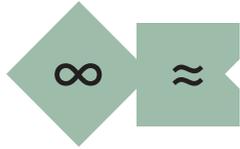


**SMART MATERIALS -  
HANDS-ON RESEARCH**

LABORVERSUCHE ZU  
POTENTIALEN UND GRENZEN VON  
DIELEKTRISCHEN ELASTOMEREN

textil- und flächendesign /  
experimentelle materialforschung



Die Dokumentation fasst die Ergebnisse der praktischen Forschungsarbeit mit Dielektrischen Elastomeren zusammen, die von Juni bis Dezember 2015 in Kooperation der weißensee kunsthochschule berlin und dem Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP in Potsdam, Golm erarbeitet wurden.



Aufbauend auf das Semesterprojekt »Sensorial Research« von Prof. Dr. Zane Berzina im Fachgebiet Textil- und Flächendesign wurde eine Forschungsreihe gestartet um die Potentiale und Herausforderungen von Dielektrischen Elastomeren praktisch auszuloten.

Die Testreihe wurden im Rahmen des Forschungsprojekts »Smart Tools for Smart Design« durchgeführt.

Projektmitarbeiterinnen der weißensee kunsthochschule berlin:

Design-Researcherin Julia Wolf

Modedesign-Studentin Dafna Stoilkova

In Kooperation mit Materialexperten des Fraunhofer-Instituts IAP:

Dr. Michael Wegener

Dr. Miriam Biedermann

Sven-Oliver Seidel

Kristin Arlt



Auswahl verschiedener DE-Wandler:  
Weiß gerahmt: »Ein-Schicht-Aufbau« (Fh-IAP)  
Rechteck, Dreieck: handgefertigte Aktoren  
(weißensee kunsthochschule und Fh-IAP)  
Würfel: laborgefertigter »Stapelaktor« (Fh-IAP in  
Kooperation mit Hochschule Ostwestfalen-Lippe)  
Transparenter Film: Polymerfilm, Ausgangsmaterial für Laborversuche (3M)

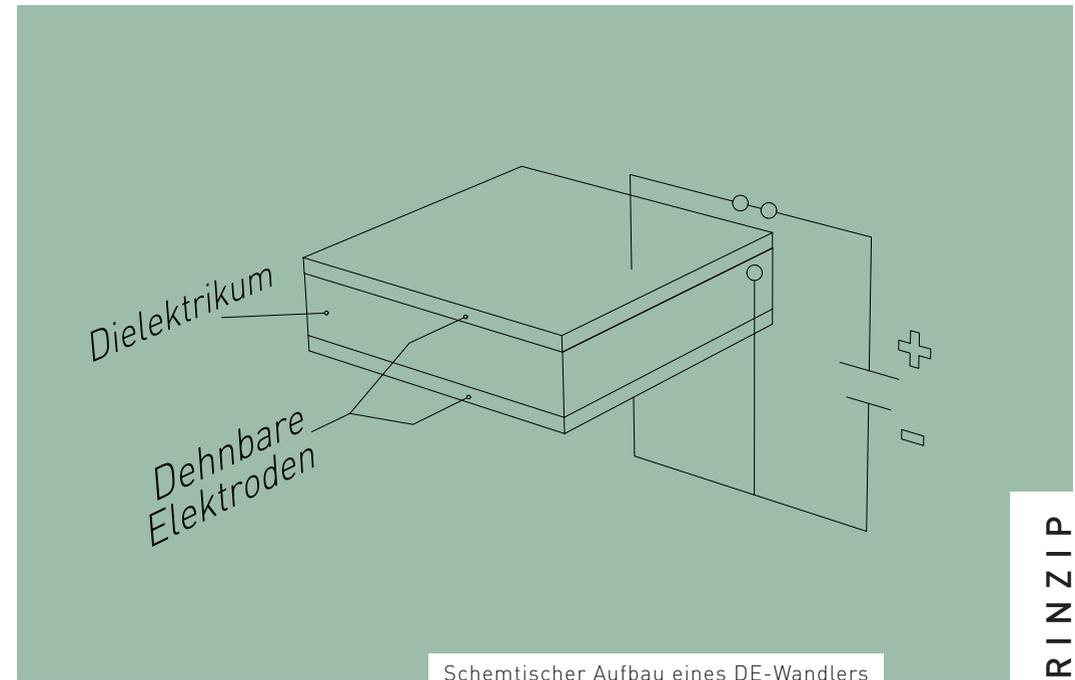
# DIELEKTRISCHE ELASTOMERE

## der effekt

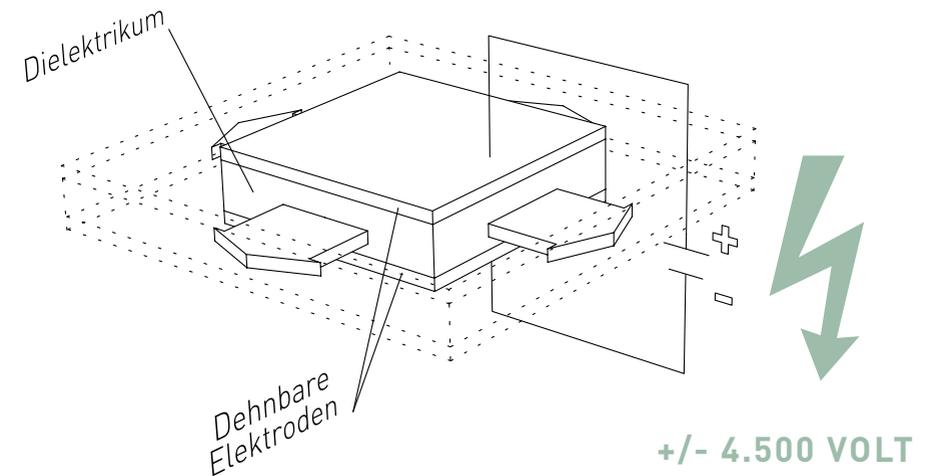
Dielektrische Elastomere (DE) sind formveränderbare Materialien. Die dünnen, mit Elektroden beschichteten Folien dehnen sich beim Anlegen von sehr hoher elektrischer Spannung (kV) aus.

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 größtmögliche Längenänderung in der Ebene erzielt werden, werden »Ein-Schicht-Aufbauten« integriert. Liegt der Fokus auf dem Höhenunterschied, werden sie zu mehrschichtigen »Stapel-aufbauten« 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.



Schematischer Aufbau eines DE-Wandlers



# DIELEKTRISCHE ELASTOMERE

## b e s o n d e r h e i t e n

- \* Der funktionale Aufbau eines DEs ist sehr einfach, sie sind extrem leicht und weisen wenig bis keinen Verschleiß auf
- \* Beim Anlegen von elektrischer Spannung dehnt sich die Folie um deutlich > 10% aus, in der Theorie sogar bis zu 300%
- \* Die Ausdehnung bzw. Komprimierung eines DEs ist über die angelegte Spannung präzise und stufenlos regelbar
- \* DEs agieren sehr schnell (in Millisekunden) und geräuschlos
- \* DEs 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. Üblich sind schwarze Elektroden (aus Carbon), darüber hinaus sind bunte und metallische Färbungen möglich. Die DE-Filme sind transluzent und je nach Materialzusammensetzung unterschiedlich eingefärbt
- \* Dielektrische Elastomeraktoren befinden sich noch weitestgehend im Forschungsstadium, kostengünstige Ausgangsmaterialien und die Entwicklung industrienaher Fertigungstechnologien stellen jedoch eine mittelfristige Marktverfügbarkeit in Aussicht

Laborgefertigter »Stapelaktor«  
Entwickelt von Fh-IAP in Kooperation  
mit Hochschule Ostwestfalen-Lippe



BESONDERHEITEN

# DIELEKTRISCHE ELASTOMERE

## hands-on test #1

DE-Aktoren bergen durch ihren einfachen Aufbau großes gestalterisches Potential.

Die Tests wurden verschiedenen Themenschwerpunkten untergeordnet. Zu Beginn der Testreihe stand die Annäherung an das dielektrische Material - ein VHB Polymerfilm von 3M - im Vordergrund. Die Handhabung der klebrigen und extrem dehnbaren Kunststoffolie bedarf einiger Übung. Außerdem sind einige Utensilien nötig um selbst handgefertigte ein schichtige Aktoren herzustellen. Darauf aufbauend wurde immer präziser und zielgerichteter an Möglichkeiten für zwei- und dreidimensionale Ein-Schicht-Aufbauten gearbeitet.

Die zahlreichen Teilschritte, bis zur Testbarkeit eines Aktors, waren die größte Herausforderung.



TEST #1

Labortisch am Fraunhofer IAP

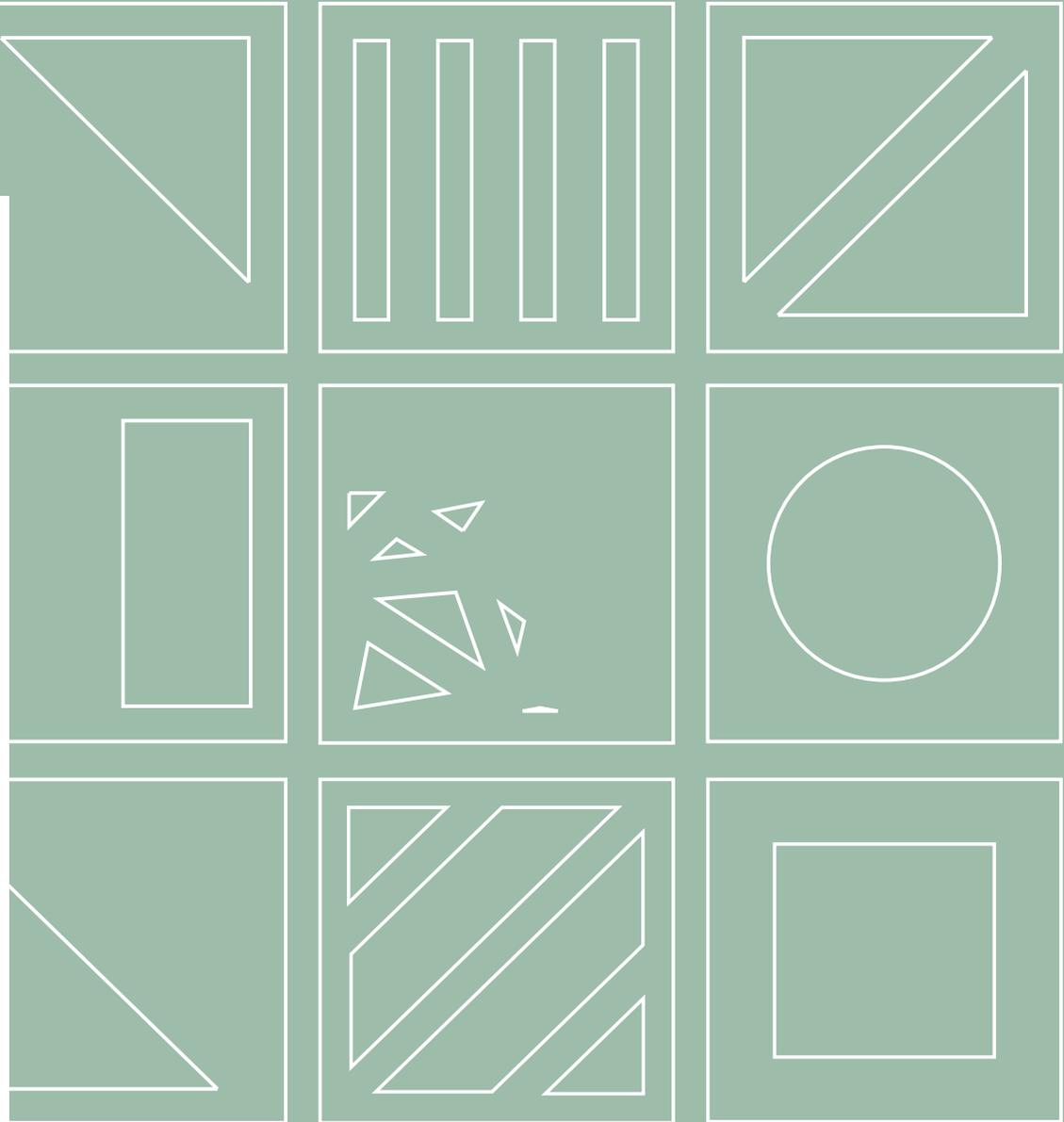
## AKTOR-RAHMEN

von 2d zu 3d

Dielektrische Elastomere werden in den Tests vorab gedehnt, um den Effekt der Formveränderung beim Anlegen der Spannung besser wahrnehmen zu können. Durch die Dehnung um etwa 300% wird der Film sehr viel dünner und empfindlicher für eine größere Bewegung.

Um die Vordehnung zu halten, wird der von selbst haftende Polymerfilm auf einen Rahmen gespannt. Je nach Material- und -Stärke, sowie der Grad der Vorsehnung ergeben sich aus planaren Rahmen dreidimensionale Formen.

Da zu Beginn keien Erfahrungswerte vorliegen, wie sich das Material auf den Rahmen verhalten wird, wurden unterschiedlichste Formen und Rahmen-Materialien getestet. Die Größe wurde auf 100x100mm festgelegt.

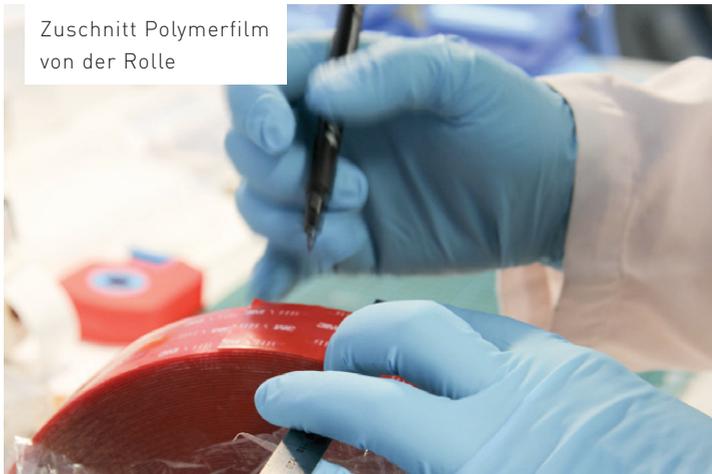


UND VIELE MEHR.

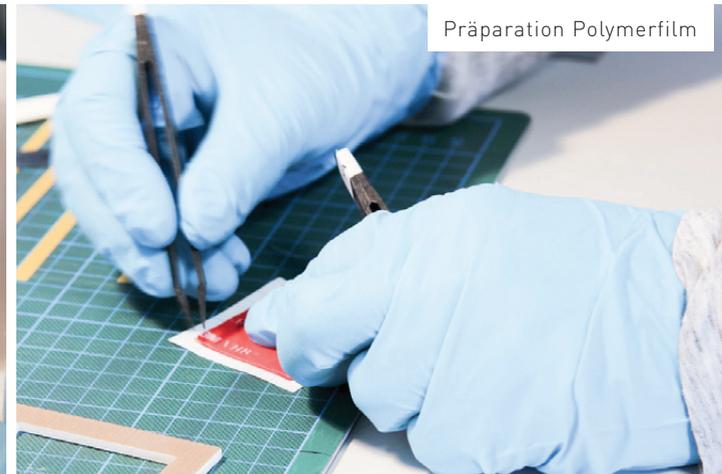
Aktor-Rahmen aus Polystyrol mit verschiedenen Formen



Zuschnitt Polymerfilm von der Rolle



Präparation Polymerfilm



Referenzpunkte zur Kontrolle der Ausdehnung



Teflon-Unterlage zum erneuten Ablösen des klebrigen Films



händische, möglichst gleichmäßige Ausdehnung



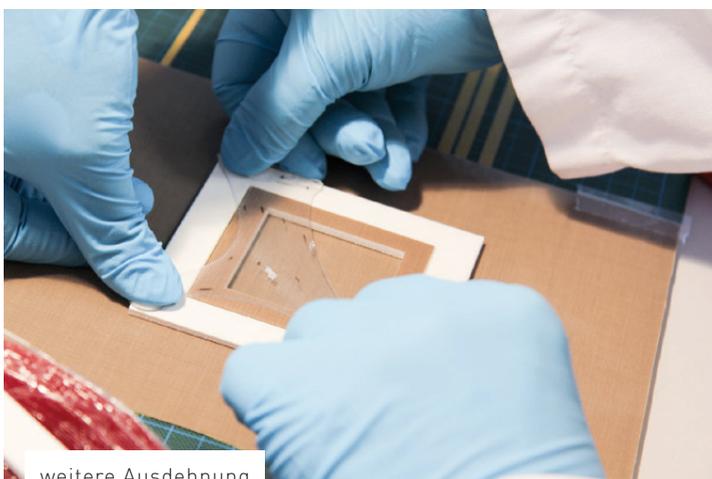
Präparation der zweiten Seite



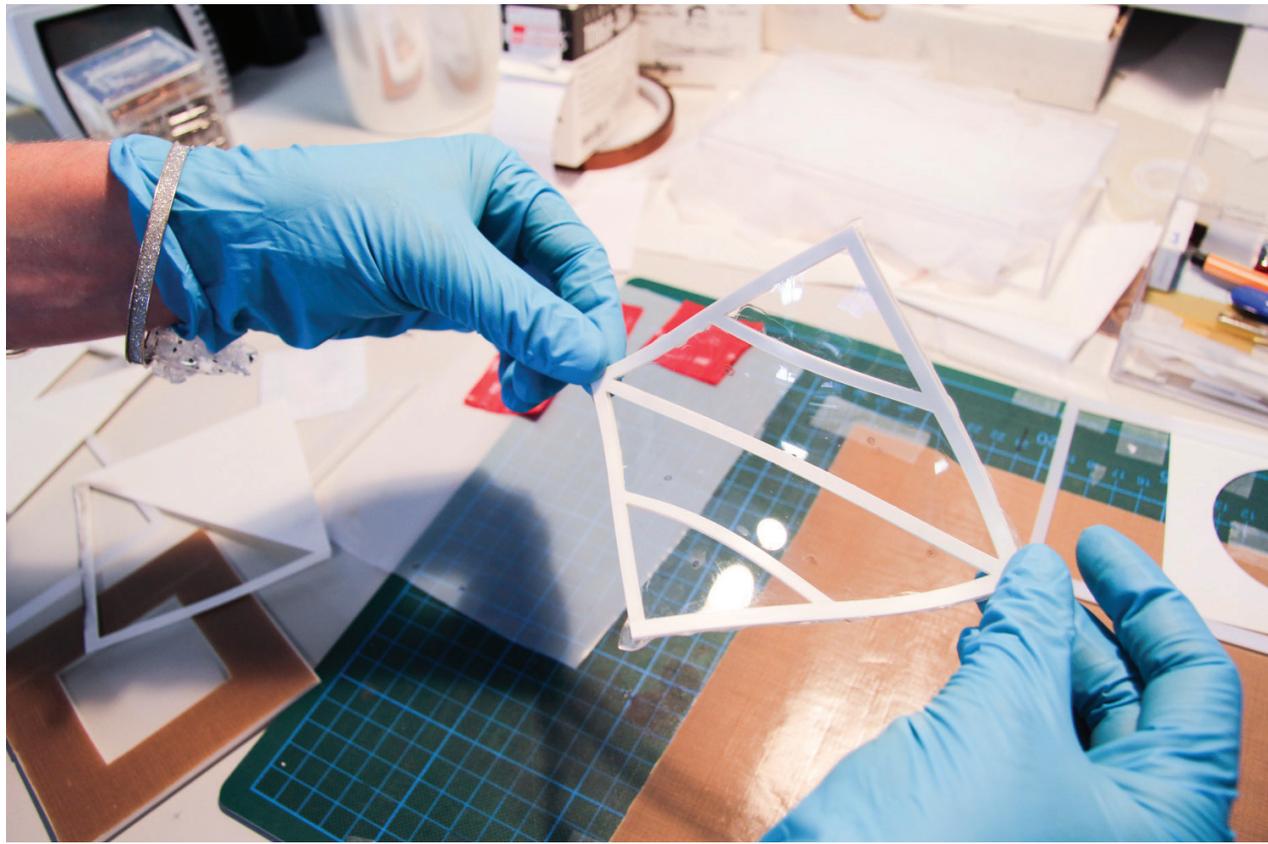
dreidimensionale Verformung des Rahmens durch Zugkraft des Polymerfilms



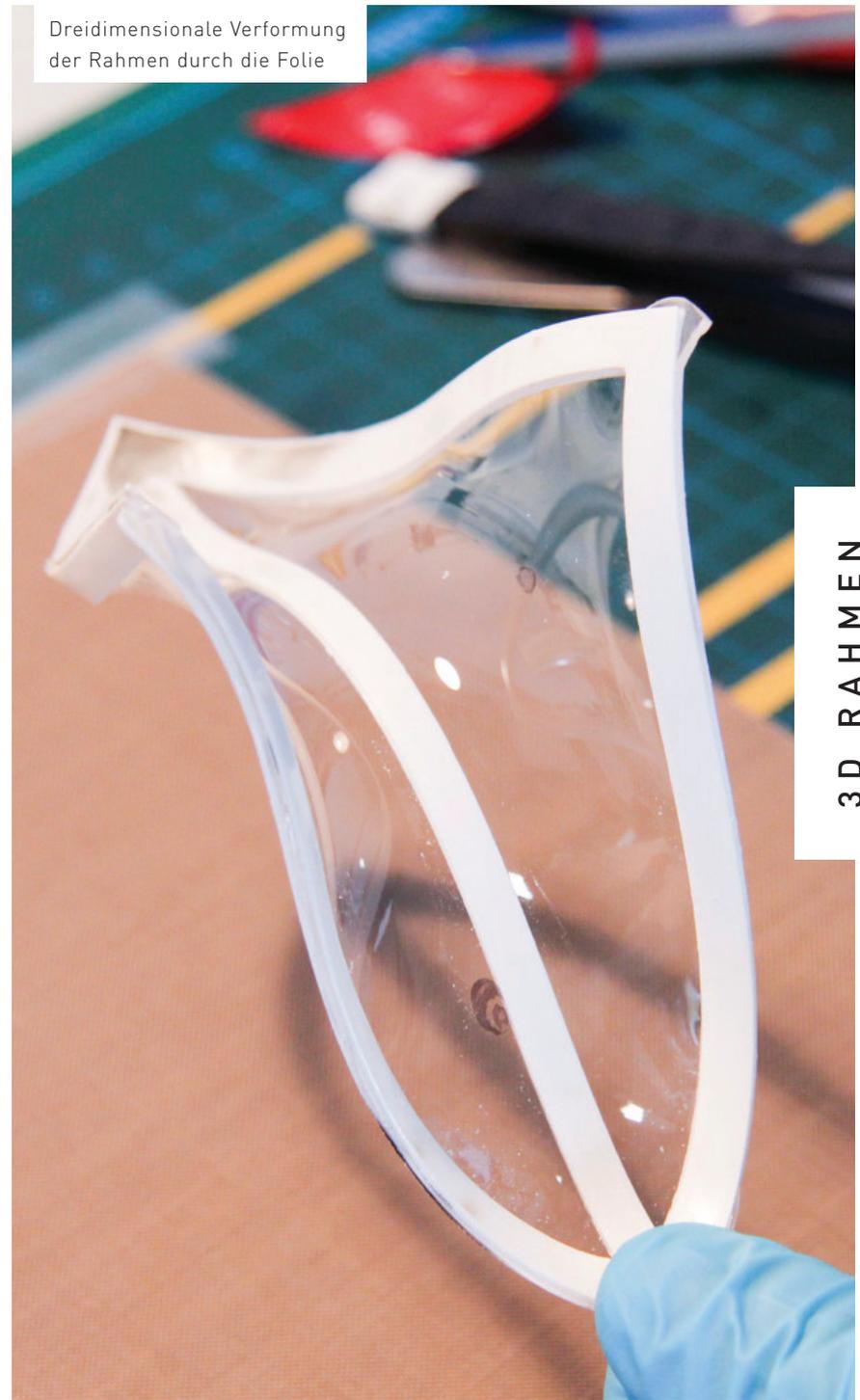
weitere Ausdehnung



APPLIKATION



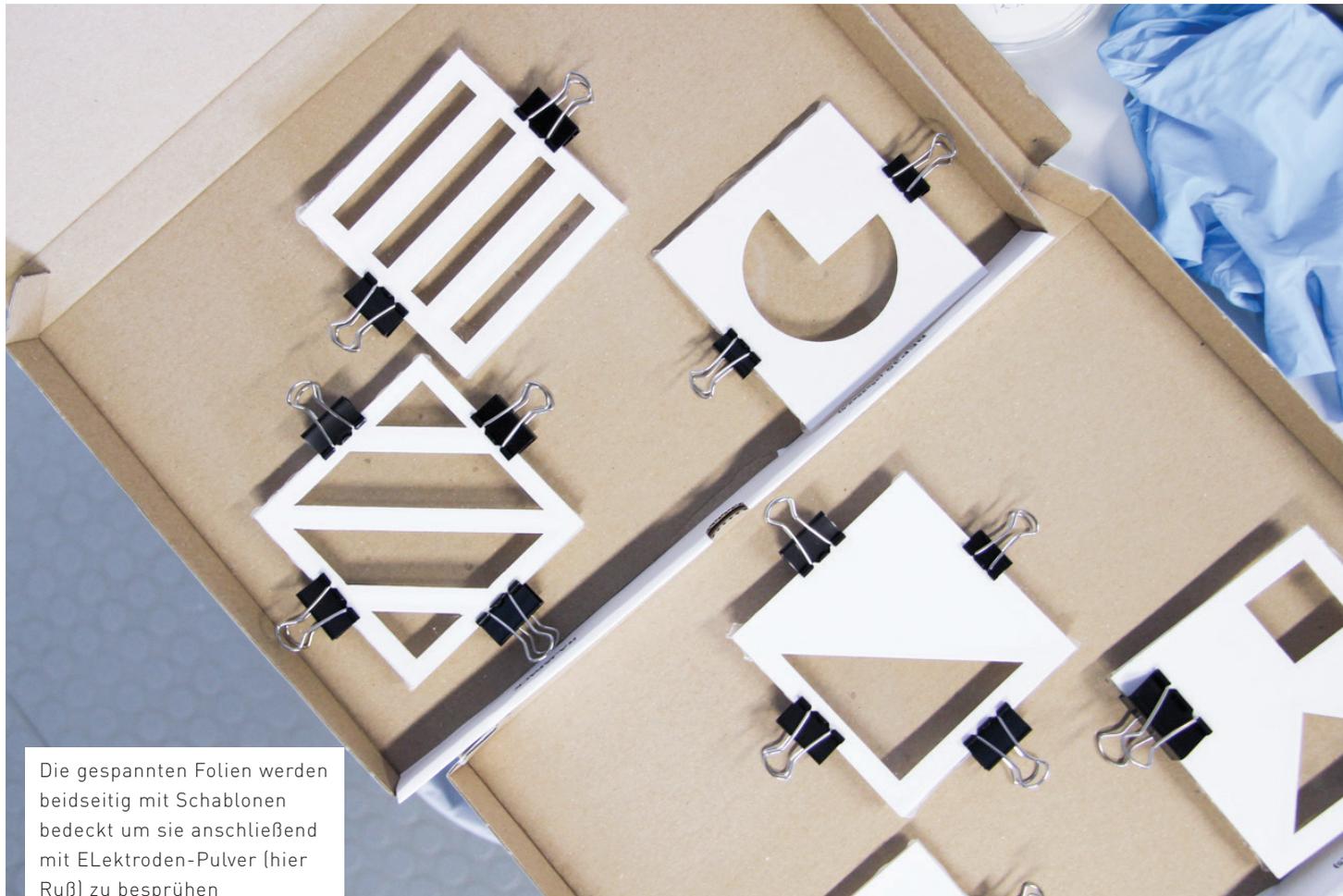
test



Dreidimensionale Verformung  
der Rahmen durch die Folie

3D RAHMEN

#1



Die gespannten Folien werden beidseitig mit Schablonen bedeckt um sie anschließend mit ELEktroden-Pulver (hier Ruß) zu besprühen



Aufsprühen der Elektrode



Ablösen der Schablone

ELEKTRODEN



Bei allen Tests müssen aus Sicherheitsgründen Handschuhe getragen werden



Fertige DE-Aktoren



Bei den ersten Versuchen wurde ungeeignetes Schablonenmaterial gewählt, weshalb die meisten Folien beim Ablösen der Masken rissen



Durch die händische Auftragung der Elektroden, sind die Beschichtungen ungleichmäßig und die Haftung des Materials ist nicht immer gleich gut



ELEKTRODEN

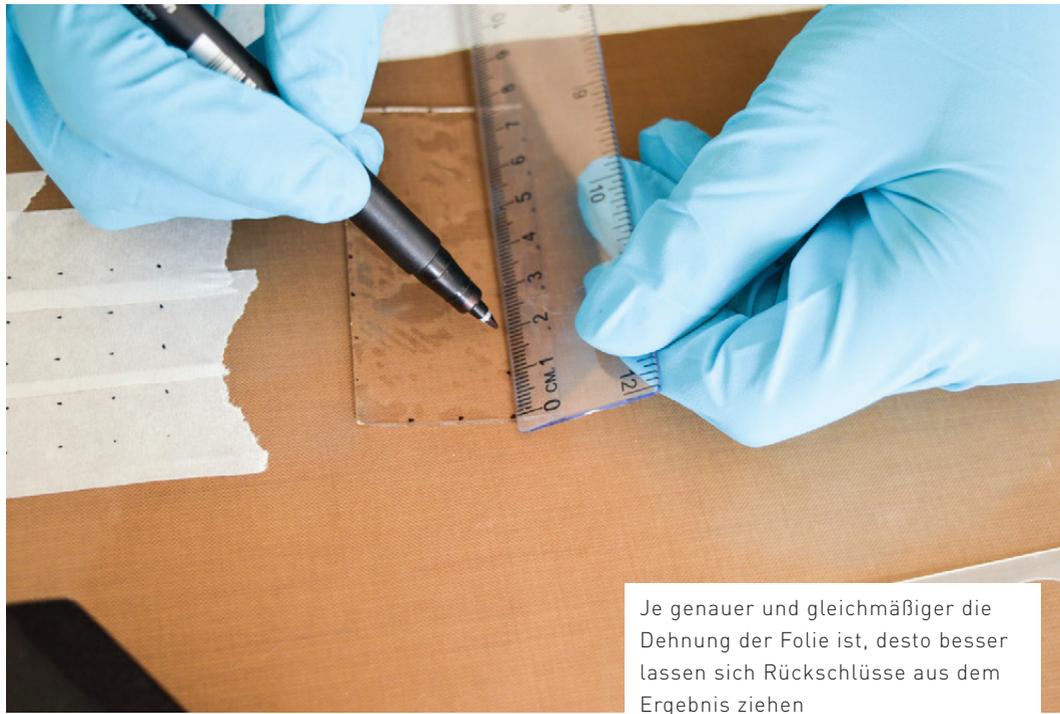
# DIELEKTRISCHE ELASTOMERE

## hands-on test #2

Auf Grundlage der Ergebnisse der ersten Tests am Fraunhofer-Institut, wurden für die nächste Versuchsrunde einige Parameter geändert.

Als Rahmenmaterial wurde Hostaphan verwendet und die Freiflächen der Proben wurden deutlich größer gestaltet. Der Fokus lag darauf, möglichst interessante und prägnante Verformungen der Rahmen zu generieren. Diese sollten dann bei Aktivierung durch Spannung in einer Bewegung des Aktors resultieren.

TEST #2



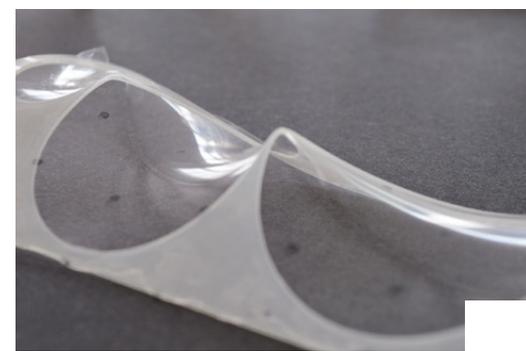
Je genauer und gleichmäßiger die Dehnung der Folie ist, desto besser lassen sich Rückschlüsse aus dem Ergebnis ziehen



Dehnung der Folie zu zweit



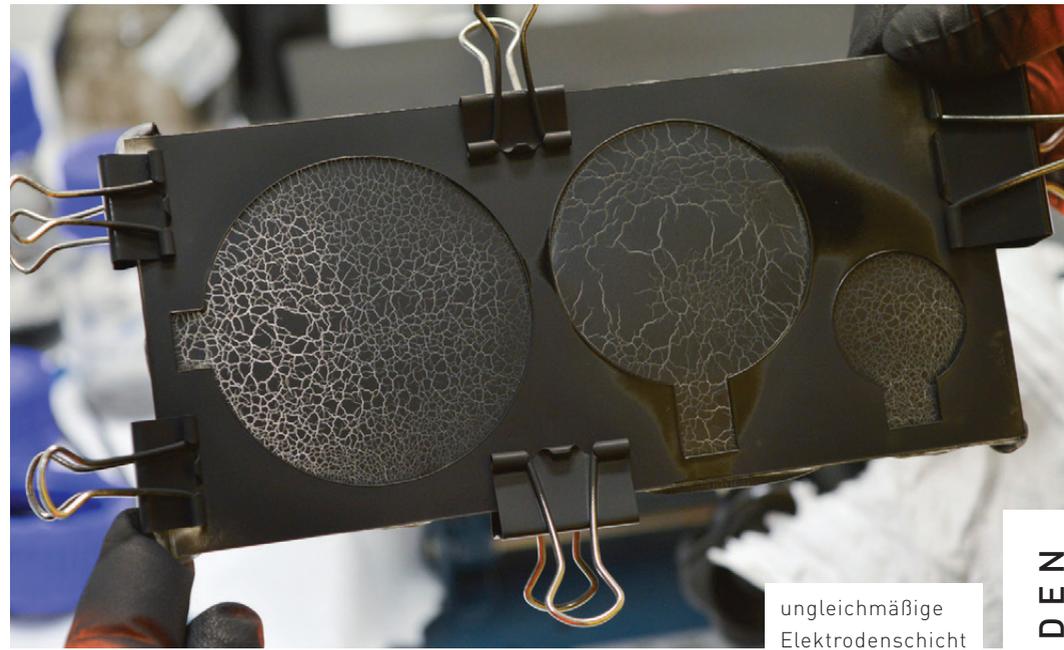
Verschiedene Rahmenformen



RAHMEN



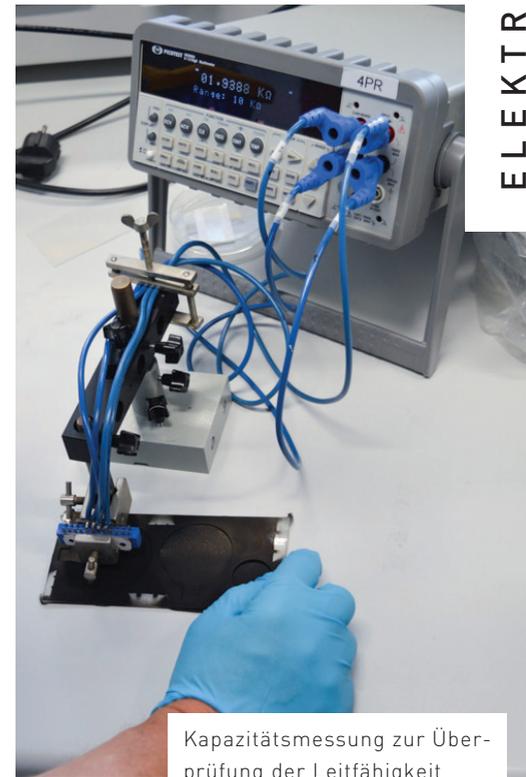
Aufsprühen der Elektroden



ungleichmäßige  
Elektrodenschicht



Gerissene Aktorfolie



Kapazitätsmessung zur Über-  
prüfung der Leitfähigkeit

ELEKTRODEN

# DIELEKTRISCHE ELASTOMERE

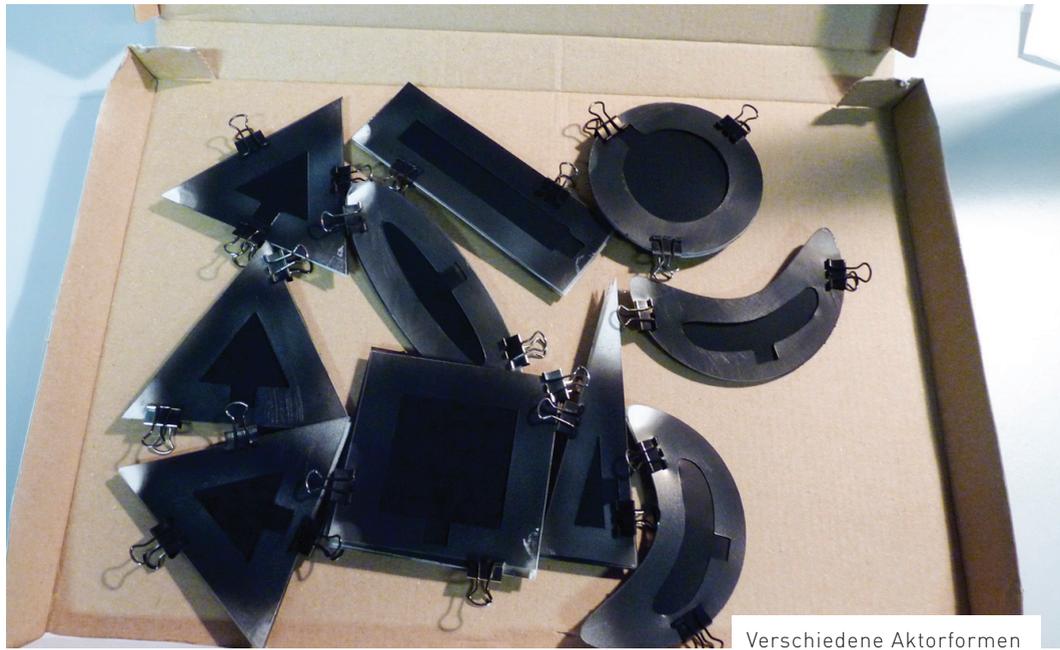
## hands-on test #3

Die gefertigten Aktoren in Testlauf #2 konnten aus verschiedenen Gründen nicht final getestet werden. Die meisten der Proben rissen erneut beim Entfernen der Schablonen. Teilweise haftete die gesprühten Elektroden nicht richtig auf der Folie.

Bei Test #3 wurden Rahmen aus Hostaphan gefertigt. Die Rahmengröße wurde kleiner gewählt. Sowohl das Aufbringen der Schablonen, als auch der Elektroden-Auftrag funktionierten bei den meisten Proben problemlos. Es konnte im nächsten Schritt der Stromanschluss angebracht werden. Die Proben hatten zwischen den Teilschritten lange Liegezeiten, die Rahmen waren daher trotz Vordehnung planar.



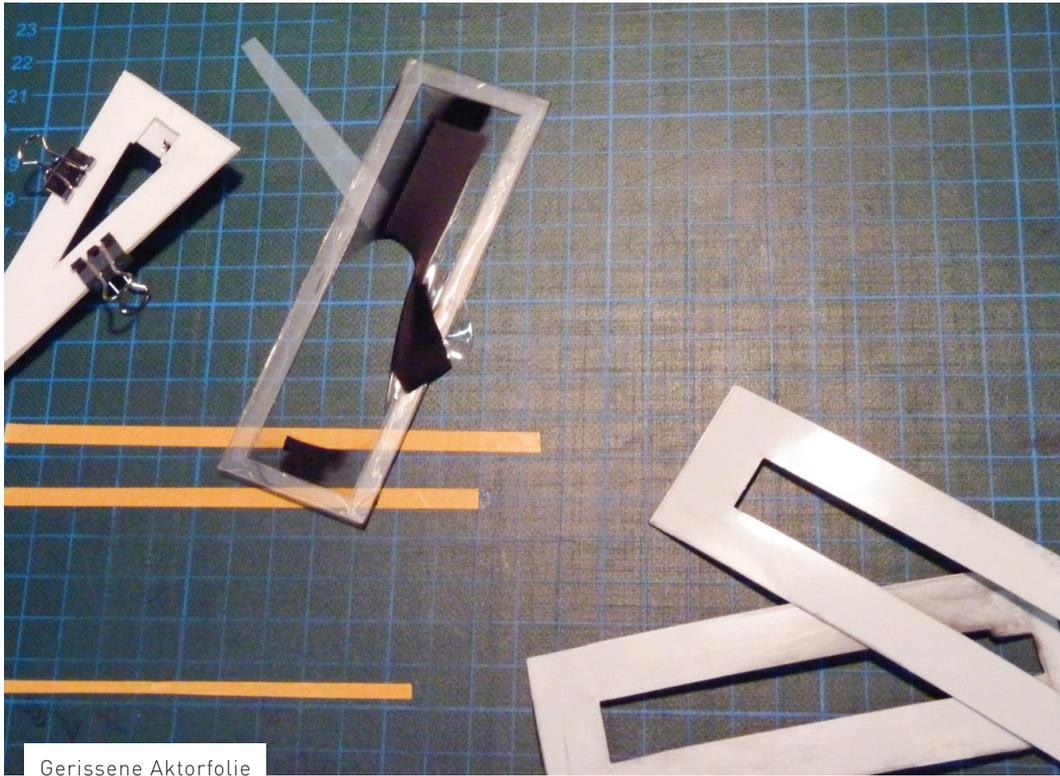
TEST #3



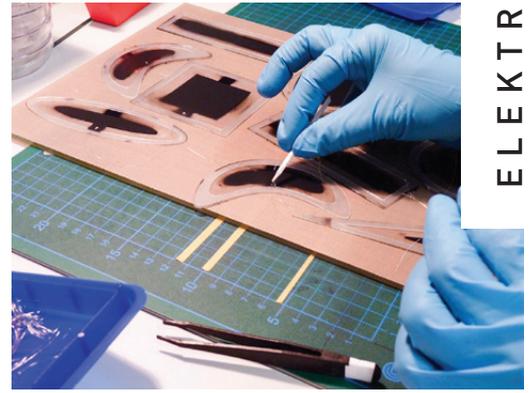
Verschiedene Aktorformen



Aufbringen von leitfähigem Klebstoff



Gerissene Aktorfolie



Kontaktierte Aktoren

ELEKTRODEN

# DIELEKTRISCHE ELASTOMERE

## hands-on test #4

Nachdem die elektrische Kontaktierung getrocknet und auf beiden Seiten der Aktoren angebracht waren, konnten sie bestromt und getestet werden.

Die meisten Aktoren hielten Hochspannung bis zu 4.500Volt und hohen Bestromungsfrequenzen stand.

Die Proben wurden bis auf ihre Belastungsgrenze getestet.

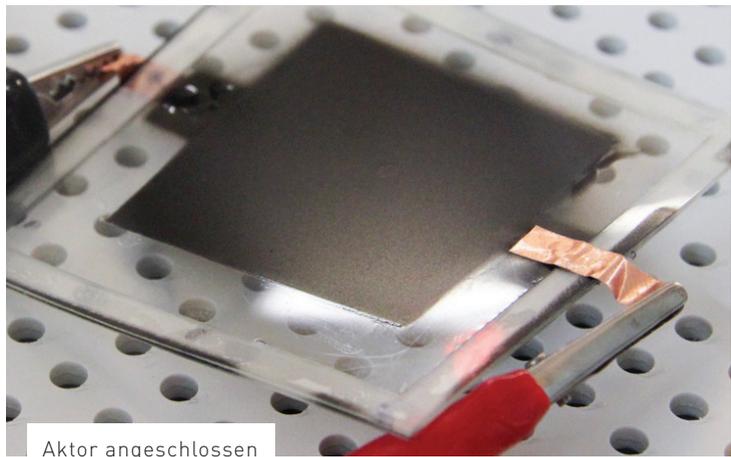
Bei einigen der Proben konnte eine dreidimensionale Verformung bei Spannungszufuhr generiert werden. Die Folien dehnten sich in den Rahmen aus, woraufhin sich die Rahmen je nach Frequenz schneller oder langsamer (atmend) organisch bewegten.

TEST #4

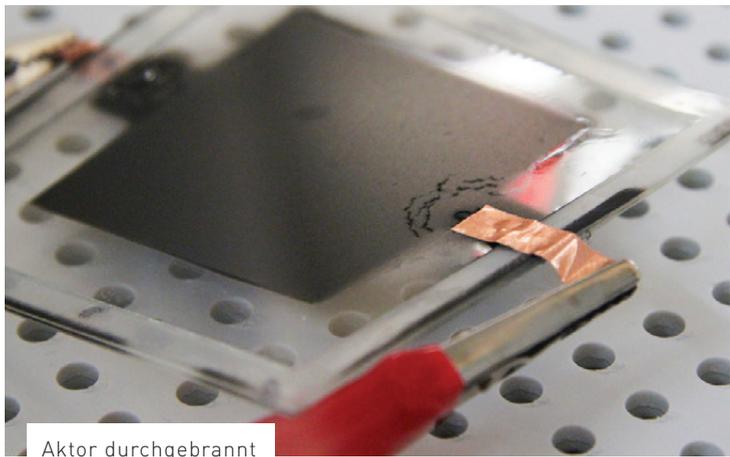
Die Proben werden im Labor unter hohen Sicherheitsvorkehrungen in einem Testkasten angeschlossen



HOCHSPANNUNG



Aktor angeschlossen



Aktor durchgebrannt

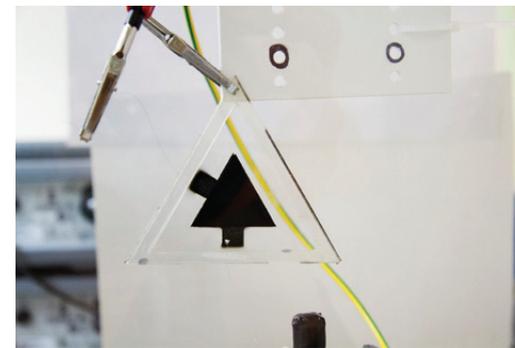
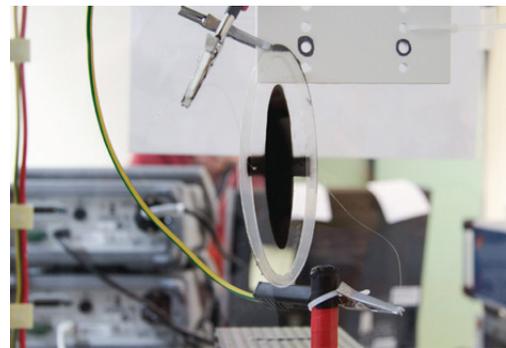
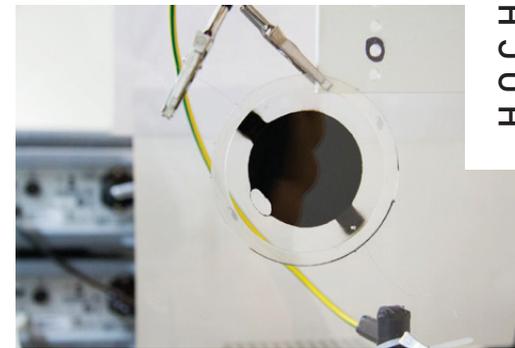
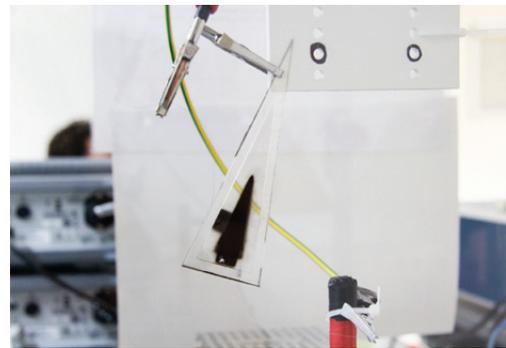
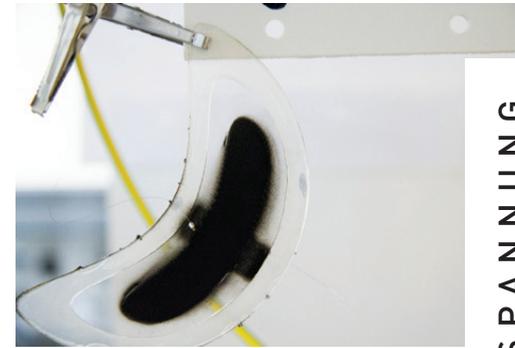
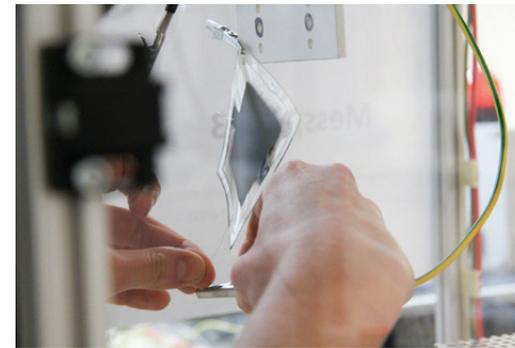
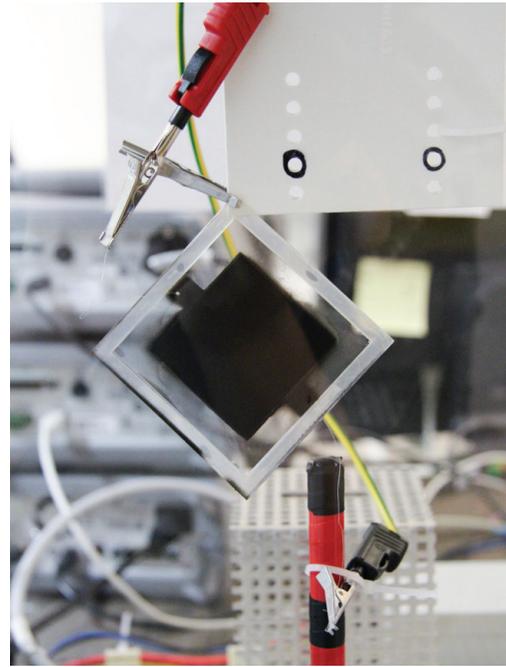


Aktor mit Loch und Rissen in der Elektrode



Proben vor dem Test und Computer, an dem Spannung und Frequenz justiert werden.

Laboraufbau und verschiedene Aktorformen

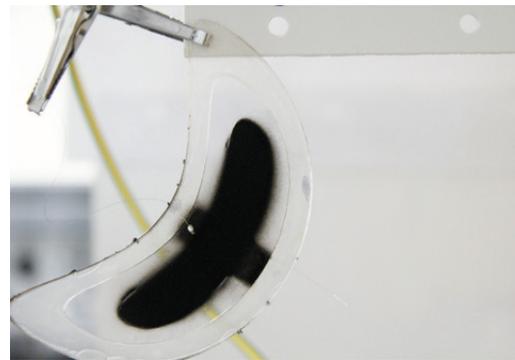
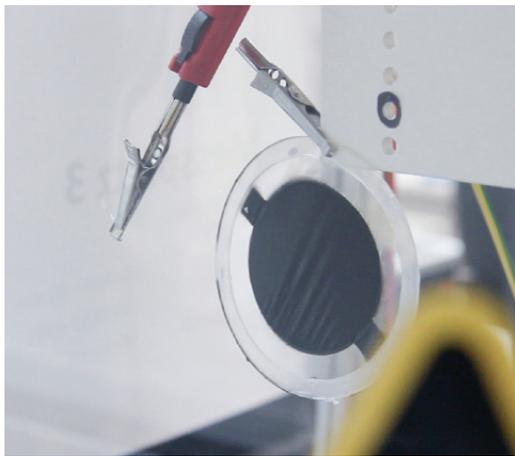
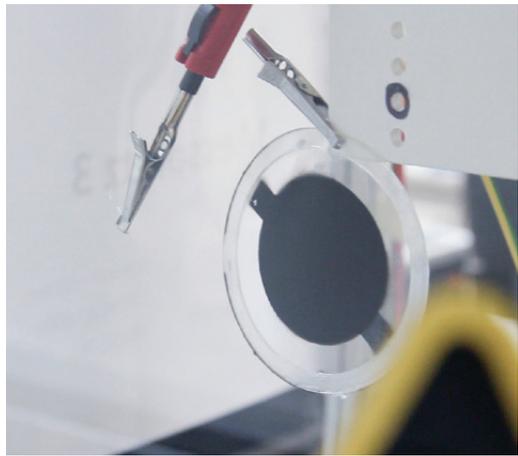


HOCHSPANNUNG

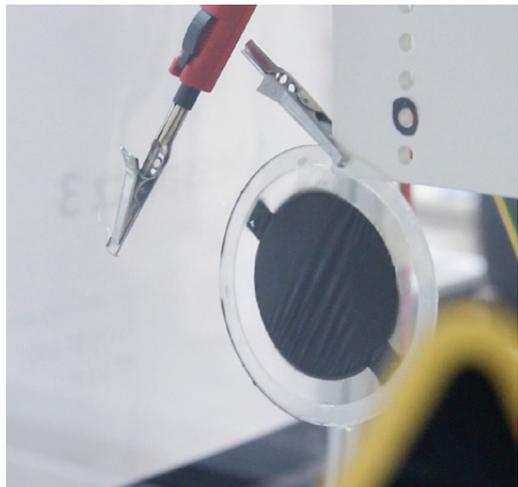
Je nach angelegter Spannung und Frequenz schlägt der DE-Aktor aus.  
Bei höherer Frequenz entsteht eine pulsierende Bewegung, in dem sich der Aktor wiederholend zusammenzieht und dehnt.  
Je extremer der Rahmen durch die Materialspannung der DE-Folie verformt wird, desto größer ist die Auslenkung bei Aktivierung des Aktors.



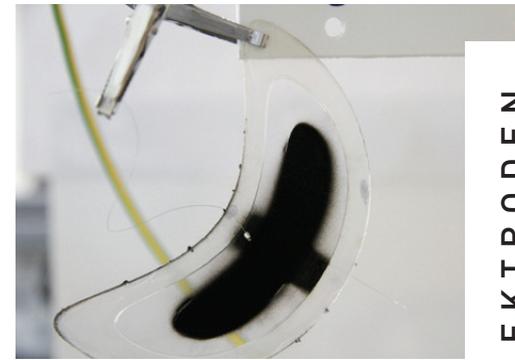
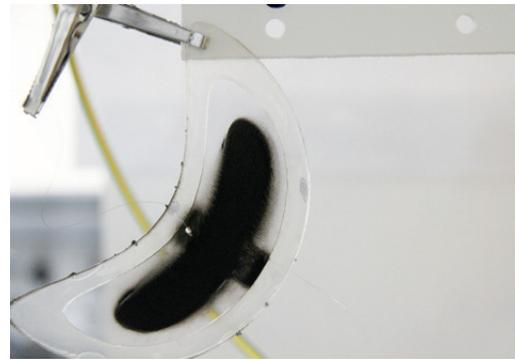
SCHWINGUNG



Veränderung der Elektrodenränder



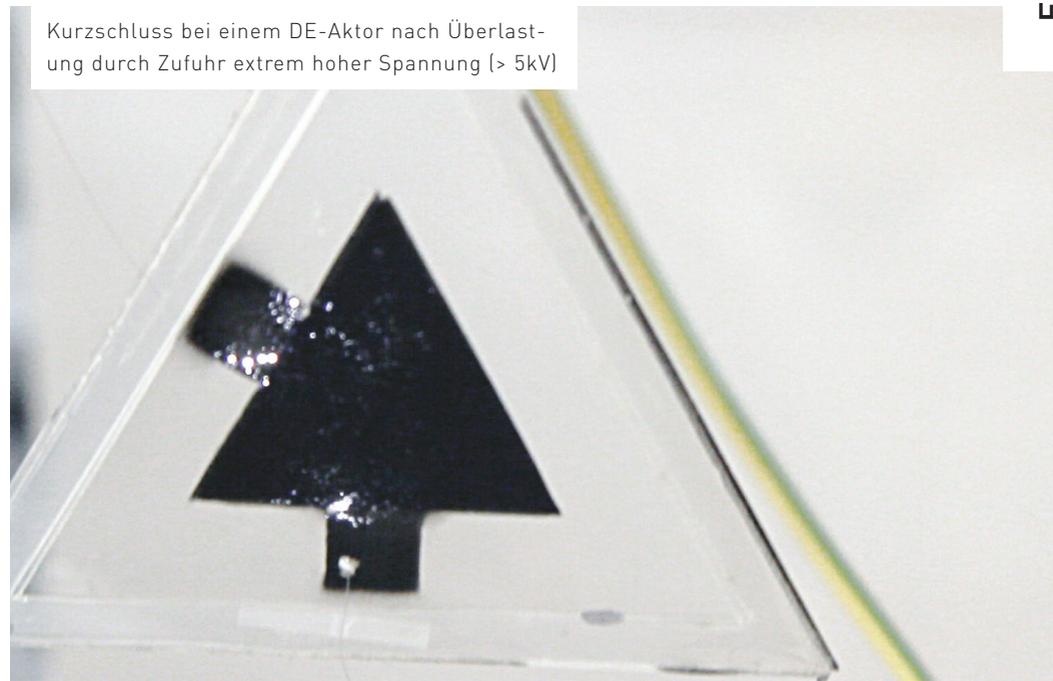
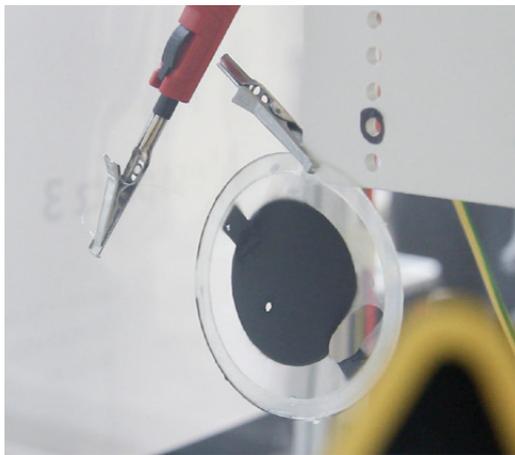
Film-Stills: Dehnung und Kontraktion eines DE-Aktors



ELEKTRODEN



Kurzschluss und Risse in der DE-Folie



Kurzschluss bei einem DE-Aktor nach Überlastung durch Zufuhr extrem hoher Spannung (> 5kV)

A hand wearing a blue nitrile glove is holding a rectangular frame. The frame has a white interior and a black hole on the right side. The background is white.

Dielektrische Elastomere sind extrem wandelbare und für das Design spannende sowie herausfordernde Materialien. Der prinzipiell einfache Aufbau und die Gestaltungsspielräume lassen auf ein großes Potential für die Integration in Produkte schließen.

Die momentan bestimmenden Verarbeitungsparameter, die benötigte Hochspannung und die fehlenden industriellen Herstellungsmethoden können als Herausforderung und Chance für die zielgerichtete Weiterentwicklung - für Technologie und Design gleichermaßen - der Materialien gesehen werden. Die intensive Zusammenarbeit der Materialexperten des Fraunhofer-Instituts mit den Designerinnen der Kunsthochschule war erkenntnisreich und auf vielen Ebenen bereichernd.

HERAUSGEBERIN

Prof. Dr. Zane Berzina  
weißensee kunsthochschule berlin

Bildrechte liegen bei Julia Wolf, Dafna Stoilkova  
und André Wunstorf (S. 4,5; 10,11; 40,41)

TEXT, LAYOUT

Julia Wolf

DRUCK

weißensee kunsthochschule berlin

BERLIN, MÄRZ 2016

smart<sup>3</sup> materials  
solutions  
growth

 Fraunhofer  
IAP

DANKE

IMPRESSUM

[kh-berlin.de/hochschule/forschung/smart3](https://kh-berlin.de/hochschule/forschung/smart3)

