



TECHNISCHE HOCHSCHULE  
OSTWESTFALEN-LIPPE  
UNIVERSITY OF  
APPLIED SCIENCES  
AND ARTS

# Retrofit durch 3D-Druck

**Prof. Dr.-Ing. André Springer**

24. FACHTAGUNG RAPID PROTOTYPING, 8. November 2019, Lemgo

# Labor für Lasertechnik und Additive Fertigung



Lasertechnik

Additive Fertigung

Beschichtungstechnik

Werkstoffkunde

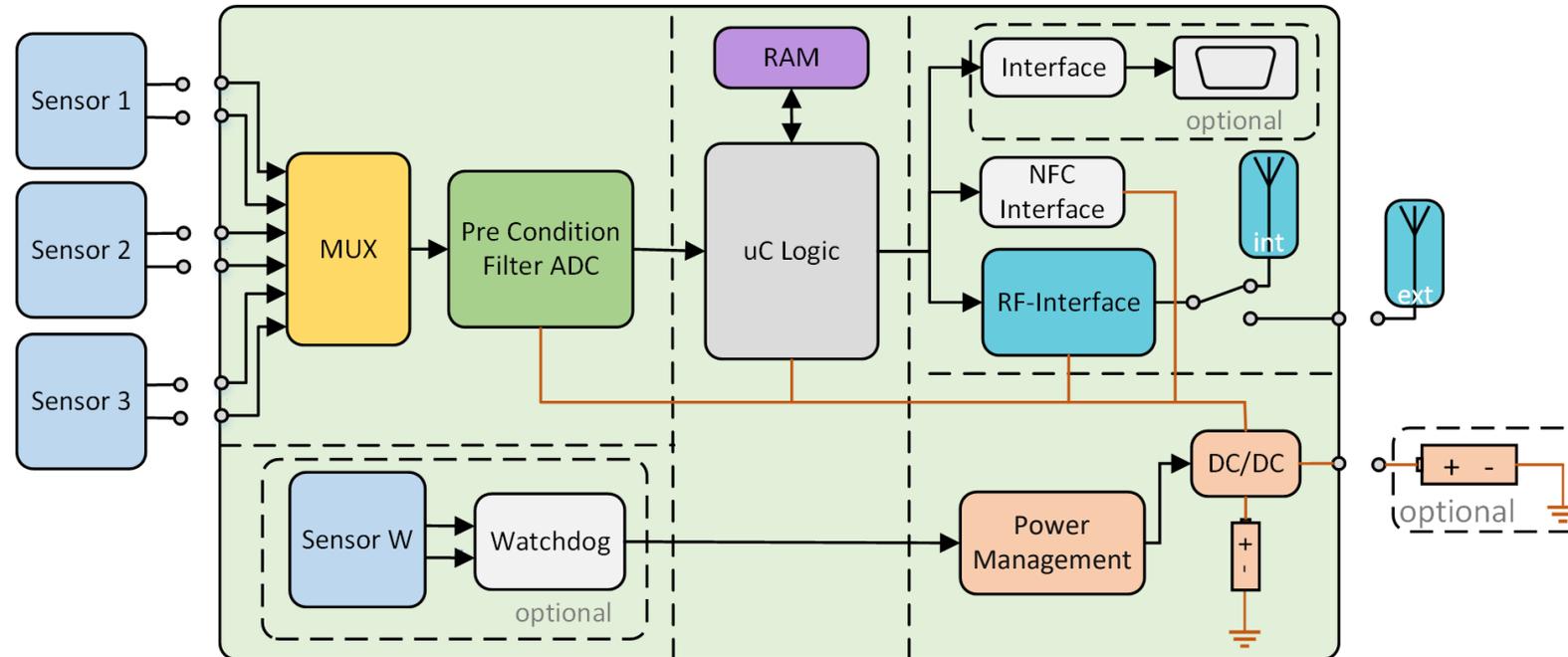


# Retrofit im Mittelstand

- Industrie 4.0, IoT, ... → Vernetzung von Maschinen, Digitalisierung von Prozessen
- Realität im Mittelstand
  - heterogener Maschinenpark
  - Grundfunktionen langlebig, jedoch keine Vernetzung  
→ Bestand muss aufgerüstet werden (Retrofit)
- Nachrüsten von Sensorik
  - Erfassung von Prozess- und Maschinendaten
  - Ableiten von Maßnahmen zur Verbesserung der Fertigung
- Bedarf: kompakte, formangepasste Sensoren mit integrierter Signalübertragung



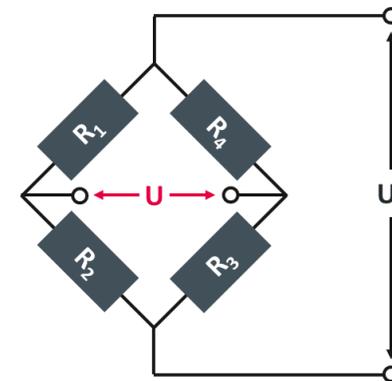
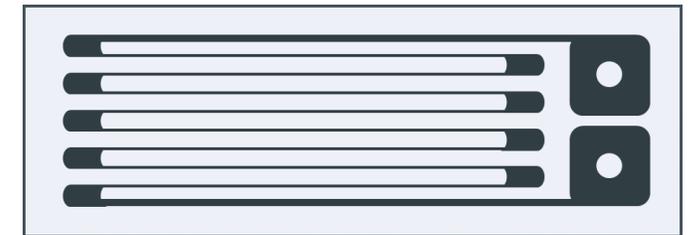
# Modulares Funksensorkonzept



- Funktionalität maßgeschneidert auf spezifische Anwendung → virtueller Baukasten
- Anpassung an individuelle Maschinen → mechanische Adaption
- Sensorbeispiele: spektral (Trübung), kapazitiv (Drehzahl), DMS (Druck)

# Sensorbeispiel: DMS

- Dehnmessstreifen (DMS)
  - Änderung des elektr. Widerstands bei Anlegen einer Kraft
  - Widerstand ändert sich linear mit resultierender Längenänderung (Dehnung:  $R \uparrow$ , Stauchung:  $R \downarrow$ )
  - Umwandlung mech. Größen in elektr. Widerstände
  
- Messtechnik muss kleinste Widerstandsänderungen erfassen
  - Wheatstone'sche Brückenschaltung
  
- DMS werden häufig als Folien verklebt
  - Aussage zur Belastung von Komponenten

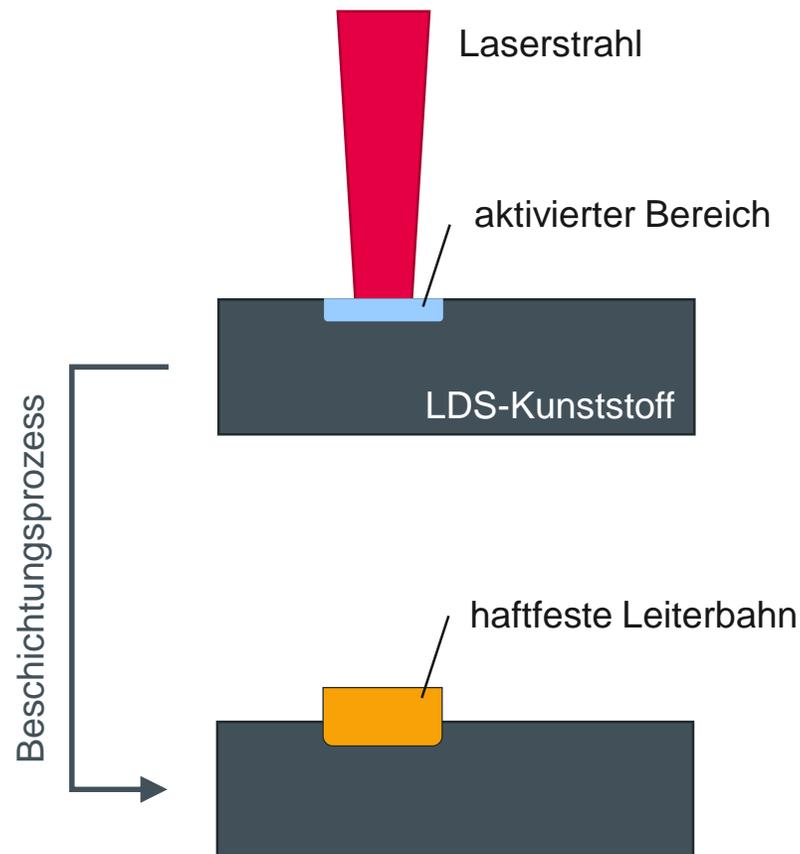


# Individuelle Sensor-Auslegung

- individuelle Geometrie (bspw. zur Restraumnutzung)
- konzentrische DMS-Struktur auf druckempfindlicher Membran (0,15 mm)
- Druck auf Membran führt zur Änderung des elektrischen Widerstands
- Leiterstruktur wird direkt auf Sensorkörper erzeugt
  - additive Laser-Direktstrukturierung (LDS)
  - kein Kleben erforderlich



# LDS – Laser-Direktstrukturierung



- selektive Metallisierung von Kunststoffen  
→ Erzeugung des Leiterbahnlayouts auf Schaltungsträgern
- erforderliche Metallisierungskeime liegen in passivem Zustand feinverteilt in thermoplastischem Kunststoff vor
- Aktivierung der Metallisierungskeime durch Laserstrahlung
- chemisch reduktive Metallisierung der aktivierten Bereiche
- Entwicklung des LDS-Verfahrens durch TH OWL und LPKF (1997 – 2002) durch Prof. Naundorf und Prof. Wißbrock

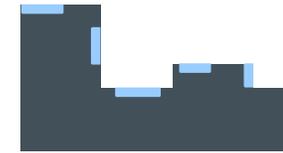
# LDS von MIDs

- MID (Molded Interconnect Devices): spritzgegossene Schaltungsträger
- spritzgegossene 3D-Kunststoffträger werden selektiv mit Laserstrahlung beaufschlagt
- anschließend chem. reduktive Metallisierung
- Funktionsintegration auf beliebig geformte Teile
- Anwendung: u.a. Antennen für Smartphones

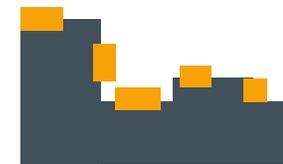
Spritzgießen



LDS

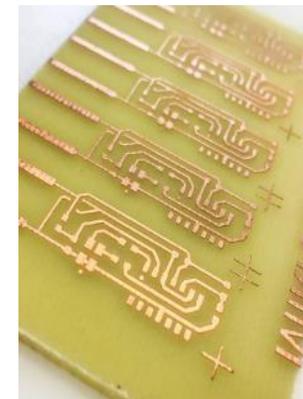


Metallisieren



Kromberg & Schubert

elektronischer  
Motorrad-Handgriff



konventionelle  
FR-4-Leiterplatte

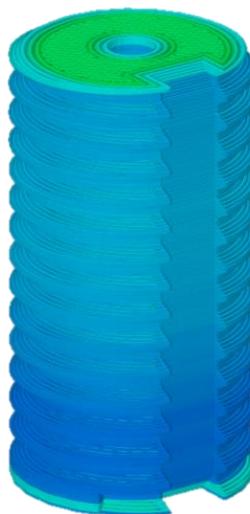


LPKF

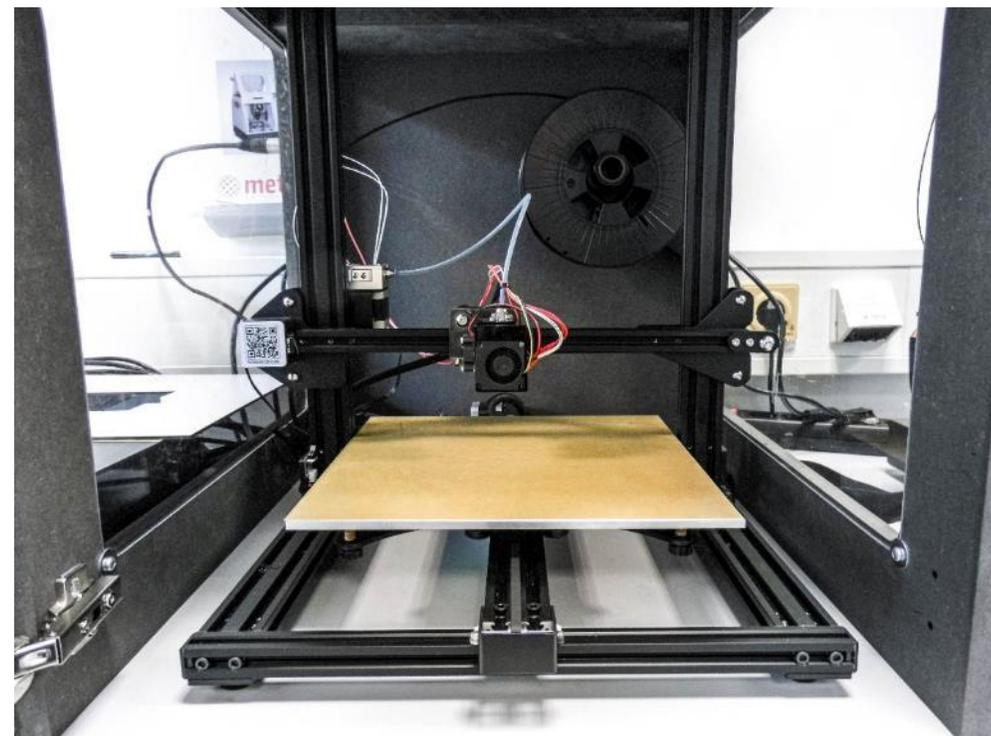
Smartphone-  
Antenne

# 3D-Druck des Drucksensors

- Substitution des Spritzgusses durch Fused Deposition Modeling
- Filament: XANTAR® LDS 3760 Polycarbonat (Ø: 2,85 mm)
- Außengewinde mit Nut für Leiterbahn
- angefaste Kanten



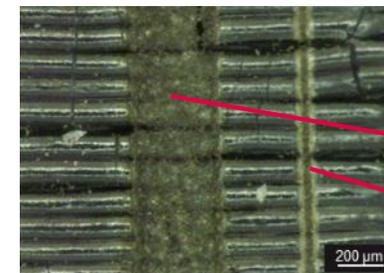
Schichthöhe: 150 µm



Creality CR-10

# Strukturierung der Leiterbahnen

- selektive Bestrahlung der zu metallisierenden Bereiche
  - Aktivierung der Metallisierungskeime
  - Ablation bewirkt Oberflächenstrukturierung (Haftungssteigerung)
  
- Strukturierung der Mantel- und Stirnflächen
  - DMS-Struktur auf oberer Stirnfläche
  - Kontaktstellen auf unterer Stirnfläche
  - Zuleitung auf Mantelfläche



Strukturierung:  
 - schraffierte Bahn  
 - Einzellinie



$P_m: 20 \text{ W}$ ,  $E_p: 1 \text{ mJ}$ ,  $v: 1 \text{ m/s}$



# Erzeugung der Leiterbahnen

- chemisch reduktive Beschichtung der strukturierten Bereiche
- Schichtaufbau
  - Kupfer
  - Nickel
  - Gold

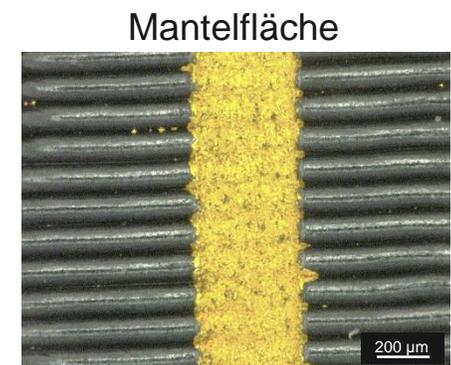
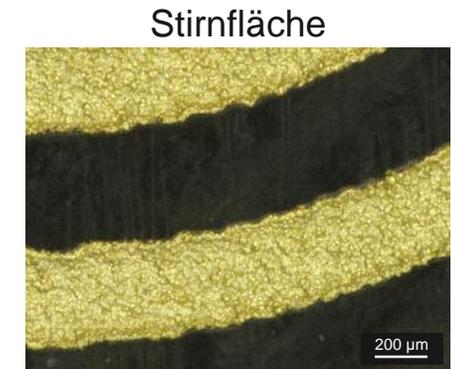


Cu-Bad

Pd-Aktivierung

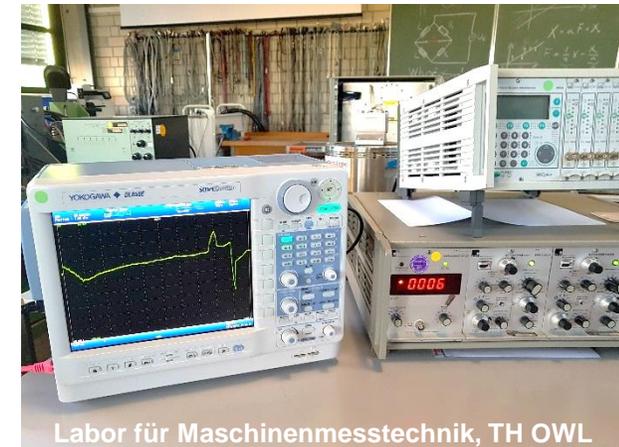
Ni-Bad

Au-Bad



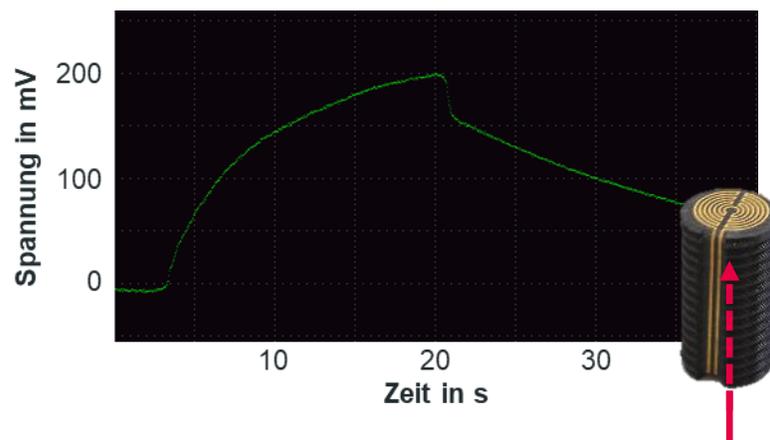
# Funktionstest des Drucksensors

- Verstärkung des Signals (Brückenspannung  $< 1 \text{ mV}$ )
- Signal ist auf mechanische Dehnung zurückzuführen
- Empfindlichkeit des Sensors wird noch ermittelt

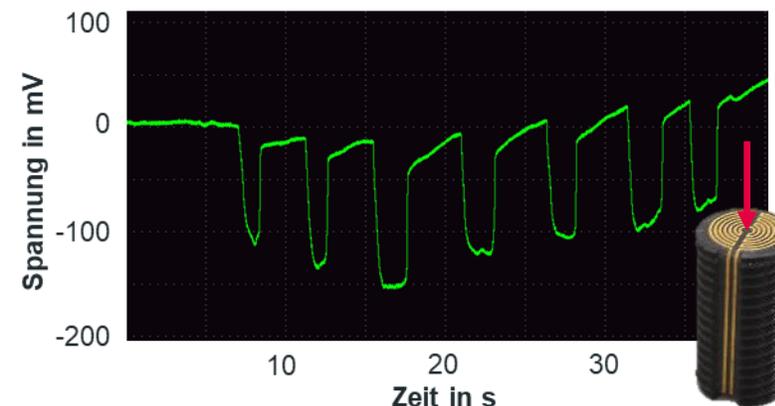


Labor für Maschinenmesstechnik, TH OWL

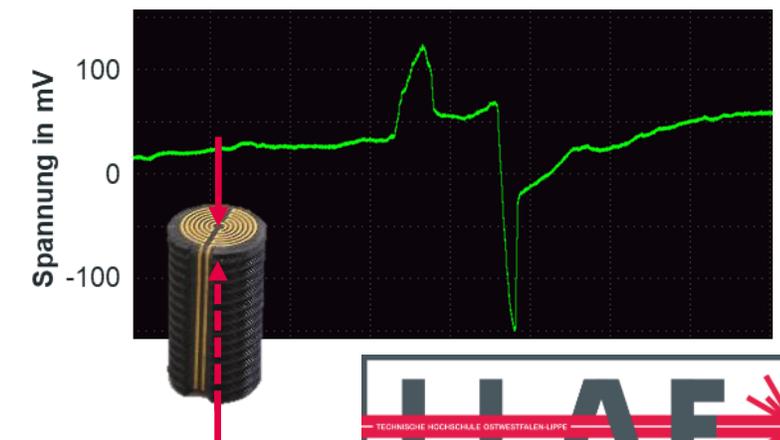
### Belastung von innen



### Belastung von außen



### Wechselbelastung



# RESSIAR-MID



- Requirements for Smart Sensor Systems for IoT-Applications in Retrofit Equipment using Spatial Integration-Technologies  
IGF-Vorhaben Nr.: 231 EN/2



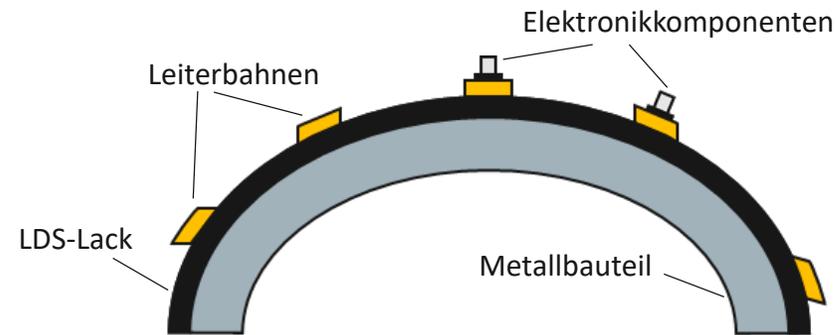
Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

Forschungsschwerpunkt:  
Direkte Digitale Fertigung  
im Kontext Industrie 4.0



# Metallkern-LDS-Schaltungsträger

- Metallbauteil wird mit LDS-Lack beschichtet  
→ elektrische Isolation zum Metallkern  
→ erhöhte Wärmeabführung



- galvanische Verstärkung der Strukturen  
→ Querschnittserhöhung  
→ Leistungselektronik

- 3D-Integration zur Nutzung von Resträumen in der Mechatronik
- Umsetzung im BMBF-Projekt 3D-MC<sup>2</sup>B (Förderkennz.: 13FH160PX8)  
→ Erzeugung von 3D-Schaltungsträgern mit hohem Integrationsgrad





TECHNISCHE HOCHSCHULE  
OSTWESTFALEN-LIPPE  
UNIVERSITY OF  
APPLIED SCIENCES  
AND ARTS

# Vielen Dank!



**Prof. Dr.-Ing. André Springer**  
Labor für Lasertechnik und Additive Fertigung

Telefon: 05261 702 - 5873  
[andre.springer@th-owl.de](mailto:andre.springer@th-owl.de)  
[www.th-owl.de/fb7/LLAF](http://www.th-owl.de/fb7/LLAF)

Technische Hochschule Ostwestfalen-Lippe  
Campusallee 12, 32657 Lemgo

