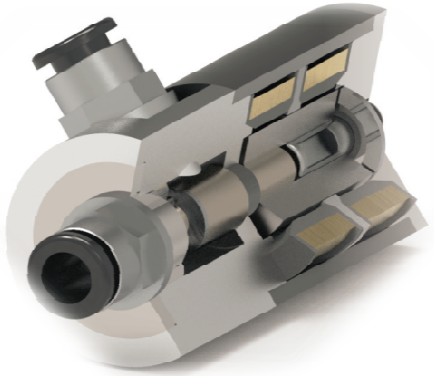
12. DGFT-Tagung „Feinwerktechnische Konstruktion“

Magnetische Formgedächtnismaterialien und deren Anwendung in der Feinwerktechnik

M. Laufenberg



ETO GRUPPE

JOINTLY INNOVATIVE

Aktoren und Sensoren

ETO MAGNETIC GmbH
Hardtring 8
78333 Stockach / Deutschland
Tel.: +49 (0)7771 809 0
Fax: +49 (0)7771 809 100
www.etogruppe.com

Inhalt

ETO GRUPPE
JOINTLY INNOVATIVE

ETO GRUPPE: Kurze Einführung

Magnetische Formgedächtnismaterialien: Einführung

Magnetomechanische Eigenschaften und Aktorkonzepte

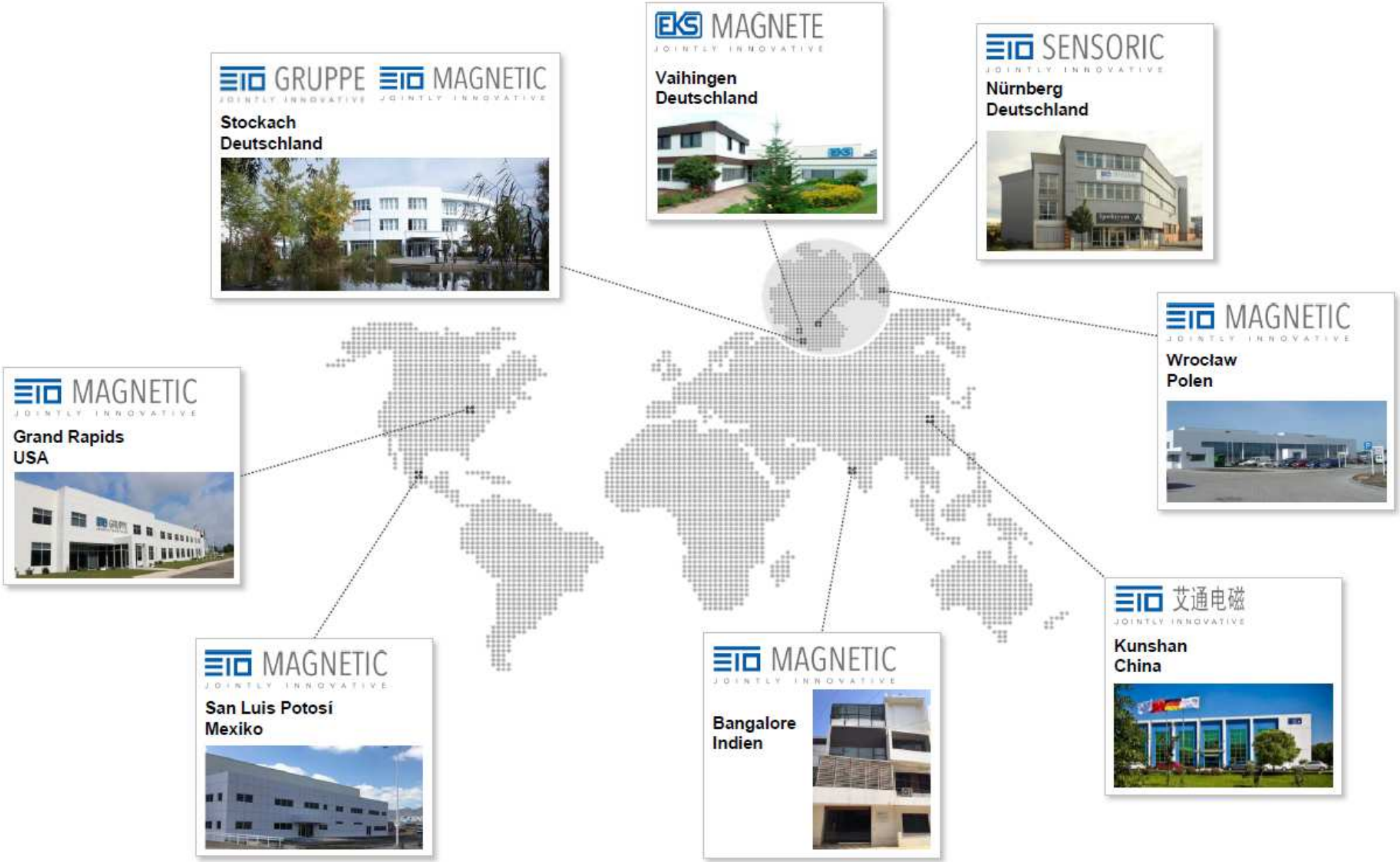
Applikationsbeispiele:

- **Schermesserantrieb Elektrorasierer**
- **Schutzschalter**
- **Multistabile Ventile**
- **Mikropumpe**

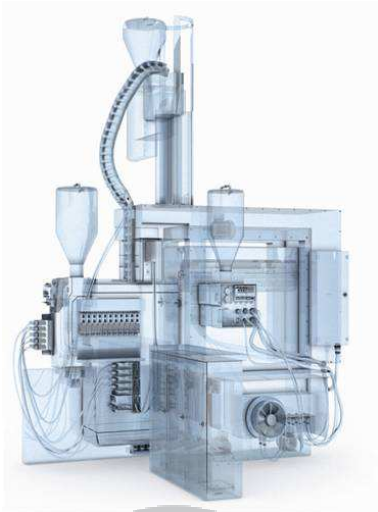
Zusammenfassung

Unternehmensgruppe

ETO GRUPPE
JOINTLY INNOVATIVE



Geschäftsbereiche



Nutzfahrzeuge

PKW

Industrie

Produkte

Stellmagnete

Sensoren

Magnetventile

Integrierte Ventilmodule

Inhalt

ETO GRUPPE: Kurze Einführung

Magnetische Formgedächtnismaterialien: Einführung

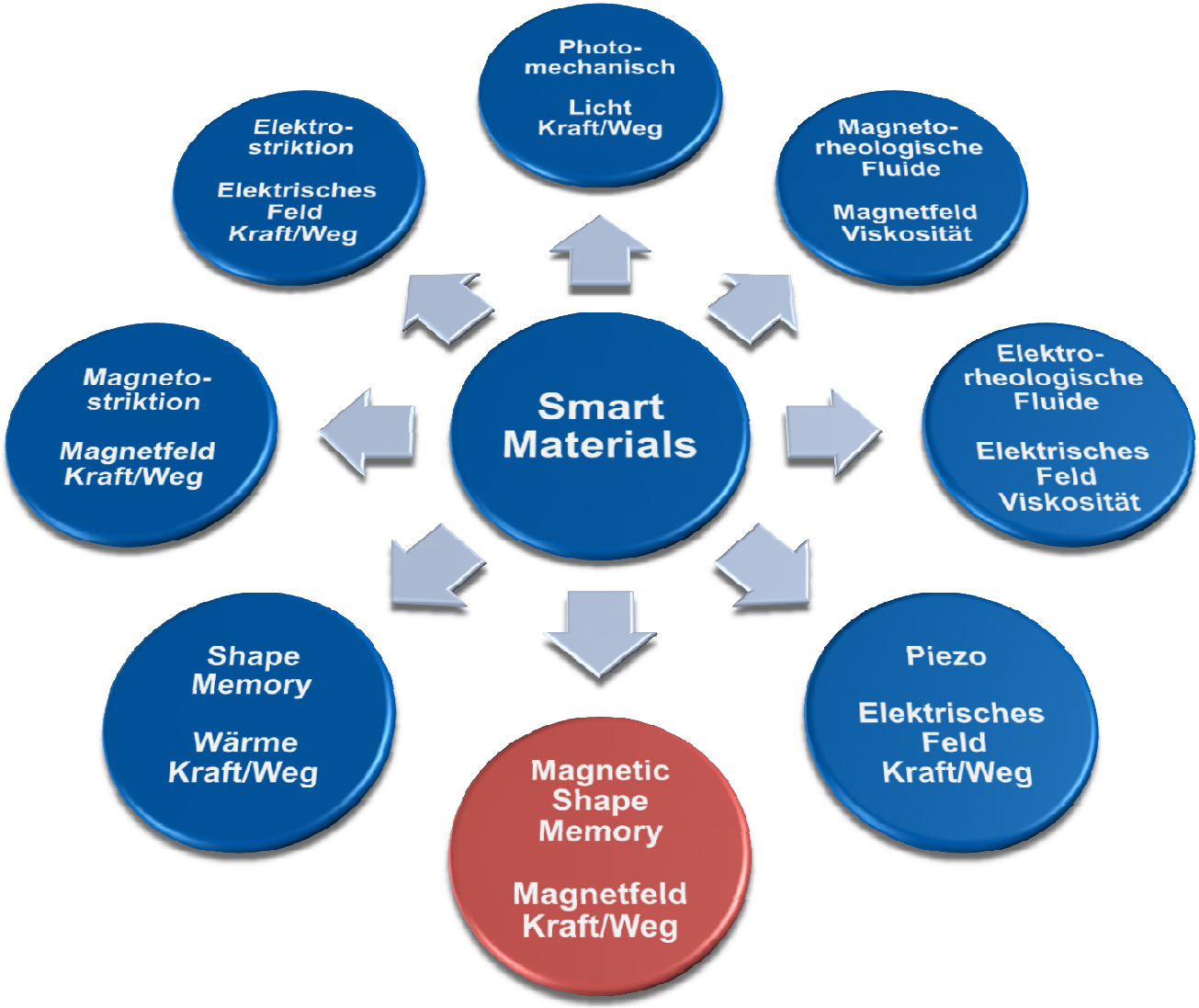
Magnetomechanische Eigenschaften und Aktorkonzepte

Applikationsbeispiele:

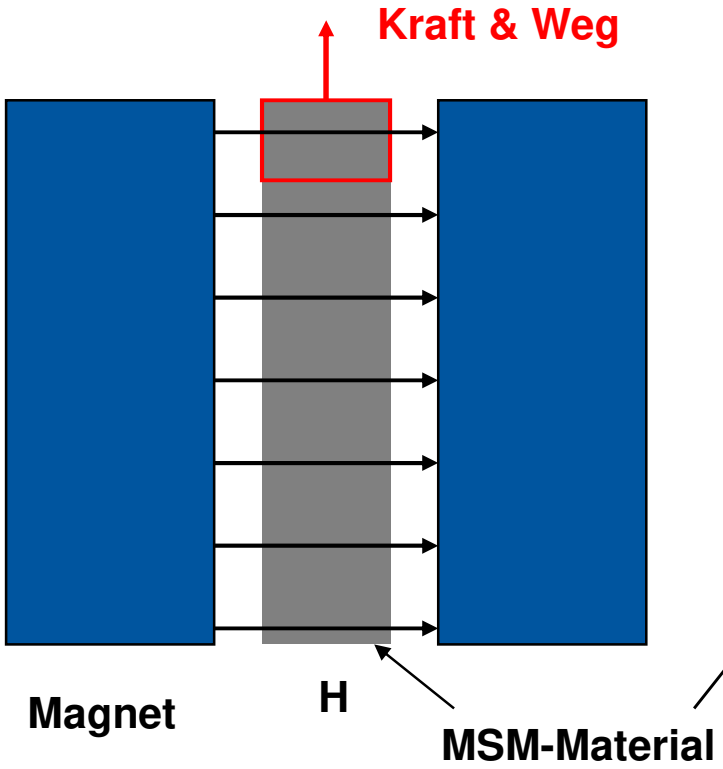
- Schermesserantrieb Elektrorasierer
- Schutzschalter
- Multistabile Ventile
- Mikropumpe

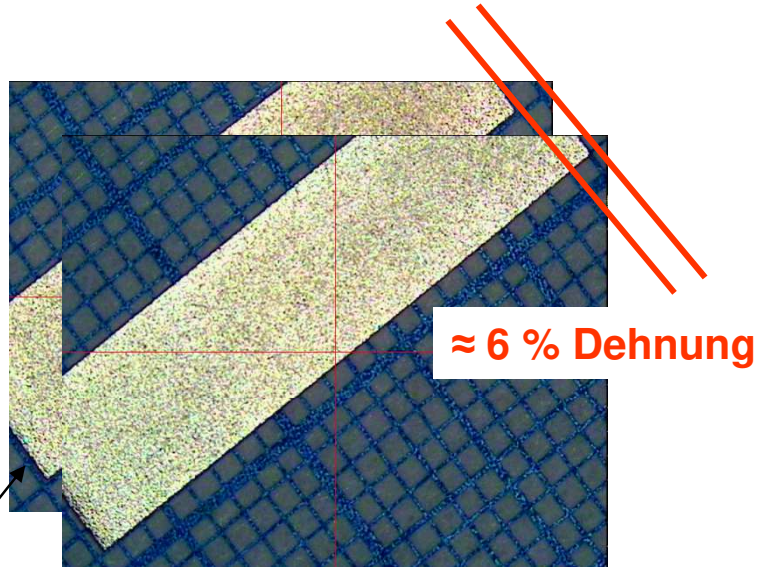
Zusammenfassung

Smart Materials



MSM-Effekt & Mechanismus



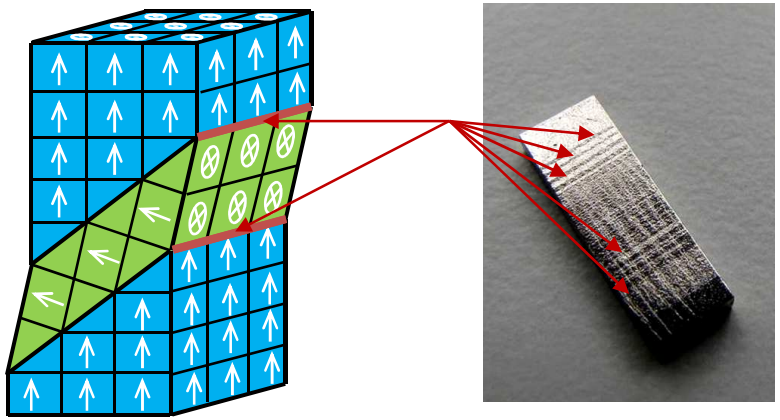


Hub: µm bis mm

Kraft: mN bis kN

Frequenz: DC bis kHz

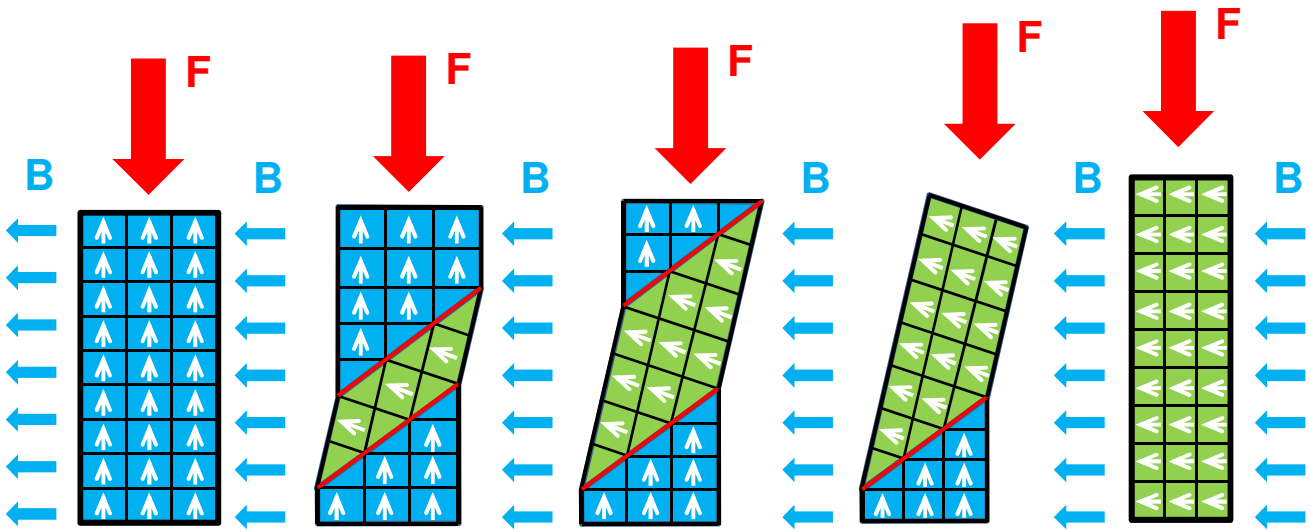
MSM-Effekt & Mechanismus



Zwillingsgrenzen sind makroskopisch erkennbar

Kompression durch mechanische Kraft

Magnetfeld-induzierte Dehnung



Produktionstechnologie für MSM-Material

ETO GRUPPE
JOINTLY INNOVATIVE

MSM Technologie-Hintergrund

Einkristallzüchtung

Wärmebehandlung

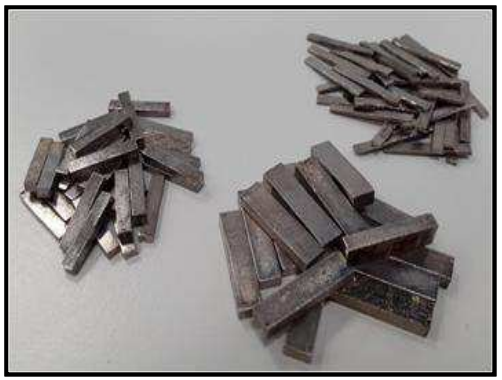
Trennen

Kristallorientierung

Elektropolieren

Training, Messung

MSM-Elemente



Einkristalline MAGNETO SHAPE-Materialien

ETO GRUPPE
JOINTLY INNOVATIVE

MSM Technologie-Hintergrund

Einkristallines MAGNETO SHAPE®-Material (Ni-Mn-Ga)

Inhalt

ETO GRUPPE: Kurze Einführung

Magnetische Formgedächtnismaterialien: Einführung

Magnetomechanische Eigenschaften und Aktorkonzepte

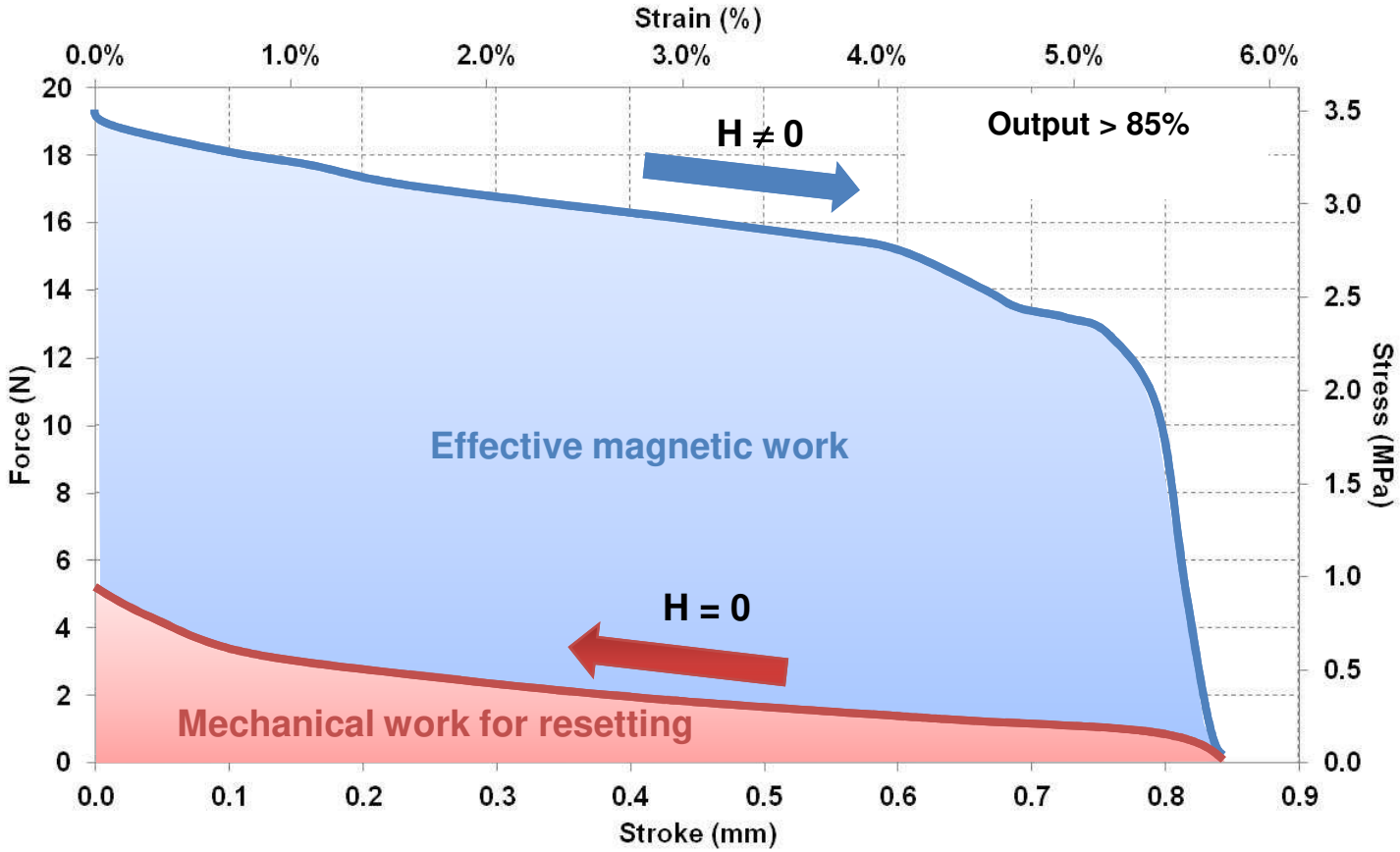
Applikationsbeispiele:

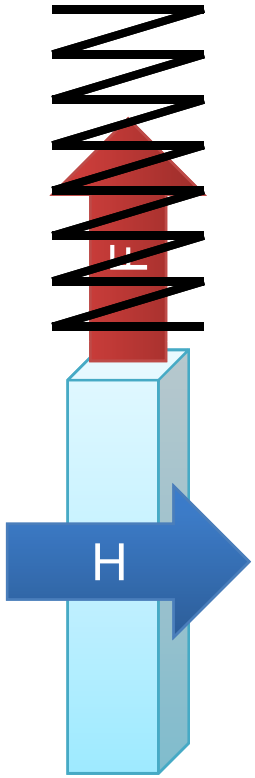
- Schermesserantrieb Elektrorasierer
- Schutzschalter
- Multistabile Ventile
- Mikropumpe

Zusammenfassung

Hohe Arbeitseffizienz

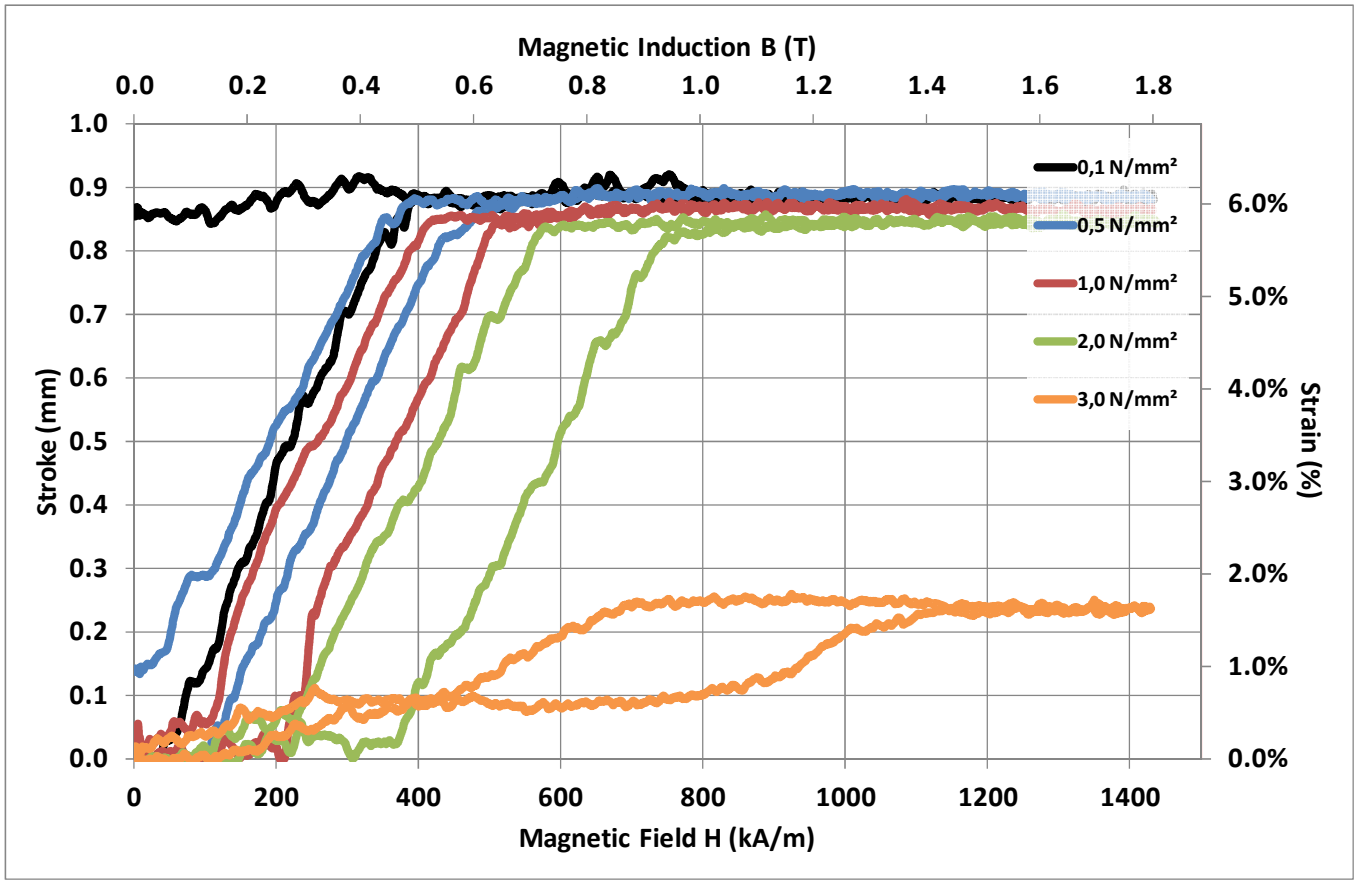
MAGNETOSHAPE®-Material



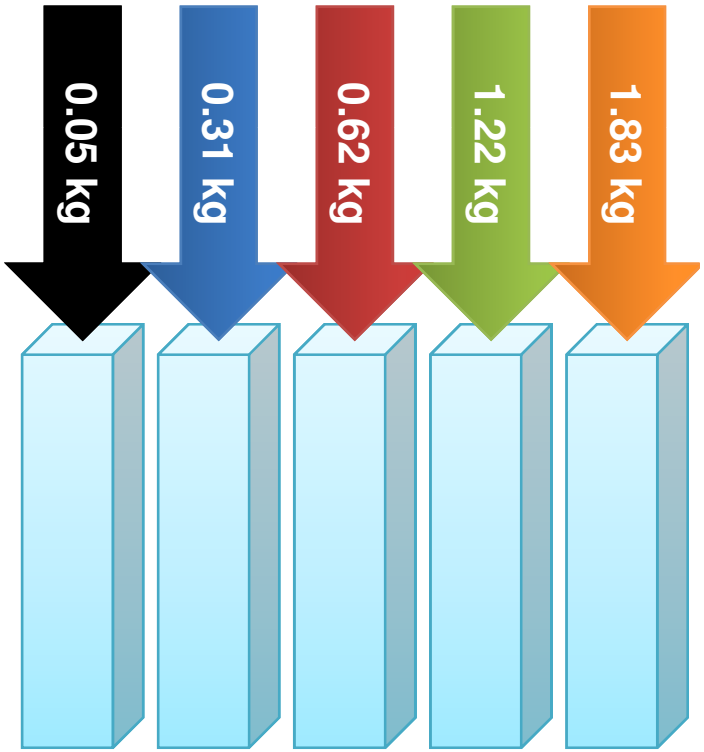


Feld-Hub-Kennlinien („Schmetterlingskurven“)

MAGNETOSHAPE®-Material



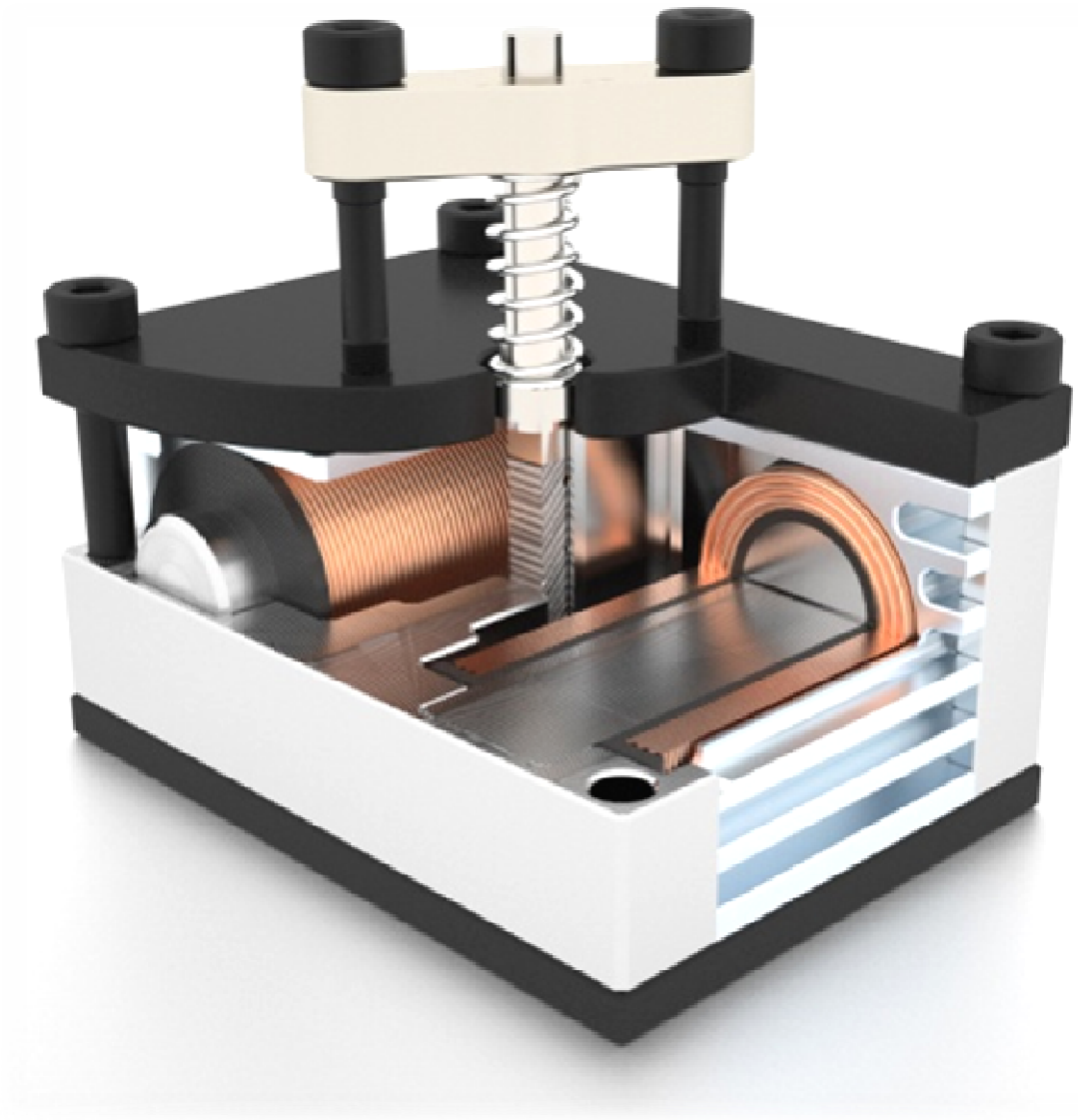
Beispiel: Querschnitt MSM-Element 2x3 mm²



Schnellschaltender MAGNETO SHAPE® Federaktor

ETO GRUPPE
JOINTLY INNOVATIVE

Aktorkonzepte

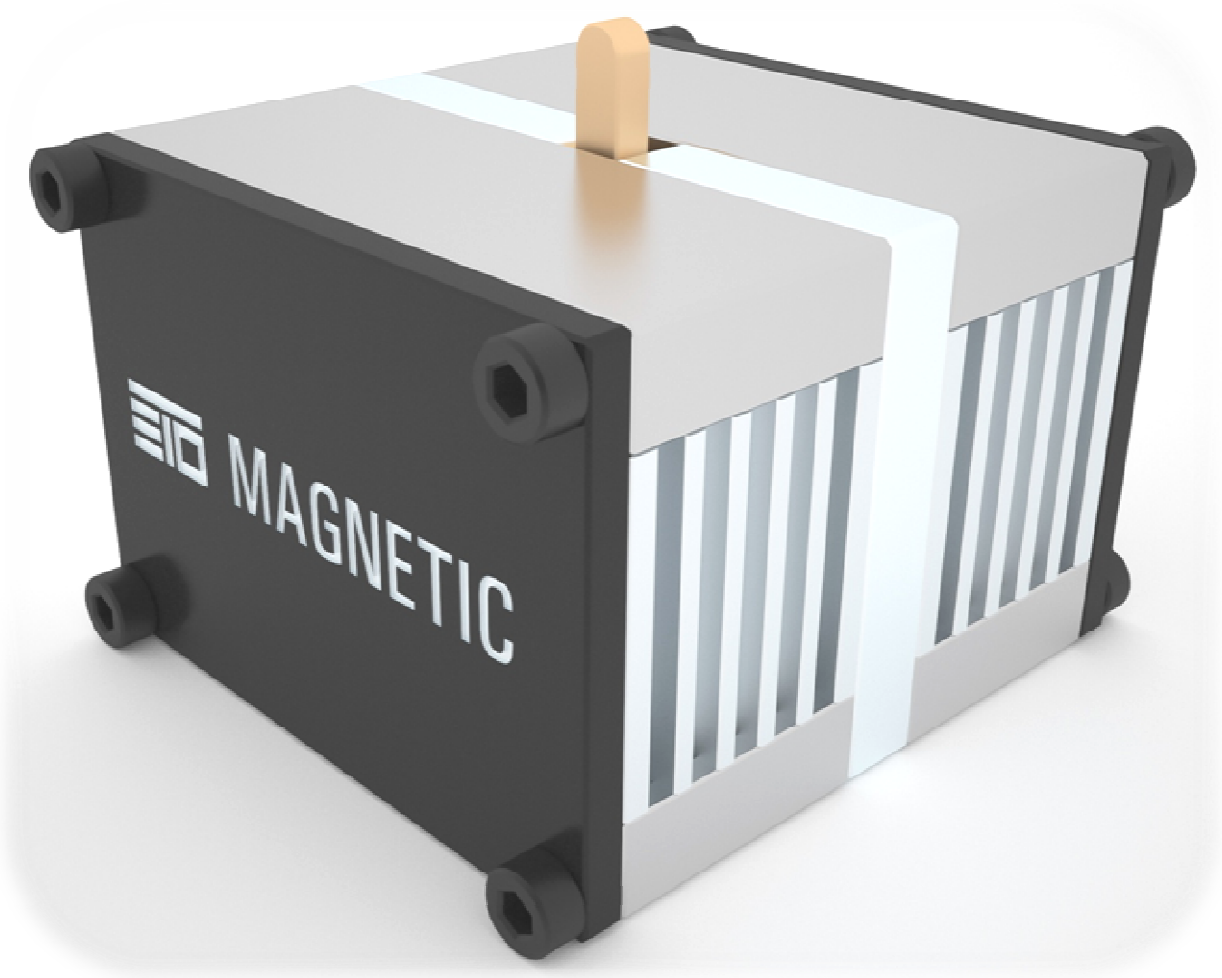


Federaktor	
Aktorgröße	35 × 40 × 20 mm³
MSM-Größe	2 × 3 × 15 mm³
Cu-Gewicht	14 g
Strom	3 A
Hub	0,7 mm
Kraft	7 N
Schaltzeit	1,6 ms

MAGNETOSHAPE® Push-Push-Aktor

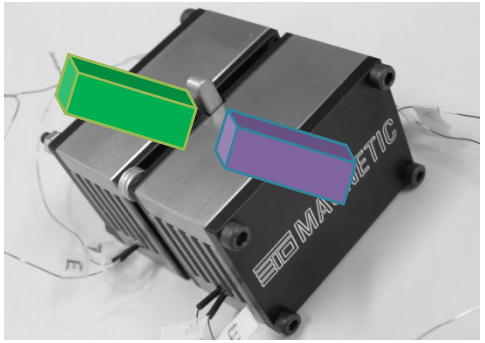
ETO GRUPPE
JOINTLY INNOVATIVE

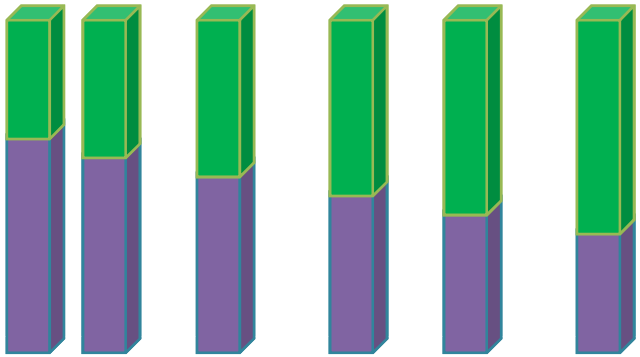
Aktorkonzepte



Push-Push-Aktor	
Aktorgröße	90 × 50 × 26 mm³
MSM-Größe	2 × 3 × 15 mm² (2x)
Cu-Gewicht	28 g
Strom	3 A
Hub	0,5 mm
Kraft	10 N
Reaktionszeit	3 ms

Multistabile / proportionale Verwendung mit Steuerung (open-loop)





Inhalt

ETO GRUPPE: Kurze Einführung

Magnetische Formgedächtnismaterialien: Einführung

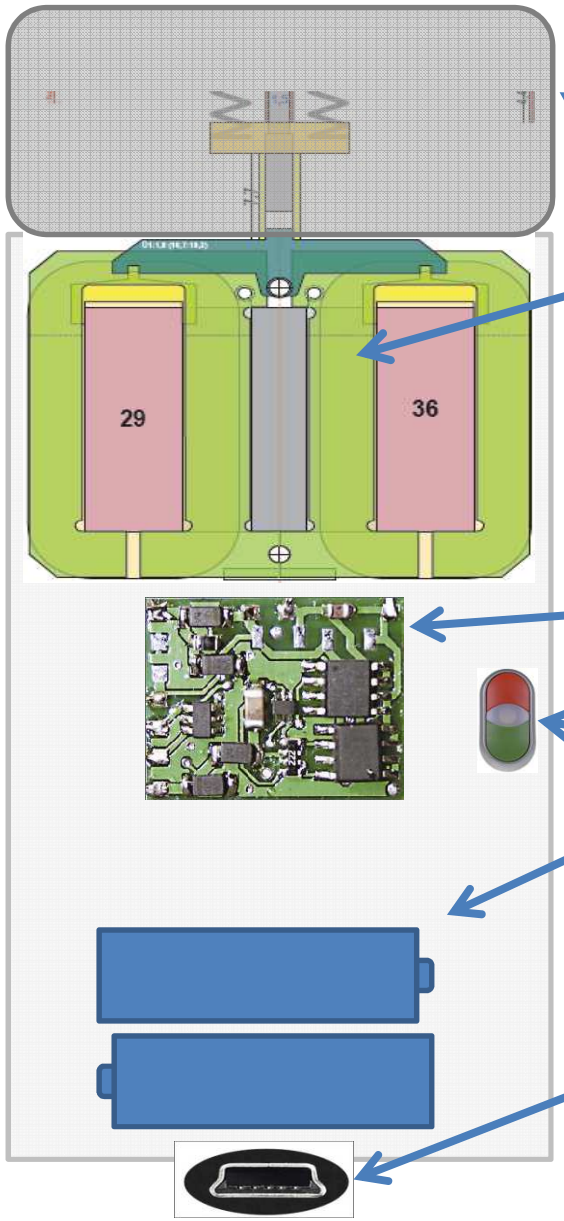
Magnetomechanische Eigenschaften und Aktorkonzepte

Applikationsbeispiele:

- **Schermesserantrieb Elektrorasierer**
- Schutzschalter
- Multistabile Ventile
- Mikropumpe

Zusammenfassung

Schermesserantrieb für Elektrorasierer



Scherkopf (aus handels-üblichem Seriengerät) Schnittstelle mit Verrastung

MSM-Antrieb

Elektronik / Ansteuerung Antrieb

Ein- / Ausschalter

Akku

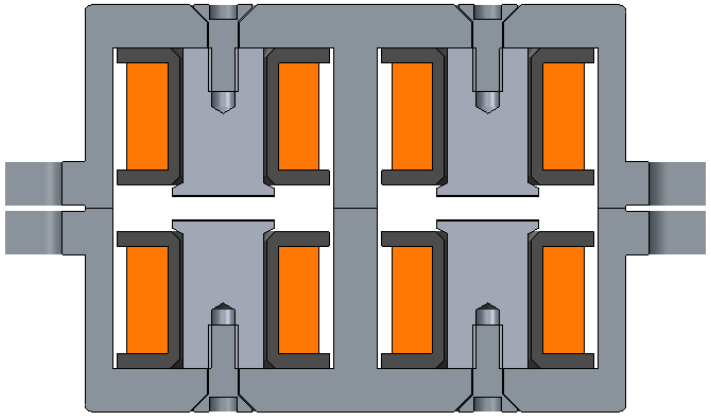
Anschluss Ladekabel

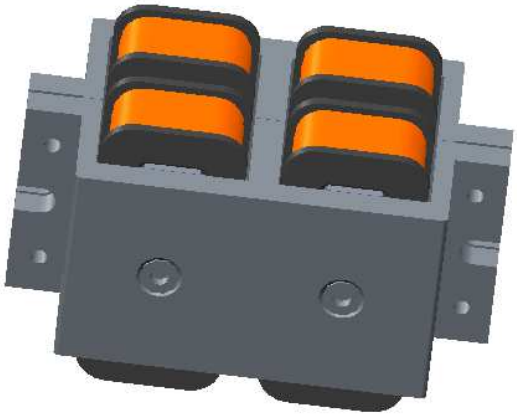
Schermesserantrieb für Elektrorasierer

ETO GRUPPE
JOINTLY INNOVATIVE

Konstruktion und Magnetsimulation

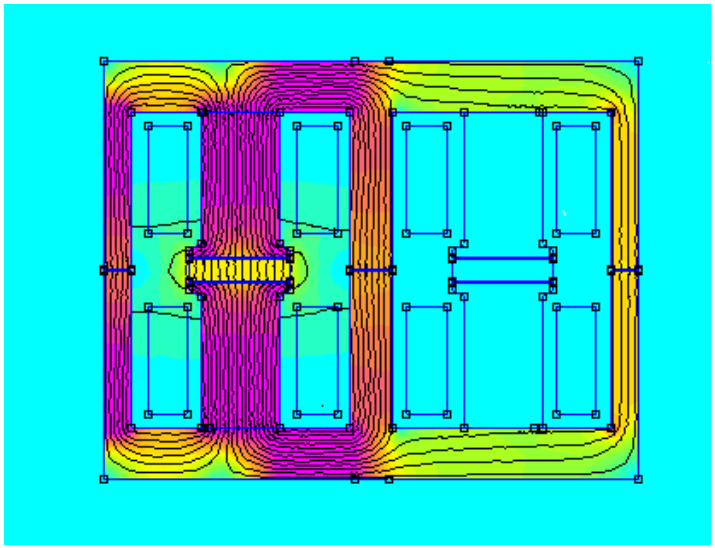
CAD-Modell Aktor (Schnitt und Perspektivansicht)



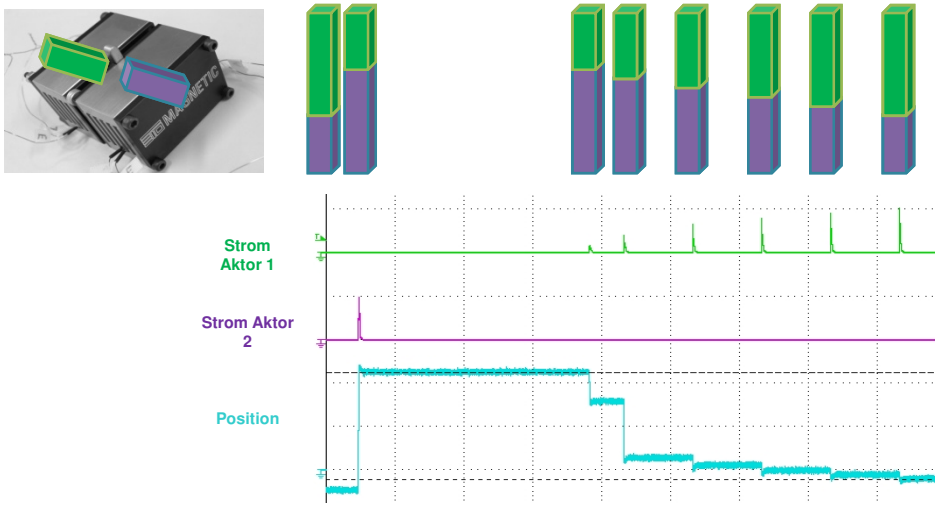


PATENT PENDING

Magnetsimulation mit FEMM



Aktorprinzip: Bistabiler antagonistischer Aktor



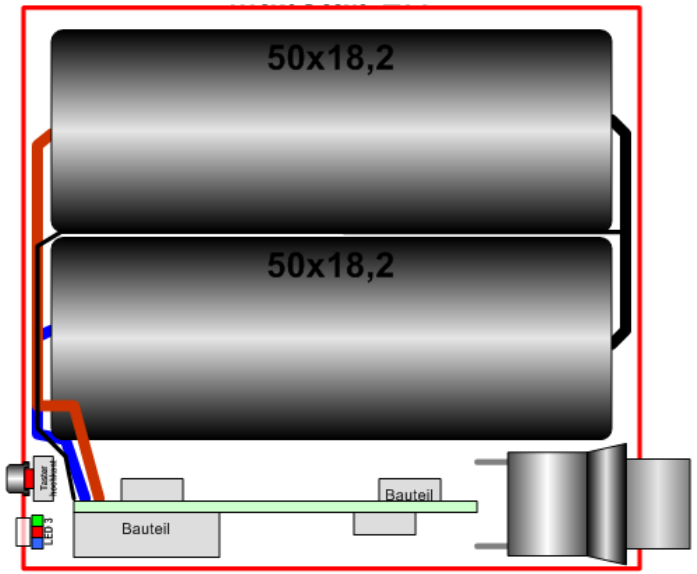
Schermesserantrieb für Elektrorasierer

ETO GRUPPE
JOINTLY INNOVATIVE

Elektronik, Anschlüsse & Akkus

Funktionen:

- **Ansteuerung Aktor (einstellbar: ED, Frequenz)**
- **Ladeelektronik und Buchse**
- **Temperaturabschaltung samt Thermoelement**
- **Ein-/Ausschalter**
- **LED für Anzeige Betriebszustand**



Schermesserantrieb für Elektrorasierer

ETO GRUPPE
JOINTLY INNOVATIVE

Design Gehäuse

- **Siegerbeitrag im Ideenwettbewerb ZEITZUZEIGEN des smart³ e.V.**
- **Zusammenarbeit mit Burg Giebichenstein Kunsthochschule Halle Prof. Frithjof Meinel, Industriedesign**

smart³

Inhalt

ETO GRUPPE: Kurze Einführung

Magnetische Formgedächtnismaterialien: Einführung

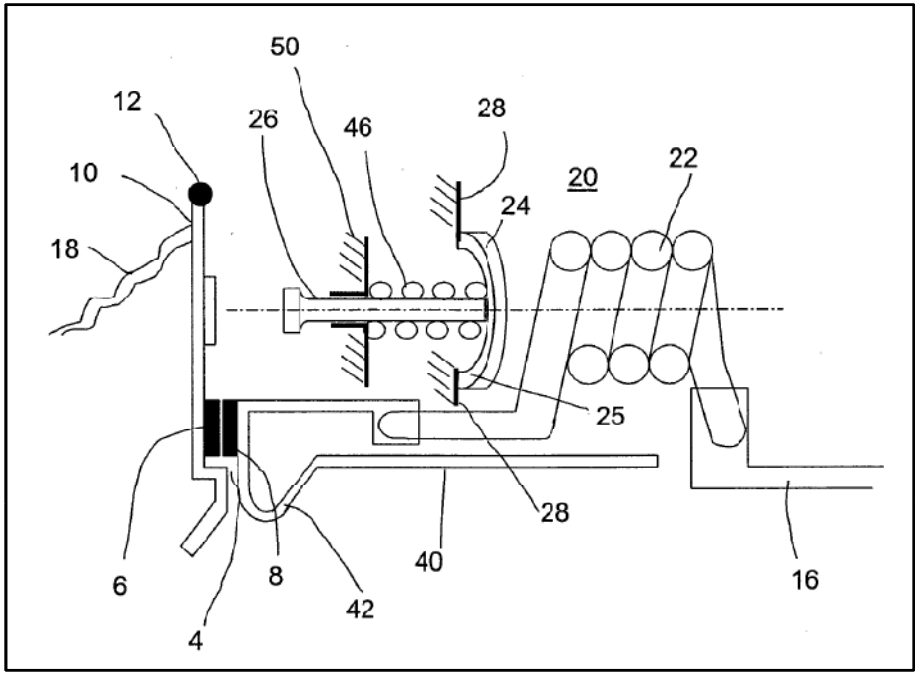
Magnetomechanische Eigenschaften und Aktorkonzepte

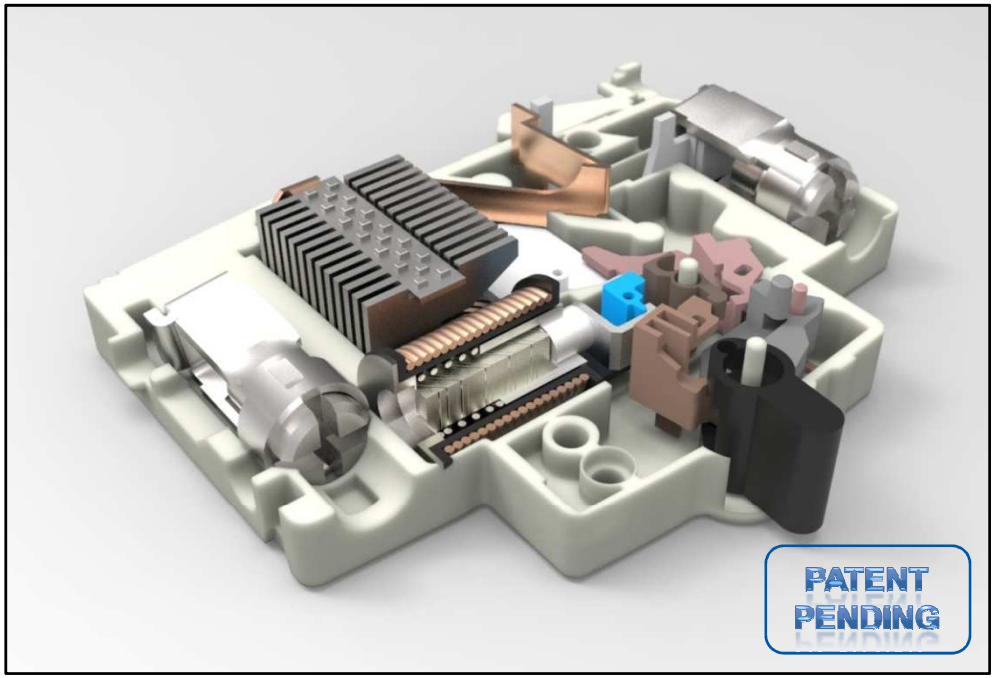
Applikationsbeispiele:

- Schermesserantrieb Elektrorasierer
- **Schutzschalter**
- Multistabile Ventile
- Mikropumpe

Zusammenfassung

Schutzschalter mit magnetisch-thermischer Auslösung





Patent EP 1 815 490 B1, ABB AG

Gefördert vom
Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

MatRessource

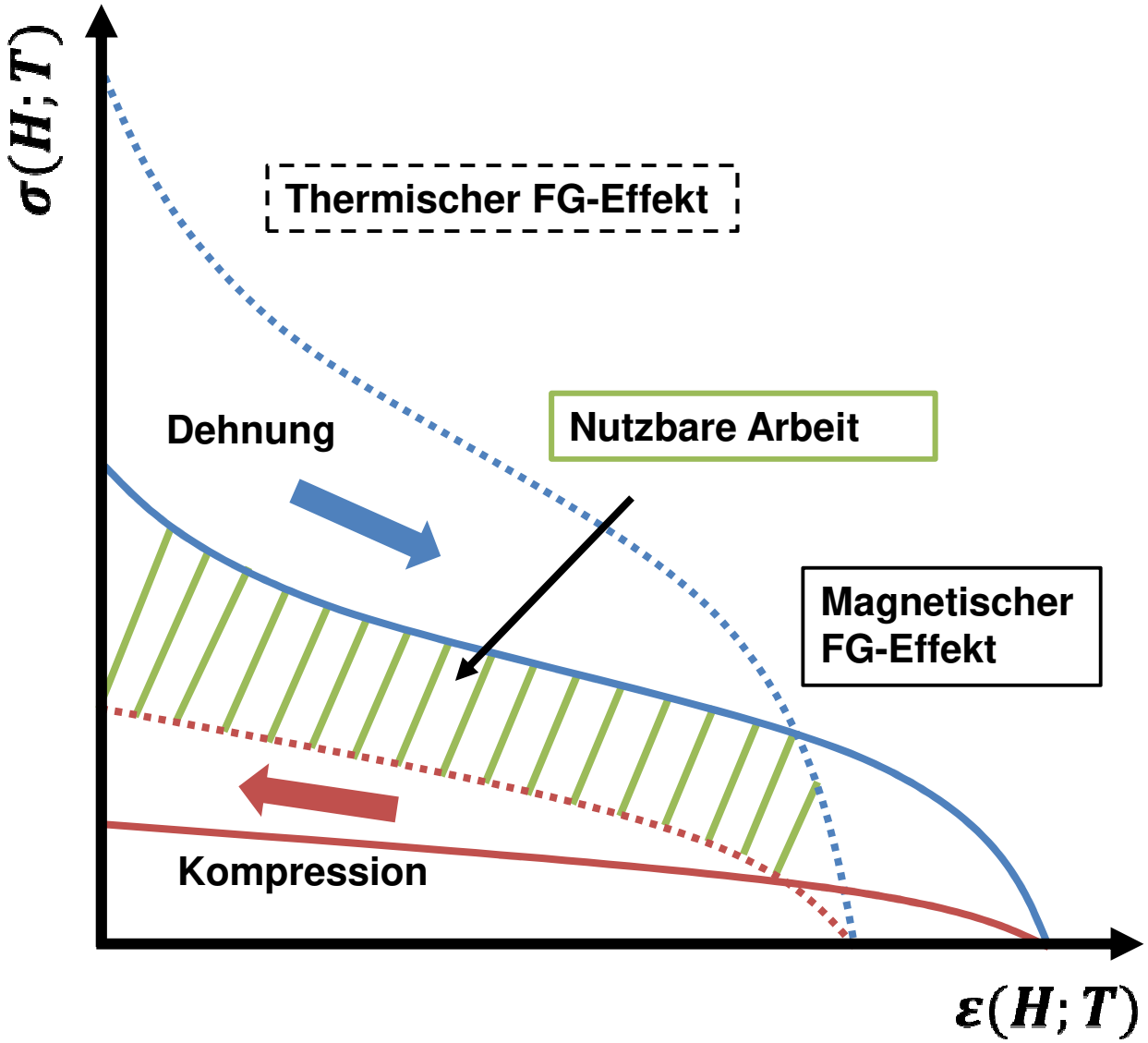
MAREGA

- **Aktoren auf Basis des magnetischen und des thermischen Formgedächtniseffekts**
- **Besonderes Potential in Sicherheitsanwendungen wie z.B. Schutzschaltern**

Schutzschalter mit magnetisch-thermischer Auslösung

ETO GRUPPE
JOINTLY INNOVATIVE

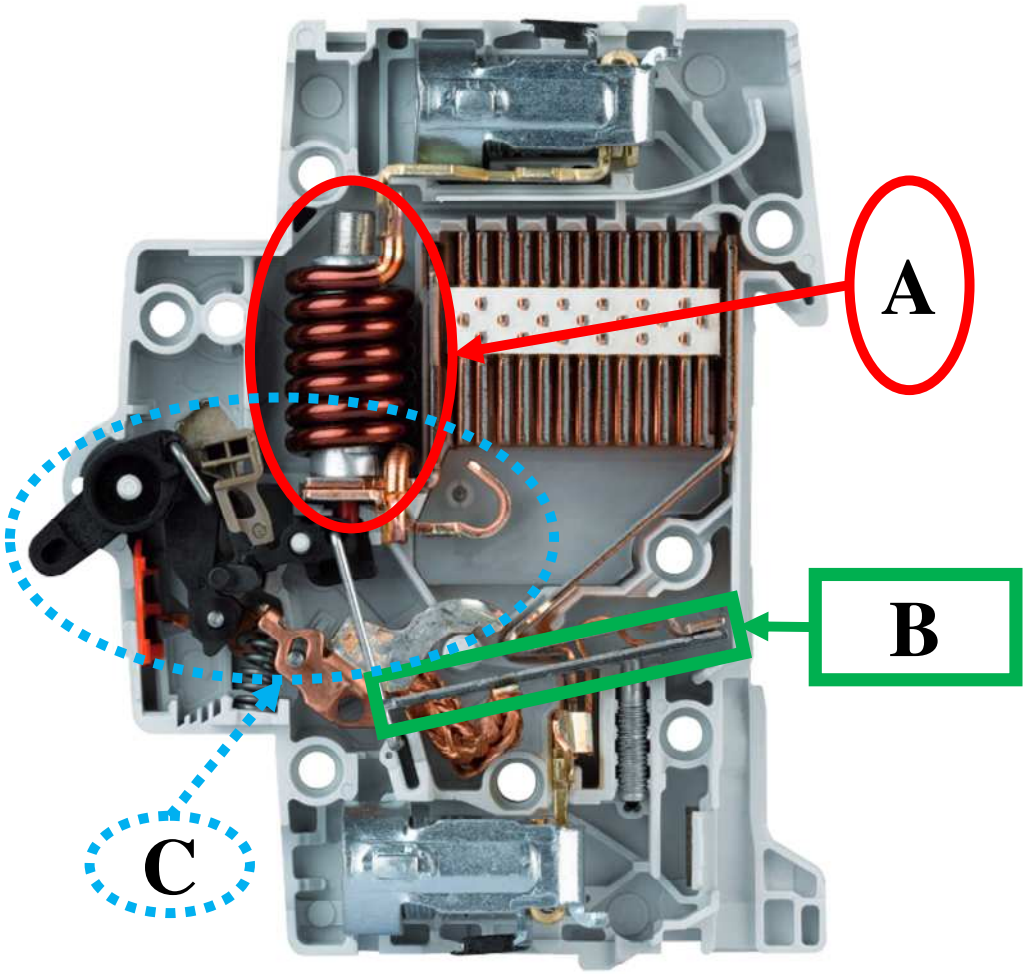
Kombination aus magnetischem und thermischem Formgedächtniseffekt



Schutzschalter mit magnetisch-thermischer Auslösung

ETO GRUPPE
JOINTLY INNOVATIVE

Konventioneller Schutzschalter



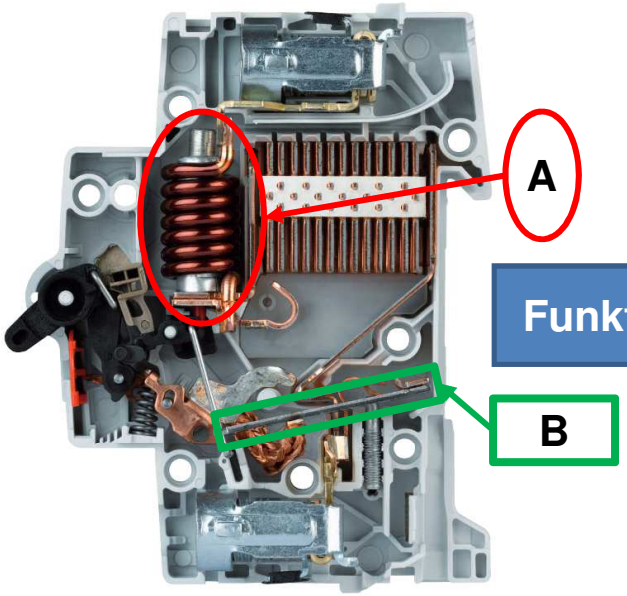
- ABB S201-C63
- Auslösecharakteristik C
- Nennstrom $I_N = 63\ A$
- Kurzschlussverhalten
  - $I_{CC} = 5 - 10\ \cdot I_N\ (AC)$
  - $I_{CC} = 7.5 - 15\ \cdot I_N\ (DC)$

- 3 Teilsysteme:
  - **A:** Elektromagnetische Kurzschlussauslöseeinheit
  - **B**: Thermo-Bimetal Streifen für Überlastströme
  - **C:** Mechanisches Teilsystem für die Kontakttrennung→ Wandlung der Aktorarbeit in die Kontakttrennung

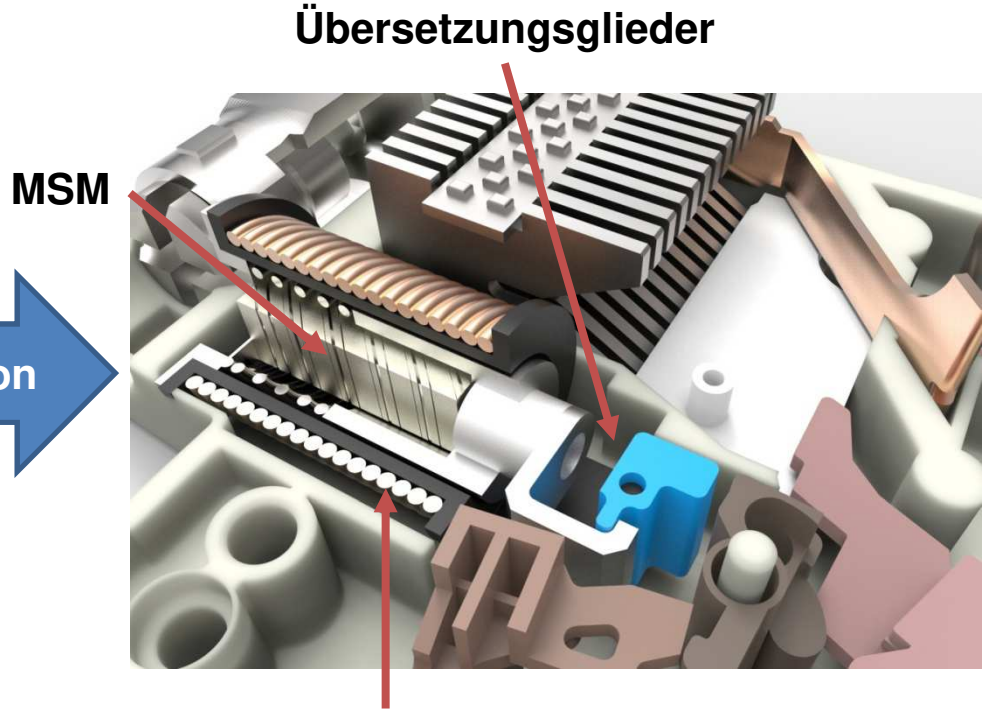
Schutzschalter mit magnetisch-thermischer Auslösung

ETO GRUPPE
JOINTLY INNOVATIVE

Funktionsintegration von MAGNETOSHAPE-Aktor



Funktionsintegration



→ **Funktionsintegration basierend auf dem vorhandenen System**
→ **Ersetzen der beiden konventionellen Aktoren mit *einem* MAGNETOSHAPE®-Aktor**

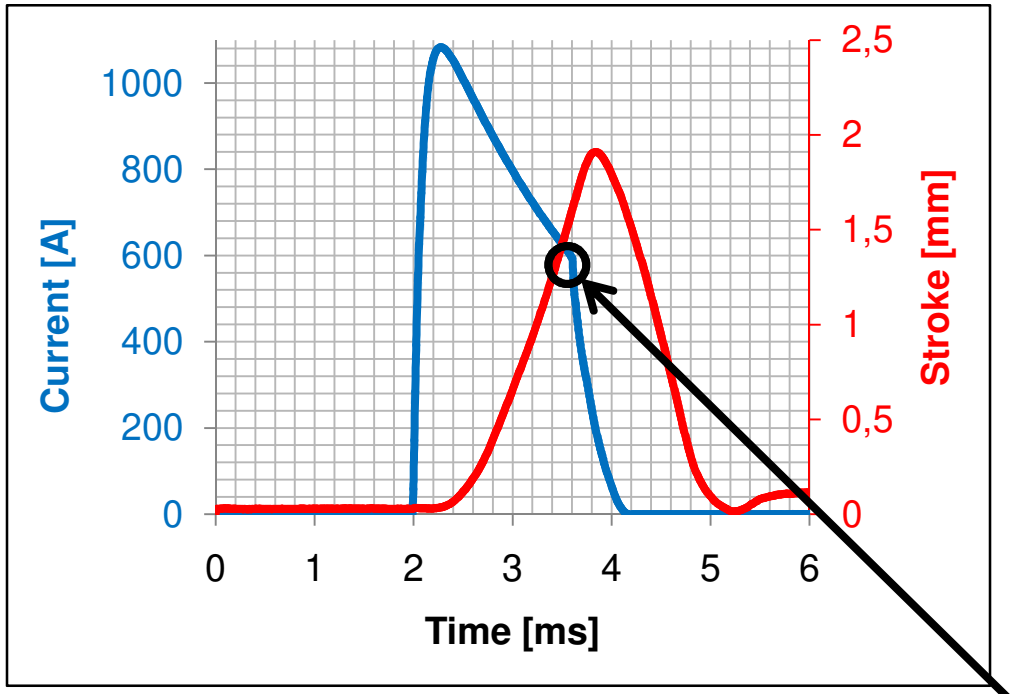
- **Magnetischer Formgedächtniseffekt für Kurzschlussauslösung**
- **Thermischer Formgedächtniseffekt für Überlastauslösung**

Schutzschalter mit magnetisch-thermischer Auslösung

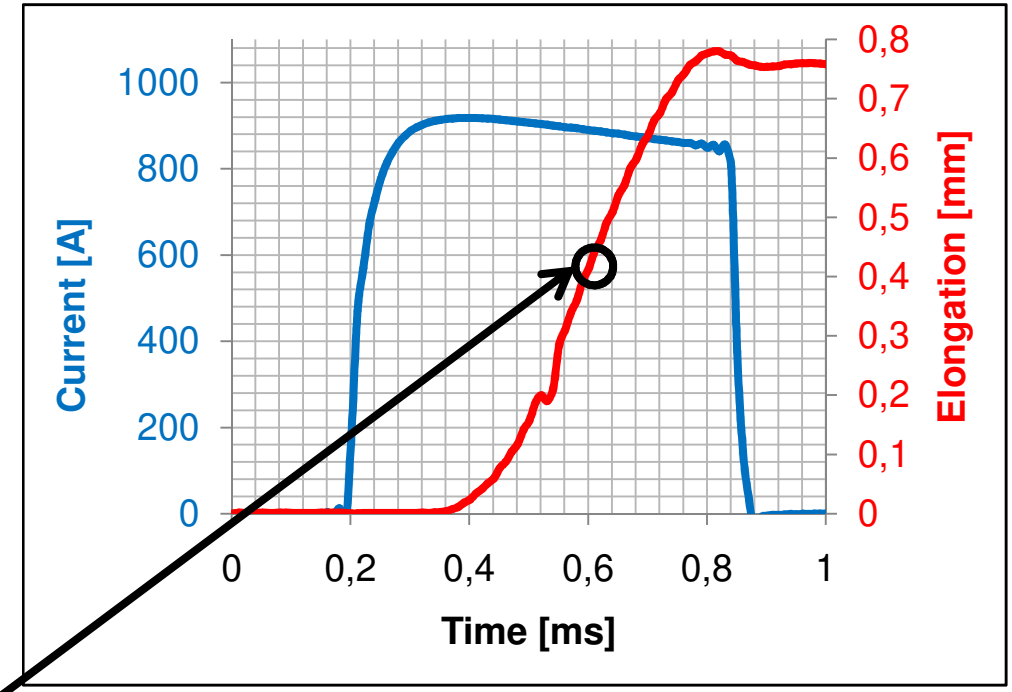
ETO GRUPPE
JOINTLY INNOVATIVE

Vergleich der Auslösekennlinien: Konventioneller vs. MAGNETOSHAPE Schutzschalter

Konventioneller Schutzschalter



MAGNETOSHAPE Schutzschalter



Abschaltung

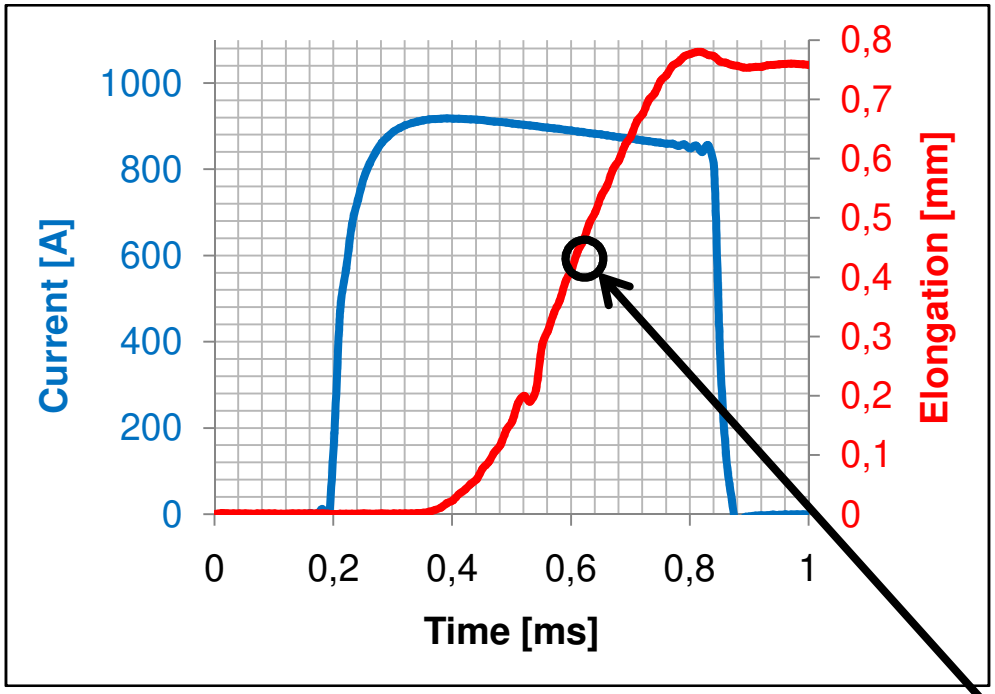
Abschaltzeiten	
Konventionell	**1.5 ms @ ca. 600 A**
MAGNETOSHAPE	**400 – 600 µs @ ca. 600 A**

Schutzschalter mit magnetisch-thermischer Auslösung

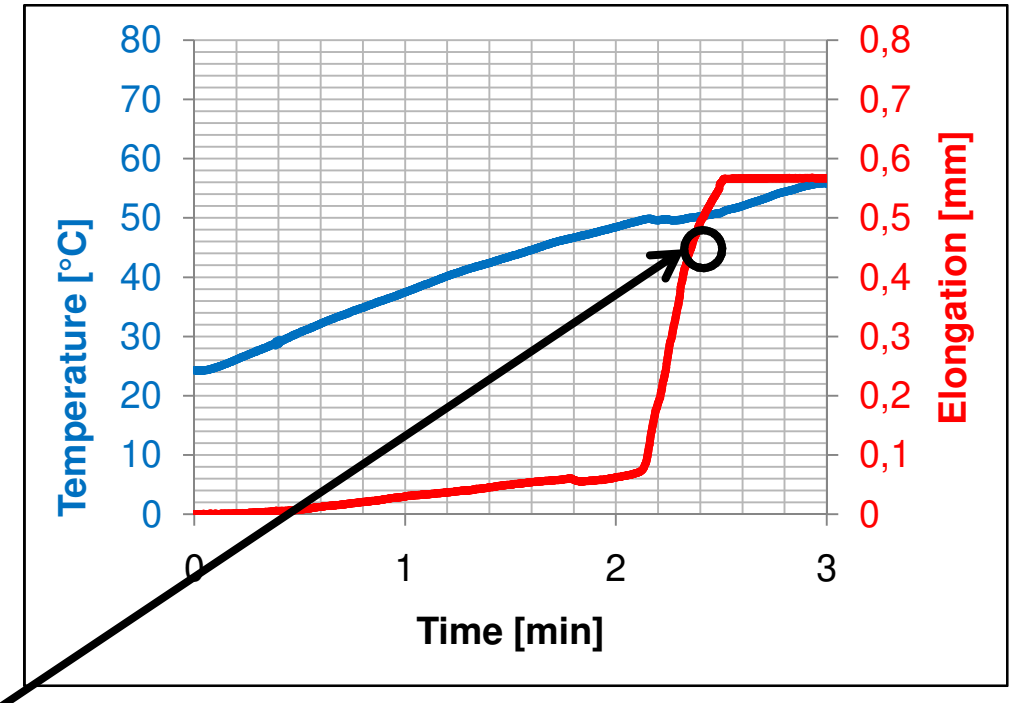
ETO GRUPPE
JOINTLY INNOVATIVE

Auslösekennlinien MAGNETOSHAPE - Schutzschalter

Kurzschluss



Überlast



Abschaltung

Abschaltzeiten	
Kurzschluss	**400 – 600 µs @ ca. 600 A**
Überlast	**150 s @ 20 A**

Inhalt

ETO GRUPPE: Kurze Einführung

Magnetische Formgedächtnismaterialien: Einführung

Magnetomechanische Eigenschaften und Aktorkonzepte

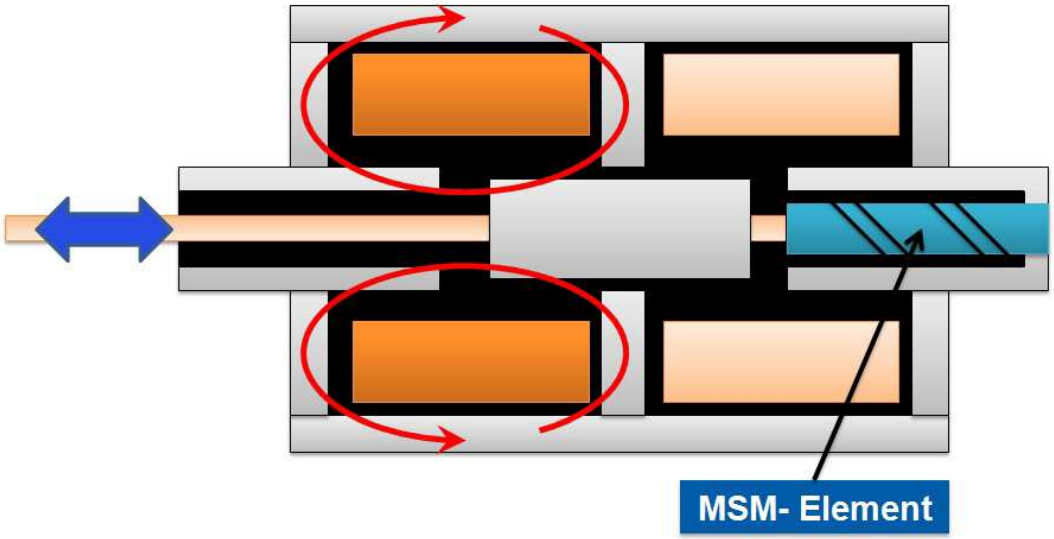
Applikationsbeispiele:

- Schermesserantrieb Elektrorasierer
- Schutzschalter
- **Multistabile Ventile**
- **Mikropumpe**

Zusammenfassung

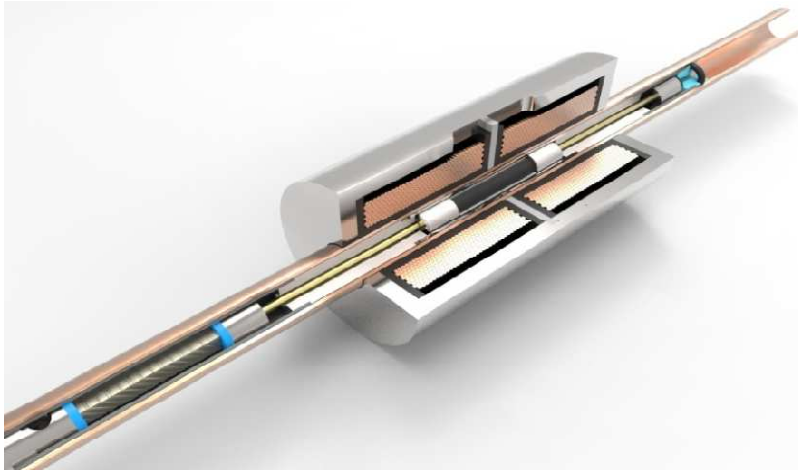
Multistabile Ventile

Prinzipdarstellung im Schnitt



Funktionsmuster: Luftmengenregelung

Funktionsmuster: Expansionsventil



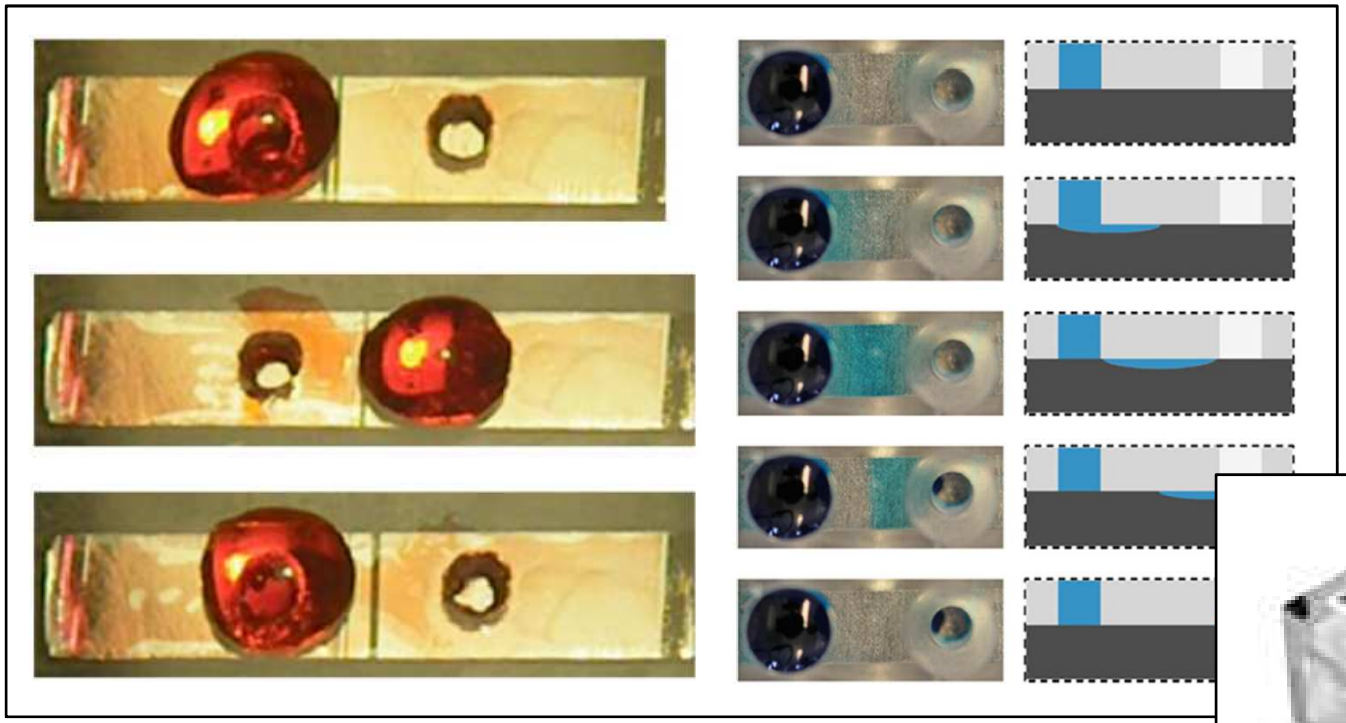
Eigenschaften:

- **Energieeffiziente Regelung von Fluidströmen**
- **In-line-Konstruktion ist möglich**
- **Höhere Betriebstemperaturen im Vergleich zu anderen MSM-Aktoren durch rein mechanische Nutzung des Materials**

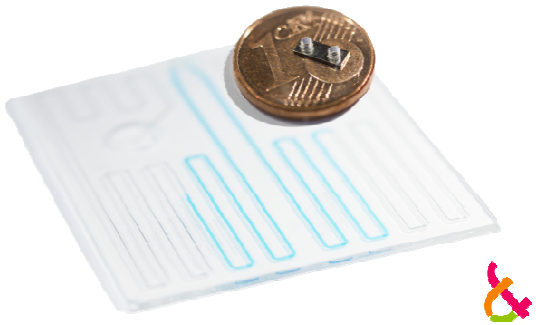
Präzise Mikropumpe für Medizin und Labortechnik

ETO GRUPPE
JOINTLY INNOVATIVE

Anwendungsbeispiele



K. Ullakko et al., Smart Mater. Struct. 21 (2012) 115020
A. R. Smith et al., Microfluid Nanofluid 18 (2015) 1255-1263



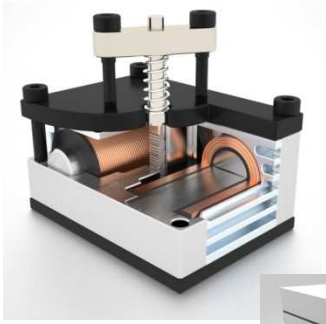
Lappeenranta University of Technology LUT

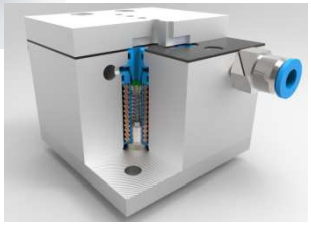
Boise State University, USA, Prof. Peter Müllner
(US patent pending)

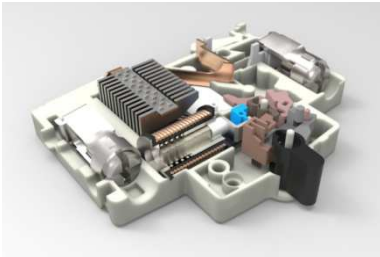
Zusammenfassung

MAGNETOSHAPE®-Aktoren …

- … erlauben neue und einfache Konstruktionen.
- … sind energieeffizient.
- … bieten hohe Arbeitsabgabe bei hoher Frequenz. (Schaltzeit)
- … weisen geringen Verschleiß auf.
- … können multistabil, bistabil oder monostabil mit Fail-safe-Verhalten ausgelegt werden.
- … können simultan thermisch aktiviert werden.
- … ermöglichen “berührungslose” Aktuierung.
- ... bieten die Möglichkeit von “Self-Sensing”.

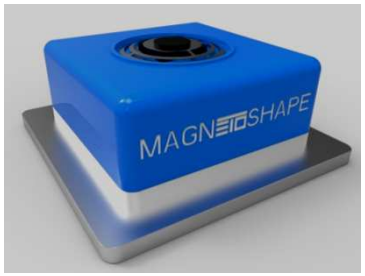






MAGNETOSHAPE® kann genutzt werden …

- … für diverse Arten von Aktorik.
- … zur passiven oder aktiven Dämpfung.
- … für Energy Harvesting.
- … für Sensoren.



magnetoshape@etogruppe.com