2014 bis Mai 2016 unter Projektkoordination des Fraunhofer-Instituts für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU vom Fachgebiet Textil- und Flächendesign der weißensee kunsthochschule berlin in Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS in Dresden sowie dem Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP in Potsdam-Golm.

Projektpartner:

Fraunhofer-Institut IWU

Abteilung Adaptronik und Akustik

Dipl.-Ing. Linda Weisheit

Dipl.-Ing. Kenny Pagel

M. Sc. André Bucht

weißensee kunsthochschule berlin

Fachgebiet Textil- und Flächendesign

Experimentelle Materialforschung

Prof. Dr. Zane Berzina

Prof. Dipl.-Ing. Christiane Sauer

Dipl.-Des. Veronika Aumann

Dipl.-Des. Julia Wolf

Fraunhofer-Institut IKTS

Abteilung Angewandte Werkstoffmechanik und Festkörperwandler

Dr.-Ing. Peter Neumeister

Dr. rer. nat. Andreas Schönecker

Fraunhofer-Institut IAP

Fachbereich Funktionale Polymersysteme

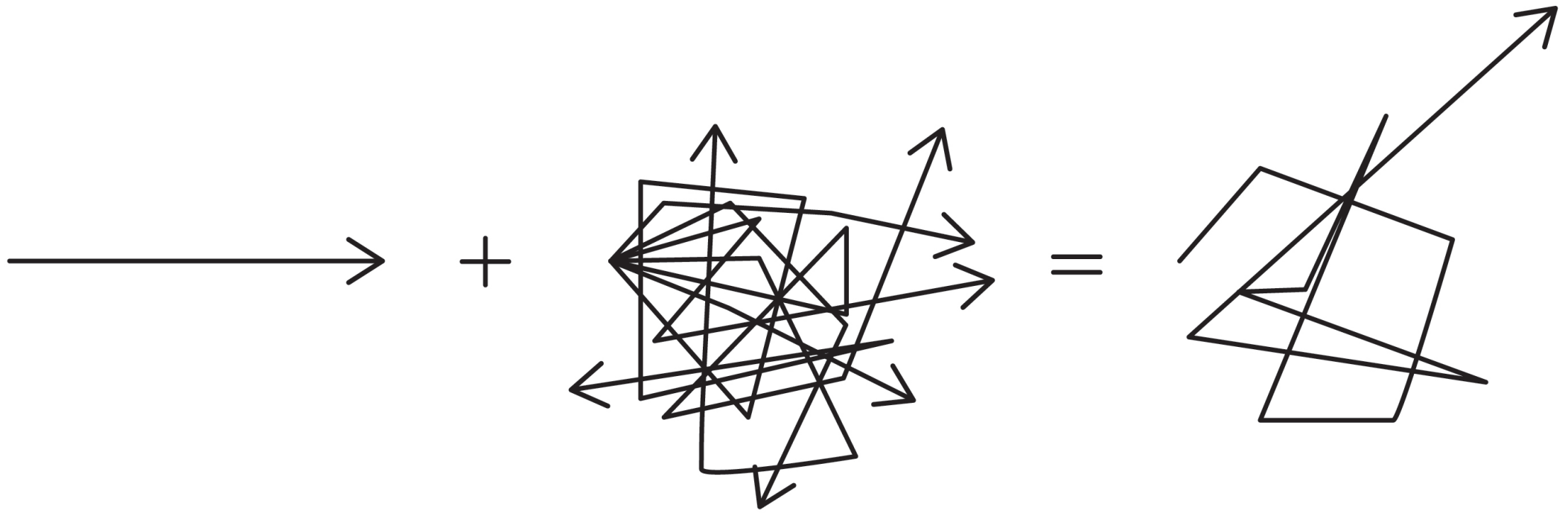
Dr. Miriam Biedermann

Dr. habil. Hartmut Krüger

Priv.-Doz. Dr. habil. Michael Wegener

SYNERGETISCHE VERZÄHNUNG

TECHNOLOGIE + GESTALTUNG



ST4SD

T + G = $\nearrow$

Die aktive Verlinkung von Technologie und Gestaltung führt zu innovativen Nutzungskonzepten für Produkte auf Basis von »Smart Materials«

» SMART TOOLS
FOR SMART DESIGN «
DAS FORSCHUNGSPROJEKT

»Smart Materials« sind Werkstoffe, die die Fähigkeit besitzen, aus sich selbst heraus auf Umweltbedingungen zu reagieren. Diese faszinierende Eigenschaft ermöglicht völlig neue technisch-konstruktive Möglichkeiten für Produktentwickler, ebenso erlaubt sie, den Gestaltungsprozess eines Produktes maßgeblich zu beeinflussen und zu lenken. »Smart Materials« regen dazu an, Material auf vielen Ebenen neu zu betrachten, zu denken und einzusetzen. Sie stellen daher eine komplexe und vielschichtige Herausforderung für unterschiedlichste Disziplinen dar. Sowohl Designer als auch Ingenieure sind gleichermaßen dazu aufgefordert, neuartige, materialgerechte Produkte zu konzipieren, die Gesellschaft wiederum ist angehalten die innovativen Anwendungen und Produkte wahrzunehmen und insbesondere diese anzunehmen und in alltäglichen Gebrauch zu integrieren. Ein Smart Material ist ein komplexes Gefüge, in dem Funktion und Material eins sind. Dies ermöglicht Chancen und neuen Spielräume für das Design.

Im interdisziplinär aufgestellten Forschungsprojekt smart³

erprobten Designer, Materialentwickler und Ingenieure in mehreren Pilotprojekten gemeinsam die Konzept-/Produktentwicklung, die einerseits eine fundierte technische Grundlage haben und andererseits bestmöglich garantieren in einer breiten Öffentlichkeit Akzeptanz zu finden.

Die Aufgabe der Design-Konzepte ist es, Visionen zu skizzieren, wie »Smart Materials« unseren Alltag formen könnten, und auszuloten welche neuen Gestaltungsspielräume dadurch eröffnet werden. Durch die enge Zusammenarbeit zwischen Designern und Technologen/Materialentwicklern wird außerdem deutlich, dass wertvolle Synergieeffekte entstehen und sämtliche beteiligte Experten einen Mehrwert erfahren.

Im Forschungsprojekt entstand eine Toolsammlung, die mit der visuellen und verbalen Sprache der Designer arbeitet und das komplexe technische Know-how der Ingenieure greifbar übersetzt. Die Tools schlagen die Brücke zwischen zwei Disziplinen und sollen beide Seiten dazu anregen sich näher zu kommen. Es geht neben dem Wissenstransfer von der Ingenieurwissenschaft zur Gestaltung darum, einen Erfahrungsaustausch sowohl für Designer als auch Technologen herbeizuführen.

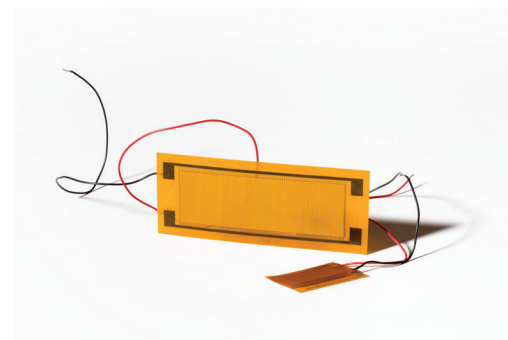
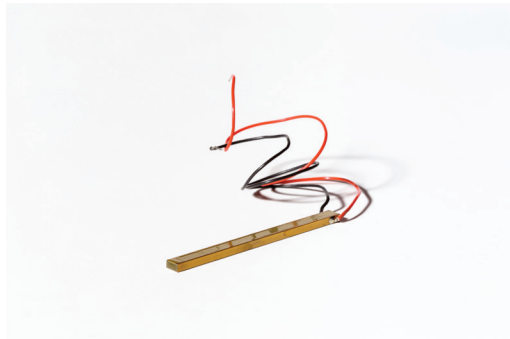
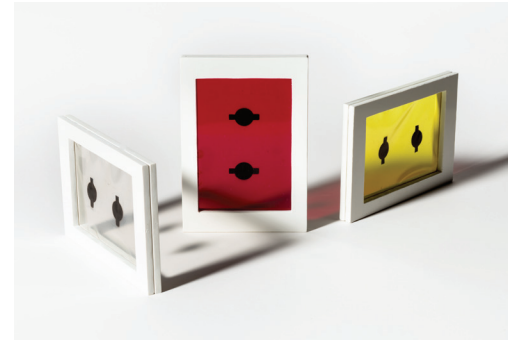
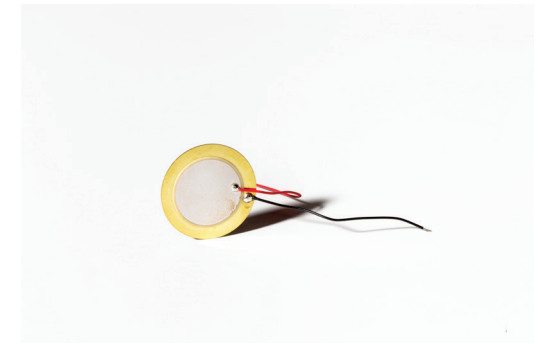
» SMART MATERIALS «
 BEI SMART³
 FORMVERÄNDER-
 BARE WERKSTOFFE

Dielektrische Elastomere (DE)

Piezokeramiken (Piezo)

Formgedächtnislegierungen (FGL)

Verschiedene »Smart Materials«, mit denen
 im Forschungsprojekt gearbeitet wurde.



SMART MATERIALS

DIELEKTRISCHE ELASTOMERE DE

Dielektrische Elastomere sind extrem dehnbare Kunststoffe. Die dünnen, mit Elektroden beschichteten Folien dehnen sich beim Anlegen von sehr hoher elektrischer Spannung (kV) aus. DEs sind eine Untergruppe der elektroaktiven Polymere und finden in den Bereichen Aktorik und Sensorik sowie als Generatoren Anwendung.



v.l.n.r.: 3M-Polymerfolie, laborgefertigte DE-Proben aus Polymerfolien mit unterschiedlichen Eigenschaften inklusive Elektroden (schwarz), handgefertigte DE-Proben mit unterschiedlichen Rahmenstrukturen inklusive Elektroden (schwarz) und Kupferkontakten, laborgefertigter Stapelaktor

DIELEKTRISCHE ELASTOMERE

Bei Verwendung eines DE als Aktor wird eine Spannung (im kV Bereich) angelegt, wodurch sich die Elektroden entgegengesetzt aufladen. Diese ziehen sich an und komprimieren das dazwischenliegende Dielektrikum, welches sich dadurch in seiner Ebene ausdehnt und dünner wird.

Um DEs als Sensoren einzusetzen, wird der flexible Wandler mechanisch verformt, was eine Änderung der Kapazität zur Folge hat. Diese Änderung kann messbar erfasst werden und somit Kraft oder Druck bestimmt werden.

Um DEs als Generatoren zu verwenden, wird der Wandler elektrisch und mechanisch vorgespannt. Wird er nun wiederholt (zyklisch) mechanisch verformt, entsteht bei Entlastung Ladung (bzw. Spannung U), die abgenommen werden kann.

Dielektrische Elastomerwandler bestehen aus einer sehr dehnbaren Elastomerfolie, welche an Ober- und Unterseite mit elastischen Elektroden beschichtet ist. Je nach Anwendung werden DE-Wandler unterschiedlich verarbeitet. Soll eine größtmögliche Längenänderung in der Ebene erzielt werden, werden Ein-Schicht-Aufbauten integriert. Liegt der Fokus auf dem Höhenunterschied, werden sie zu mehrschichtigen Stapelaufbauten gebündelt.

Für bestimmte Anwendungen können sie zu Rollen gewickelt werden.

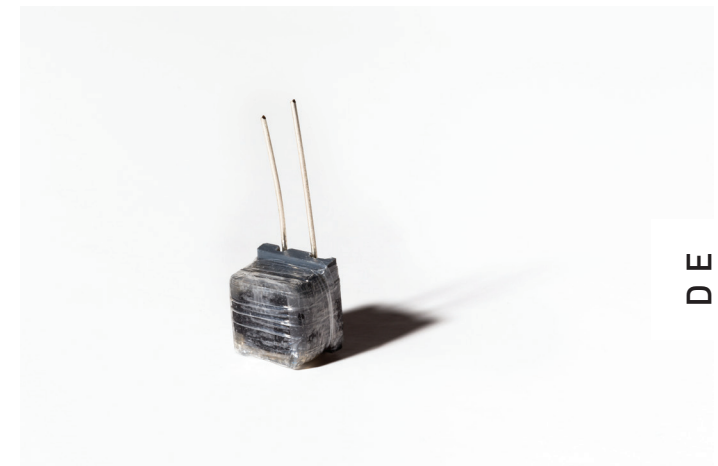
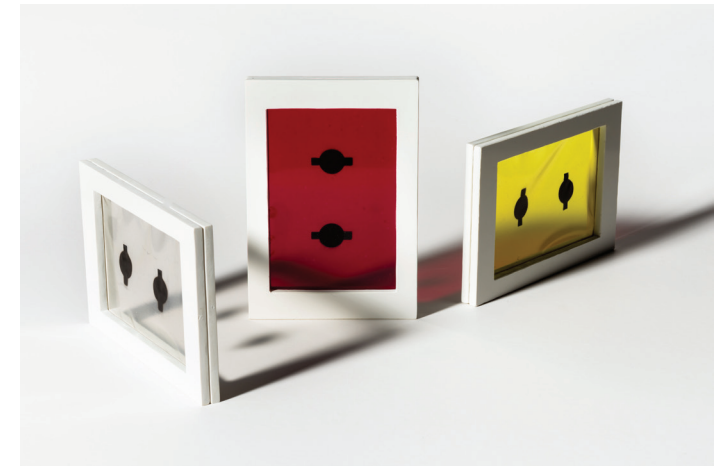
Bei Dehnung der DE-Wandler ist eine Kapazitätsänderung messbar (Sensorik). Die durch zyklisches Verformen entstehende elektrische Spannung kann als elektrische Energie abgegriffen werden. Energy-Harvesting-Modulen aus DEs zur Gewinnung von elektrischer Energie aus Vibrationen, Wellen oder Schwingungen zu gewinnen, werden sehr hohe Wirkungsgrade prognostiziert.

Obschon für die Aktivierung meist Hochspannung benötigt wird, lassen sich einschichtige DE-Aktoren in beliebigen Formen relativ unkompliziert selbstständig herstellen.

DE

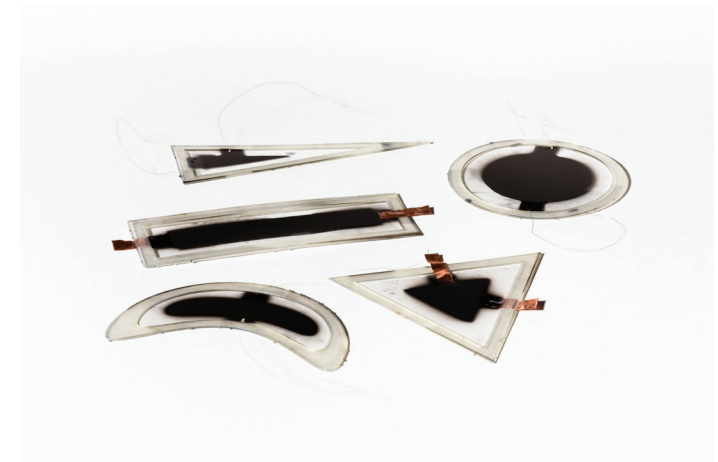
BESONDERE MERKMALE

- Der funktionale Aufbau eines DE-Wandlers ist sehr einfach, sie sind extrem leicht und weisen wenig bis keinen Verschleiß auf
- Beim Anlegen einer elektrischen Spannung (momentan im kV Bereich) können Dehnungen um deutlich > 10% - in einigen Fällen sogar bis zu 300% - beobachtet werden
- Die Ausdehnung bzw. Komprimierung des DE-Wandlers ist über die angelegte Spannung präzise und stufenlos regelbar
- DE-Wandler agieren sehr schnell (in wenigen Millisekunden) und geräuschlos
- DE-Wandler arbeiten reversibel (d. h. wenn die Spannung bzw. mechan. Belastung abnehmen, kehren sie wieder vollständig in ihren Ausgangszustand zurück)
- Üblicherweise werden schwarze Elektroden (aus Carbon) verwendet, darüber hinaus sind metallische Färbungen möglich. Die DE-Folien selbst sind transluzent und können je nach Materialzusammensetzung unterschiedlich gefärbt sein.
- Dielektrische Elastomeraktoren befinden sich noch weitestgehend im Forschungsstadium, kostengünstige Ausgangsmaterialien und die Entwicklung industrienaher Fertigungstechnologien stellen jedoch eine mittelfristige Markterfügbarkeit in Aussicht



DE

von oben:
Laborgefertigte DE-Proben aus farbigen Polymerfolien mit unterschiedlichen Eigenschaften inklusive Elektroden (schwarz), Laborgefertigter Stapelaktor (Hochschule Westfalen Lippe und Fh-IAP), Handgefertigte DE-Proben mit unterschiedlichen Rahmenstrukturen inklusive Elektroden (schwarz) und Kupferkontakten



DIELEKTRISCHE ELASTOMERE

AUFBAU & FUNKTIONSPRINZIP
DIELEKTRISCHER ELASTOMERWANDLER
MATERIALFUNKTIONEN

AKTOR
 SENSOR
 GENERATOR

EINFLUSSPARAMETER

Größe, Geometrie, Design;
 Folien-Material, -Dicke,
 -Steifigkeit, -Empfindlichkeit
 gegenüber dem elektrischen
 Feld; Elektroden-Leitfähigkeit;
 angelegte elektrische Spannung

Bei Verwendung eines DE als Aktor wird eine Spannung (im kV Bereich) angelegt, wodurch sich die Elektroden entgegengesetzt aufladen. Diese ziehen sich an und komprimieren das dazwischenliegende Dielektrikum, welches sich dadurch in seiner Ebene ausdehnt und dünner wird.

Um DEs als Sensoren einzusetzen, wird der flexible Wandler mechanisch verformt, was eine Änderung der Kapazität zur Folge hat. Diese Änderung kann messbar erfasst werden und somit Kraft oder Druck bestimmt werden.

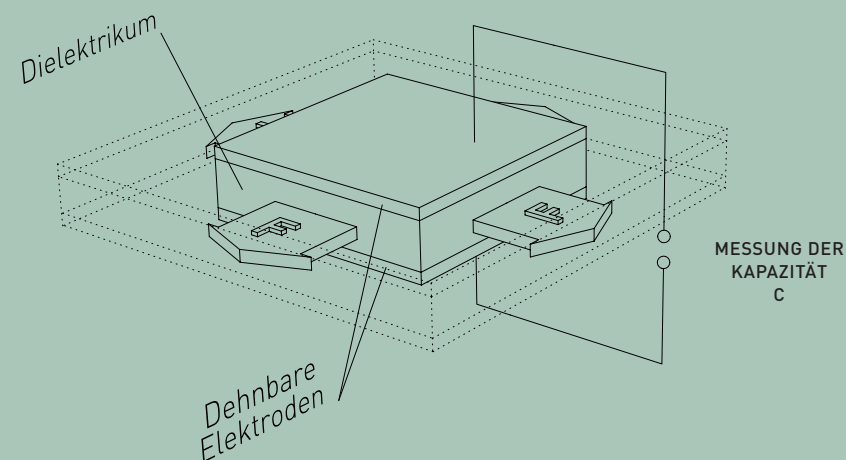
Um DEs als Generatoren zu verwenden, wird der Wandler elektrisch und mechanisch vorgespannt. Wird er nun wiederholt (zyklisch) mechanisch verformt, entsteht bei Entlastung Ladung (bzw. Spannung U), die abgenommen werden kann.

INPUT SENSOR

mechanische Energie

OUTPUT SENSOR

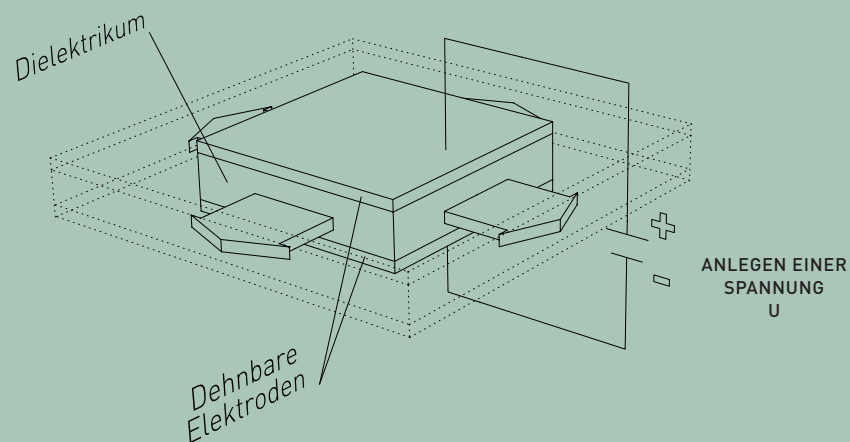
elektrische Ladung,
 elektrische Spannung


INPUT AKTOR

elektrische Energie

OUTPUT AKTOR

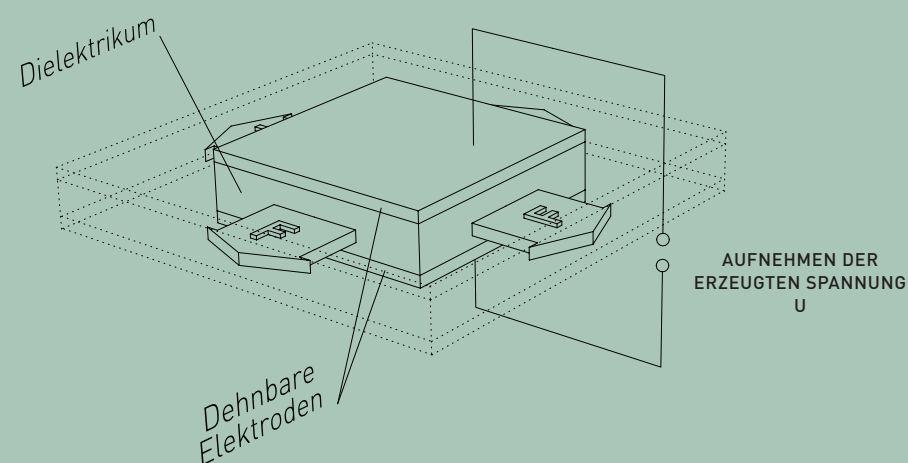
Kraft, Verformung


INPUT GENERATOR

zyklische mechanische Energie,
 zyklische elektrische Energie

OUTPUT GENERATOR

elektrische Ladung,
 elektrische Spannung



**PIEZO
KERAMIKEN
PIEZO**

Piezokeramiken sind formveränderbare Materialien mit elektromechanischer Kopplung. Bei Zufuhr von elektrischer Spannung verformen sich die Keramiken, umgekehrt entsteht bei mechanischer Einwirkung eine elektrische Ladung.

The image displays a variety of piezoelectric ceramic components. In the top left, there is a small black cylindrical component with two thin wires (one red, one blue) extending from it. To its right is a larger, light-colored cylindrical component. Further right is a long, thin, yellow rectangular component with multiple wires connected to it. In the center, there is a small, light-colored cylindrical component. Below it is a large, flat, circular brown component. To the left of the large brown component is a small glass vial containing many small, white, spherical beads. In the bottom left corner, there is a bundle of thin, light-colored fibers. In the bottom center, there are three small, circular components with yellow borders and white centers, each with a wire connected to it. In the bottom right corner, there is a small, rectangular component with a yellow border and a white center, with two wires connected to it. The components are arranged on a light-colored surface against a plain background.

v.l.n.r.: PZT-Fasern und -Kugeln, Piezo-Bauelement mit Verkabelung, PZT-Rohr und -Zylinder und -Scheibe, Piezo-Biegewandler mit elektrischen Kontakten und Verkabelung, Piezo-Blöcke und -Platten mit und ohne elektrische Kontakte und Verkabelung, Piezo-Platten und -Blöcke

**PIEZO
KERAMIKEN
PIEZO**

Piezokeramiken sind formveränderbare Materialien mit elektromechanischer Kopplung. Bei Zufuhr von elektrischer Spannung verformen sich die Keramiken, umgekehrt entsteht bei mechanischer Einwirkung eine elektrische Ladung.

The image displays a variety of piezoelectric ceramic components. In the top left, there is a small glass vial with white beads spilling out. Next to it is a black cylindrical component with two wires (one red, one blue) attached. To the right is a larger, light-colored cylindrical component. Further right is a yellow rectangular component with multiple wires. In the center, there is a small white cylindrical component. Below it is a large, flat, brown circular disk. To the right of the disk is a small yellow square component. In the bottom left, there are several thin, light-colored fibers. In the bottom center, there are three small circular components with wires. In the bottom right, there is a small rectangular component with wires. The background is a solid light brown color.

v.l.n.r.: PZT-Fasern und -Kugeln, Piezo-Bauelement mit Verkabelung, PZT-Rohr und -Zylinder und -Scheibe, Piezo-Biegewandler mit elektrischen Kontakten und Verkabelung, Piezo-Blöcke und -Platten mit und ohne elektrische Kontakte und Verkabelung, Piezo-Platten und -Blöcke

**PIEZO
KERAMIKEN
PIEZO**

Piezokeramiken sind formveränderbare Materialien mit elektromechanischer Kopplung. Bei Zufuhr von elektrischer Spannung verformen sich die Keramiken, umgekehrt entsteht bei mechanischer Einwirkung eine elektrische Ladung.

The image displays a variety of piezoelectric ceramic components. In the top left, there is a small glass vial containing white beads, with some beads spilled out. Next to it is a black cylindrical component with two wires (one red, one blue) attached. To the right of that is a white cylindrical component. Further right is a large, flat, circular brown disk. In the bottom left, there are several thin, light-colored fibers. In the bottom center, there are three small, circular, flat components with wires attached. To the right of these is a rectangular yellow component with a grid pattern. In the bottom right, there is a long, thin, rectangular component with wires attached. The background is a solid light brown color.

v.l.n.r.: PZT-Fasern und -Kugeln, Piezo-Bauelement mit Verkabelung, PZT-Rohr und -Zylinder und -Scheibe, Piezo-Biegewandler mit elektrischen Kontakten und Verkabelung, Piezo-Blöcke und -Platten mit und ohne elektrische Kontakte und Verkabelung, Piezo-Platten und -Blöcke

PIEZOKERAMIKEN

Bei Einleitung einer axialen Kraft in den piezokeramischen Zylinder entstehen an der Grund- und Deckfläche freie Ladungen mit entgegengesetztem Vorzeichen. Das ist durch eine messbare Spannung bzw. einem messbaren Strom nachweisbar und ist die Grundlage für Sensor- und Generatorfunktion.

Bei Anlegen einer elektrischen Spannung zwischen Grund- und Deckfläche verformt sich der piezokeramische Zylinder. Je nach Polarität der angelegten Spannung wird er geringfügig kürzer oder länger. Dies repräsentiert die Aktorfunktion, im dynamischen Fall bezeichnet man diesen als Schallwandler.

Piezokeramiken sind Metalloxide komplexer chemischer Zusammensetzung, die mit Elektroden versehen werden und so die Werkstoffbasis für Funktionsbauelemente bilden, die als Aktoren, Sensoren oder Generatoren Anwendung finden.

Als direkten Piezoeffekt bezeichnet man das Auftreten eines elektrischen Signals, die an den Elektrodenflächen der Piezokeramik entstehen, wenn das Bauteil mechanisch verformt wird (bsp. Kompression, Biegung). Dieses elektrische Signal kann gemessen werden (Sensorfunktion) oder zur Bereitstellung begrenzter Mengen an elektrischer Energie genutzt werden (Generator).

Beim inversen piezoelektrischen Effekt wird durch Anlegen einer elektrischen Spannung eine geringfügige Verformung erzeugt, die Piezokeramik wird so als Aktor verwendet.

Die Formveränderung der Piezokeramik ist relativ klein, sehr präzise, blitzschnell und besitzt hohes Kraftpotential. Die extrem kurzen Reaktionszeiten erlauben die Anregung hochfrequenter Schwingungen, woraus sich Anwendungen als Ultraschallwandler und elektromechanische Transformatoren ableiten.

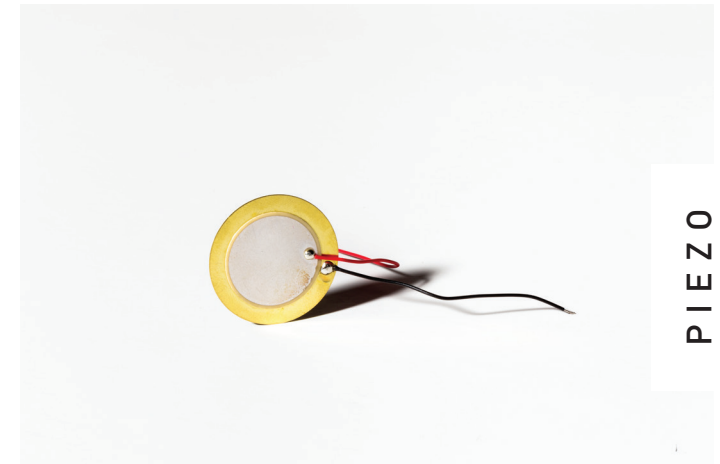
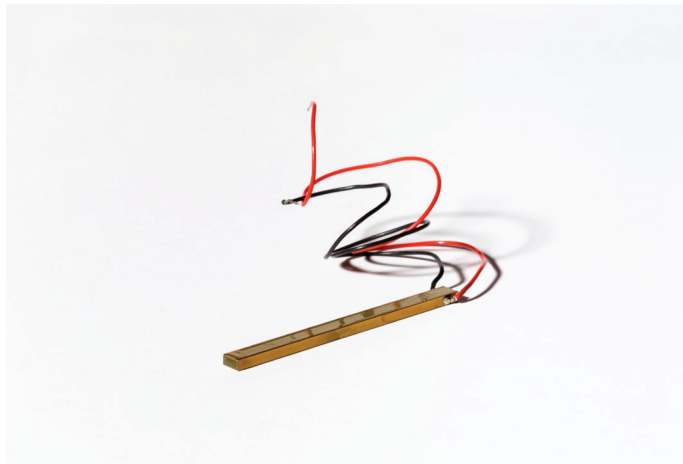
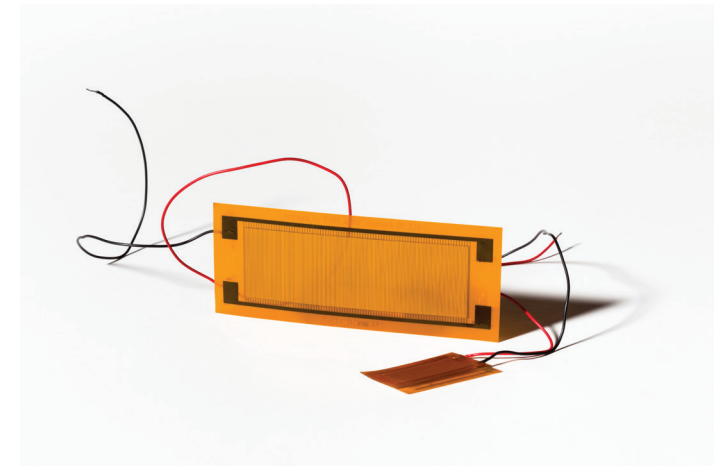
Die Fülle und Unterschiedlichkeit der Bauteile erlaubt große gestalterische Spielräume und erhöht das Anwendungspotential.

PIEZO

BESONDERE MERKMALE

- Piezokeramiken agieren sehr schnell mit Ansprechzeiten unter $100\text{ }\mu\text{s}$
- Die Auslenkung (Verformung) ist begrenzt und sehr gering (ca. 0,1% der Bauelementlänge)
- Der Piezoeffekt ist bei Einhaltung definierter Grenzwerte direkt umkehrbar
- Bei zyklischer Ansteuerung werden Frequenzen im MHz-Bereich erreicht, die weit über hörbare Frequenzen hinausgehen können
- Piezokeramische Bauelemente sind robust, langlebig und verschleißarm
- Sie lassen sich mit vielen Weiterverarbeitungstechnologien (Laminieren, Gießen, Siebdrucken etc.) verbinden und in andere Werkstoffe integrieren
- Bauelementformen gibt es von hart bis biegsam, Standard-Bauelemente sind sehr kostengünstig

von rechts oben: PZT-Fasern (Rohmaterial); Piezo-Biegewandler mit elektrischen Kontakten und Verkabelung; Piezo-Block mit elektrischen Kontakten und Verkabelung; Günstige Piezo-Signalgeber mit Verkabelung; PZT-Scheibe und -Zylinder (Rohmaterial); Piezo-Bauelement mit Verkabelung



PIEZO



PIEZOKERAMIK
**FUNKTIONSPRINZIP
EINER PIEZOKERAMIK**

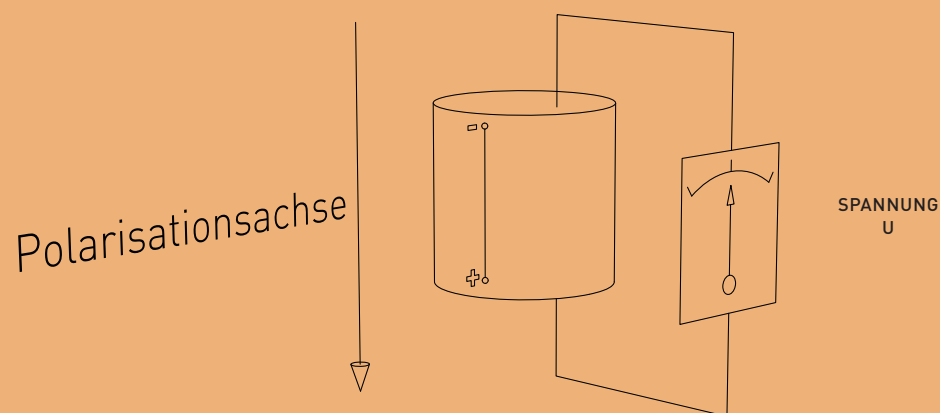
Bei Einleitung einer axialen Kraft in den piezokeramischen Zylinder (4,5,6,7) entstehen an der Grund- und Deckfläche freie Ladungen mit entgegengesetztem Vorzeichen. Das ist durch eine messbare Spannung bzw. einem messbaren Strom nachweisbar (4,5,6,7) und ist die Grundlage für Sensor- und Generatorfunktion. Bei Anlegen einer elektrischen Spannung zwischen Grund- und Deckfläche verformt sich der piezokeramische Zylinder (1,2,3). Je nach Polarität der angelegten Spannung (1,2) wird er geringfügig kürzer oder länger. Dies repräsentiert die Aktorfunktion, im dynamischen Fall bezeichnet man diesen als Schallwandler (3). In den hier vorliegenden Beschreibungen werden generierter Strom bzw. generierte Spannung als elektrische Signale bezeichnet.

MATERIALFUNKTIONEN

AKTOR
SENSOR
GENERATOR

EINFLUSSPARAMETER

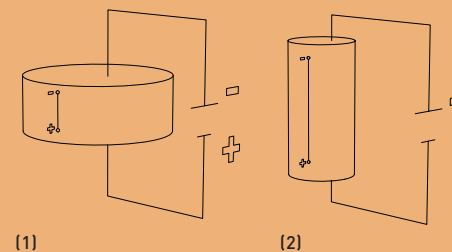
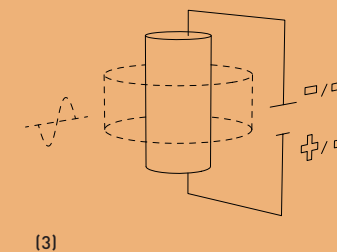
Zugeführte Energie (elektrisch und mechanisch); Frequenz und Dauer der Energiezufuhr; Richtung der elektrischen und mechanischen Felder in Relation zur Polarisationsrichtung der Keramik; Bauelement-Geometrie


INPUT AKTOR

elektrische Energie

OUTPUT AKTOR

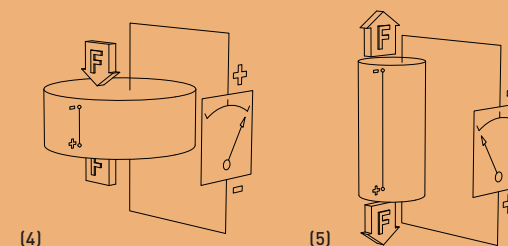
Kraft, Verformung

**ANLEGEN EINER
GLEICHSPANNUNG U_{DC}**

**ANLEGEN EINER
WECHSELSPANNUNG U_{AC}**

INPUT SENSOR

mechanische Energie

OUTPUT SENSOR

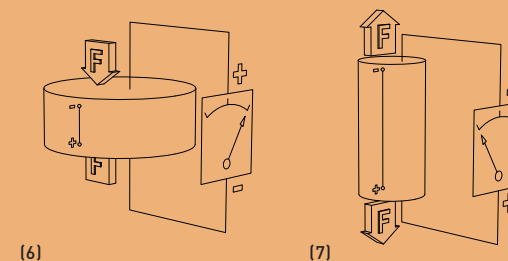
elektrisches Signal

**MESSUNG DES ELEKTRISCHEN
SIGNALS U BZW. I**

INPUT GENERATOR

mechanische Energie

OUTPUT GENERATOR

elektrische Ladung,
elektrische Spannung

**AUFNEHMEN DES ELEKTRISCHEN
SIGNALS U BZW. I**


FORMGEDÄCHTNIS- LEGIERUNGEN

F G L

Formgedächtnislegierungen sind Metalldrähte oder -bleche, die sich bei Erreichen einer bestimmten Temperatur selbstständig in eine vorher eingeprägte Form bewegen.



v.l.n.r.: FGL-Rohre aus Kupfer-Basislegierung, NiTi-Legierungen als Federelemente, FGL-Bleche und -Drähte, Stent aus superelastischem FGL, Gewebe mit integrierten FGL-Drähten

FORMGEDÄCHTNISLEGIERUNGEN

In das FGL-Ausgangsmaterial wird eine beliebige Zielform eingeprägt, an die es sich nach einer mechanischen Verformung erinnert und in welche es bei Erreichen einer bestimmten Temperatur zurückkehrt. Grund für diese als Formgedächtnis (Shape-Memory) bezeichnete Eigenschaft ist die Änderung der Gitterstruktur (Martensit und Austenit) der Legierung in unterschiedlichen Temperaturbereichen. Der Effekt ist vor allem bei Nickel-Titanlegierungen zu beobachten. Bei energieautarker Auslösung des FG-Effekts wird die Aktivierung durch die Umgebungstemperatur erreicht. Soll ein Aktor sehr gezielt angesteuert werden, kann die Temperaturänderung auch über Widerstandsheizern durch die Zufuhr von elektrischer Energie geregelt werden.

Die Verformung des Werkstoffs kann je nach Halbzeug als Stellkraft im Zug-, Druck- oder Biegemodus genutzt werden. Hierbei lassen sich im Verhältnis zum Eigengewicht des Aktors sehr hohe Kräfte realisieren. Häufig werden Drahtaktoren unter Zugbelastung eingesetzt.

Bei Abkühlung der FGL behält der Draht die eingeprägte Form, vor dem erneuten Auslösen des Effekts muss sie wieder mechanisch verformt oder rückgestellt werden.

Eine Erwärmung des FGL-Drahtes durch Stromzufuhr ermöglicht eine höchst präzise Ansteuerung (Dauer und Geschwindigkeit) der Verformung

Eine weitere Eigenschaft von FGL ist der sogenannte pseudoelastische oder superelastische Effekt, der dann nutzbar wird, wenn die Umwandlungstemperatur unter der Einsatztemperatur liegt. Beim superelastischen Effekt ist der Werkstoff unter Einwirkung einer mechanischen Belastung extrem verformbar (bis zu 8%). Bei Entlastung kehrt der Werkstoff selbstständig in seine Ausgangsform zurück. Der superelastische Effekt wird häufig für Federelemente genutzt.

FGL

BESONDERE MERKMALE

- Die Bewegung geschieht lautlos, fließend und „organisch“
- FGL sind korrosionsbeständig und biokompatibel
- Die Aktivierungstemperatur wird über die Legierung (Materialzusammensetzung) definiert
- Die Zielform der FGL wird im Vorfeld „antrainiert“ und ist beliebig redefinierbar
- Spezielle Umformtemperaturen und die Aktormaße können nach Wunsch in Grenzen angepasst werden
- Die Bewegung des FGL-Aktors erfolgt gemächlich und wird (bei gleicher Stromleistung) mit zunehmender Drahtdicke langsamer
- FGL-Halbzeuge sind am Markt etabliert, werden vielfach verwendet und sind frei erhältlich
- Die entstehende Zugkraft eines Drahts mit 2mm Durchmesser reicht aus um 50kg anzuheben

FGL-Halbzeuge von links oben:

FGL-Rohre aus Kupfer-Basislegierung, NiTi-Legierungen als Federelemente, Stent aus superelastischem FGL, FGL-Drähte, Gewebe mit integrierten FGL-Drähten, FGL-Bleche



FGL



FORMGEDÄCHTNISLEGIERUNGEN

FUNKTIONSPRINZIP EINER THERMISCHEN FORMGEDÄCHTNISLEGIERUNG

Bei Erwärmung zieht sich ein zuvor gelängter FGL-Draht, hier in Federform (3), wieder zusammen (1). Kühlt der Draht ab, behält er die durch Erhitzen angenommene Zielform (2). Bevor der Effekt erneut genutzt werden kann, muss der Draht mechanisch in die Ausgangsform (3) zurückgeführt werden. Dieser Rückstellvorgang (hier Längung der Feder) erfolgt beispielsweise durch ein Gewicht, das in das Aktorsystem integriert wird.

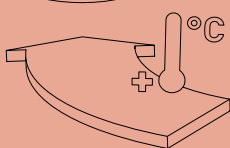
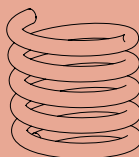
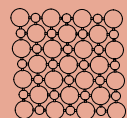
MATERIALFUNKTIONEN

AKTOR
SENSOR

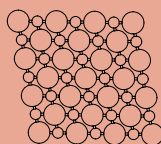
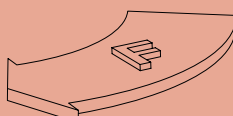
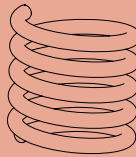
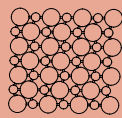
EINFLUSSPARAMETER

Legierung, Aktor-Geometrie,
(Umgebungs-) Wärme,
Art der Verformung (Zug,
Druck, Biegung, Torsion)

(1) HOCHTEMPERATURPHASE MARTENSIT



(2) NIEDERTEMPORATURPHASE VERZWILLINGTE MATERIALSTRUKTUR

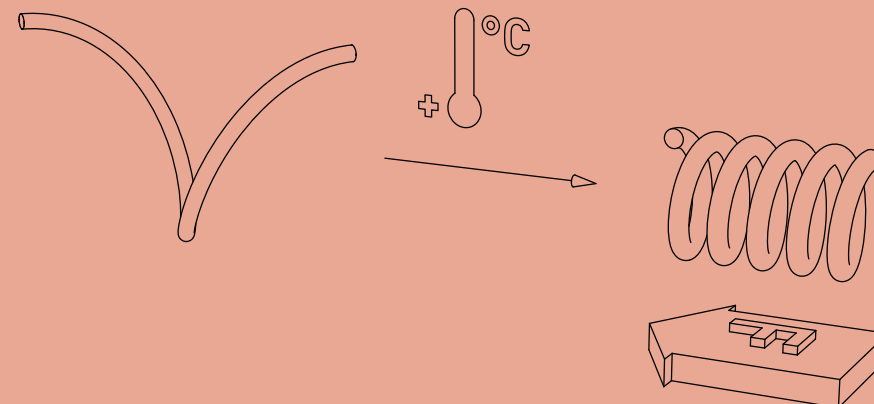


(3) VERFORMTES MARTENSIT

THERMISCHER FORMGEDÄCHTNISEFFEKT

INPUT AKTOR
thermische Energie

OUTPUT AKTOR
Kraft, Verformung



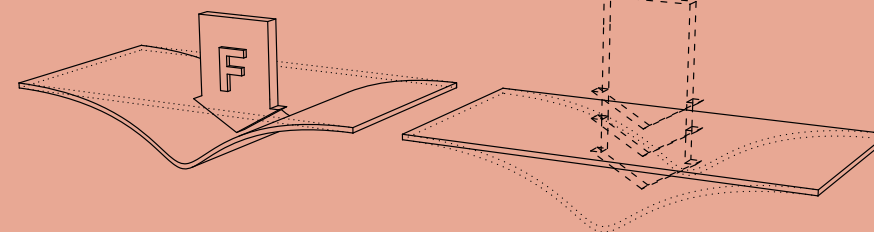
SUPERELASTISCHER EFFEKT

BEDINGUNG

Material liegt bei Einsatztemperatur
in Hochtemperaturphase vor

EFFEKT

Selbstständige Rückkehr des Materials
in die Ausgangsform sobald es
entlastet wird (Kraft F lässt nach)



FORMGEDÄCHTNISLEGIERUNG ALS SENSOR

Für bestimmte Regelungsentwürfe können der thermische FG-Effekt und der pseudoelastische Effekt als Sensoren genutzt werden. Mittels Widerstandsmessung wird die Verformung bzw. Temperatur detektiert.

AKTORISCHE LEGIERUNGEN

INPUT thermische Energie

OUTPUT Messung von Widerstandsänderung
zur Bestimmung der Verformung

SUPERELASTISCHE LEGIERUNGEN

INPUT mechanische Energie

OUTPUT Messung von Widerstandsänderung
zur Bestimmung der Verformung

ST4SD

SMART TOOLS FOR
SMART DESIGN

» SMART TOOLS «

Die »Smart Tools« gliedern sich in mehrere Formate: den Einstieg bereiten die »**Funktions-Clips**«, welche die Eigenschaften der »Smart Materials« zeigen und Neugier wecken. Begleitet werden die Kurzfilme von einer sich stets erweiternden »**Fallstudiensammlung**« mit Referenzprojekten. Diese ermöglicht einen Überblick und zeigt das Spektrum der existierenden, visionären Konzepte mit »Smart Materials« bis hin zu etablierten Massenprodukten. Die Fallstudien sind nach Materialien und gestaltungsrelevanten Kategorien gegliedert. Vertiefende Informationen zu Funktionsweisen und Merkmalen der Werkstoffe finden sich auf »**Materialkarten**«. »**Funktionsdemonstratoren**« ermöglichen mit einfachen und zugänglichen, selbst durchführbaren Versuchen, die Materialien in Aktion zu erleben und erleichtern ein erstes Abschätzen der Potentiale und Grenzen. Damit Designer selbst aktiv mit den Materialien experimentieren können, helfen zugängliche »**DIY-Anleitungen**« und digitale sogenannte »**Auslegungstools**« sowie eine umfassende »**Datenbank**« bei der Suche nach dem richtigen Material für einen definierten Zweck. Alle Tools werden auf einer

interaktiven »**Website**« zusammengefasst, die ein breites Publikum wirkungsvoll anspricht. Das Wissen zu »Smart Materials« wird damit verständlich und greifbar allgemein zugänglich gemacht.

Mit den »**Smart Tools**« wird nicht beabsichtigt, die Technologie-Experten zu ersetzen. Im Gegenteil, sie sollen die gemeinsame Zusammenarbeit befördern und dabei unterstützen, Kommunikationsbarrieren abzubauen, um interdisziplinär, effektiv und konstruktiv gemeinsam Neues zu schaffen.

DIE TOOLS

» **FUNKTIONS-CLIPS** «

» **FALLSTUDIENSAMMLUNG** «

» **MATERIALKARTEN** «

» **FUNKTIONS-DEMONSTRATOREN** «

» **DIY-ANLEITUNGEN** «

» **DIGITALE AUSLEGUNGSTOOLS** «

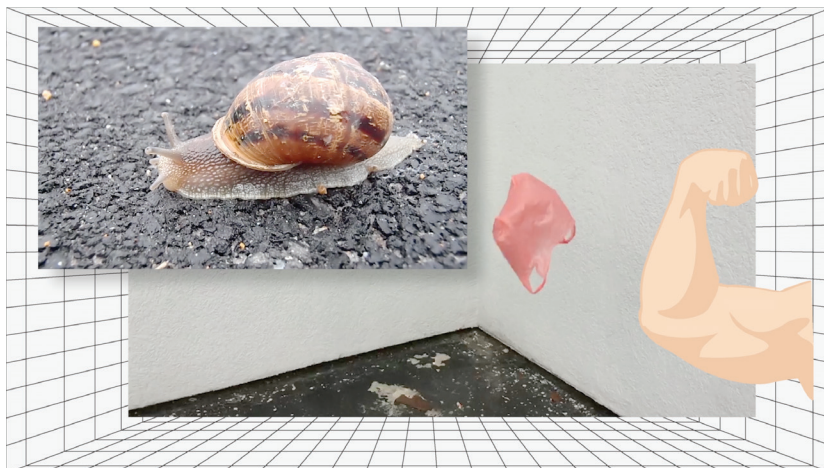
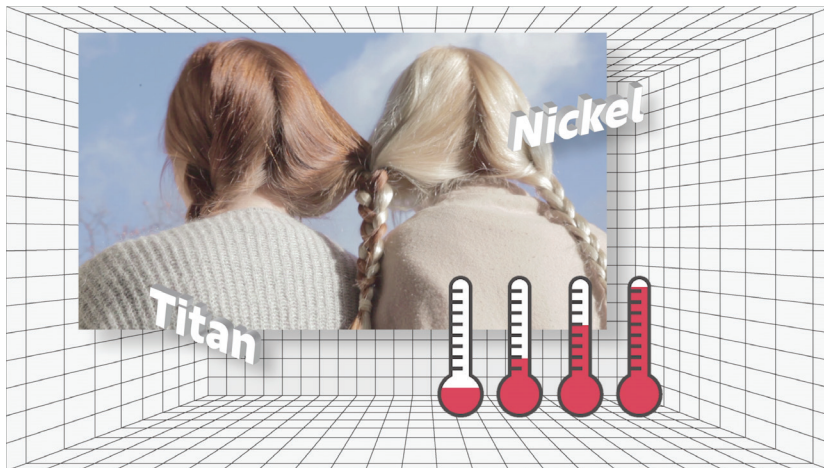
» **DATENBANK** «

» **WEBSITE** «

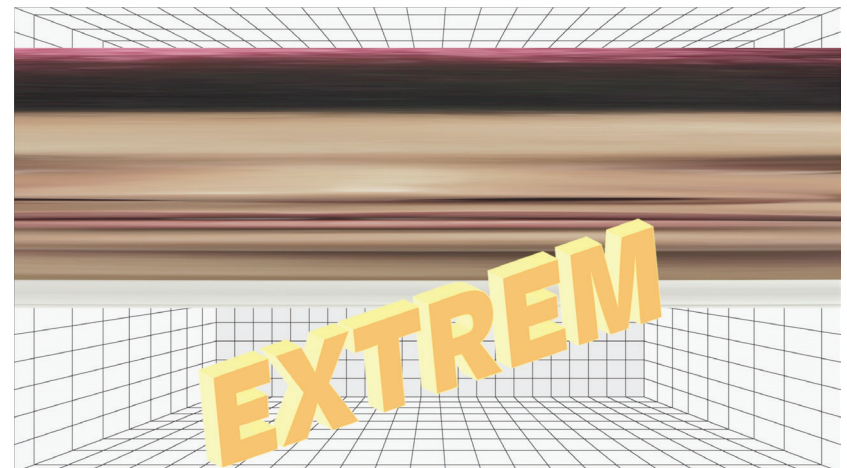
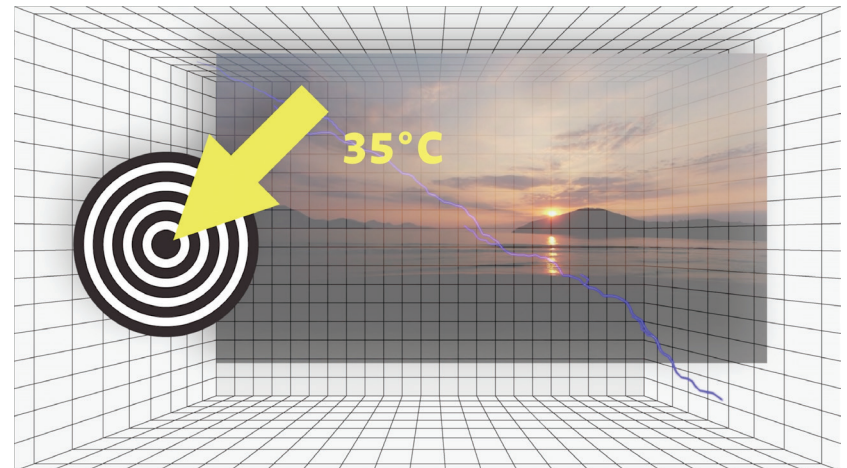
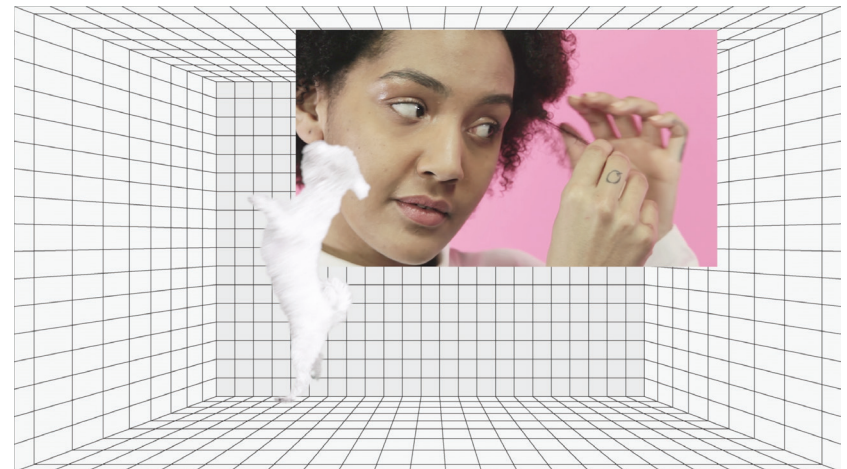
FUNKTIONS-CLIPS

Die Filme sind spielerisch und illustrativ gestaltet. Sie wecken Neugier und machen Lust mehr über »Smart Materials« zu erfahren.

Film-Stills Formgedächtnislegierungen



st4sd



funktions-clips

FALLSTUDIENSAMMLUNG

Formgedächtnislegierungen, Piezokeramiken und Dielektrische Elastomere werden bereits vielfach verwendet. Das Spektrum reicht von visionären Konzepten bis hin zu massenhaft produzierten Gebrauchsgegenständen. Die Fallstudiensammlung ermöglicht einen Überblick zu diesen bereits existierenden Anwendungsmöglichkeiten mit »Smart Materials«.

Auf Grund der vielen unterschiedlichen Einsatzzwecke, Entwicklungsstadien und Funktionsweisen wie »Smart Materials« in den Projekten eingesetzt werden, sind sie nach gestaltungsrelevanten Parametern in verschiedene Kategorien unterteilt.

Durch Auswahl der einzelner Parameter (Smart Material, Funktionsweise, Input, Output, Anwendungsbereich und Entwicklungsstadium) lassen sich die Projekte miteinander verbinden und vergleichen.

Die Sammlung gibt es in Form von Karten und als interaktives Tools auf der website www.st4sd.de



TOOLS

Fallstudiensammlung im Kartenformat

MATERIALKARTEN

Auf den Materialkarten sind wichtige Fakten zu Funktionsweisen, Besonderheiten, Verfügbarkeiten und Parametern aufgeführt und anschaulich illustriert.

DIELEKTRISCHE ELASTOMERE

Dielektrische Elastomere (DE) sind formveränderbare Materialien. Die dünnen, mit Elektroden beschichteten Folien dehnen sich beim Anlegen von sehr hoher elektrischer Spannung (kV) aus.

DEs sind eine Untergruppe der elektroaktiven Polymere und finden in den Bereichen Aktorik und Sensorik sowie als Generatoren Anwendung. Sie bestehen aus einer sehr dehnbaren Elastomerfolie, welche an Ober- und Unterseite mit elastischen Elektroden beschichtet ist. Je nach Anwendung werden DE-Wandler unterschiedlich verarbeitet. Soll eine großmögliche Längenänderung in der Ebene erzielt werden, werden „Ein-Schicht-Aufbauten“ integriert. Liegt der Fokus auf dem Höhenunterschied, werden sie zu mehrschichtigen „Stapelaufbauten“ gebündelt. Für bestimmte Anwendungen können sie zu Rollen gewickelt werden.

Bei Dehnung der DE-Wandler ist eine Kapazitätsänderung messbar (Sensorik). Die durch zyklisches Verformen entstehende elektrische Spannung kann als elektrische Energie abgegriffen werden. Energy-Harvesting-Modulen aus DEs zur Gewinnung von elektrischer Energie aus Vibrationen, Wellen oder Schwingungen zu gewinnen, werden sehr hohe Wirkungsgrade prognostiziert.

SHART[®] MATERIALKARTE

BESONDERE MERKMALE

- Der funktionale Aufbau eines DE-Wandlers ist sehr einfach, sie sind extrem leicht und weisen wenig bis keinen Verschleiß auf
- Beim Anlegen einer elektrischen Spannung (momentan im kV-Bereich) können Dehnungen um deutlich > 10% - in einigen Fällen sogar bis zu 300% - beobachtet werden
- Die Ausdehnung bzw. Komprimierung des DE-Wandlers ist über die angelegte Spannung präzise und stufenlos regelbar
- DE-Wandler agieren sehr schnell (in wenigen Millisekunden) und geräuschoslos
- DE-Wandler arbeiten reversibel (d. h. wenn die Spannung bzw. mechan. Belastung abnehmen, kehren sie wieder vollständig in ihren Ausgangszustand zurück)
- Die Farbigkeit der DEs wird durch die Farbe des Elastomerfilms sowie der Elektroden bestimmt. Üblicherweise werden schwarze Elektroden (aus Carbon) verwendet, darüber hinaus sind metallische Färbungen möglich. Die DE-Folien selbst sind transparent und können je nach Materialzusammensetzung unterschiedlich gefärbt sein.
- Dielektrische Elastomerkonstruktionen befinden sich noch weitestgehend im Forschungsstadium, kostengünstige Ausgangsmaterialien und die Entwicklung industrieller Fertigungstechnologien stellen jedoch eine mittelfristige Marktverfügbarkeit in Aussicht

MK DE A

PIEZOKERAMIKEN

Piezokeramiken sind formveränderbare Materialien mit elektromechanischer Kopplung. Bei Zufuhr von elektrischer Spannung (U) verformen sich die Keramiken, umgekehrt entsteht bei mechanischer Einwirkung eine elektrische Ladung.

Piezokeramiken sind Metalloxide komplexer chemischer Zusammensetzung, die mit Elektroden versehen werden und so die Werkstoffbasis für Funktionsbauelemente bilden, die als Aktoren, Sensoren oder Generatoren Anwendung finden.

Als direkten Piezoeffekt bezeichnet man das Auftreten eines elektrischen Signals, die an den Elektrodenflächen der Piezokeramik entstehen, wenn das Bauteil mechanisch verformt wird (Bsp. Kompression, Biegung). Dieses elektrische Signal kann gemessen werden (Sensorfunktion) oder zur Bereitstellung begrenzter Mengen an elektrischer Energie genutzt werden (Generator).

Beim inversen piezoelektrischen Effekt wird durch Anlegen einer elektrischen Spannung eine geringfügige Verformung erzeugt, die Piezokeramik wird so als Aktor verwendet. Die Formveränderung der Piezokeramik ist relativ klein, sehr präzise, blitzschnell und besitzt hohes Kraftpotential. Die extrem kurzen Reaktionszeiten erlauben die Anregung hochfrequenter Schwingungen, woraus sich Anwendungen als Ultraschallwandler und elektromechanische Transformatoren ableiten. Die Fülle und Unterschiedlichkeit der Bauteile erlaubt große gestalterische Spielräume und erhöht das Anwendungspotential.

MK PIEZO

BESONDERE MERKMALE

- Piezokeramiken agieren sehr schnell mit Ansprechzeiten unter 100 µs
- Die Auslenkung (Verformung) ist begrenzt und sehr gering (ca. 0,1% der Bauelementlänge)
- Der Piezoeffekt ist bei Einhaltung definierter Grenzwerte direkt umkehrbar
- Bei zyklischer Ansteuerung werden Frequenzen im MHz-Bereich erreicht, die weit über hörbare Frequenzen hinausgehen können
- Piezokeramische Bauelemente sind robust, langlebig und verschleißarm
- Sie lassen sich mit vielen Weiterverarbeitungstechnologien (Laminieren, Gießen, Siebdrucken etc.) verbinden und in andere Werkstoffe integrieren
- Bauelementformen sind von hart bis biegsam am Markt erhältlich, Standard-Bauelemente sind sehr kostengünstig

FORMGEDÄCHTNISLEGIERUNGEN

Thermische Formgedächtnislegierungen (FGL) sind formveränderbare Materialien. In das FGL-Ausgangsmaterial wird eine beliebige Zielform eingepreßt, an die es sich nach einer mechanischen Verformung „erinnert“ und in welche es bei Erreichen einer bestimmten Temperatur zurückkehrt. Grund für diese als Formgedächtnis (Shape-Memory) bezeichnete Eigenschaft ist die Änderung der Gitterstruktur (Martensit und Austenit) der Legierung in unterschiedlichen Temperaturbereichen. Der Effekt ist vor allem bei Nickel-Titanlegierungen zu beobachten.

Bei energiearmer Auslösung des FG-Effekts wird die Aktivierung durch die Umgebungstemperatur erreicht. Soll ein Aktor sehr gezielt angesteuert werden, kann die Temperaturänderung auch über Widerstandsheizungen durch die Zufuhr von elektrischer Energie geregelt werden.

Die Verformung des Werkstoffs kann je nach Halbzeug als Stielkraft im Zug-, Druck- oder Biegemodus genutzt werden. Hierbei lassen sich im Verhältnis zum Eigengewicht des Aktors sehr hohe Kräfte realisieren. Häufig werden Drahtaktoren unter Zugbelastung eingesetzt.

Bei Abkühlung der FGL behält der Draht die „eingepreßte“ Form, vor dem erneuten Auslösen des Effekts muss sie wieder mechanisch verformt oder „rückgestellt“ werden.

Eine weitere Eigenschaft von FGL ist der sogenannte pseudoelastische oder superelastische Effekt, der dann nutzbar wird, wenn die Umwandlungstemperatur unter der Einsatztemperatur liegt. Beim superelastischen Effekt ist der Werkstoff unter Einwirkung einer mechanischen Belastung extrem verformbar (bis zu 9%). Bei Entlastung kehrt der Werkstoff selbstständig in seine Ausgangsform zurück. Der superelastische Effekt wird häufig für Federelemente genutzt.

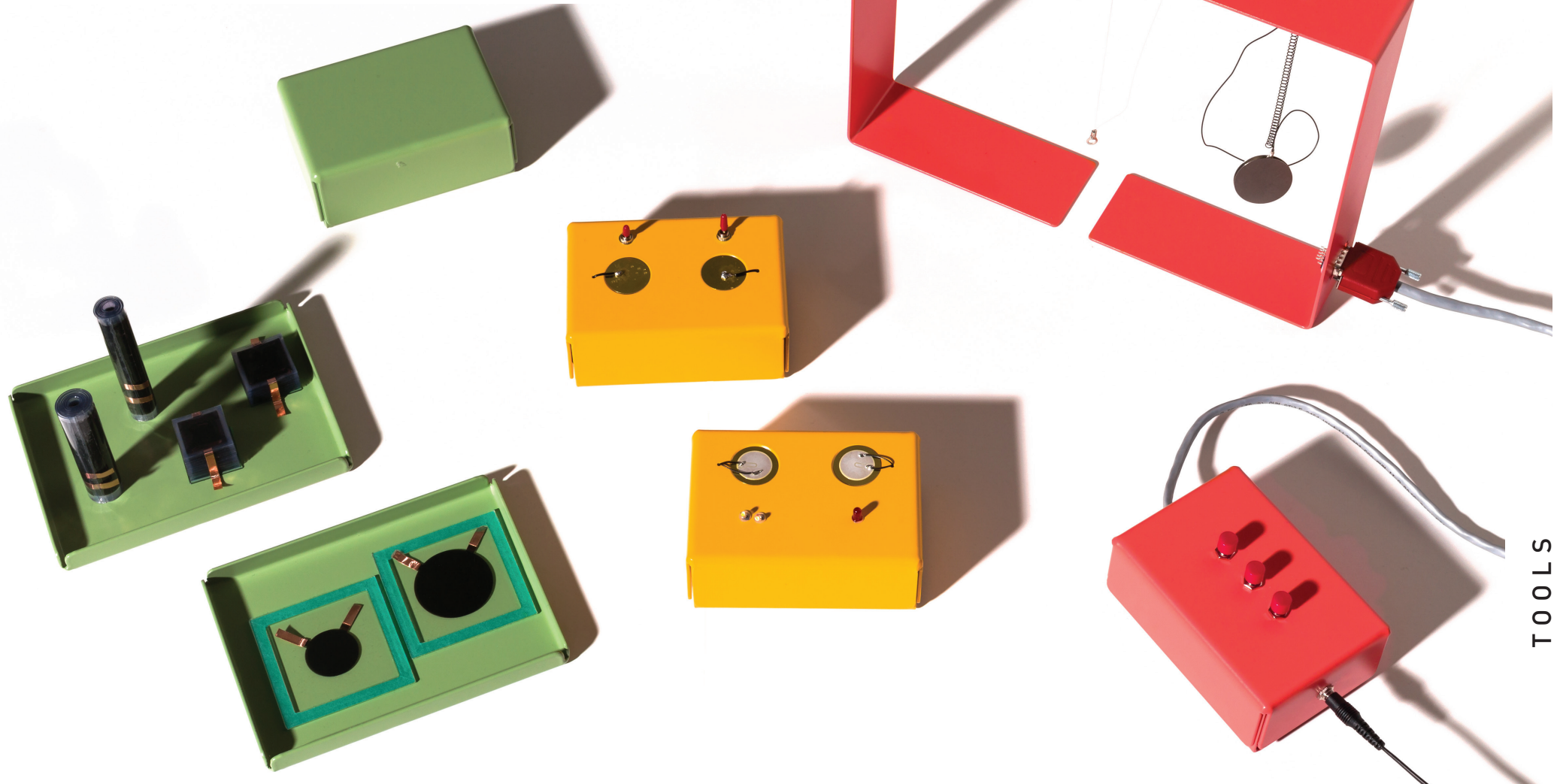
MK FGL

BESONDERE MERKMALE

- Die Bewegung geschieht lautlos, fließend und „organisch“
- FGL sind korrosionsbeständig und biokompatibel
- Die Aktivierungstemperatur wird über die Legierung (Materialzusammensetzung) definiert
- Die Zielform der FGL wird im Vorfeld „antrainiert“ und ist beliebig redefinierbar
- Spezielle Umformtemperaturen und die Aktorforme können nach Wunsch in Grenzen angepasst werden
- Die Bewegung des FGL-Aktors in die eingepreßte Form erfolgt gemächlich und wird mit zunehmender Drahtdicke langsamer
- FGL-Halbzeuge sind am Markt etabliert, werden vielfach verwendet und sind frei erhältlich
- Die entstehende Zugkraft eines Drahts mit 2mm Durchmesser reicht aus um 50kg anzuheben

FUNKTIONS-DEMONSTRATOREN

Die Funktionsdemonstratoren ermöglichen es, die Werkstoffe und deren Effekte mit besonderen Eigenschaften in Aktion zu erleben und zu verstehen.



TOOLS

Toolsammlung nach Farben. Grün: Dielektrische Elastomere;
gelb: Piezokeramiken; Rot: Formgedächtnislegierungen

FUNKTIONS-DEMONSTRATOR

DIELEKTRISCHE ELASTOMERE

DE-Wandler benötigen zur Ansteuerung Hochspannung (mehrere kV). Da der Versuchsaufbau demnach meistens mit professioneller Hilfe im Labor geschehen kann, sind die Demonstratoren als schematische Prinzip-Modelle aufgebaut. Dargestellt werden jeweils die Formveränderung der Aktortypen. So wird deutlich, dass Stapelaktoren bei Bestromung in der Höhe komprimiert werden und sich in der Ebene ausdehnen. Rollenaktoren werden größer und schmaler. Bei Ein-Schicht-Aufbauten wird die Formänderung an der Ausdehnung der schwarzen Elektroden-Fläche sichtbar.



DE-Wandler: links jeweils im aktivierten Zustand und rechts im Ruhezustand. v. l. n. r.: Stapelaktor, Rollenaktor und Ein-Schicht-Aufbau

FUNKTIONS-DEMONSTRATOR

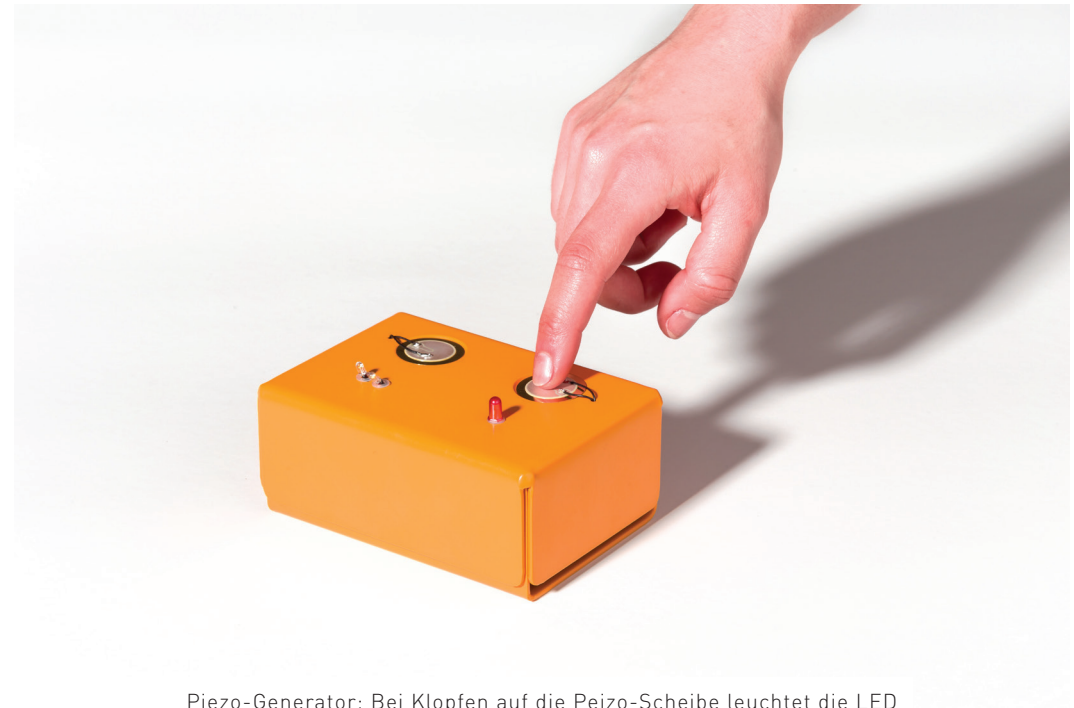
PIEZOKERAMIKEN

Die Piezo-Demonstratoren ermöglichen es die Generator-Funktionen eines Piezo-Wandlers zu testen.

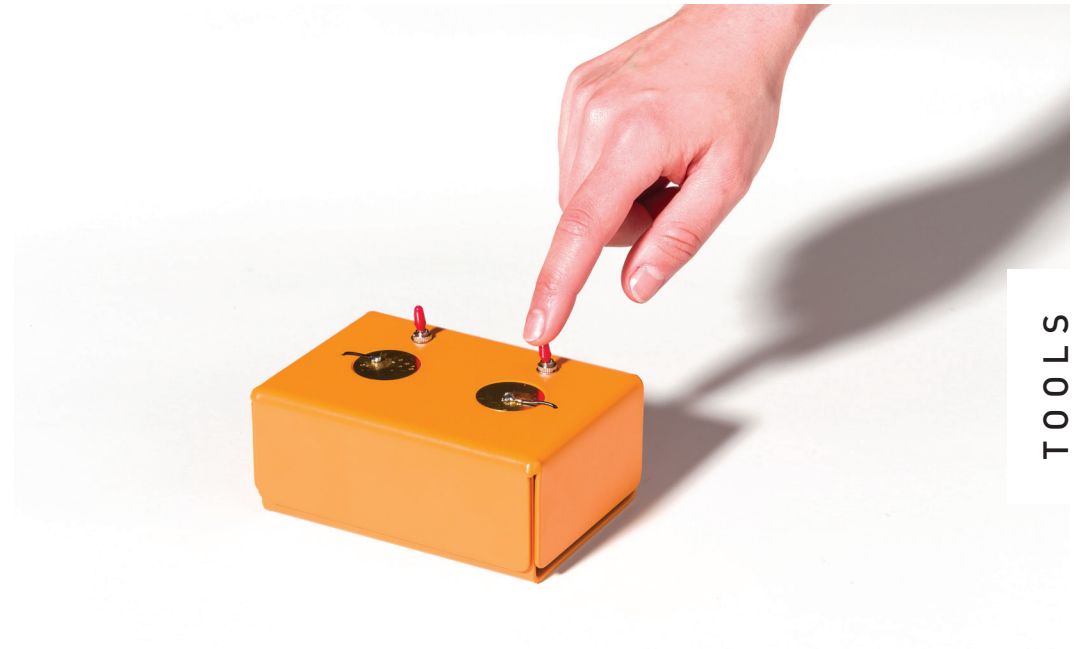
Durch leichtes Klopfen auf die Keramik wird genügend Strom erzeugt um eine LED zum Leuchten zu bringen.

Wiederum bei Bestromung der Keramik werden die erzeugten Schwingungen durch Töne erlebbar. Bei den Demonstratoren wird ersichtlich, dass die Formveränderungen mit bloßem Auge nicht wahrnehmbar sind und trotzdem sensorisch (hörbar) erkannt werden können.

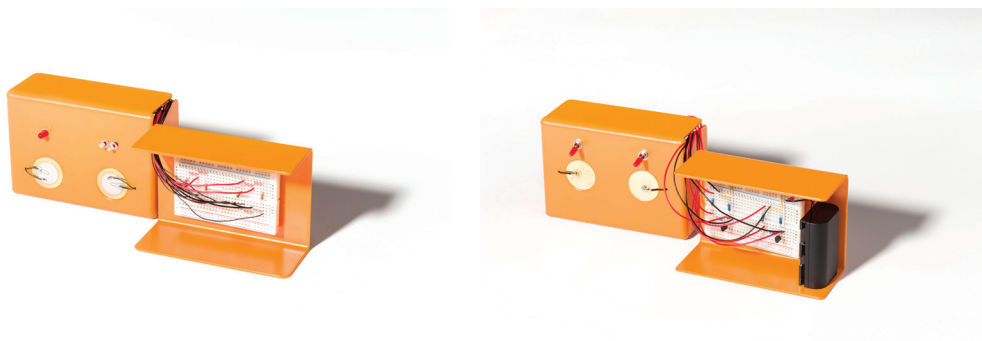
Die Demonstratoren können einfach geöffnet werden und ermöglichen die Nachvollziehbarkeit des Versuchsaufbaus.



Piezo-Generator: Bei Klopfen auf die Piezo-Scheibe leuchtet die LED



Piezo-Aktor: Durch Anlegen von elektrischer Spannung ist ein Pfeifton hörbar



Oben links: Geöffneter Generator mit unterschiedlichen LEDs. Die mechanische Verformung der Keramik generiert Energie um die Leuchten zu aktivieren. Oben rechts: Geöffneter Aktor, bei dem durch Bestromung (mittels Schalter) zwei unterschiedlich hohe Töne erzeugt werden

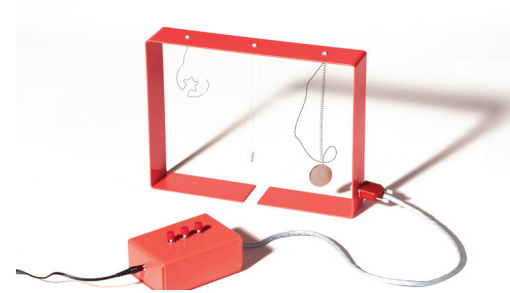
FUNKTIONS-DEMONSTRATOR

FORMGEDÄCHTNISLEGIERUNGEN

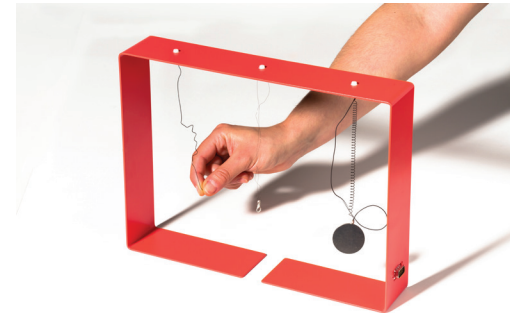
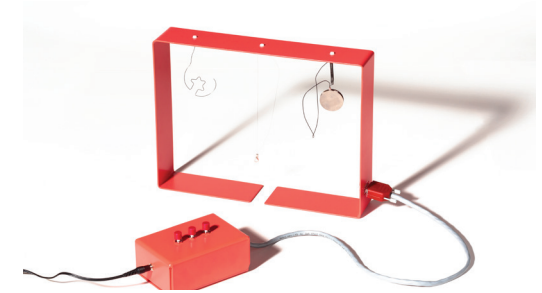
Der FGL-Demonstrator veranschaulicht die Eigenschaften drei verschiedener FGL-Drähte.

Der Formgedächtniseffekt kann durch Zufuhr von Wärmeenergie (z. B. durch ein Feuerzeug) und durch gezielte Bestromung erzeugt werden.

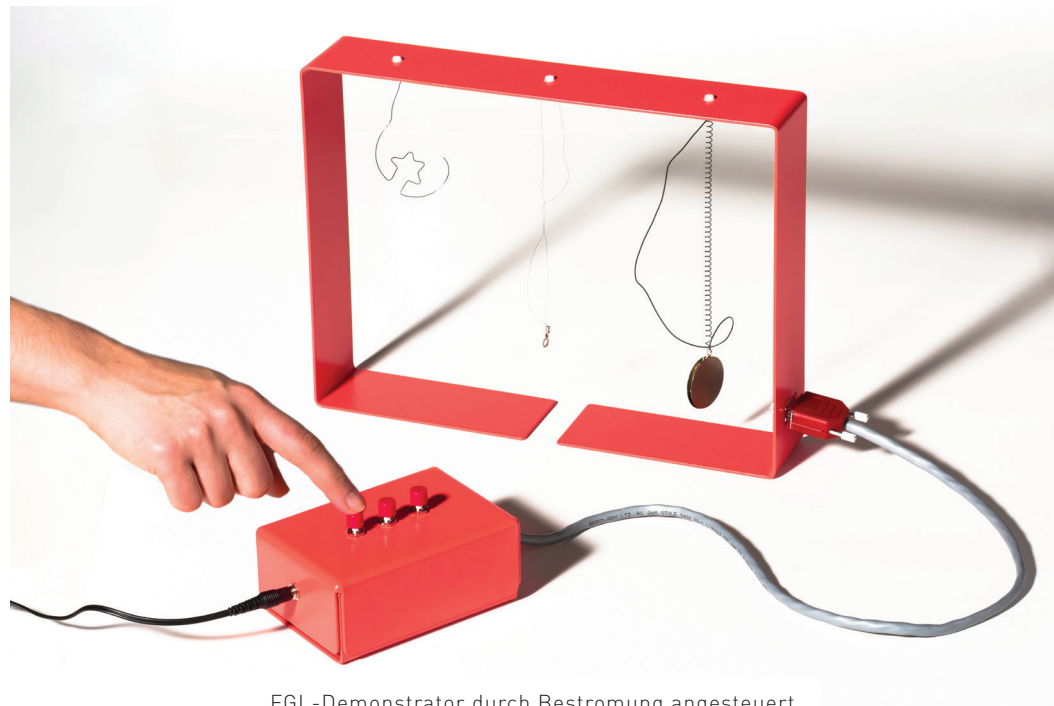
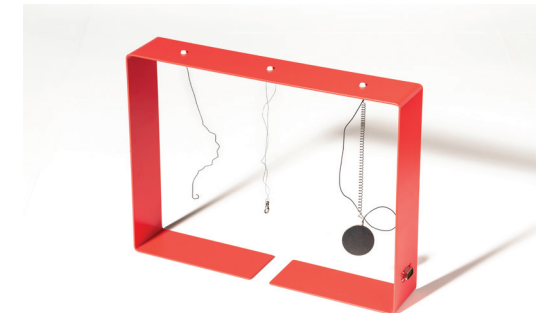
Die drei unterschiedlich trainierten Drähte (Sternform, Verkürzung, Feder) ermöglichen es die Variabilität und entstehenden Kräfte bei Verformung experimentell zu erfassen.



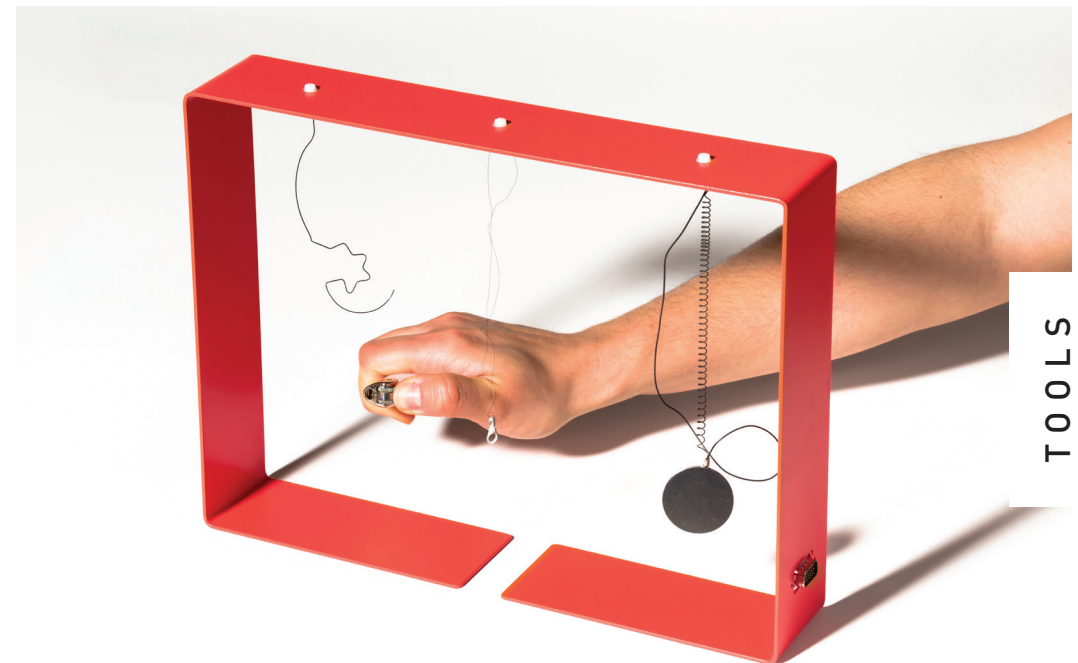
FGL-Feder vor und nach durch Zufuhr von Wärmeenergie durch Bestromung



FGL-Draht wird mechanisch verformt, um...



FGL-Demonstrator durch Bestromung angesteuert



...sich bei Wärmezufuhr erneut zu verformen

DO-IT-YOURSELF ANLEITUNGEN

Die einfach zu verstehenden Anleitungen ermöglichen es eigene Tests mit den formveränderbaren Materialien durchzuführen, um diese in konkrete Projektideen einfließen zu lassen.



DIY-ANLEITUNG

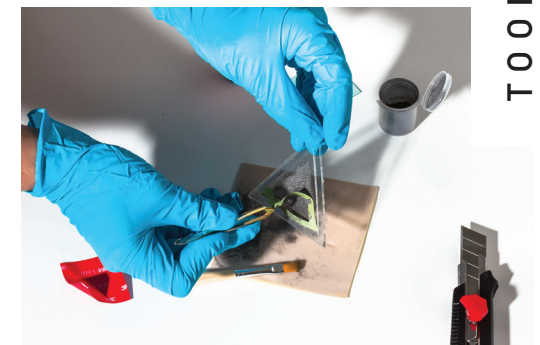
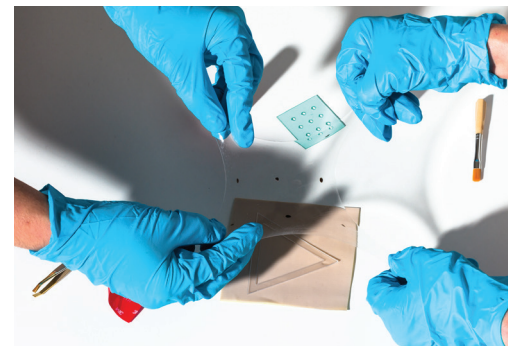
DIELEKTRISCHE ELASTOMERE

Dielektrische Elastomeraktoren haben einen prinzipiell einfachen Aufbau. Sie können mit wenigen Materialien und Hilfsmitteln selbst gefertigt werden.

Das DIY-Kit beinhaltet alle nötigen Utensilien und eine ausführliche Anleitungen um verschiedene Dielektrische Elastomerwandler experimentell herzustellen.



Oben: Utensilien im DIY-Kit zum Selbstbau eines Dielektrischen Elastomerwandlers. Rechts: Bilder in der Anleitung zum prinzipiellen Aufbau eines einfachen Dielektrischen Elastomerwandlers



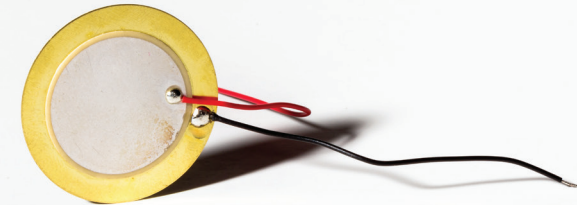
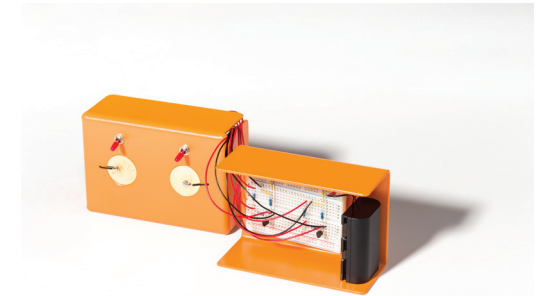
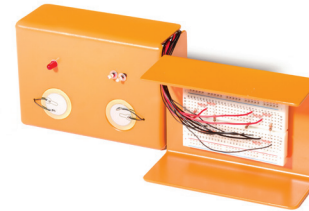
TOOLS

DIY-ANLEITUNG

PIEZOKERAMIKEN

Anhand der Anleitung können Piezo-Generatoren und -Aktoren (Schallwandler) einfach und kostengünstig selbst hergestellt werden. Die schematischen Schaltpläne und Stücklisten sind darin enthalten und ermöglichen den unkomplizierten Nachbau.

Die Anleitung kann auf der webiste www.st4sd.de heruntergalden werden.
Rechte Seite, v. l. n. r.: Piezo-Generator, Piezo-Aktor, günstiger Piezo-Signalgeber mit Verkabelung

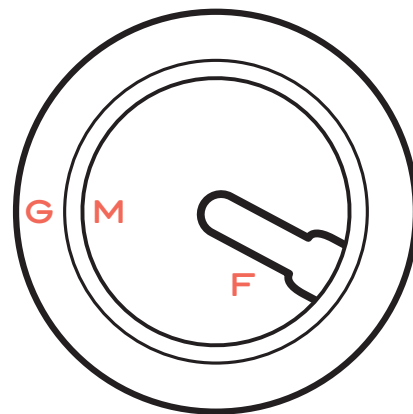


DO-IT-YOURSELF ANLEITUNG PIEZO

ST4SD SMART TOOLS FOR SMART DESIGN

Einfache Piezo-Signalgeber können günstig im Elektrofachhandel erworben werden. Anhand der folgenden Schaltpläne und Stücklisten lassen sich sowohl die Generator- als auch die Aktor- (Schallwandler) - Funktion einer Piezokeramik einfach nachbauen.

Die dritte Elektrode (F) auf einem Piezo-Signalgeber ist nicht zwingend nötig. Sie erzeugt ein Feedback-Signal, das dazu genutzt werden kann, dass der Piezo-Signalgeber automatisch auf seiner Resonanz-Frequenz schwingt (und somit beispielsweise den lautesten Ton abgibt).

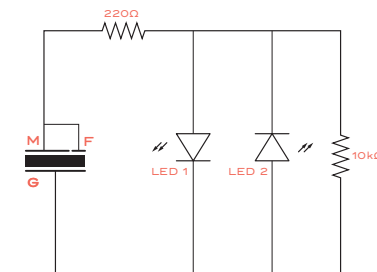


Einfacher Piezo-Signalgeber mit drei Elektroden:
G: Ground (-), M: Main (+) und F: Feedback (+)

ST4SD.DE

1/2

Piezo Generator



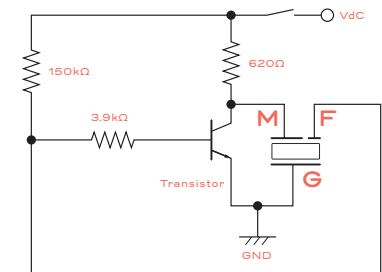
Information

Die mechanische Verformung des Piezo-Signalgebers, also das Klopfen auf die Piezo-Scheibe, erzeugt eine geringe Menge elektrischer Energie, und bringt somit die LED zum Leuchten.

Stückliste

- 1 × Widerstand 1 (220 Ohm)
- 1 × Widerstand 2 (10 kOhm)
- 2 × LED (zb. von Conrad, Best.-Nr.: 185877-62)
- 1 × Piezo-Signalgeber mit dritter Elektrode (zb. von Conrad, Best.-Nr.: 712930-62)
- Steckplatine & Drahtbrücken
- Lötcolben, Lötzinne & Litzen zum Kontaktieren des Piezo-Signalgebers

Piezo Aktor – Schallwandler



Information

Durch Betätigung des Kippschalters wird eine elektrische Spannung an die Piezoscheibe angelegt. Dadurch verformt sich diese. Die Verformung ist mit bloßem Auge nicht erkennbar, da sie aber sehr schnell und sehr oft passiert, ist die Verformung in einem deutlichen Pfeifton hörbar. Je nach Bauart des Piezo-Signalgebers werden unterschiedlich hohe Töne erzeugt.

Stückliste

- 1 × Widerstand 1 (150 kOhm)
- 1 × Widerstand 2 (3,9 kOhm)
- 1 × Widerstand 3 (620 Ohm)
- 1 × Transistor BC337
- 1 × Piezo-Signalgeber mit dritter Elektrode (zb. von Conrad, Best.-Nr.: 712930-62)
- 1 × Versorgungsspannung von 3 Volt (zb. 2 x AA Batterien)
- 1 × Miniatur Kippschalter
- Steckplatine & Drahtbrücken
- Lötcolben, Lötzinne und Litzen zum Kontaktieren des Piezo-Signalgebers

ST4SD.DE

2/2

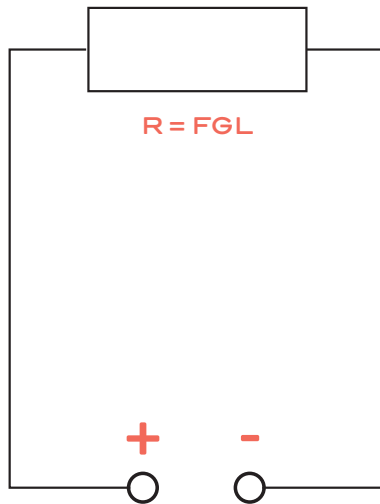
TOOLS

DIY-ANLEITUNG

FORMGEDÄCHTNISLEGIERUNGEN

DO-IT-YOURSELF ANLEITUNG FORMGEDÄCHTNISLEGIERUNG

ST4SD SMART TOOLS
FOR
SMART DESIGN



Diese Anleitung beschreibt das Einprägen der Form («Trainieren») und die elektrische Ansteuerung eines FGL-Drahtes am Beispiel eines Smartflex-Drahtes von 20cm Länge und 0,25 mm Durchmesser. Je nach Durchmesser und Länge des Drahtes variiert die Dauer der Erhitzung. Eine andere Legierung hat Einfluss auf die benötigte Temperatur.

1. Einprägen der Form

- Den Draht fest in die gewünschte Form positionieren.
- Den Draht in dieser Form 10 min bei 120 °C mit dem Heißluftföhn erhitzen.
- In einer Schale kaltem Wasser abschrecken.
- Der Draht ist nun fertig trainiert, und wird sich bei Erhitzen (Feuerzeug – Vorsicht! Kann bei Überhitzung die FG-Effekt zerstören), Heißluftföhn bei ca. 90 °C) immer wieder in die eingeprägte Form bringen. Wichtig ist, dass die Aktivierungstemperatur nicht über der Trainingstemperatur liegt.

2. Ansteuerung

- Durch das Anlegen einer geringen Spannung, die den FGL -Draht erwärmt, kann der Vorgang der Formveränderung sehr präzise und berechenbar durchgeführt werden.
- Um den beschriebenen Draht innerhalb von 2 Sekunden gezielt zu aktivieren, wird eine Leistung von ca. 3 Watt benötigt (3V; 1A). Eine Erhöhung der Leistung (durch Stromerhöhung) verkürzt den Umwandlungsvorgang, eine Reduzierung verlangsamt ihn entsprechend. Auch hier: Achtung vor Überhitzung! (Grenzstrom ca. 1,5A). Kräfte, die während der Aktivierung auf den Draht wirken, beeinflussen das Umwandlungsverhalten zusätzlich, u.U. verschieben sich die Temperaturen nach oben. Hier ist Fingerspitzengefühl gefragt, um optimale Bestromungswerte einzustellen, ohne den Draht zu überhitzen. Tipp: Besser immer den Strom einstellen, anstatt die Spannung!



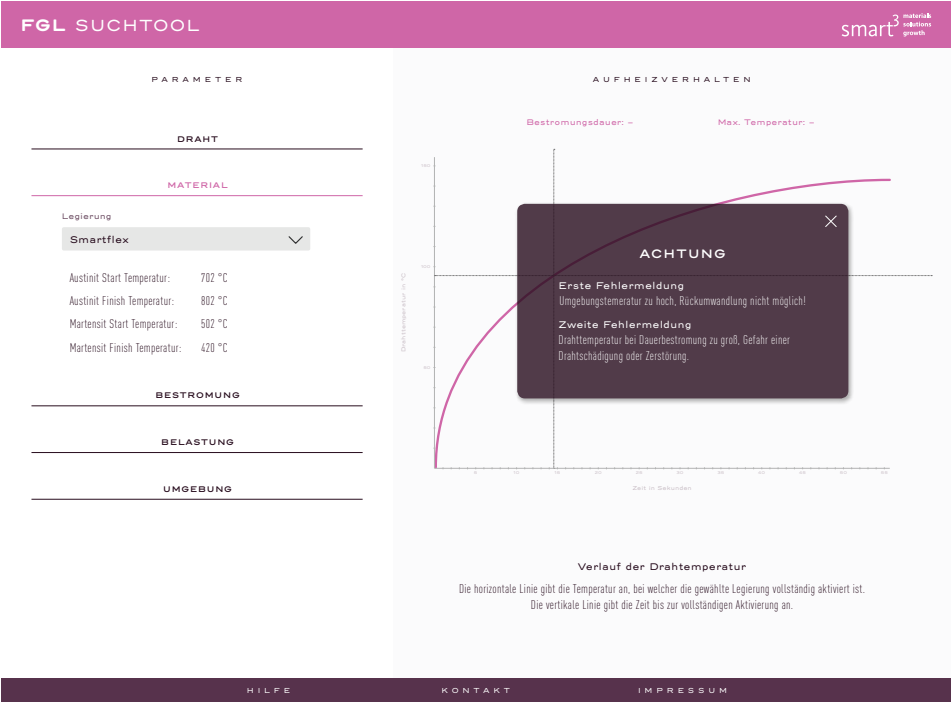
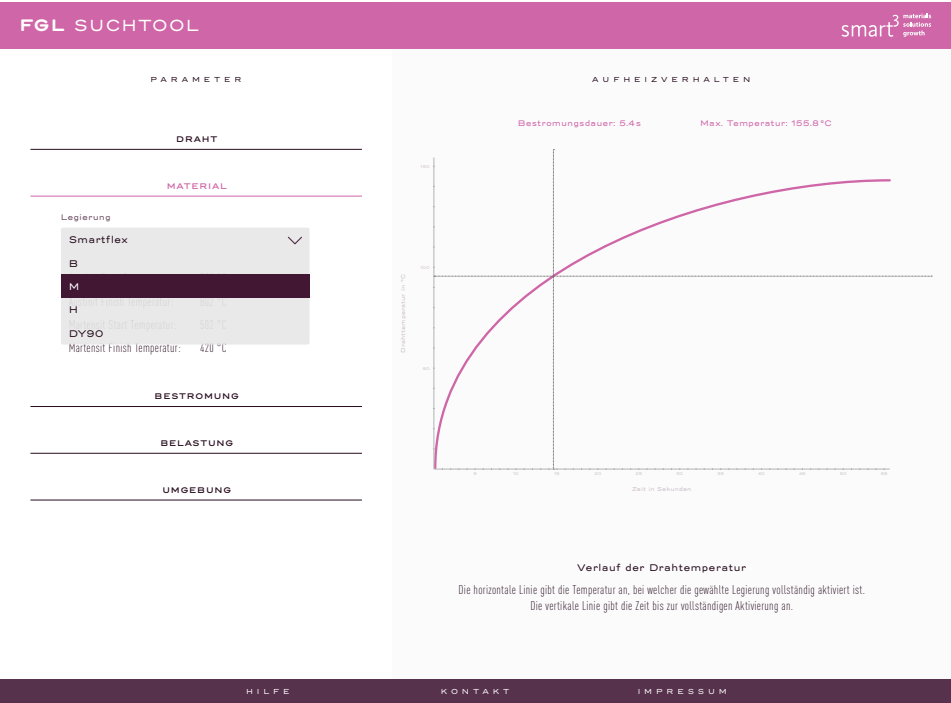
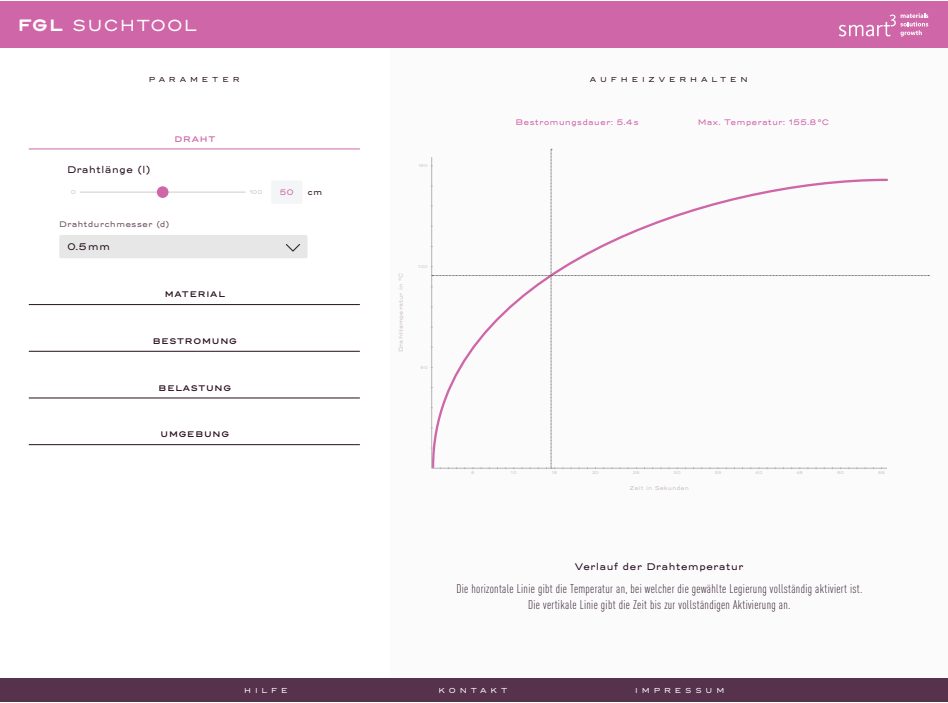
Die Anleitung beschreibt das Einprägen der Form und die elektrische Ansteuerung eines FGL-Drahtes am Beispiel eines Smart-Flex-Drahtes von 20cm Länge und 0,25mm Durchmesser. Die Anleitung kann auf der website www.st4sd.de heruntergeladen werden

ST4SD.DE

INTERAKTIVE AUSLEGUNGSTOOLS

Um »Smart Materials« in eine konkrete Anwendung zu integrieren, unterstützt das FGL-Suchtool bei der Auswahl der passenden Formgedächtnislegierung. Die Benutzeroberfläche ist ansprechend gestaltet und die Informationen sind auf das Wesentliche reduziert. Es können Parameter eingegeben werden, bzw. Angaben zu verschiedenen Auslegungen abgeleitet werden. Das Tool befindet sich derzeit noch in der Entwicklung und soll webbasiert öffentlich zugänglich sein.

Benutzeroberfläche des FGL-Suchtools



TOOLS

DATENBANK

Die Datenbank ermöglicht einen Überblick zu allen in smart³ verwendeten »Smart Materials«. Sie ermöglicht erste Abschätzungen zu Tauglichkeiten, Besonderheiten und Grenzwerten. Die Materialien sind nach gestaltungsrelevanten Parametern evaluiert und können nach definierten Kriterien ausgewählt werden.

Das Tool ist über die Projektwebsite öffentlich zugänglich.

Benutzeroberfläche der Datenbank

FRM MATERIALÜBERSICHT

SUCHE

SUCHE FÜHREN

↓

Input & Output

KATEGORIE

VERWENDUNG & Material

INPUT

Mechanische Energie

▼

INPUTMODUS

Druck

▼

EFFEKT (OUTPUT)

Elektrisches Signal

▼

EFFEKTMODUS

Stromerzeugung

▼

VERWENDUNG

Aktor

▼

MATERIAL

FGL (aktorisches)

▼

SUCHEN

ZURÜCKSETZEN

SCHLIESSEN

HILFE

KONTAKT

IMPRESSUM

FRM MATERIALÜBERSICHT

SUCHE ANPASSEN

INPUT Mechanische Energie X

INPUTMODUS Druck X

EFFECT (OUTPUT) Elektrisches Signal X

EFFECTMODUS Stromerzeugung X

KATEGORIE

SUCHERGEBNISSE

	MATERIAL	BAUWEISE	NUTZBARKEIT	INPUT	INPUTMODUS	EFFECT	EFFECTMODUS
1	Dialelektrische Elastomere	Folie	Generator	mechanische Energie	Druck	Elektrisches Signal	Stromerzeugung
2	Dialelektrische Elastomere	Stapel	Generator	mechanische Energie	Druck	Elektrisches Signal	Stromerzeugung
3	Dialelektrische Elastomere	Folie	Sensor	mechanische Energie	Druck	Elektrisches Signal	Änderung Kapazität
4	Dialelektrische Elastomere	Stapel	Sensor	mechanische Energie	Druck	Elektrisches Signal	Änderung Kapazität

Dialelektrische Elastomere

Sie hätten noch ins Boot springen können, aber der Reisende hob ein schweres, geknetetes Tau vom Boden, drohte ihnen damit und hielt sie dadurch von dem Sprunge ab. In den letzten Jahrzehnten ist das Interesse an Hungerkünstlern sehr zurückgegangen. Aber sie überwandten sich, umdrängten den Käfig und wollten sich gar nicht fortziehen. Jemand musste Josef K. verleumdet haben, denn ohne dass er etwas Böses getan hätte, wurde er eines Morgens verhaftet. «Wie ein Hund!» sagte er, es war, als sollte die Scham ihn überleben.

[mehr...](#)

5	Piezokeramik		Generator	mechanische Energie	Druck	Elektrisches Signal	Stromerzeugung
6	Piezokeramik		Generator	mechanische Energie	Druck	Elektrisches Signal	Änderung Spannung

HILFE

KONTAKT

IMPRESSUM

FRM MATERIALÜBERSICHT

KATEGORIE

Piezokeramik

FGL (AKTORISCH)

MATERIAL	Blech	Draht
Schichtelastische Elastomere		
Schichtelastische Elastomere		
Schichtelastische Elastomere		

FGL (SUPERELASTISCH)

Blech	
Draht	

DIELEKTRISCHE ELASTOMERE

Folie	
Stapel	

Aktorkomponenten

PICMA Stack/Chip	
PICMA Bender	
PICMA Stack/Power/Thru	
DuraAct	
Generator	
Sensor	
Schallwandler	

SUCHEN

ZURÜCKSETZEN

SCHLIESSEN

HILFE

KONTAKT

IMPRESSUM

WEBSITE

WWW.ST4SD.DE

Um das Wissen zu »Smart Materials« einer breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen, sind sämtliche Tools auf einer Website zusammengefasst. Neben den Informationen gibt es zahlreiche Anleitungen, Broschüren und Paper zum download.

Auszug aus dem Interface der Website, die auch unter www.smarttoolsforsmartdesign.de abrufbar ist

ST4SD

SMART TOOLS FOR SMART DESIGN

SMART TOOLS FOR SMART DESIGN

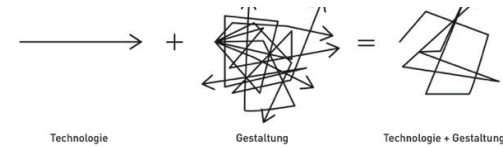
„Smart Materials“ sind Werkstoffe, die die Fähigkeit besitzen, aus sich selbst heraus auf Umweltbedingungen zu reagieren.

Im Konsortium smart3 – das vom BMBF gefördert wird – erproben Designer und Material-Experten in mehreren Pilotprojekten die Konzept- und Produktentwicklung auf Basis von „Smart Materials“.

Das Design hat im Projekt die Aufgabe, Visionen zu skizzieren, wie „Smart Materials“ unseren Alltag formen könnten und auszuloten, welche neuen Gestaltungsspielräume dadurch eröffnet werden.

Das Projekt „Smart Tools for Smart Design“ (ST4SD) – eine Zusammenarbeit von Gestaltern

st4sd



Die »Smart Tools« gliedern sich in mehrere, aufeinander aufbauende Formate. Den Einstieg bereiten die Funktions-Clips, welche die Eigenschaften der Smart Materials zeigen und Neugier wecken. Begleitet werden die Filme von einer sich stets erweiternden Fallstudiensammlung mit Referenzprojekten. Diese ermöglicht einen Überblick und zeigt das Spektrum der existierenden, visionären Konzepten mit Smart Materials bis hin zu etablierten Massenprodukten. Die Fallstudien sind nach Materialien und gestaltungsrelevanten Kategorien gegliedert.



Vertiefende Informationen zu Funktionsweisen und Merkmalen der Werkstoffe finden sich auf »Materialkarten«.

Farbcodierte Funktionsdemonstratoren ermöglichen mit einfachen und zugänglichen, selbst durchführbaren Versuchen, die Materialien in Aktion zu erleben und erleichtern ein erstes Abschätzen der Potentiale und Grenzen. Damit Designer selbst aktiv mit den Materialien experimentieren können, helfen zugängliche DIY-Anleitungen und digitale sogenannte Auslegungstools sowie eine umfassende Datenbank bei der Suche nach dem richtigen Material für einen definierten Zweck. Zusammengefasst werden alle Tools auf einer interaktiven Website, die ein breites Publikum wirkungsvoll anspricht.

Die »Smart Tools« können und sollen Technologie-Experten nicht ersetzen. Sie erleichtern und fördern die gemeinsame Zusammenarbeit und unterstützen dabei, Kommunikationsbarrieren abzubauen, um interdisziplinär, effektiv und konstruktiv gemeinsam Neues zu schaffen.

weißensee

kunsthochschule berlin

Fraunhofer IAP

GERÜNDET VOM
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

zwanzig20
PARTNERSCHAFT FÜR INNOVATION

smart³ materials
solutions
growth

Fraunhofer IWT

Fraunhofer IKTS

website

TOOLS

ST4SD IN DER ÖFFENTLICHKEIT

Die Thematik »Smart Materials« erhält mittlerweile großes Interesse weit über den Design- bzw. Material-Kontext hinaus. Sowohl die Auseinandersetzung mit neuen Materialien und Technologien als auch die Zusammenarbeit zwischen Ingenieuren und Gestaltern, sind und waren Themen verschiedener Symposien in den Bereichen Design-Theorie und -Geschichte sowie bei Veranstaltungen zur praktischen Anwendung von innovativen Materialien.

AUSGEWÄHLTE VORTRÄGE

»**Einbindung von Design als Mehrwert im Produktentwicklungsprozess**«, Veronika Aumann

Fraunhofer-Industry Day, »Smart Materials« im Rahmen der ISPA 2015 - International Symposium on Piezocomposite Applications, Fraunhofer IKTS, Dresden, 16. September 2015

»**ST4SD Materialinnovation und die Einbindung von Design als Mehrwert für die Produktentwicklung**«, Julia Wolf
Symposium talking material – Narrative des Materials Hochschule Hannover, 15. Oktober 2015

»**ST4SD Formveränderbare Materialien**«, Veronika Aumann

Veranstaltung »Intelligente Materialien«, ELEMENTE MaterialForum, Berlin, 12. November 2015

»**ST4SD Synergien zwischen Technologie und Design am Beispiel von »Smart Materials**«, Julia Wolf

Symposium Künstliche Materialien, Gesellschaften für Designgeschichte und für Technikgeschichte, NRW-Forum Düsseldorf, 30. April 2016

U P C O M I N G

Ausstellung der »Smart Tools« und interaktiver Workshop und Vortrag mit formveränderbaren Materialien, Julia Wolf und Veronika Aumann, Ausstellung »+ultra«, Martin Gropius Bau, Berlin. September 2016 - Januar 2017

P A P E R

»**Smart Tools for Smart Design« - Synergien zwischen Technologie & Design am Beispiel von »Smart Materials**«, Julia Wolf, erscheint in der Begleitpublikation zum Symposium talking material der Hochschule Hannover, Sept. 2016 und als Download auf der Projektwebsite, www.st4sd.de

- »Praktische Designforschung«
Prof. Dr. Zane Berzina (weißensee kunsthochschule berlin)

16.20

HERAUSGEBERINNEN

Prof. Dr. Zane Berzina,
Veronika Aumann und Julia Wolf
weißensee kunsthochschule berlin

Bildrechte liegen bei André Wunstorf, Maria Walnut
und Julia Wolf. Grafiken von Raoul G. Horvay, Web-
site-Interface von Studio Bens.

LAYOUT

Julia Wolf

BERLIN, MAI 2016



smart³ materials
solutions
growth



www.st4sd.de

