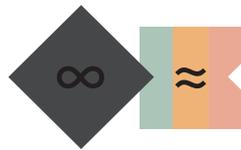


**»SMART TOOLS
FOR SMART DESIGN«**

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 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

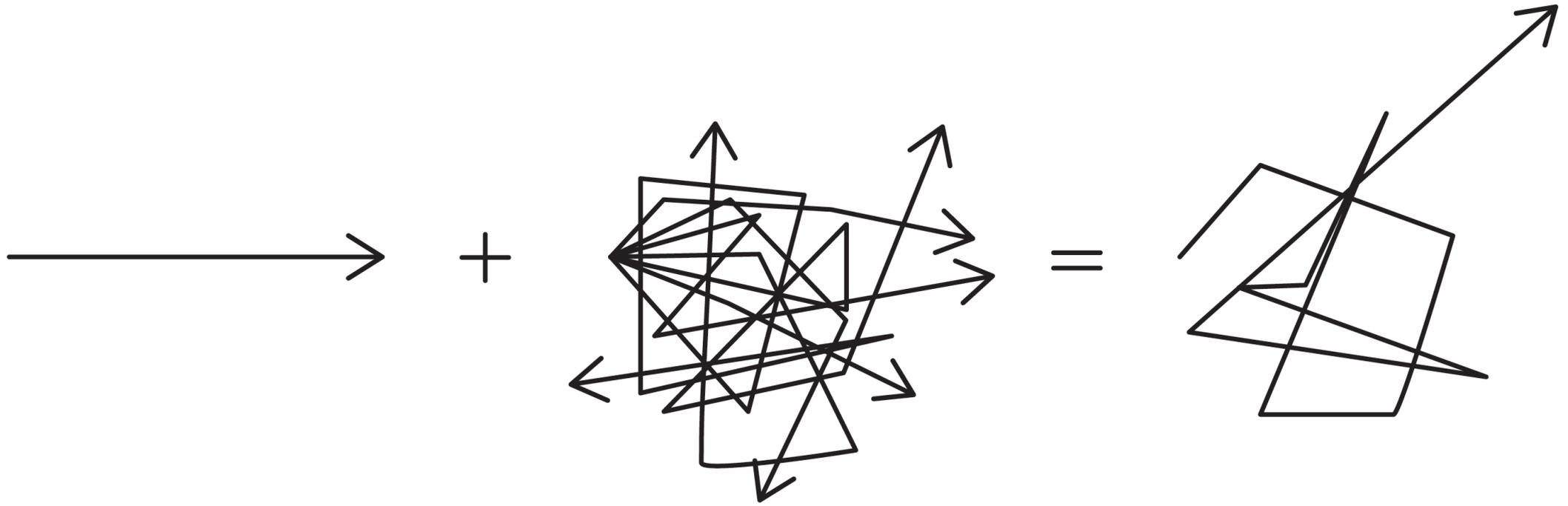
Fachbereich Funktionale Polymersysteme

Dr. Miriam Biedermann

Dr. habil. Hartmut Krüger

Priv.-Doz. Dr. habil. Michael Wegener

SYNERGETISCHE VERZÄHNUNG
TECHNOLOGIE + GESTALTUNG



ST4SD

T + G = 7

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.

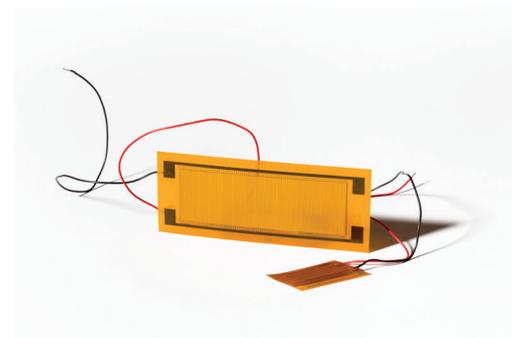
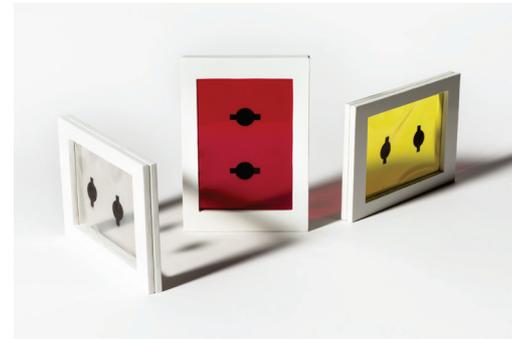
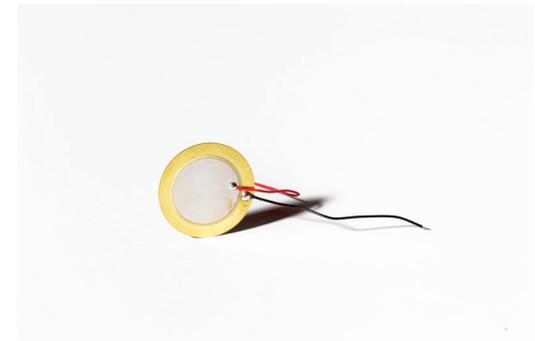
» SMART MATERIALS «
BEI SMART³
FORMVERÄNDER-
BARE WERKSTOFFE

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.

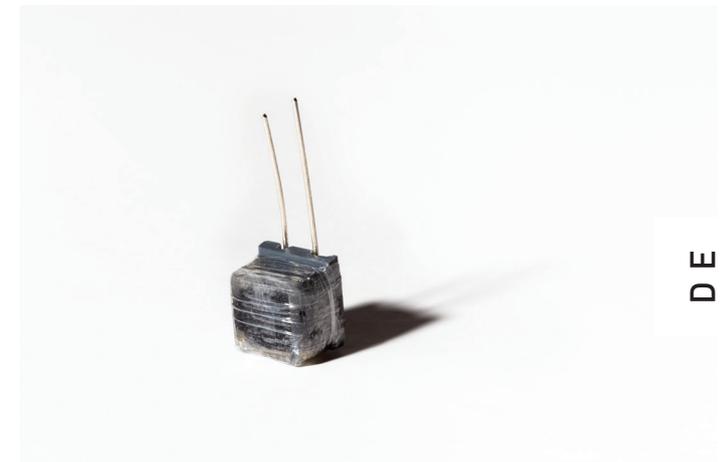
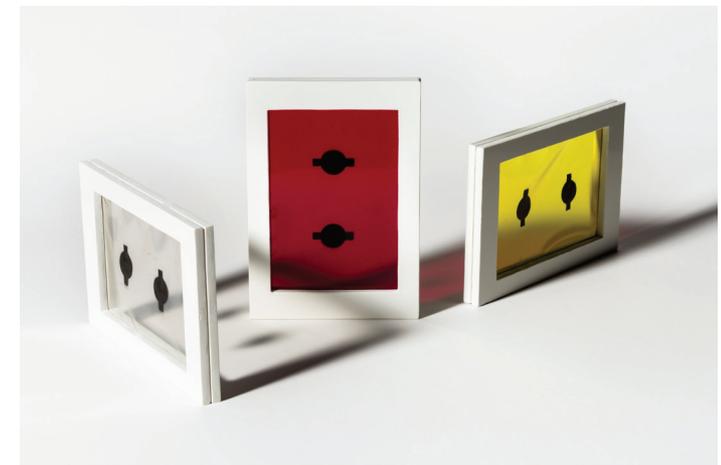
Für bestimmte Anwendungen können sie zu Rollen gewickelt werden.

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.

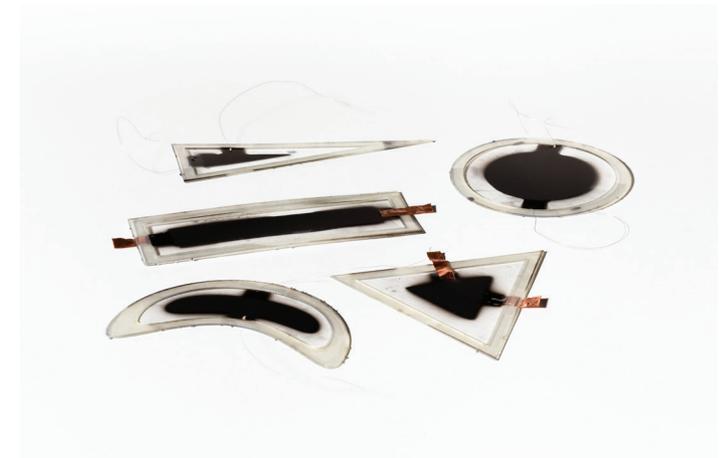
DE BESONDERE MERKMALE

- 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 industrienahe Fertigungstechnologien stellen jedoch eine mittelfristige Marktverfügbarkeit 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.

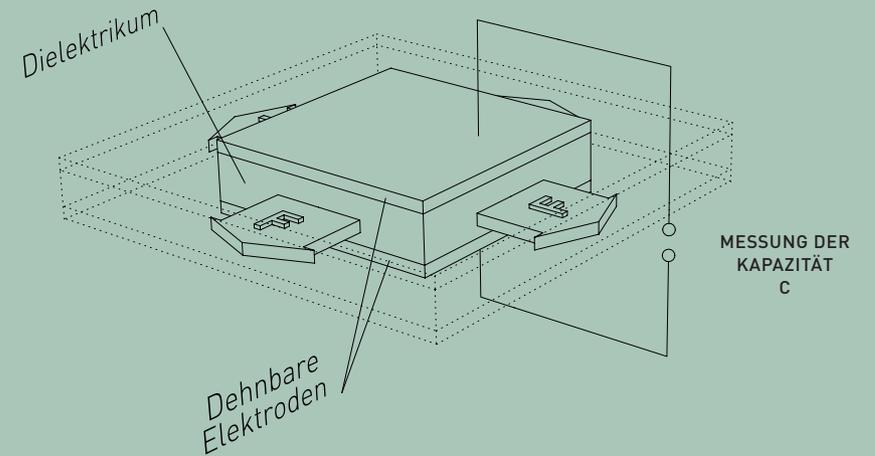
Um DEs als Generatoren zu verwenden, wird der Wandler elektrisch und mechanisch vorgespannt. Wird er nun wiederholt (zyklisch) mechanisch verformt, entsteht bei Entlastung Ladung (bzw. Spannung U), die abgenommen werden kann.

INPUT SENSOR

mechanische Energie

OUTPUT SENSOR

elektrische Ladung,
elektrische Spannung

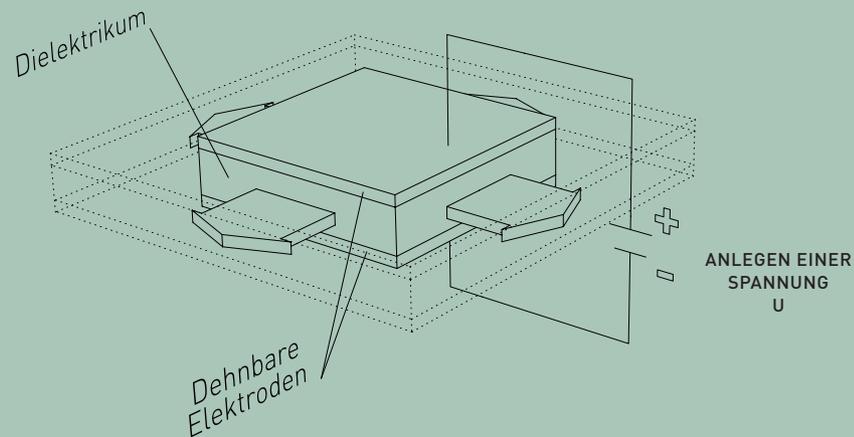


INPUT AKTOR

elektrische Energie

OUTPUT AKTOR

Kraft, Verformung

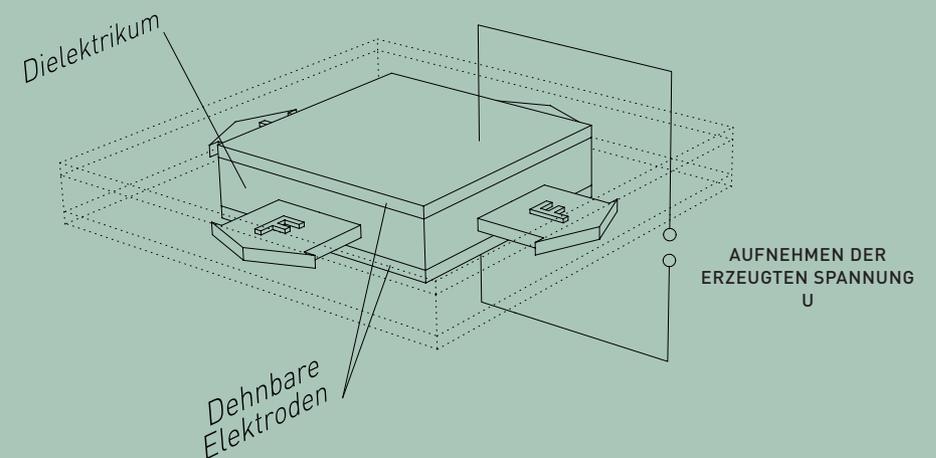


INPUT GENERATOR

zyklische mechanische Energie,
zyklische elektrische Energie

OUTPUT GENERATOR

elektrische Ladung,
elektrische Spannung



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.

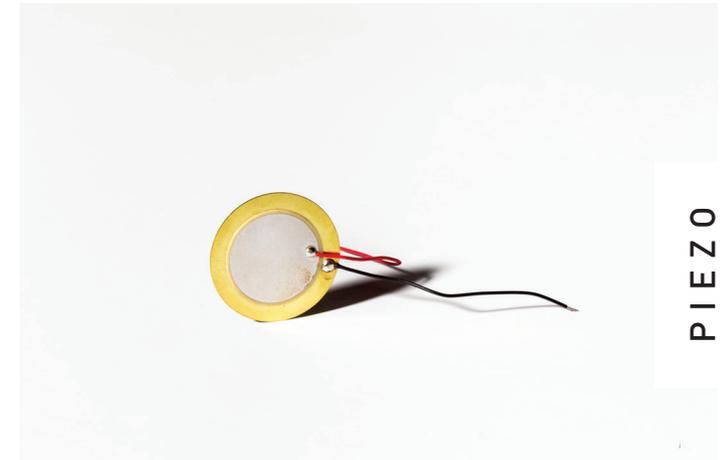
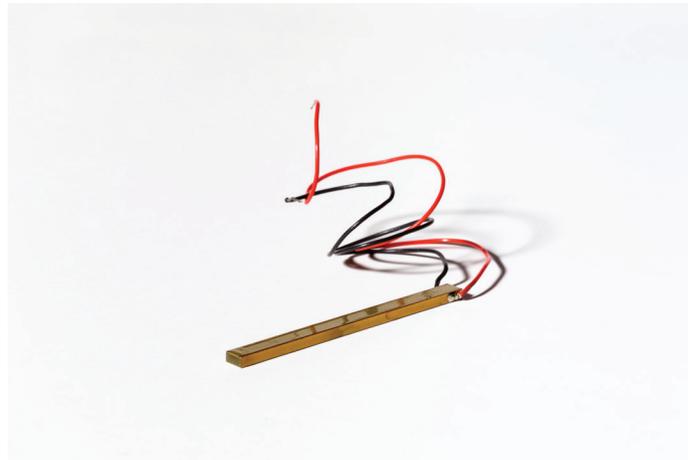
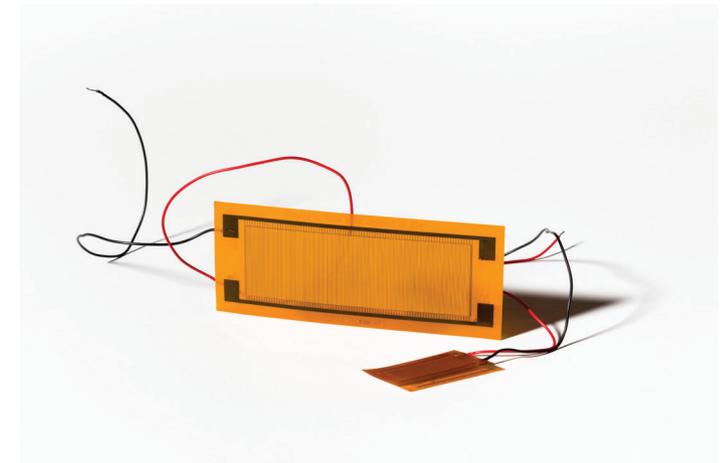
Die Fülle und Unterschiedlichkeit der Bauteile erlaubt große gestalterische Spielräume und erhöht das Anwendungspotential.

PIEZO

BESONDERE MERKMALE

- Piezokeramiken agieren sehr schnell mit Ansprechzeiten unter $100 \mu\text{s}$
- 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**

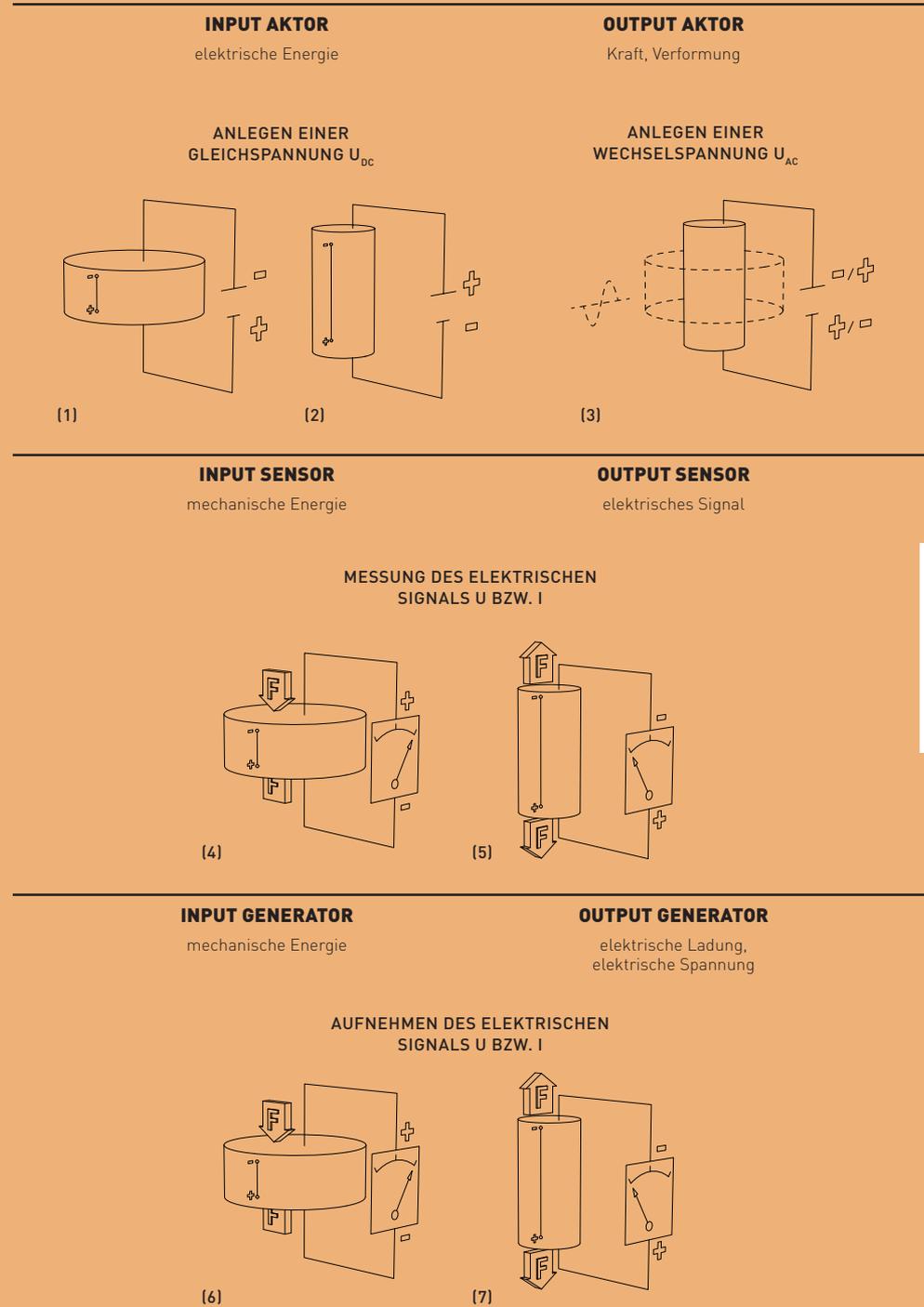
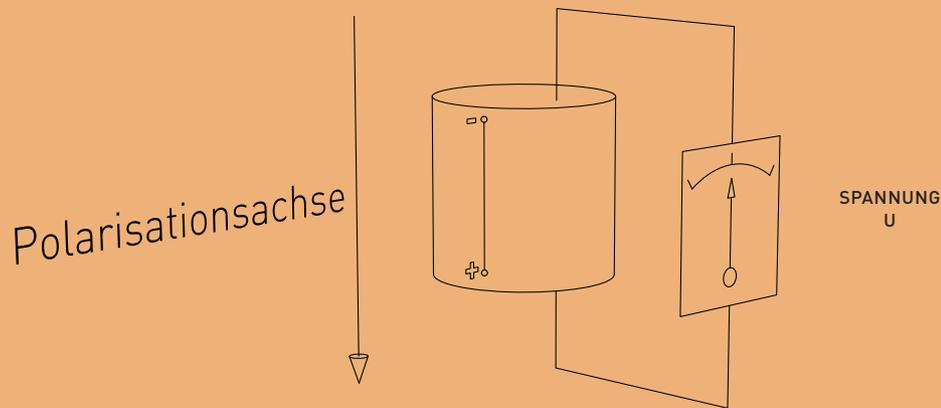
Bei Einleitung einer axialen Kraft in den piezokeramischen Zylinder (4,5,6,7) entstehen an der Grund- und Deckfläche freie Ladungen mit entgegengesetztem Vorzeichen. Das ist durch eine messbare Spannung bzw. einem messbaren Strom nachweisbar (4,5,6,7) und ist die Grundlage für Sensor- und Generatorfunktion. 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



PIEZO

FORMGEDÄCHTNIS- LEGIERUNGEN

FGL

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 eingepägt, 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 Widerstandsheizen 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 eingepägte 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.

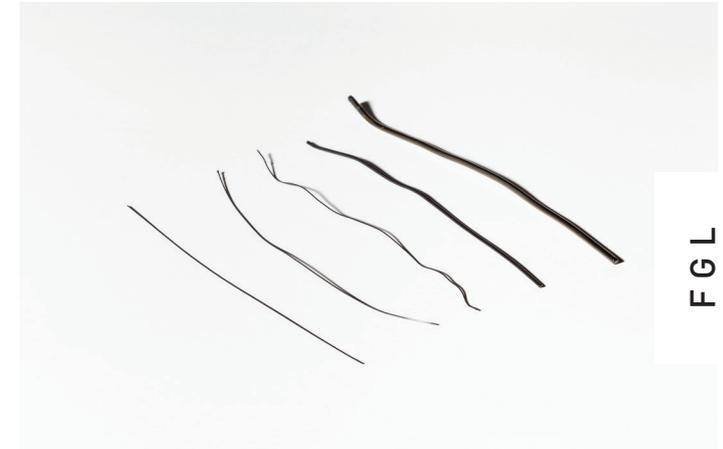
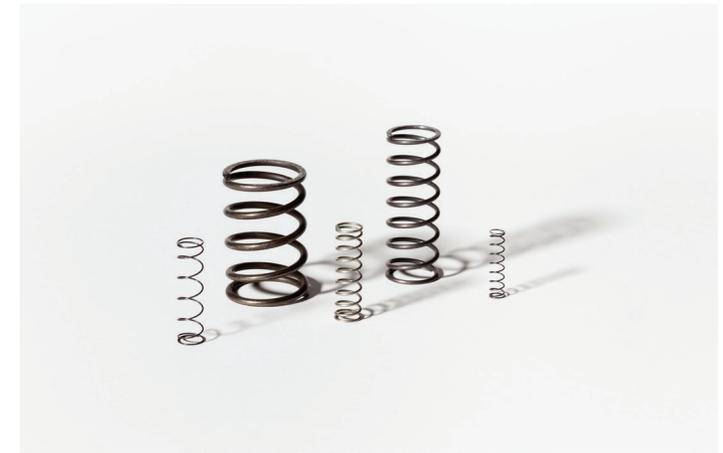
FGL

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.

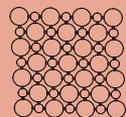
MATERIALFUNKTIONEN

AKTOR
 SENSOR

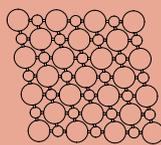
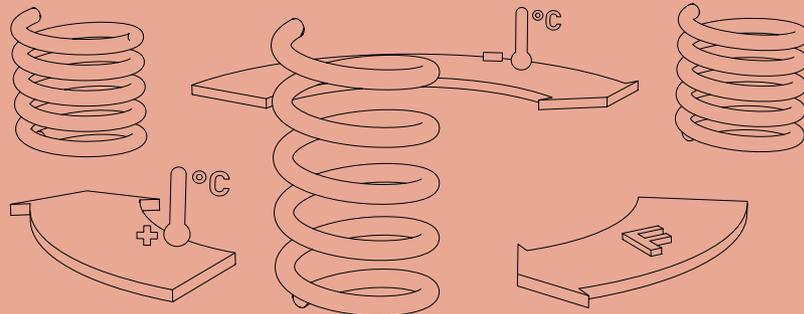
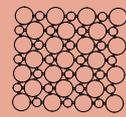
EINFLUSSPARAMETER

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

(1) HOCHTEMPERATURPHASE
 MARTENSIT

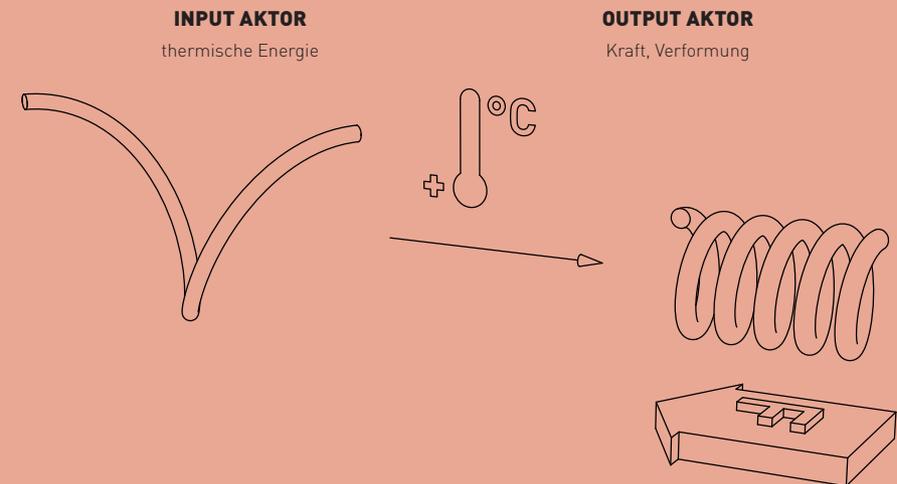


(2) NIEDERTEMPERATURPHASE
 VERZWILLINGTE MATERIALSTRUKTUR



(3) VERFORMTES
 MARTENSIT

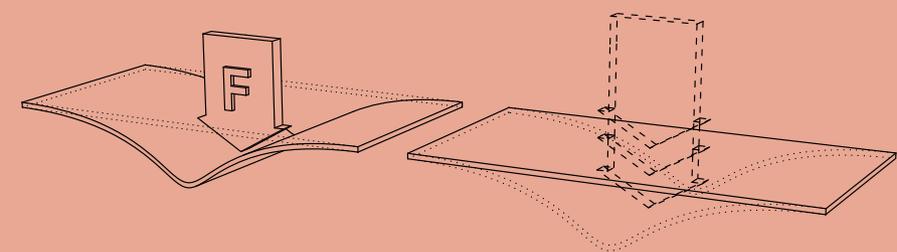
THERMISCHER FORMGEDÄCHTNISEFFEKT



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

S T 4 S D

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.

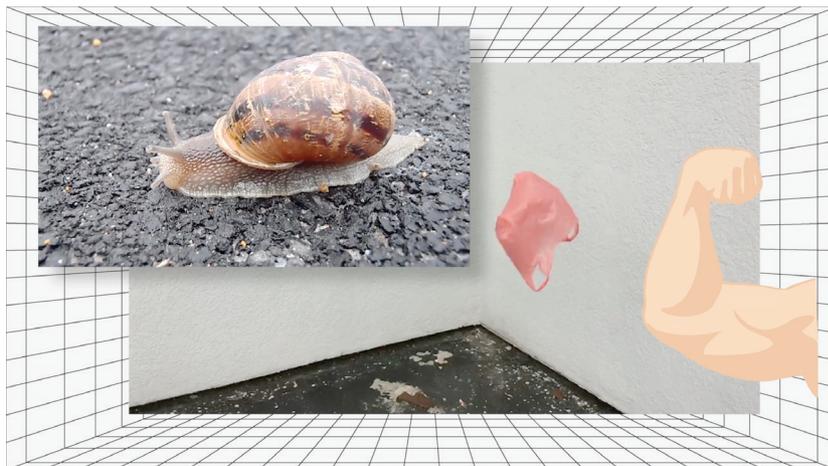
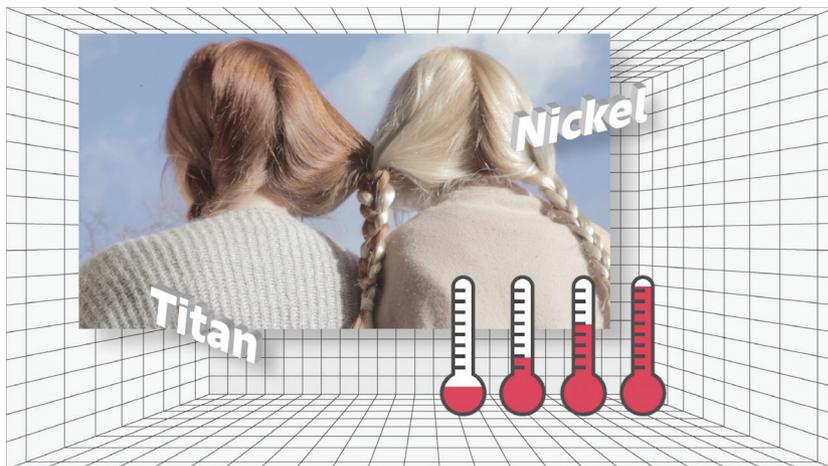
DIE TOOLS

- » **FUNKTIONS-CLIPS** «
- » **FALLSTUDIENSAMMLUNG** «
- » **MATERIALKARTEN** «
- » **FUNKTIONS-DEMONSTRATOREN** «
- » **DIY-ANLEITUNGEN** «
- » **DIGITALE AUSLEGUNGSTOOLS** «
- » **DATENBANK** «
- » **WEBSITE** «

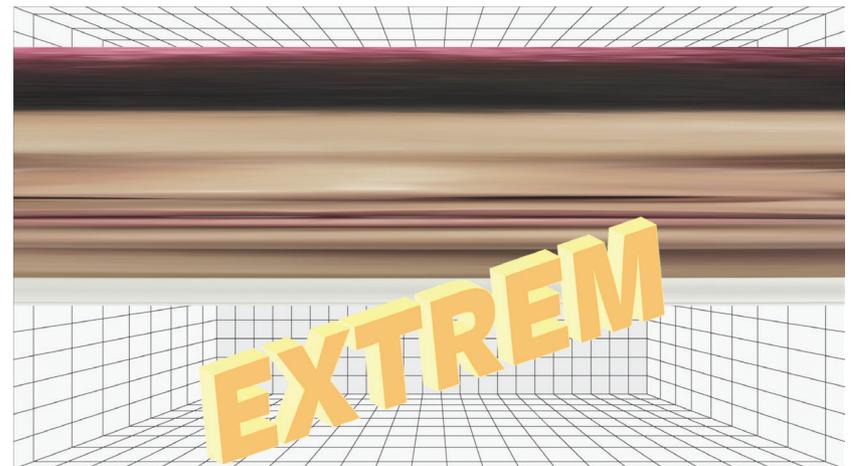
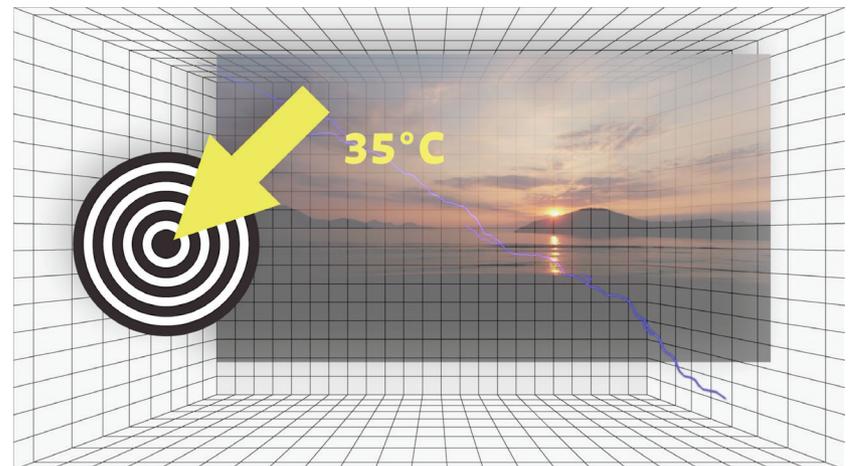
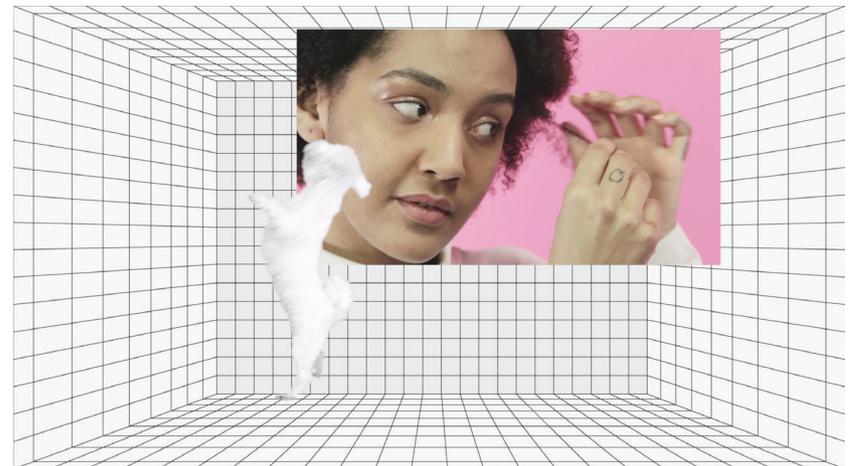
FUNKTIONS-CLIPS

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.

SMART MATERIALKARTE

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 großflächige 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.

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 geräuschartig
- 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 Elastomeraktoren 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 Formänderung 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.

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

MK PIEZO

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 energieautarker Auslösung des FG-Effekts wird die Aktivierung durch die Umgebungstemperatur erreicht. Soll ein Aktor sehr gezielt angesteuert werden, kann die Temperaturänderung auch über Widerstandsheben 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.

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 Aktormalle 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

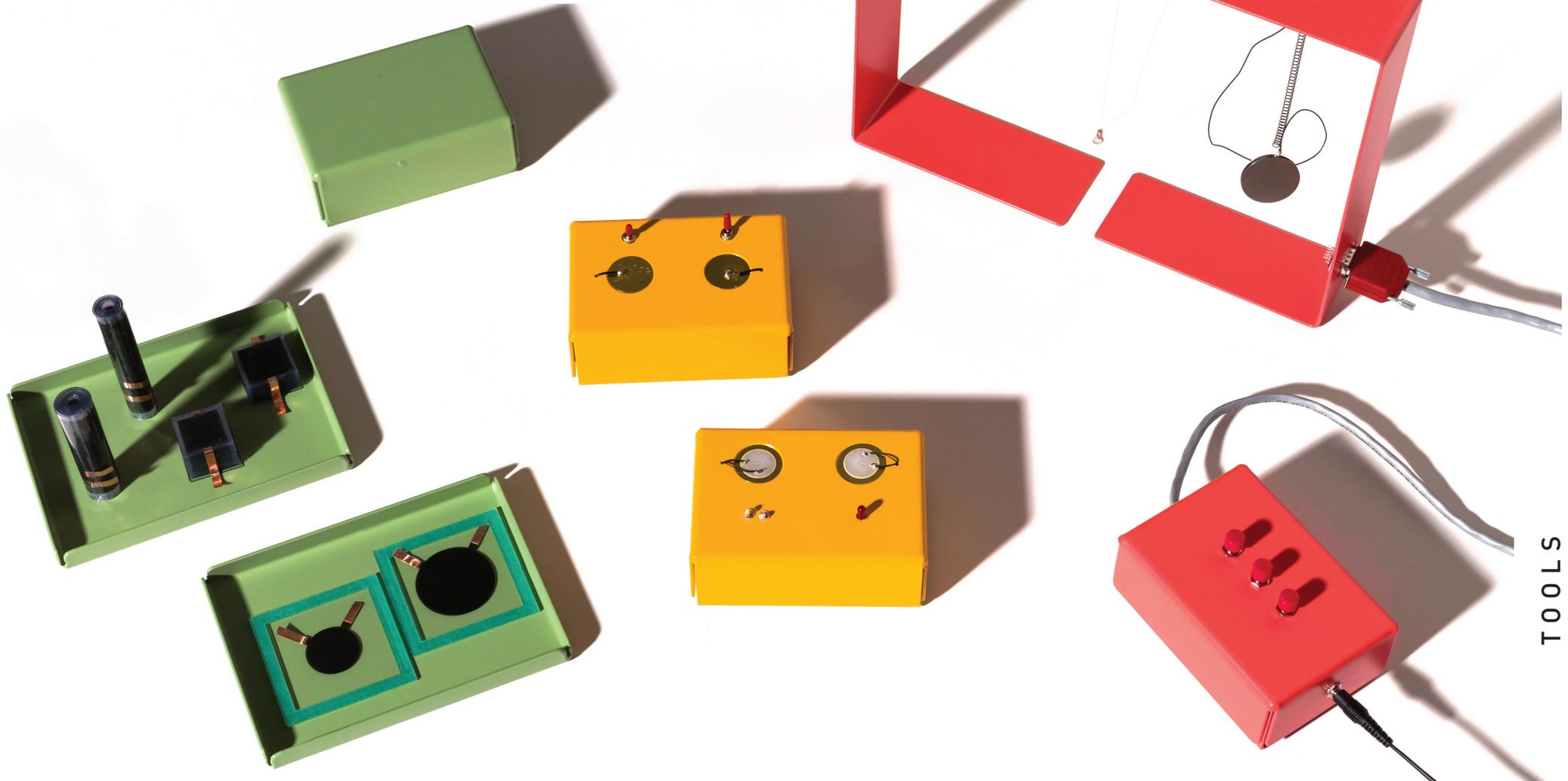
MK FGL

TOOLS

Materialkarten zum Aufklappen

FUNKTIONS-DEMONSTRATOREN

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



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

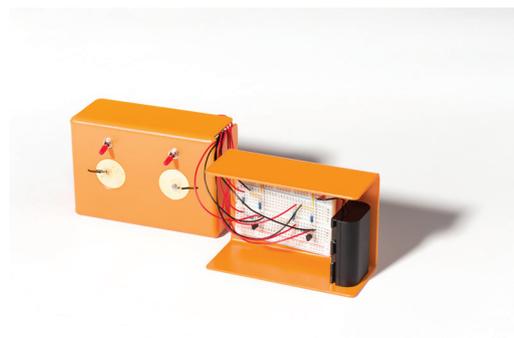
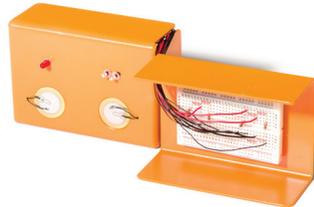
PIEZOKERAMIKEN

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.

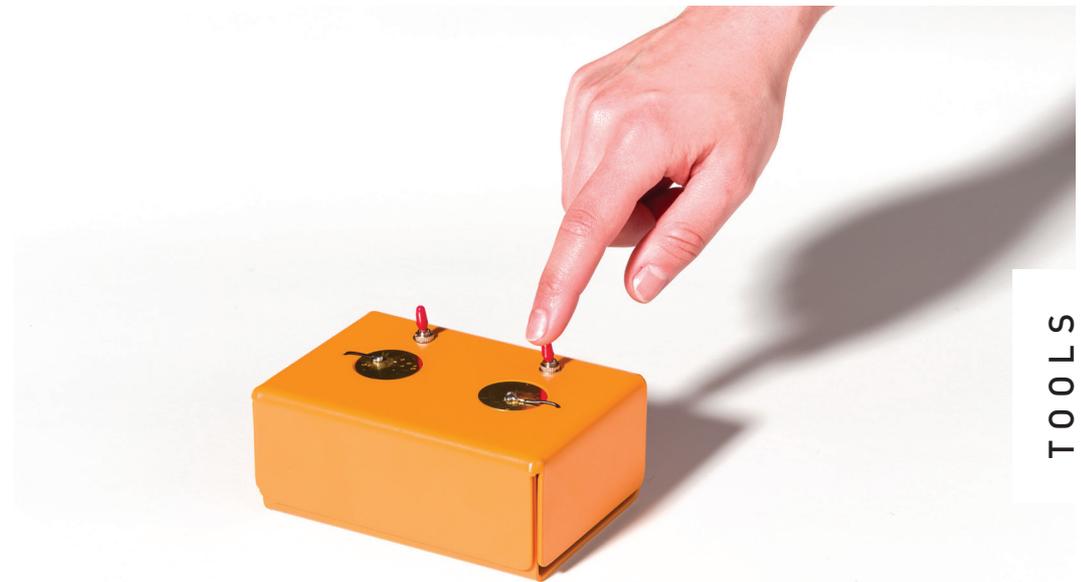


Oben links: Geöffneter Generator mit unterschiedlichen LEDs. Die mechanische Verformung der Keramik generiert Energie um die Leuchten zu aktivieren. Oben rechts: Geöffneter Aktor, bei dem durch Bestromung (mittels Schalter) zwei unterschiedlich hohe Töne erzeugt werden

st4sd



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



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

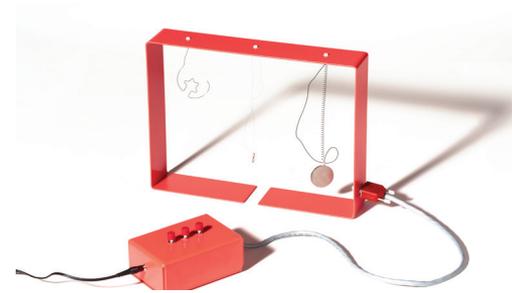
funktions-demonstratoren

FUNKTIONS-DEMONSTRATOR FORMGEDÄCHTNISLEGIERUNGEN

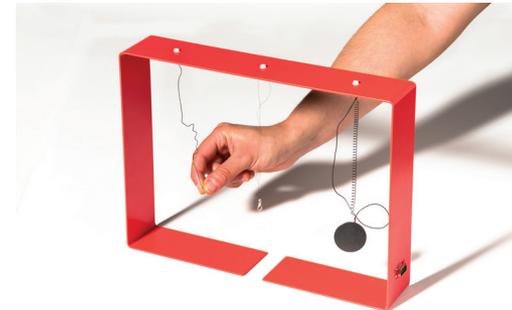
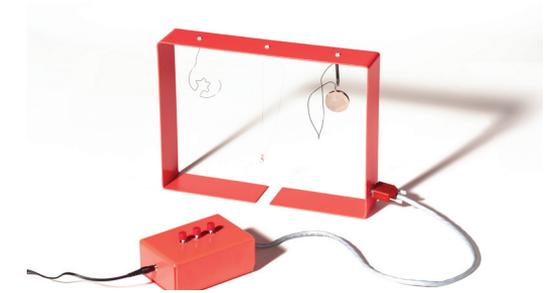
Der FGL-Demonstrator veranschaulicht die Eigenschaften drei verschiedener FGL-Drähte.

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

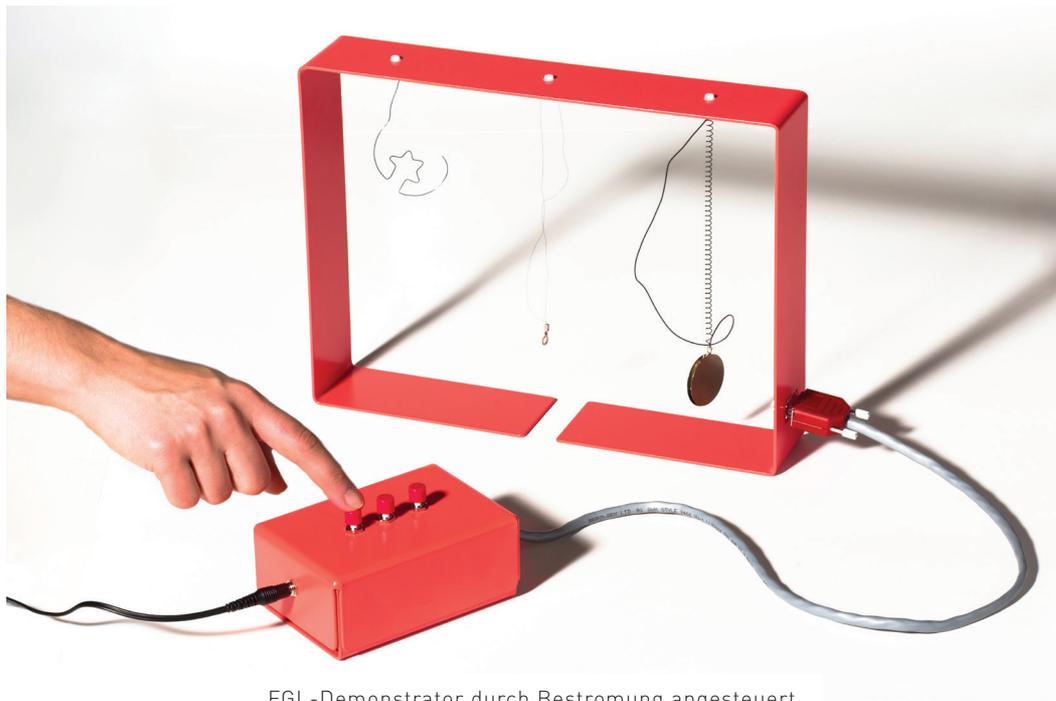
Die drei unterschiedlich trainierten Drähte (Sternform, Verkürzung, Feder) ermöglichen es die Variabilität und entstehenden Kräfte bei Verformung experimentell zu erfassen.



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

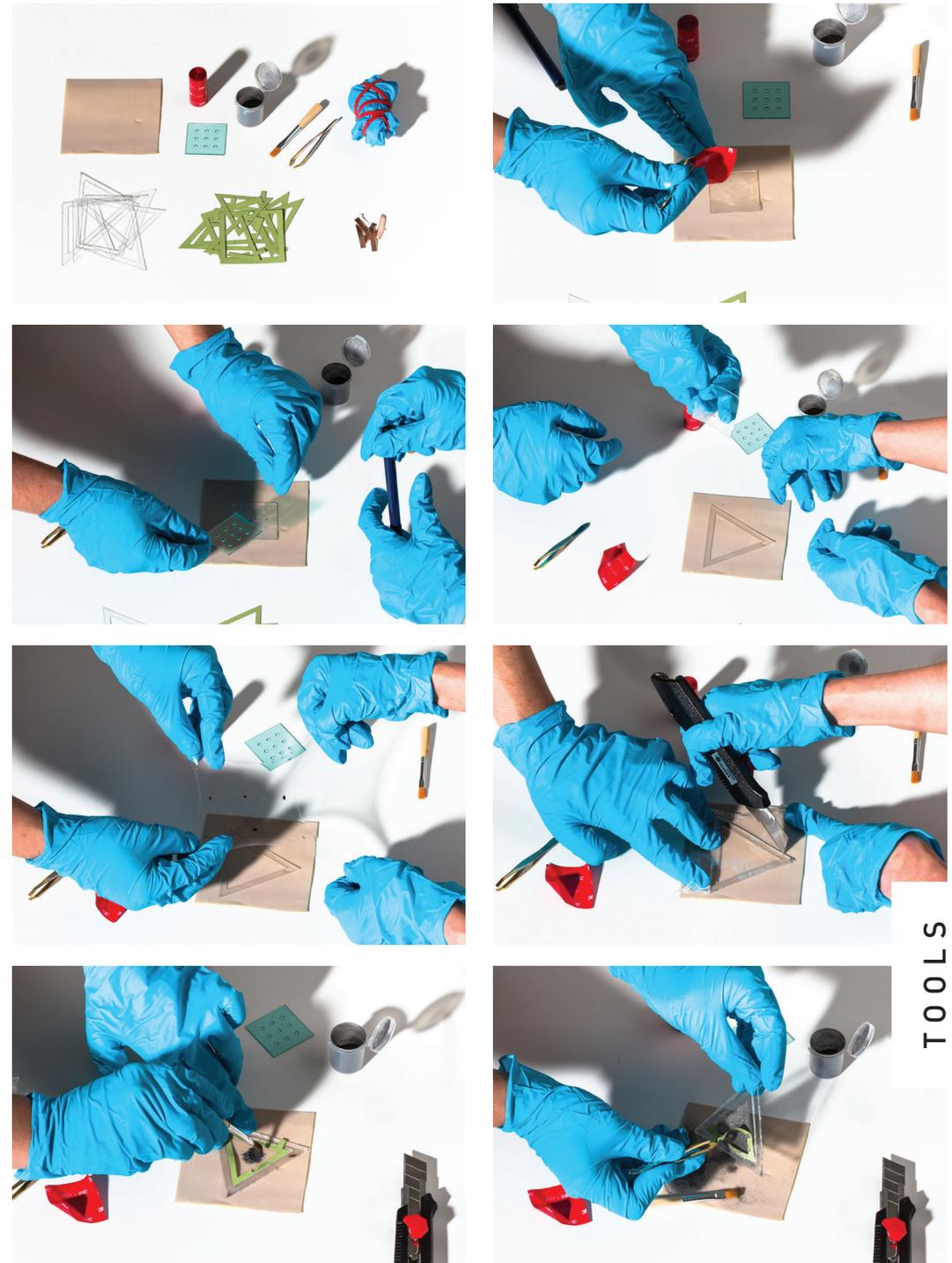
DIELEKTRISCHE ELASTOMERE

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.



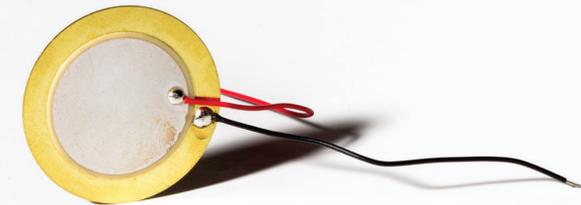
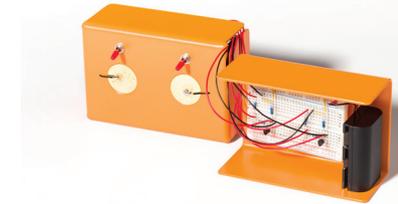
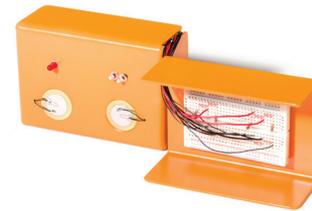
Oben: Utensilien im DIY-Kit zum Selbstbau eines Dielektrischen Elastomerwandlers. Rechts: Bilder in der Anleitung zum prinzipiellen Aufbau eines einfachen Dielektrischen Elastomerwandlers



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

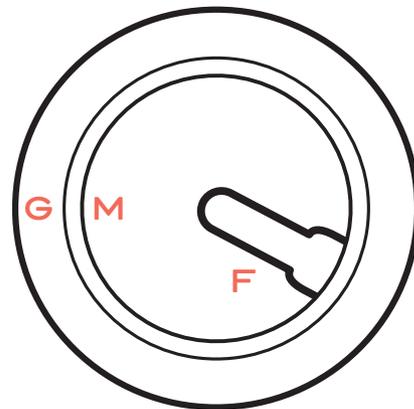


DO-IT-YOURSELF ANLEITUNG PIEZO

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).

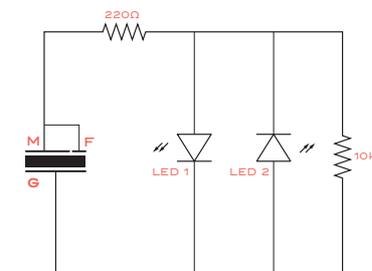


Einfacher Piezo-Signalgeber mit drei Elektroden:
G: Ground (-), M: Main (+) und F: Feedback (+)

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.

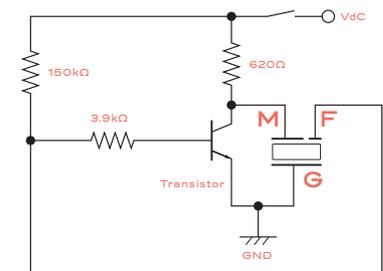
Stückliste

- 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
- LötKolben, Lötzinn & Litzen zum Kontaktieren des Piezo-Signalgebers

ST4SD.DE

2/2

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

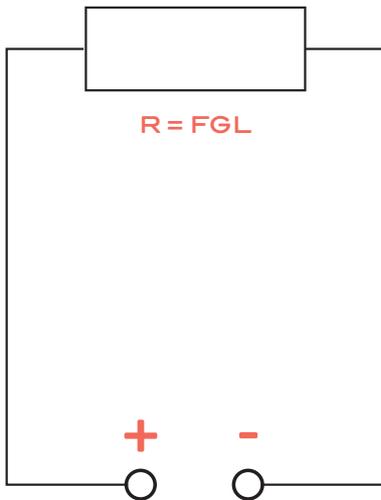
- 1 × Widerstand 1 (150 kOhm)
- 1 × Widerstand 2 (3,9 kOhm)
- 1 × Widerstand 3 (620 Ohm)
- 1 × Transistor BC337
- 1 × Piezo-Signalgeber mit dritter Elektrode (zb. von Conrad, Best.-Nr.: 712930-62)
- 1 × Versorgungsspannung von 3 Volt (zb. 2 × AA Batterien)
- 1 × Miniatur Kippschalter
- Steckplatine &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

DIY-ANLEITUNG

FORMGEDÄCHTNISLEGIERUNGEN

DO-IT-YOURSELF ANLEITUNG FORMGEDÄCHTNISLEGIERUNG

ST4SD SMART TOOLS
FOR
SMART DESIGN



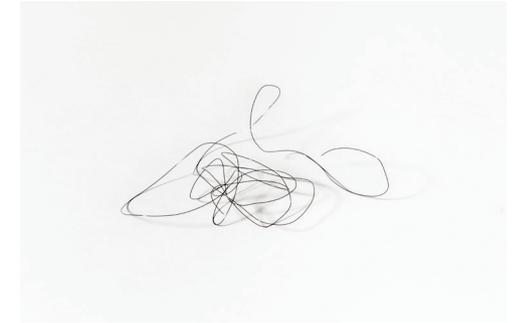
Diese Anleitung beschreibt das Einprägen der Form («Trainieren») und die elektrische Ansteuerung eines FGL-Drahtes am Beispiel eines Smartflex-Drahtes von 20cm Länge und 0,25 mm Durchmesser. Je nach Durchmesser und Länge des Drahtes variiert die Dauer der Erhitzung. Eine andere Legierung hat Einfluss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



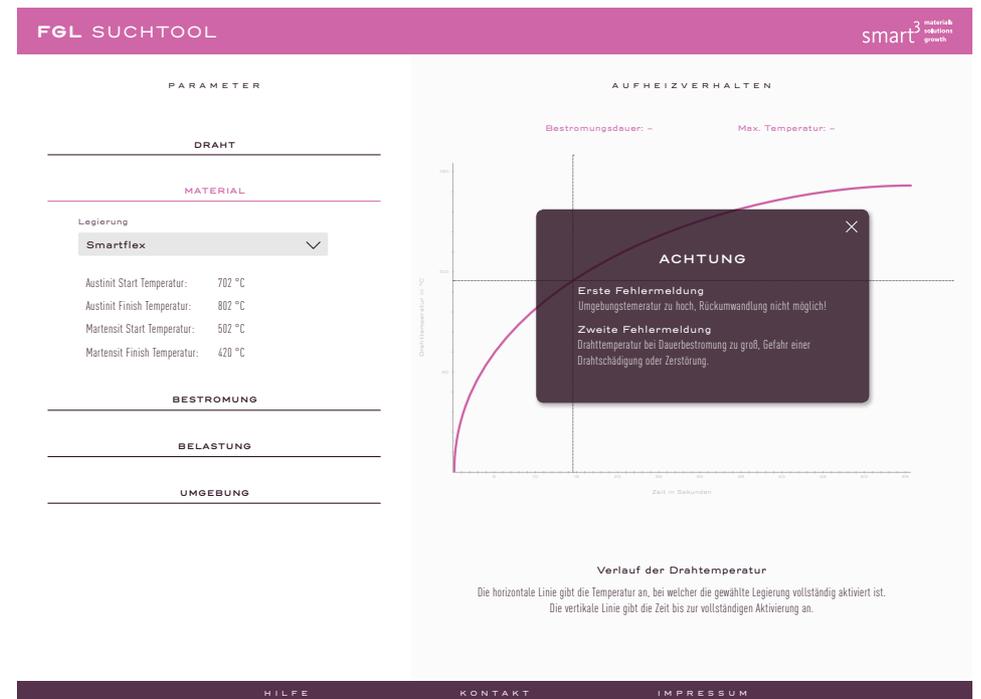
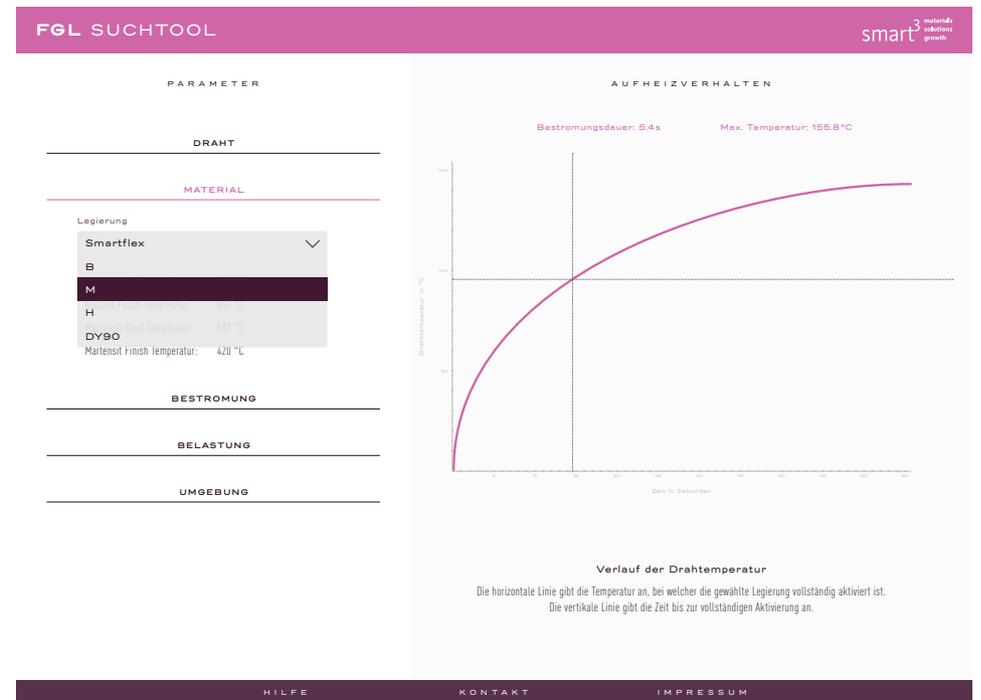
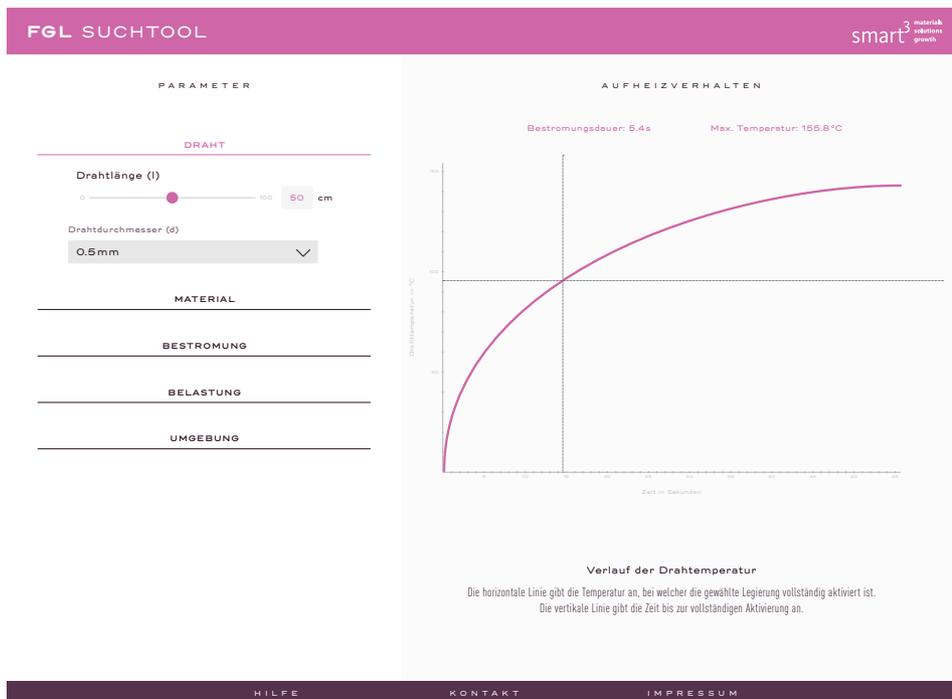
Die Anleitung beschreibt das Einprägen der Form und die elektrische Ansteuerung eines FGL-Drahtes am Beispiel eines Smart-Flex-Drahtes von 20cm Länge und 0,25mm Durchmesser. Die Anleitung kann auf der website www.st4sd.de heruntergeladen werden

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.

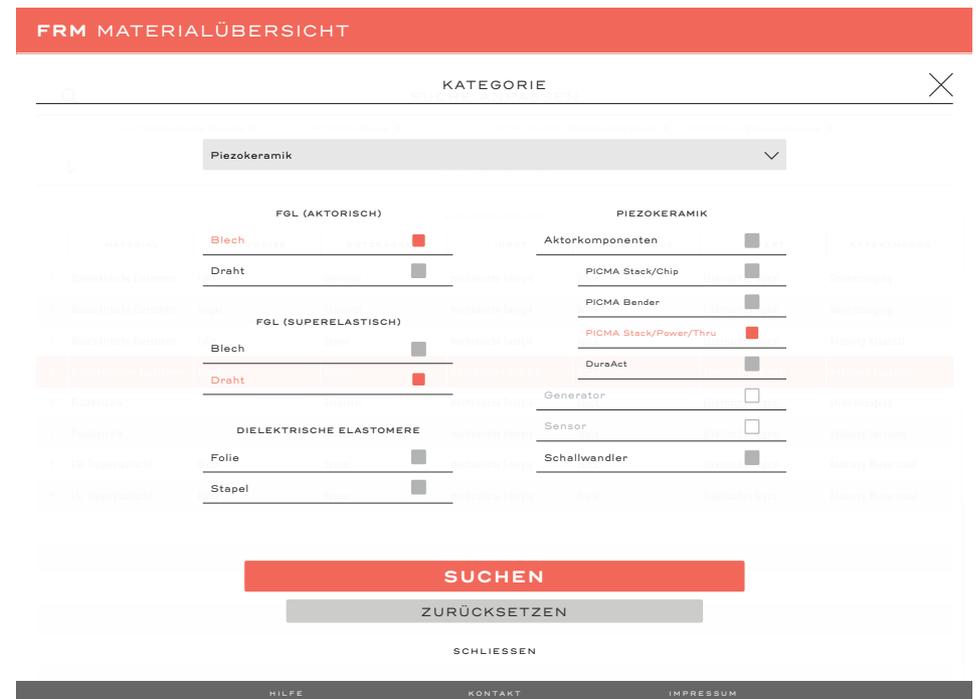
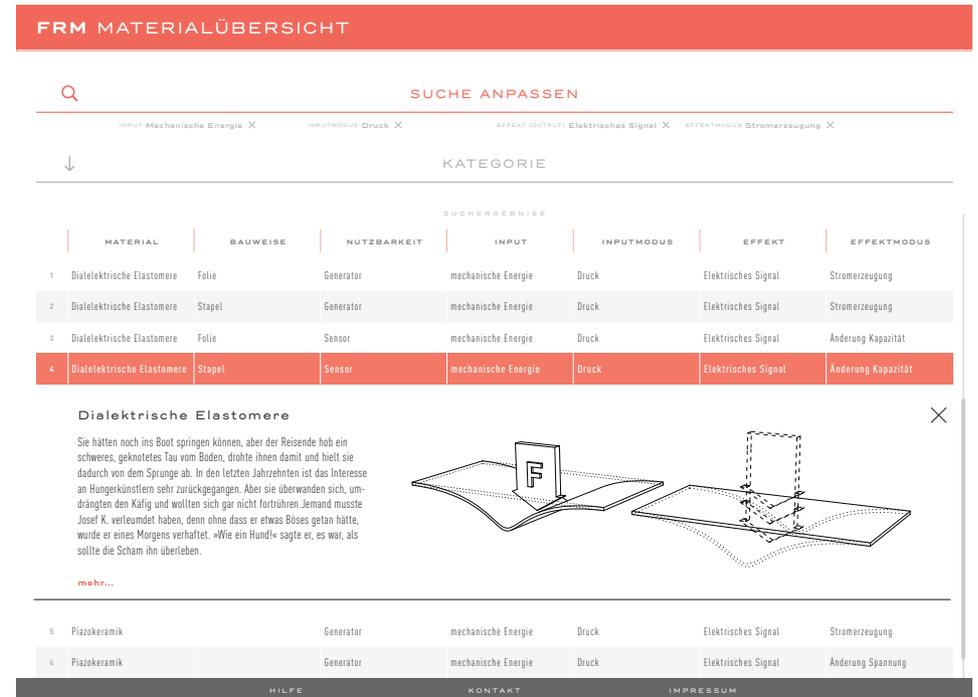
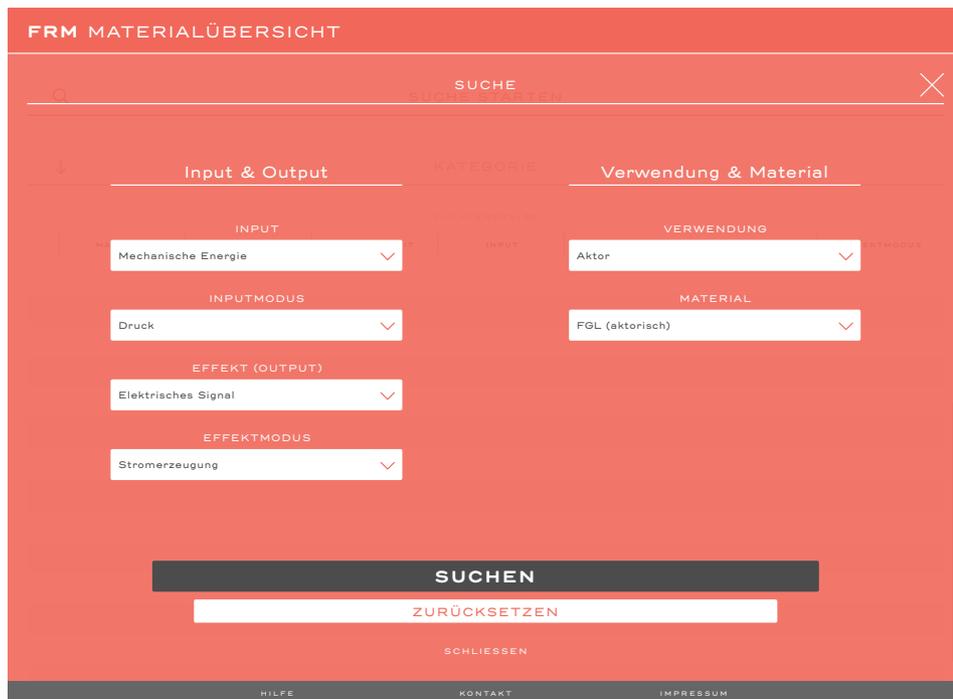
Benutzeroberfläche des FGL-Suchtools



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



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

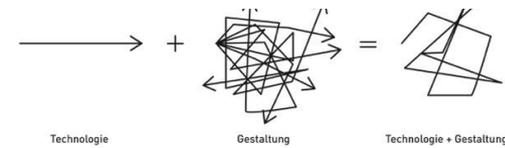
SMART TOOLS FOR SMART DESIGN

„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



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

gefördert vom
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

zwanzig20
PARTNERSCHAFT FÜR INNOVATION

smart³ materials
solutions
growth

Fraunhofer IWU

Fraunhofer IKTS

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



www.st4sd.de

