



### Problemstellung

- Innovative Applikationen erfordern flexible Anpassung der Materialeigenschaften
- Regelkreise sind wartungsintensiv und fehleranfällig
- Integrierte Funktionalitäten ermöglichen neue Konzepte

### Programmierbare Materialien

- Reaktion auf Stimulus (Temperatur, Druck, Strahlung, pH-Wert)
- Änderungen in Härte, Durchlässigkeit, Farbe, etc.
- Komplexer, reversibler und vorab bestimmter Effekt

### Vision

- Programmierbare Farbigkeit
- Adaptive Filterung
- Veränderliche Dämpfung

### Betrachtete Materialien/Werkstoffe

- Quantum-Dots
- PVDF
- pNiPAAm
- Thermoplaste

### Fertigungsverfahren

- Lithographie
- Laserstrukturierung
- Spin Coating

### Young Research Class 2017

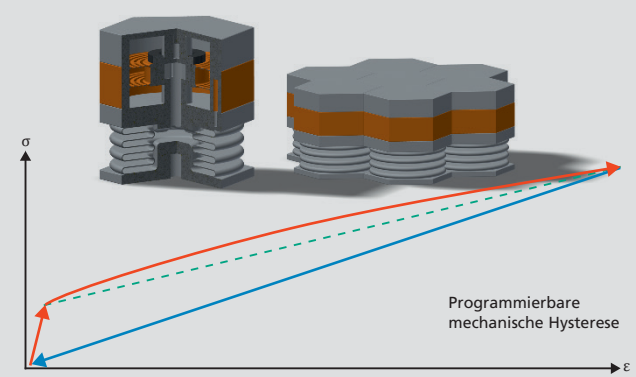
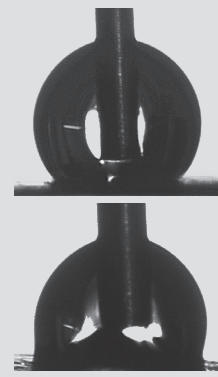
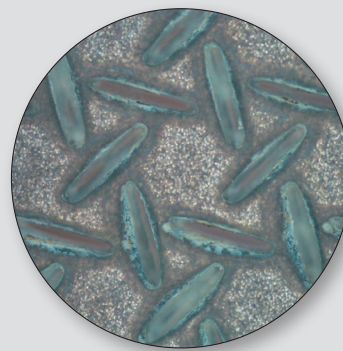
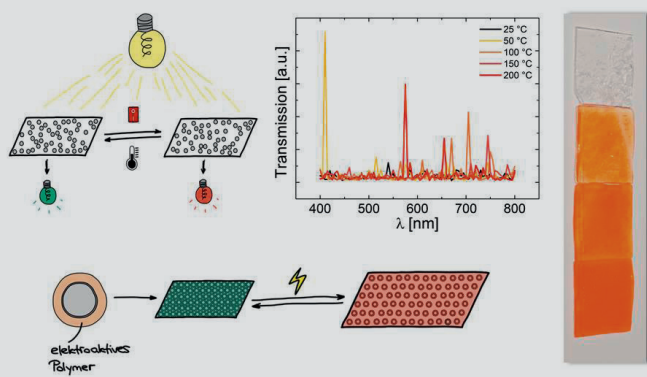
Die YRC entstand als Gruppe junger Nachwuchswissenschaftler verschiedener Fraunhofer-Institute. In einem Research-Camp haben wir uns kennengelernt, erste Ideen entwickelt und in drei Themenfelder aufgeteilt. Daraufhin haben wir unsere Ideen präzisiert und erfolgreich das Projekt ProMiSE beantragt.

Die gemeinsame Arbeit ermöglicht es uns, ein weitreichendes Netzwerk innerhalb der FhG aufzubauen und ein tieferes Verständnis für die Kompetenzen der anderen Institute zu entwickeln. Damit ist ProMiSE eine bewusste Investition in eine weitergehende Zusammenarbeit.

- Michael Becker (michael.becker@izfp.fraunhofer.de)
- Matthew Berwind (matthew.berwind@iwm.fraunhofer.de)
- Sibylle von Bomhard (sibylle.von.bomhard@imm.fraunhofer.de)
- Rowena Duckstein (rowena.duckstein@ist.fraunhofer.de)
- Tobias Hofmann (tobias.hofmann@itwm.fraunhofer.de)
- William Kaal (william.kaal@lbf.fraunhofer.de)
- Robert Kammel (robert.kammel@iof.fraunhofer.de)
- Anna-Lena Liesch (anna-lena.liesch@ibp.fraunhofer.de)
- Jessica Lorenz (jessica.lorenz@izi.fraunhofer.de)
- Christian Molin (christian.molin@ikts.fraunhofer.de)
- Andreas Niepel (andreas.niepel@ifam.fraunhofer.de)
- Ruben Rosencrantz (ruben.rosencrantz@iap.fraunhofer.de)
- Christian Thieme (christian.thieme@imws.fraunhofer.de)
- Jorge Toro (jorge.toro@igb.fraunhofer.de)

## ProMiSE – PROGRAMMABLE MATERIALS IN SCIENCE AND ENGINEERING





## Programmierbare Oberflächen

Das Feld der programmierbaren Oberflächen zielt darauf ab, mikrostrukturelle und spektrale Eigenschaften von Oberflächensystemen zu verändern, um eine umgebungsgesteuerte oder einstellbare Anpassung der Farbigkeit zu ermöglichen. Dazu wird die jeweilige Expertise der Young Researcher aus den Gebieten der (Bio-)Nanotechnologie, Flow Chemistry, Materialwissenschaften sowie der Compoundierung vereint, um zu innovativen Lösungen zu gelangen.

Das kontinuierliche Prozessieren von Quantenpunkten (QD) erlaubt die reproduzierbare Herstellung von Nanopartikeln mit dem gleichen engen Emissionsspektrum. Für das Emissionsverhalten spielen auch die Freiheitsgrade der QD in der Matrix eine wichtige Rolle. Nach Prozessierung der Materialien zu dünnen Filmen zeigt das Hybridmaterial eine temperaturabhängige Änderung des Transmissionsverhaltens verursacht durch die Änderung der Beweglichkeit der QD im Kunststoff.

Zahlreiche Beispiele für Strukturfarben finden sich in der Natur: die Farbigkeit des Pfau, von Schmetterlingen oder Muscheln und nicht zuletzt die der Opale basieren auf Strukturfarben. Durch die regelmäßige Anordnung von Partikeln in einer weichen Polymermatrix wird ein kolloidaler Kristall erhalten. Werden nun durch einen Trigger gezielt die Gitterabstände verändert, erfolgt die Einstellung der Farbigkeit des Materials.

Sibylle von Bomhard | Jessica Lorenz | Andreas Niepel | Ruben Rosencrantz

## Programmierbare Permeabilität

Indem programmierbare Materialien in die Membrantechnologie eingebunden werden, können abhängig von einem Stimulus die Porengröße angepasst und Effekte wie Fouling reduziert werden.

Zur flexiblen Anpassung der Permeabilität über den Stimulus einer mechanischen Dehnung können komplexe isotrop-axetische Porenstrukturen durch fs-Laserstrukturierung in elastische Membranmaterialien wie Silikonfolien (Abb. links) eingebracht werden.

Für eine einstellbare Porengröße können auch elektroaktive Polymere wie Polyvinylidenfluorid verwendet werden. Durch Anlegen einer elektrischen Spannung kommt es zur Ausbildung eines elektrischen Feldes und einer Ausdehnung. Eine gezielte Elektrodenanordnung kann die elektrische Feldrichtung beeinflussen. Somit kann eine programmierte Verformung durch eine elektrische Spannung ausgelöst werden.

Poly(N-isopropylacrylamid) (pNIPAAm) ist als Material für durch Temperatur veränderliche Hydrophilie (Abb. rechts) bekannt. Die Phasenübergangstemperatur liegt bei 32 °C. Eine gegebene poröse Membran wird mit pNIPAAm in der Gasphase beschichtet. Durch sorgfältige Einstellung der Porengröße und Membrandicke kann der Unterschied im Durchfluss maximiert werden.

Rowena Duckstein | Tobias Hofmann | Robert Kammel | Christian Molin | Christian Thieme | Jorge Toro

## Programmierbare Dämpfung

Das Ziel programmierbarer Dämpfungseigenschaften stellt die Entkopplung des mechanischen Verhaltens eines Werkstoffs von den Eigenschaften des zugrundeliegenden Bulkmaterials dar. Bei klassischen Materialien muss ein Kompromiss zwischen den Anforderungen an das Dämpfungsverhalten in verschiedenen Situationen in Kauf genommen werden. Applikationen, die Bedarf nach wechselnden Dämpfungseigenschaften haben, sind bspw. Systeme zur Crashesicherheit, die Absicherung empfindlicher Elektronik und der Schutz teurer mechanischer Systeme.

Zum Funktionsnachweis wurde ein makroskopischer Demonstrator entwickelt, der die verschiedenen Komponenten für das mechanische Design widerspiegelt und im Rahmen von Laboruntersuchungen die gewünschte Funktionalität zeigen konnte. Sowohl unter zyklischer als auch unter dynamischer Last ist die Programmierung eines Wechsels der elastischen und dämpfenden Eigenschaften sichtbar. Erste Schritte zur Skalierung auf die Sub-Millimeterkala wurden mit Hilfe eines stereolithografischen 3D-Druckverfahrens hergestellt.

Aufgrund der Konzeption eines Elementes als hexagonale Einheitszelle sind zwei- sowie dreidimensionale Strukturen möglich, die dem programmierten Material nach außen den statischen, optischen und haptischen Eindruck eines Bulkmaterials verleihen.

Michael Becker | Matthew Berwind | William Kaal | Anna-Lena Liesch