

# Mehrkomponentenspritzgießen mit Galvanoformung als Fertigungsalternative für komplexe Mikrobauerteile

Dipl.-Ing. Jürgen Prokop  
Institut für Materialforschung III

Karlsruher Institut für Technologie



2. Industriekolloquium der Forschergruppe 702  
KIT | Campus Nord, 24. Juni 2010



## Motivation und Zielsetzung



Quelle: Fa. H. Moser & Cie.

### LIGA Bauteile

- nahezu freie laterale Formgebung
- Strukturhöhen bis zu 3 mm (Röntgen-LIGA)
- hohe Aspektverhältnisse
- Seitenwandrauheit  $< 50$  nm

Massenherstellung = Kostenproblem

## Herstellverfahren für Mikrobauerteile ...

... aus metallischen (und keramischen) Werkstoffen

... mit sehr guten Oberflächenqualitäten

... mit feinsten Strukturierungsmöglichkeiten

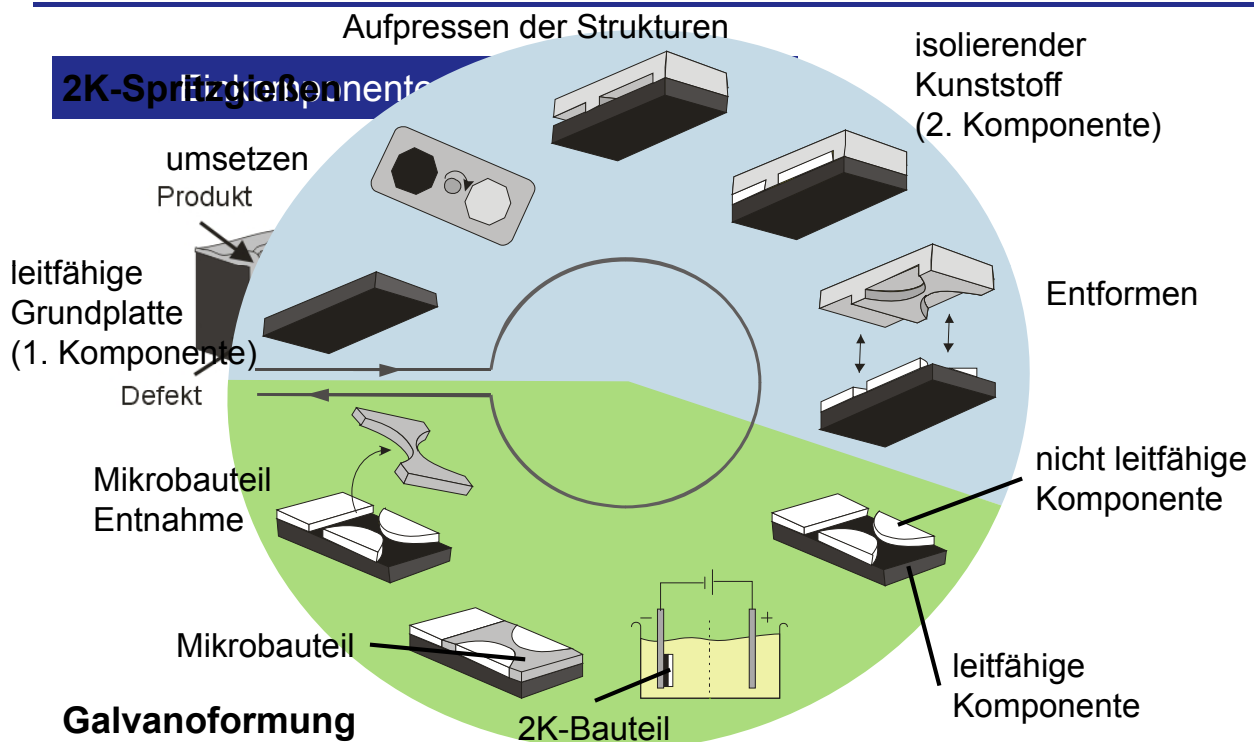
... bei Beachtung der Herstellungskosten



Dipl.-Ing. Jürgen Prokop  
IMF III, Karlsruher Institut für Technologie

Bild 2

## Mehrkomponenten-Spritzgießen und Galvanoformung (MSG-Prozess)



Dipl.-Ing. Jürgen Prokop  
IMF III, Karlsruher Institut für Technologie

Bild 3

## Gliederung

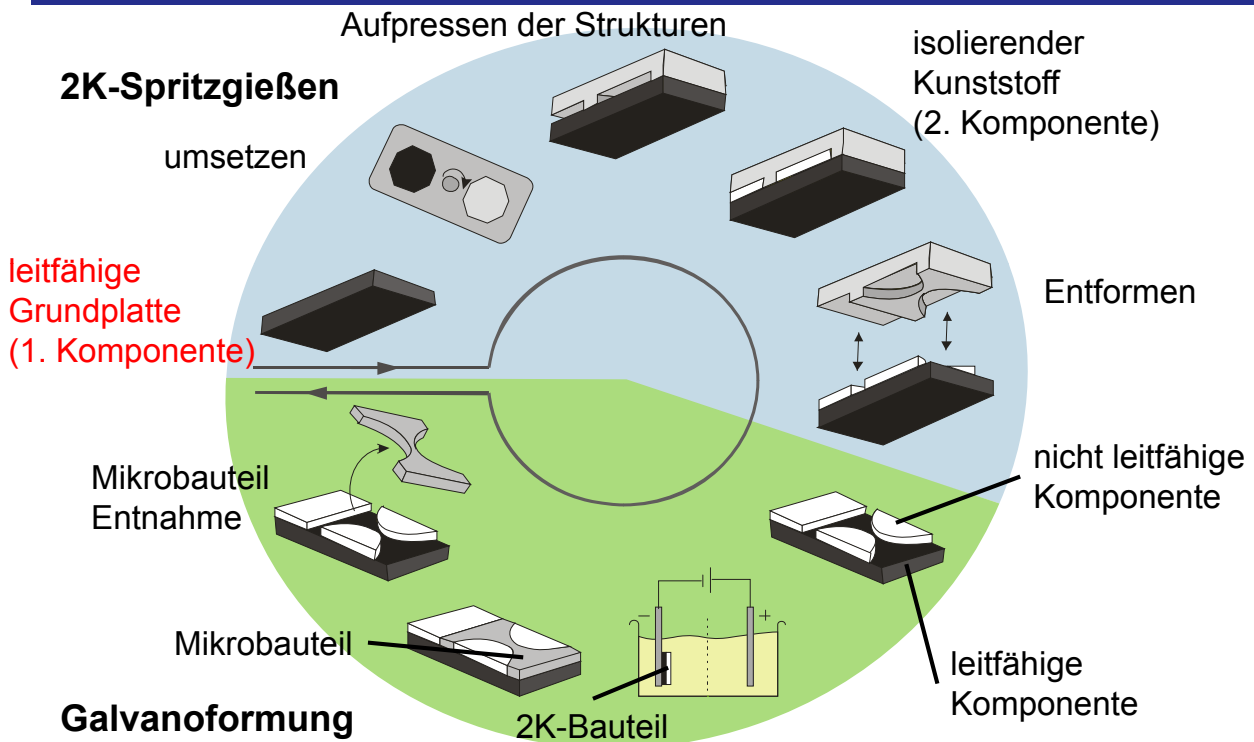
- Herausforderungen der Prozesskette
  - Homogene elektrische Leitfähigkeit
  - Spaltfreier Verbund
- MSG-Prozesskette am Beispiel eines Mikrospulenkerns
- Vergleichende Untersuchung zwischen dem MSG-Prozess:
  - gefrästen Formeinsatz
  - LIGA Formeinsatz
- Materialcharakterisierung
- Zusammenfassung und Ausblick



Dipl.-Ing. Jürgen Prokop  
IMF III, Karlsruher Institut für Technologie

Bild 4

# Mehrkomponenten-Spritzgießen und Galvanoformung (MSG-Prozess)



Dipl.-Ing. Jürgen Prokop  
IMF III, Karlsruher Institut für Technologie

Bild 5

## Homogene elektrische Leitfähigkeit

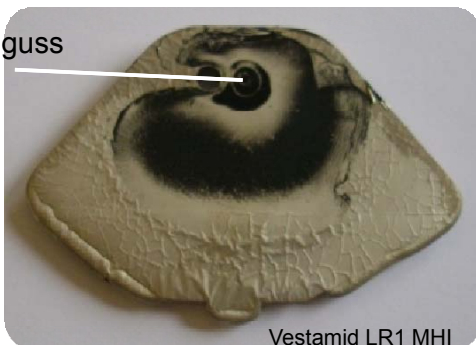
### Herausforderung

- benötigter Oberflächenwiderstand  $\leq 25 \Omega$  (Vierpunktmessmethode)
- homogene Leitfähigkeit wichtig für gleichzeitige Galvanoformung von mehreren Strukturen  
→ durch gestufte Einspritzgeschwindigkeit, homogene Bauteiloberfläche möglich

Ergebnis wird nach 10 min Galvanoformung deutlich sichtbar

konstante Einspritzgeschwindigkeit

Punktanguss



Vestamid LR1 MHI

gestufte Einspritzgeschwindigkeit

Punktanguss



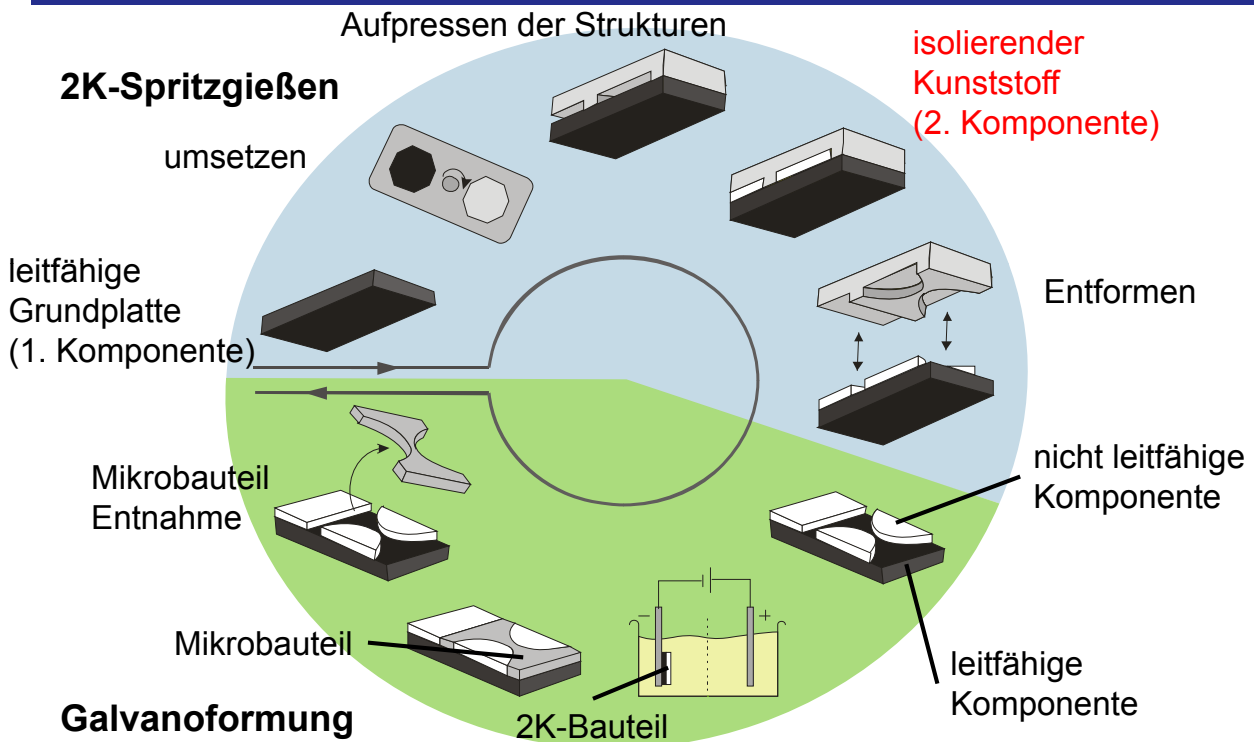
Vestamid LR1 MHI



Dipl.-Ing. Jürgen Prokop  
IMF III, Karlsruher Institut für Technologie

Bild 6

# Mehrkomponenten-Spritzgießen und Galvanoformung (MSG-Prozess)

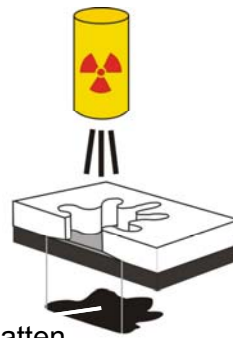
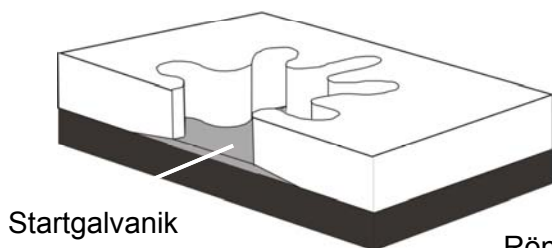


Dipl.-Ing. Jürgen Prokop  
IMF III, Karlsruher Institut für Technologie

Bild 7

## Spaltfreier Verbund

### 2 Komponenten-Spritzgießen

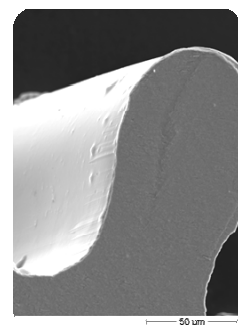
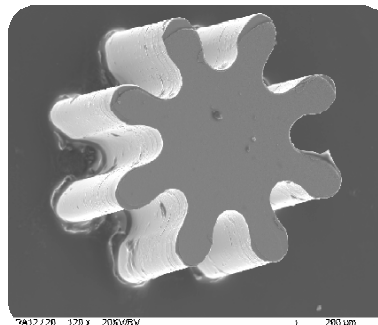


Zielgröße

- Fläche

### Statistische Versuchsplanung

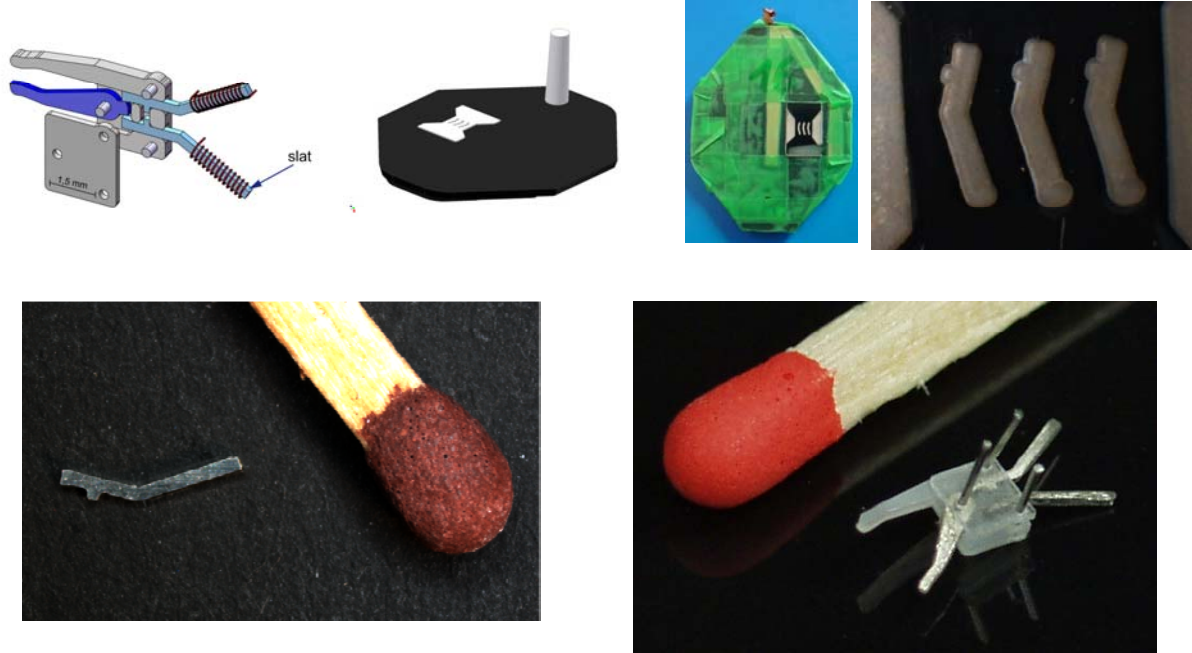
- Einspritzgeschwindigkeit ↑
- Nachdruckzeit ↓
- Entformungstemperatur der 1. Komponente ↔
- Nachdruckhöhe ↔



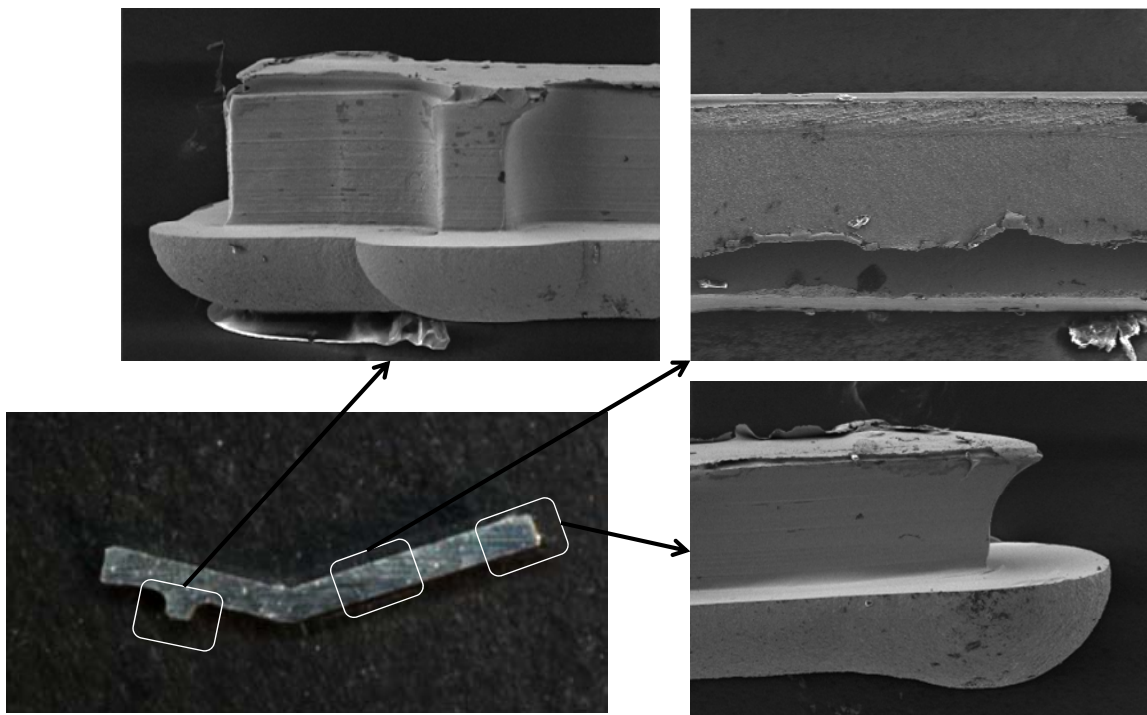
Dipl.-Ing. Jürgen Prokop  
IMF III, Karlsruher Institut für Technologie

Bild 8

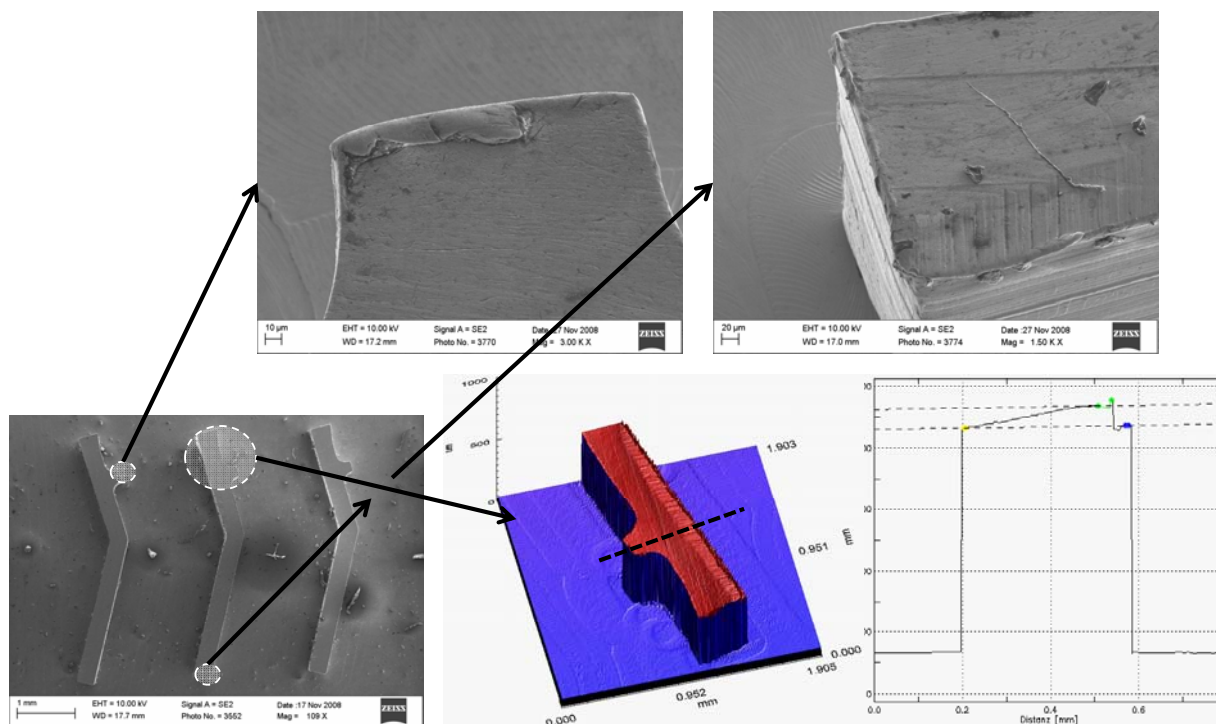
# MSG-Prozesskette am Beispiel eines Mikrospulenkerns



# Problematik: gefräster Formeinsatz - Mikrospulenkern



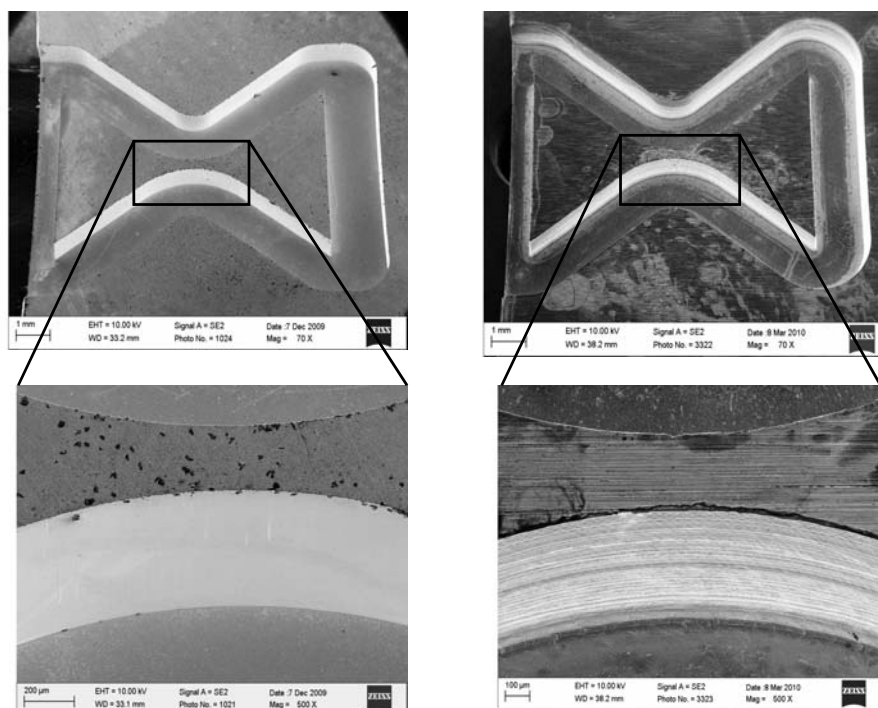
## Problematik gefräster Formeinsatz?



Dipl.-Ing. Jürgen Prokop  
IMF III, Karlsruher Institut für Technologie

Bild 11

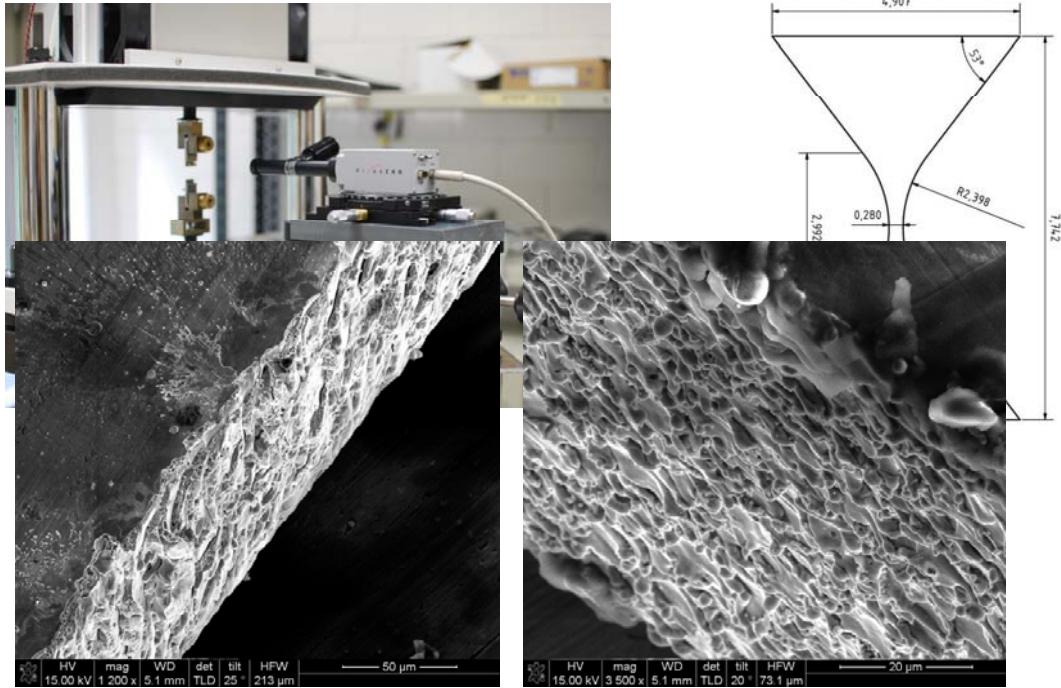
## Vergleichende Untersuchung UV-LIGA FE und gefräster FE



Dipl.-Ing. Jürgen Prokop  
IMF III, Karlsruher Institut für Technologie

Bild 12

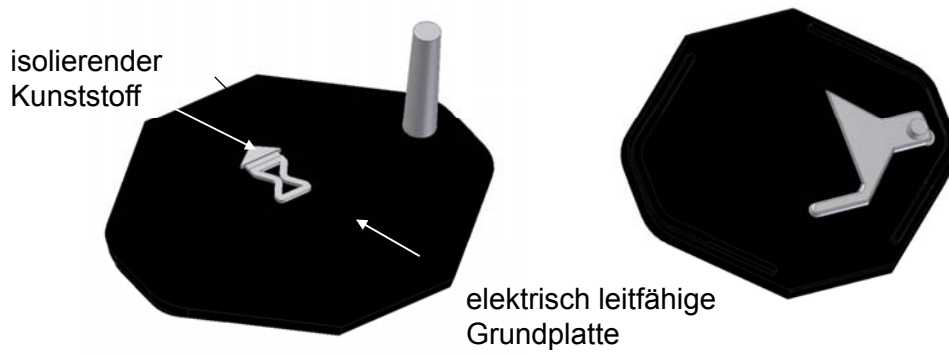
# Mikroermüdungsprobe



Dipl.-Ing. Jürgen Prokop  
IMF III, Karlsruher Institut für Technologie

Bild 13

# Mikroermüdungsprobe

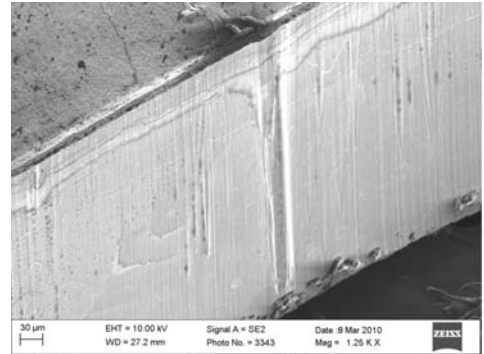
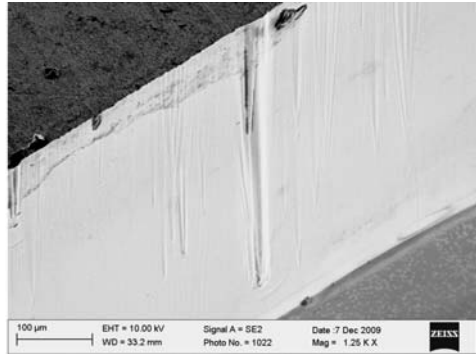
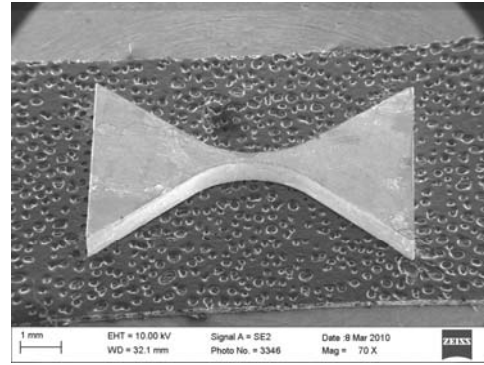
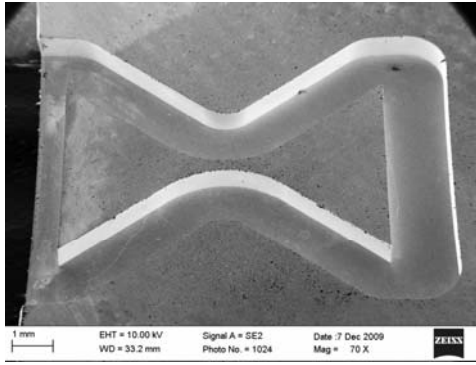


Dipl.-Ing. Jürgen Prokop  
IMF III, Karlsruher Institut für Technologie

Bild 14

## LIGA-Formeinsatz

## MSG-Bauteil

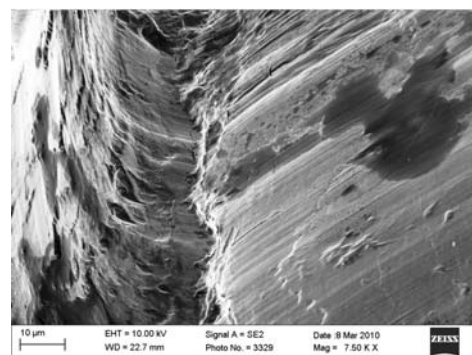
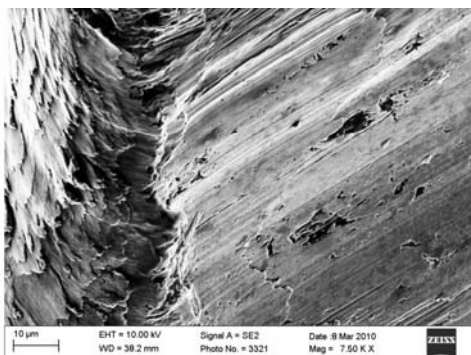
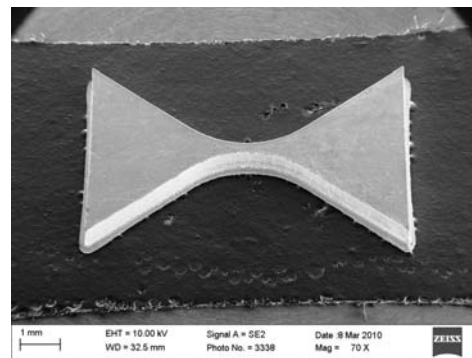
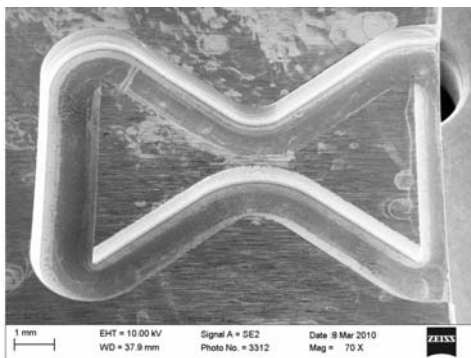


Dipl.-Ing. Jürgen Prokop  
IMF III, Karlsruher Institut für Technologie

Bild 15

## Gefräster Formeinsatz

## MSG-Bauteil

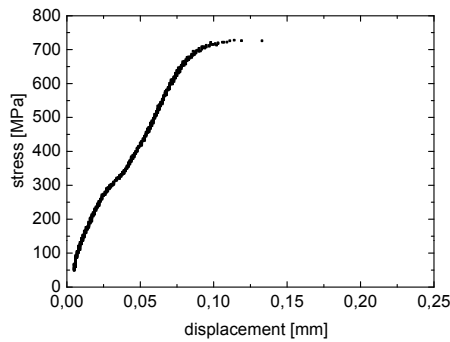


Dipl.-Ing. Jürgen Prokop  
IMF III, Karlsruher Institut für Technologie

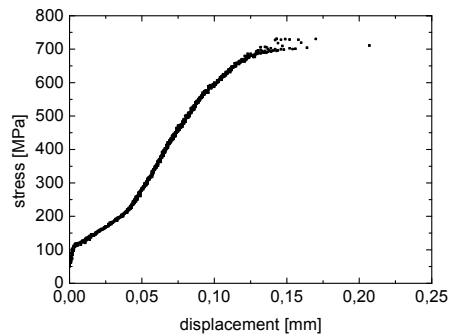
Bild 16



# Zugversuch

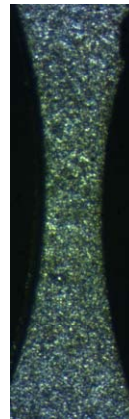


LIGA

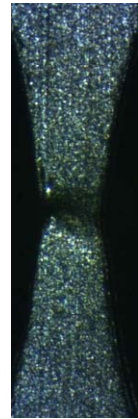


gefräst

Ausgangszustand:



Probe mit Einschnürung:



Zugversuch: Lastkontrolliert  
Material: Nickel (Grobkristallin)

Ergebnis: Festigkeit: ~728 MPa

→ Ermüdungsuntersuchungen folgen



Dipl.-Ing. Jürgen Prokop  
IMF III, Karlsruher Institut für Technologie

Bild 17

## Zusammenfassung und Ausblick

- Mehrkomponentenspritzgießen und Galvanoformung als Fertigungsalternative
- Herausforderungen der Prozesskette gelöst:
  - Elektrischer Oberflächenwiderstand homogen und besser 25 Ohm
  - Parameter für spaltfreie Zweikomponentenbauteile
- Replikation des Mikrospulenkerns
- Vergleichende Untersuchung zwischen dem MSG-Prozess:
  - Gefräster Formeinsatz kann gut repliziert werden
  - UV- LIGA Formeinsatz kann gut repliziert werden

→ Statistische Absicherung der Ergebnisse

→ Mikroermüdungsmessung

→ Materialscreening

→ Angepasste Geometrien mit definierten Defekten



Dipl.-Ing. Jürgen Prokop  
IMF III, Karlsruher Institut für Technologie

Bild 18

---

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Kontaktinformation:  
Dipl.-Ing. Jürgen Prokop  
Institut für Materialforschung III  
KIT | Campus Nord  
+49 (0) 7247 / 82 - 4005  
juergen.prokop@kit.edu



Dipl.-Ing. Jürgen Prokop  
IMF III, Karlsruher Institut für Technologie

Bild 19