
Anwendungen thermischer Formgedächtnis- legierungen im Automobil Potentiale und Grenzen

André Bucht

Workshop „Smart Materials für Automobile“, 06. Mai 2014, Würzburg



Einführung

Das Fraunhofer IWU

- Gegründet am 1. Juli 1991
- Ca. 450 Mitarbeiter
- Budget: 27 Mio. €
- Leitthema:
Ressourceneffiziente Produktion
- 3 Standorte:

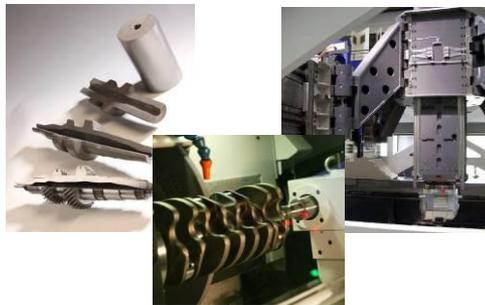


Stammsitz in Chemnitz



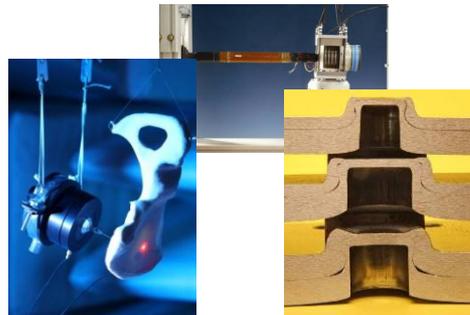
Chemnitz (Stammsitz)

- Werkzeugmaschinen
- Umformtechnik
- Zerspanung



Dresden (seit 2001)

- Adaptronik und Akustik
- Fügetechnik
- Medizintechnik



Augsburg (seit 2009)

- Systems engineering
- Processing technology



Adaptronik und Akustik

Die Abteilung im Profil

Adaptronik ist eine Querschnittswissenschaft

- 32 Mitarbeiter (+31 studentische Hilfskräfte) mit unterschiedlichsten Ausbildungsprofilen

Werkstoffwissenschaftler, Regelungstechniker, Konstrukteure, Berechner, Elektrotechniker, Fahrzeugtechniker, Medizintechniker, Akustiker



Institutsteil DD (ohne Erweiterung)

Werkstoffe und Komponenten



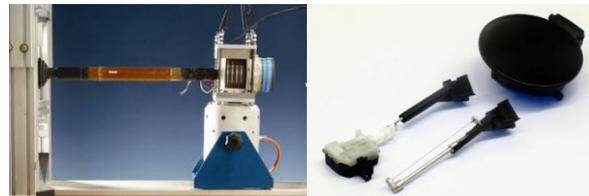
Akustik



Produktions-
technik



Fahrzeugtechnik



Medizin-
technik



Thermische Formgedächtnislegierungen

Grundlagen

Mechanismus:

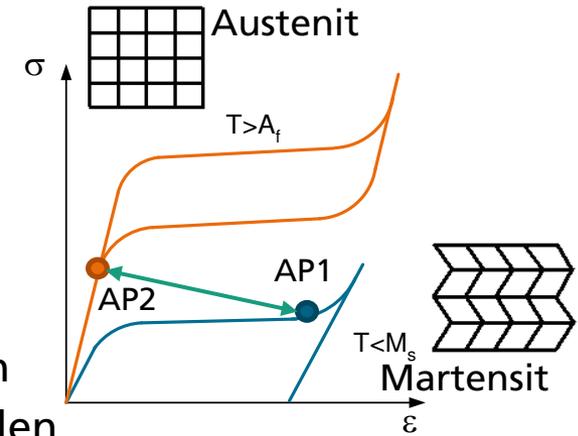
Thermisch induzierte Phasenumwandlung ändert die Gefügestruktur → Spannungs-Dehnungs-Verhalten

Effekte:

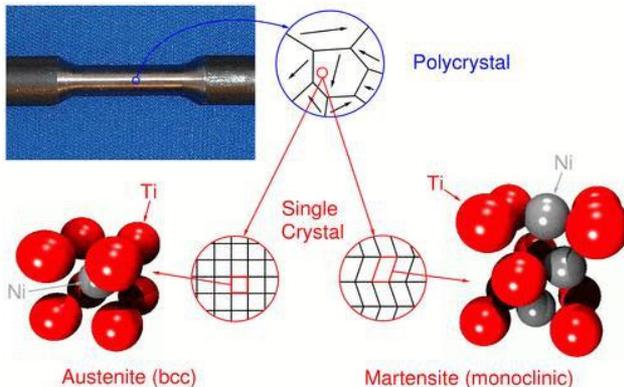
Pseudoelastizität: reversible 8% Dehnung

Ein-Weg-Effekt: mechanisches Rückstellen beim Erhitzen

Zwei-Weg-Effekt: Formänderung bei Erhitzen und Abkühlen



Spannungs-Dehnungs-Verhalten



©Dirk Helm, Institute of Mechanics, University of Kassel

- max. Dehnung: 5 %
- Spannung: 350 N/mm²
- Frequenzen: <1Hz



Verschiedene FGL-Aktorgeometrien



Quelle: Memory-Metalle

Thermische Formgedächtnislegierungen

Eigenschaften

meist Einsatz von binären
Nickel-Titan-Legierungen

kommerziell verfügbar als Draht,
Stab, Rohr oder Blech

Umwandlungstemperaturen zwischen
-200°C und +100°C abhängig von
Legierungszusammensetzung

Dehnung bis **maximal 5%** abhängig von der
zu erreichenden Zyklenzahl

Blockierkräfte bis 350 N/mm² abhängig
von Zyklenzahl

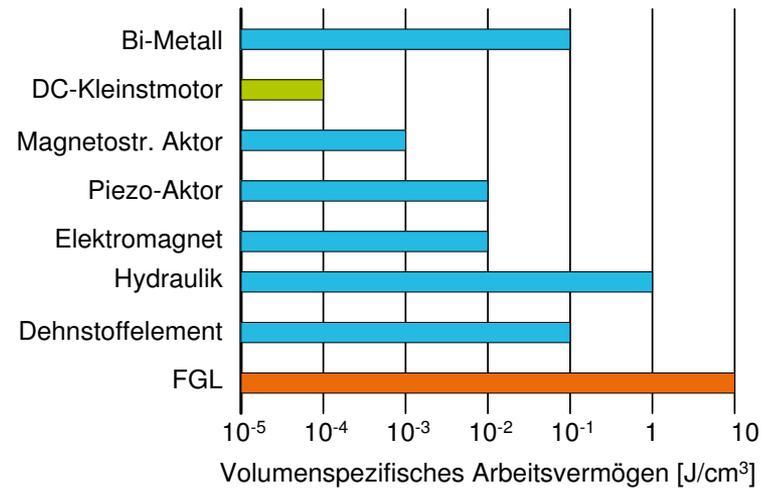
bei entsprechender Auslegung

Zyklenzahlen >1.000.000 möglich

sehr **große** spezifische **Energiedichte**
→ sehr großes Miniaturisierungspotential



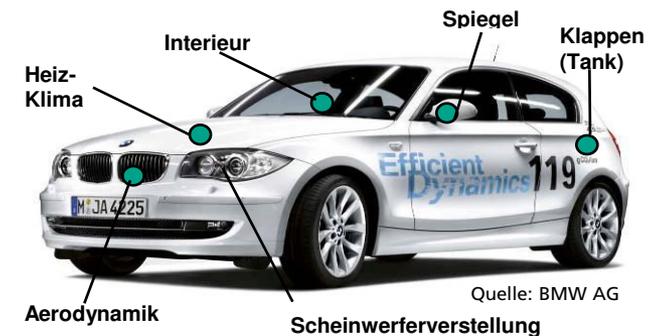
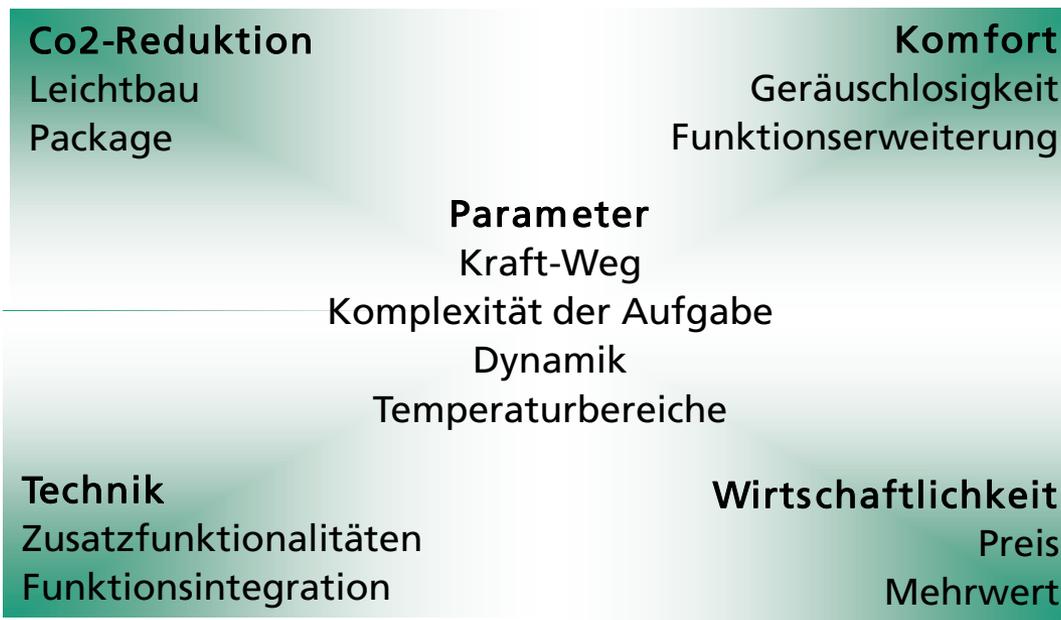
Verschiedene FGL-Aktorgeometrien



Thermische Formgedächtnislegierungen

Stellantriebe

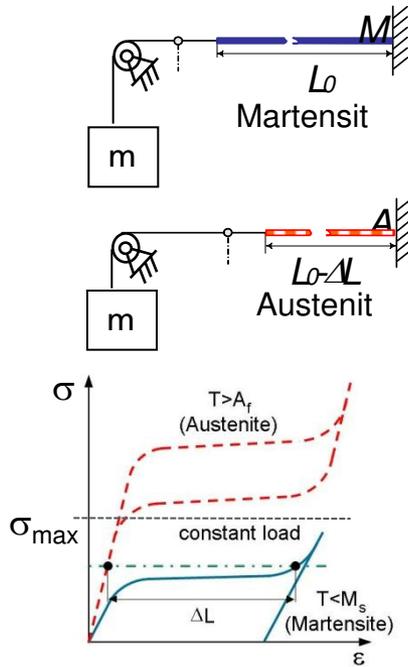
- **mehr als 50 Stellantriebe** (Türen, Klima, Heizung,...) in aktuellen Fahrzeugen
- Aktuelle Effizienz-Diskussion verstärkt den Trend zur aktiven Schaltung von Funktionen (Aerodynamik, Thermomanagement) → **verstärkter Einsatz mechatronischer Komponenten**
- ➔ **FG-Aktor als Alternative** zum elektromagnetischen Stellantrieb



Thermische Formgedächtnislegierungen

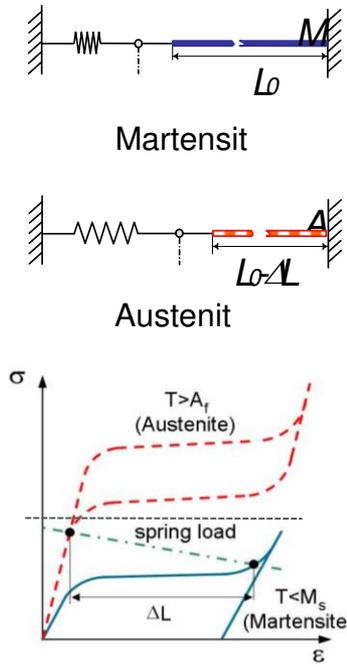
Aktorprinzipien

Konstante Last



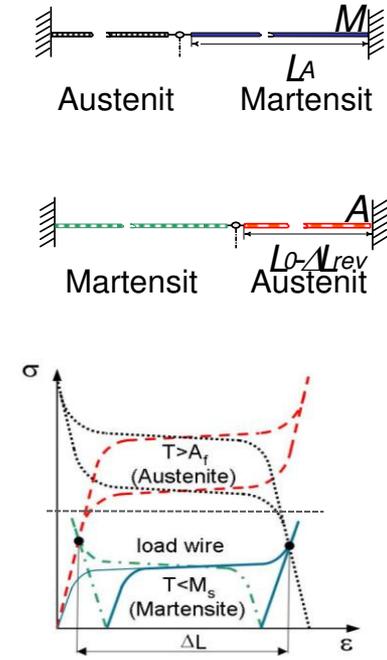
- Größte Nutzlast
- Meist nicht praktikabel

Federlast



- Feder reduziert Nutzlast
- Einfacher Aufbau

Antagonistischer Aktor



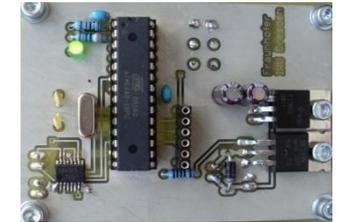
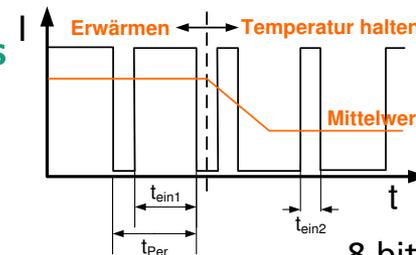
- Bessere Nutzlast
- Komplexerer Aufbau

Thermische Formgedächtnislegierungen

Steuerungs- und Regelungstechnik

Energieversorgung

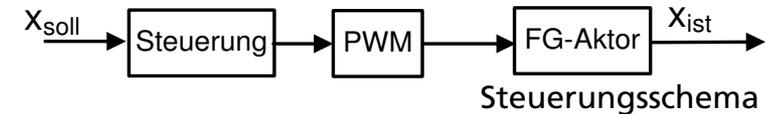
- Bei Drahtaktoren **meist** Erwärmen durch **direktes Bestromen** (auch Umgebungswärme möglich)
- Stromsteuerung durch **Pulsweitenmodulation**



8-bit μC zur Regelung von FG-Aktoren inkl. Leistungselektronik

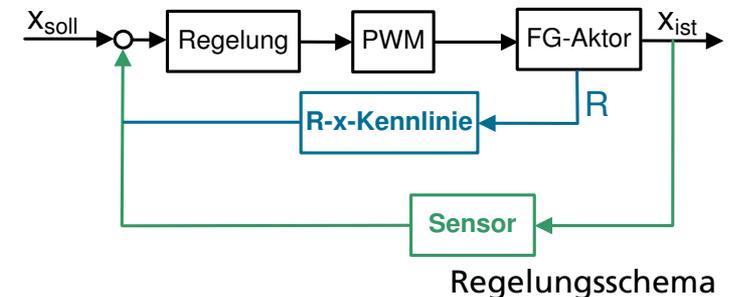
Gesteuerte Aktoren

- Keine Erfassung der aktuellen Position
- **Steuerung** über **Stromstärke** und **Einschaltzeit**
- Eventuell Endlagenerkennung oder Ausgleich der Umgebungstemperatur



Geregelte Aktoren

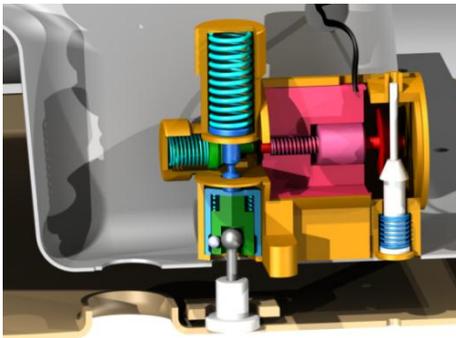
- **Positionsmessung** mittels **Sensor** oder indirekt durch **Widerstandsmessung** (Widerstandsänderung durch Phasenumwandlung)
- Regelung durch PI-Regler oder modellbasierte Ansätze



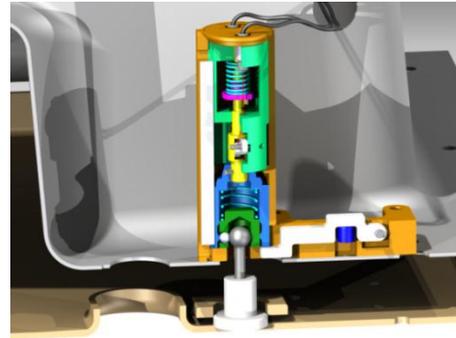
Thermische Formgedächtnislegierungen

Anwendungsbeispiele

■ Schaltende Aktorik, z.B. Entriegelung



Elektromagnet



Formgedächtnisaktor

	E-Magnet	FG-Aktor
Gewicht	ca. 82 g	ca. 28 g (34%)
Bauraum	21cm ³	10cm ³ (47%)
Leistung	ca. 11W	ca. 4,4W (40%)
Anzahl Bauteile	ca. 30	ca. 20 (66%)

Vergleich

■ Aktorparameter:

■ Kraft: 15 N

→ Drahtdurchmesser 0,2mm

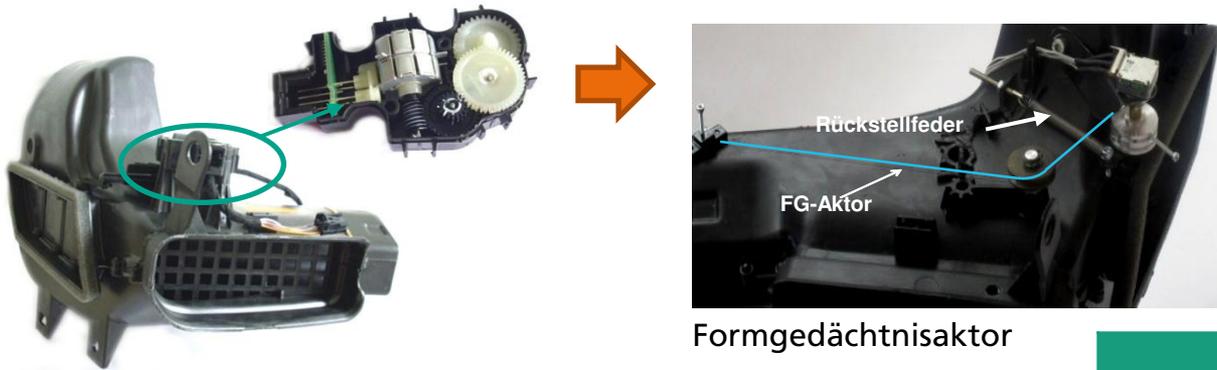
■ Stellweg: 2 mm

→ Drahtlänge 25mm

Thermische Formgedächtnislegierungen

Anwendungsbeispiele

■ Geregelt Aktorik, z.B. Luftklappensteuerung



Stellantrieb Luftführung – Schrittantrieb

Formgedächtnisaktor

■ Aktorparameter:

- Kraft: 10N → Drahtdurchmesser 0,15mm
- Stellweg: 9mm → Drahtlänge 230mm

	E-Motor	FG-Aktor
Zyklendauer	3 s	2-3 s
Preis	ca. 5,00 €*	ca. 2,50 €**
Gewicht	ca. 65 g	ca. 20 g
Anzahl Bauteile	ca. 20	ca.10

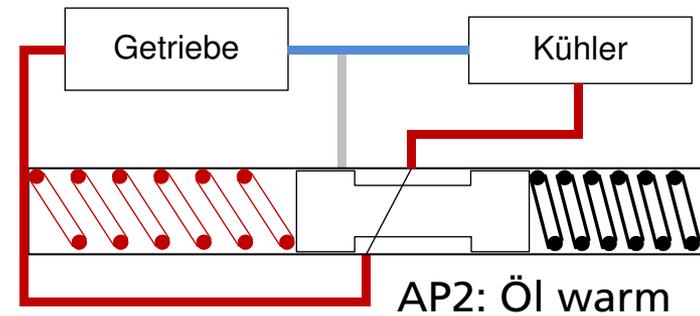
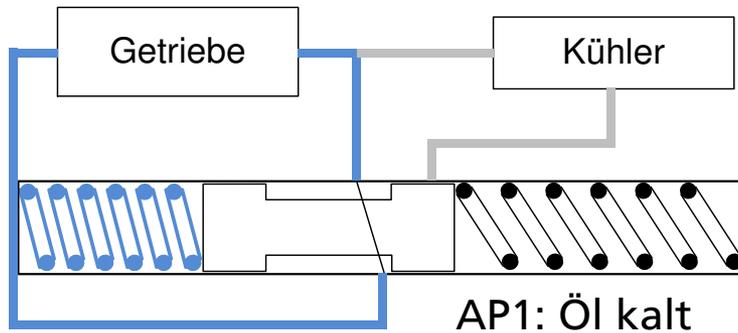
Vergleich

* Preis Elektromotor: Angabe Zulieferer
 ** Preis Formgedächtnisaktor: FhG-IWU Einkaufspreis der Einzelkomponenten, enthält keine Entwicklungskosten

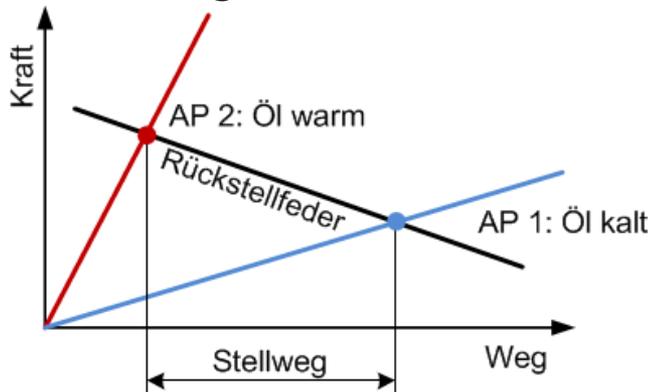
Thermische Formgedächtnislegierungen

Anwendungsbeispiele

■ Autarke Aktorik, z.B. Ventil für Ölkreislauf



■ Wirkungsweise:



■ Serieneinsatz:

- Getriebe (Daimler)
- Lenkung (Daimler)
- Badarmaturen (Japan)



FG-Regelventil
Quelle: FG Innovation

Thermische Formgedächtnislegierungen

Einsatzpotentiale

Stärken

- Miniaturisierung
- Leichtbau
- Geringe Komplexität
- Geräuschlosigkeit
- Keine EMV-Probleme
- Aktor und Sensor in einem Bauteil

Schwächen

- Einsatztemperatur
- Zyklusfestigkeit
- Dynamik
- Begrenzter Stellweg

Einsatzfelder

Stellaktorik mit geringer Leistung

Kräfte bis ...50N (...100N)

Stellwege ...10mm (...20mm)

z.B. Ventile, Entriegelungen,...

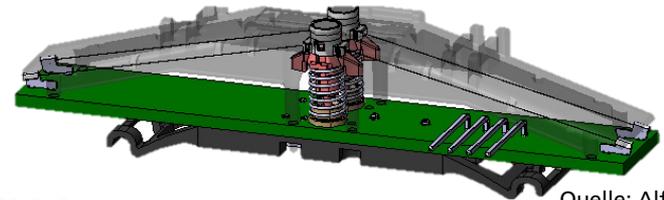
Autarke temperatursensitive Aktorik

Strukturintegrierte Aktorik

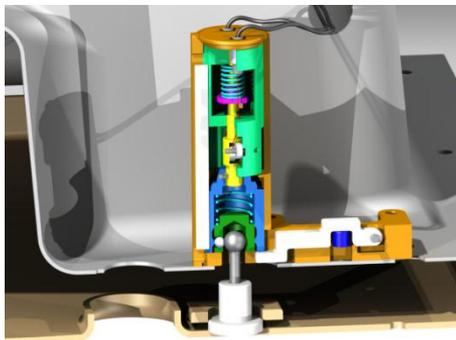
Formgedächtnislegierungen

Zusammenfassung und Ausblick

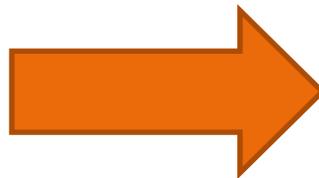
- Erste Serienanwendungen im Markt:
 - z.B. Automotive: FG-Antrieb für 3/3-Wegeventil zum Einsatz in pneumatischen Sitzanwendungen (Stückzahl: mehrere Mio./Jahr)
- steigendes Interesse seitens Industrieunternehmen
- FuE-Arbeiten in Richtung: Werkstoffe, Modularisierung, Regelung, Normung
- **Unsere Vision:** Integration des Aktors in die Struktur



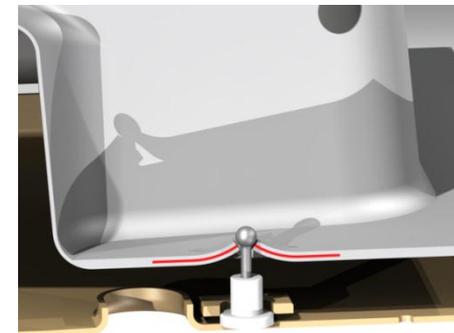
Quelle: Alfmeier



Stand der Technik – FG-Entriegelungsaktor



Strukturintegration



Vision – Aktive Struktur

Formgedächtnislegierungen

Zusammenfassung und Ausblick

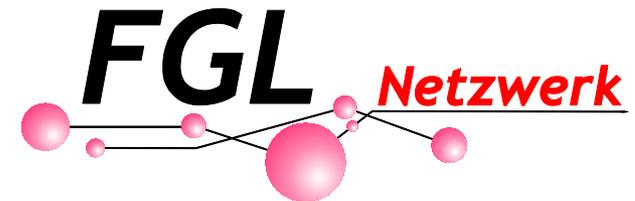
Serientaugliche Aktorlösungen und -Produktion auf Basis von FGL

- IGF: Leittechnologien für KMU
- Partner:
 - FG Werkzeuge und Werkstoffe
 - FV Feinmechanik, Optik, Medizintechnik
 - Ruhr-Uni Bochum
 - Uni des Saarlandes
 - Fraunhofer IWU
 - 54 Unternehmen im PBA



Unternehmensnetzwerk „EFFHA-FGL“

- Ziele
 - Gemeinsame Weiterentwicklung der Technologie
 - Bündelung des Entwicklungs-Know-How und Herstellung von Synergien
 - Gemeinsames Marketing
- Partner
 - 11 Unternehmen, 3 Forschungseinrichtungen



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

André Bucht

Fraunhofer Institut für
Werkzeugmaschinen und Umformtechnik

Tel: 0351 – 4772 2344

E-Mail: andre.bucht@iwu.fraunhofer.de