



FlexiStamp

Flexible Stempel für Nanoimprinting zur
Herstellung von Sicherheitsmerkmalen

Montanuniversität Leoben, Mittwoch, 10. Juni 2015

Christoph Feyrer, Wolfgang Hackl, Michael Mühlberger



Bundesministerium
für Verkehr,
Innovation und Technologie



FFG

LEADING
INNOVATIONS

WWW.PROFACTOR.AT

Inhalt

- Projektziel & kurze Vorstellung Nanoimprint Lithographie
- Motivation
- Anforderungen & Konzept
- Prototypenentwicklung
- Ergebnisse
- Ausblick

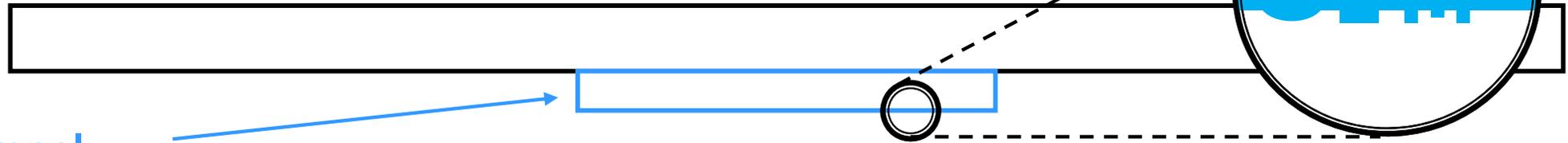
Projektziel

- FlexiStamp
 - Entwicklung und Realisierung eines modifizierbaren/veränderbaren Stempels für die Nanoimprint Lithographie auf Basis von Piezotechnologie

Nanoimprint Lithographie

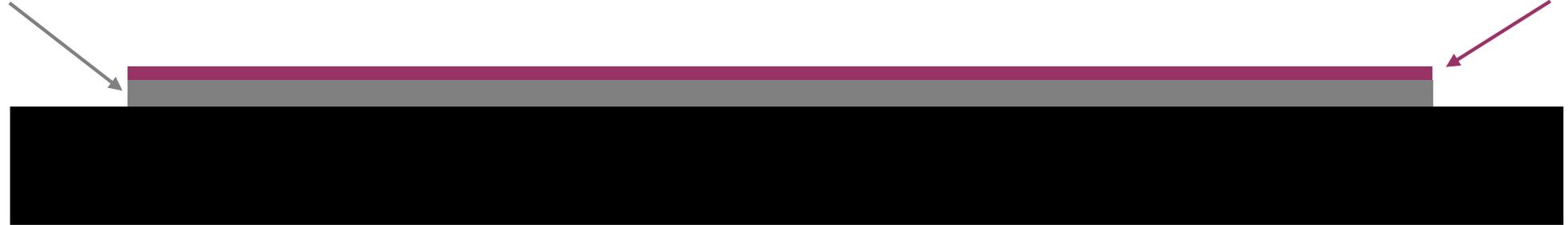
- Verfahren zur kostengünstigen Herstellung von Nanostrukturen mittels Stempel

Stempelhalter



Stempel

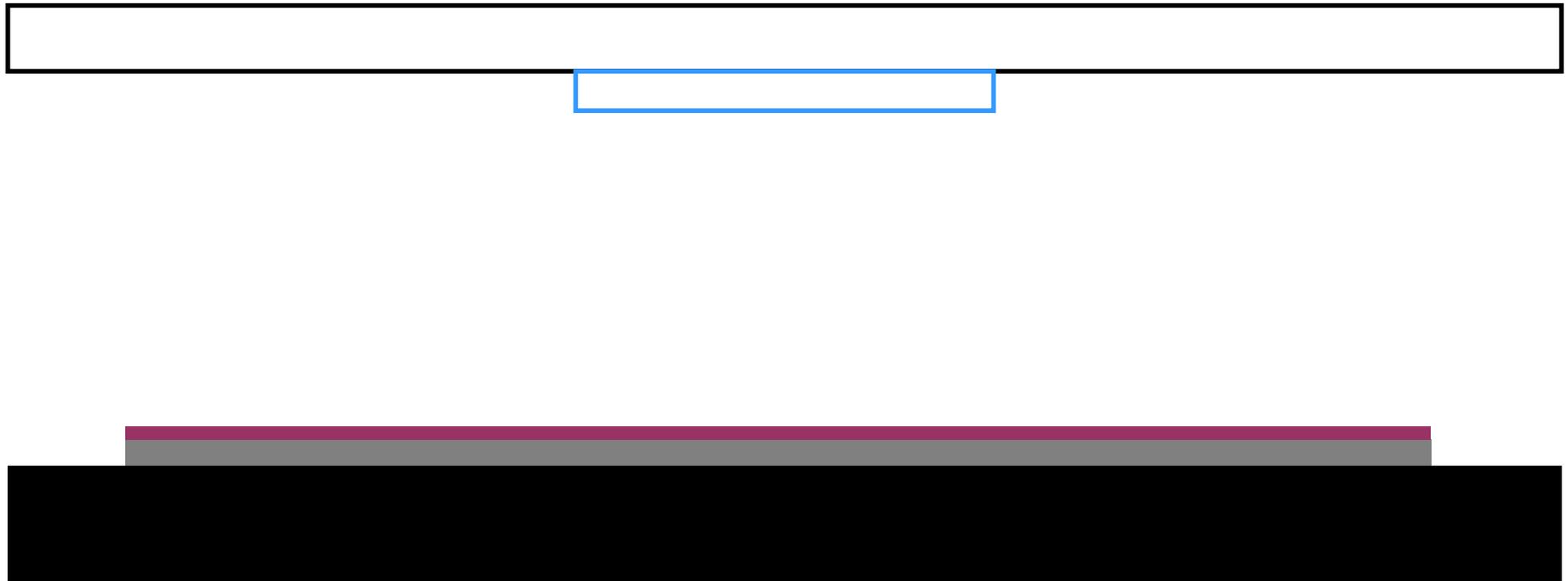
Substrat



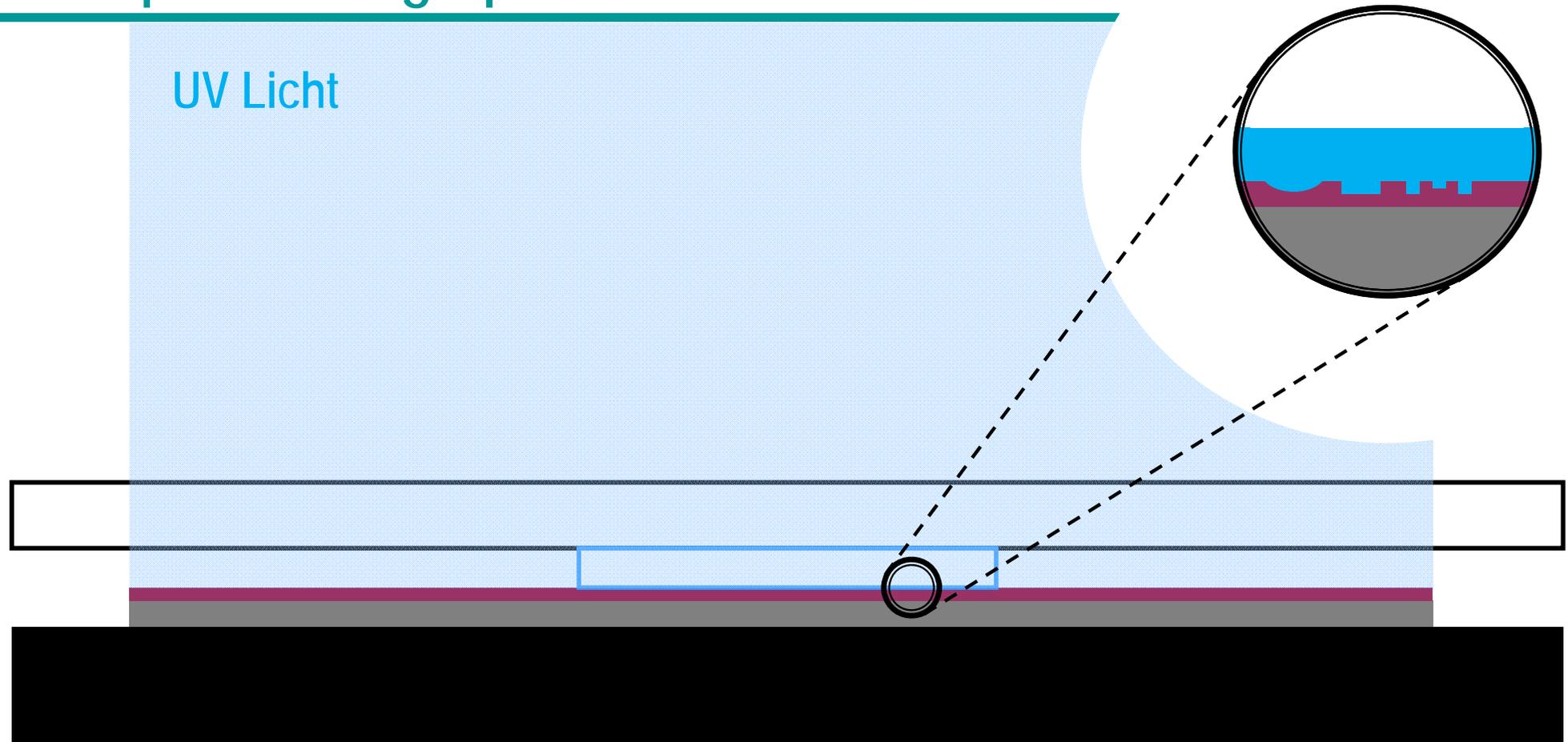
Imprintpolymer

Substrathalter

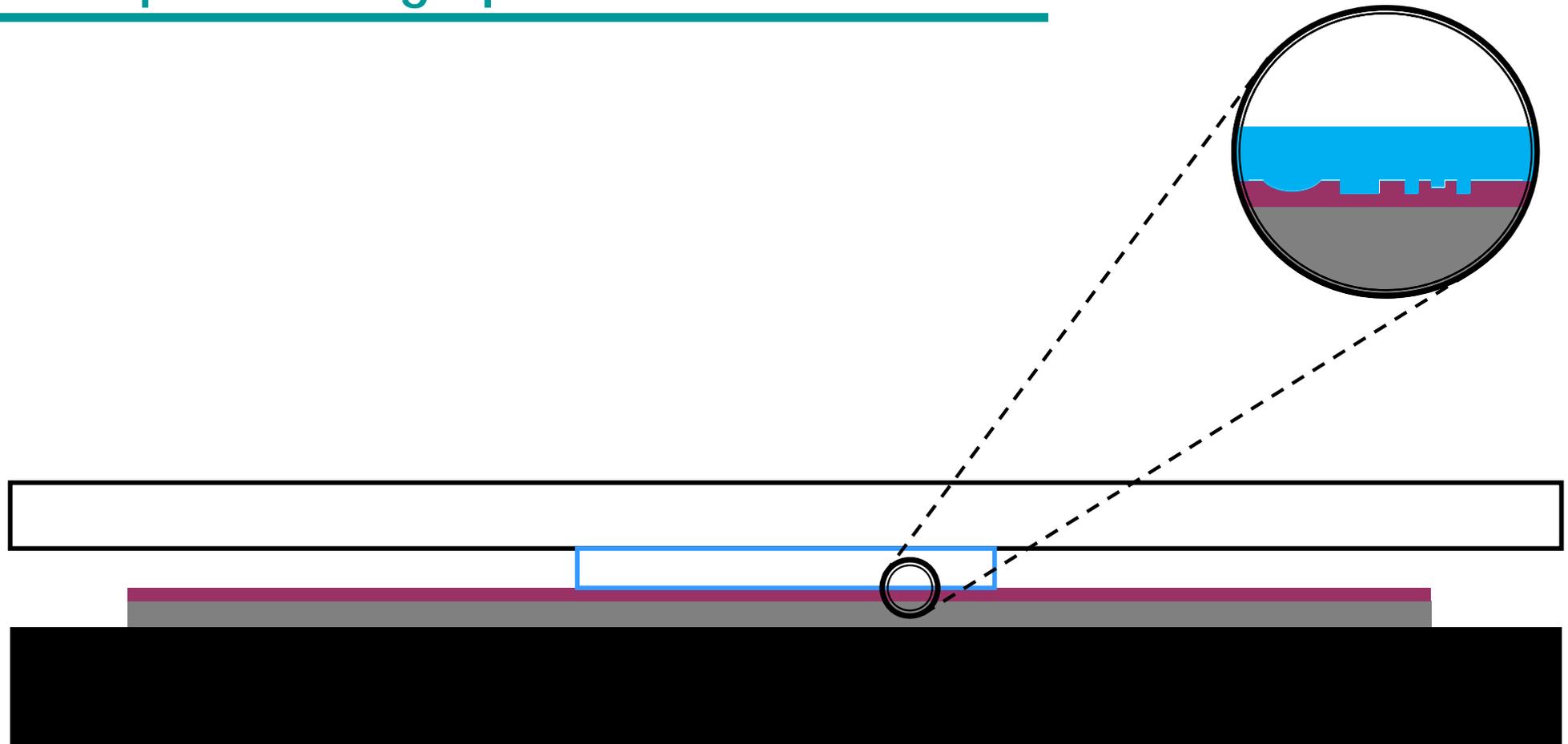
Nanoimprint Lithographie



Nanoimprint Lithographie



Nanoimprint Lithographie



Nanoimprint Lithographie

➤ Vorteile

- Nanostrukturen mit großen Flächen und hoher Auflösung im nm-Bereich
- Rolle-zu-Rolle oder Rolle-zu-Platte Prozess möglich
- Komplizierte Strukturen in einem Schritt
 - Mehrere Höhenstufen, schiefe Strukturen möglich
- Kosteneffizient und flexibel

➤ Anwendungsgebiete

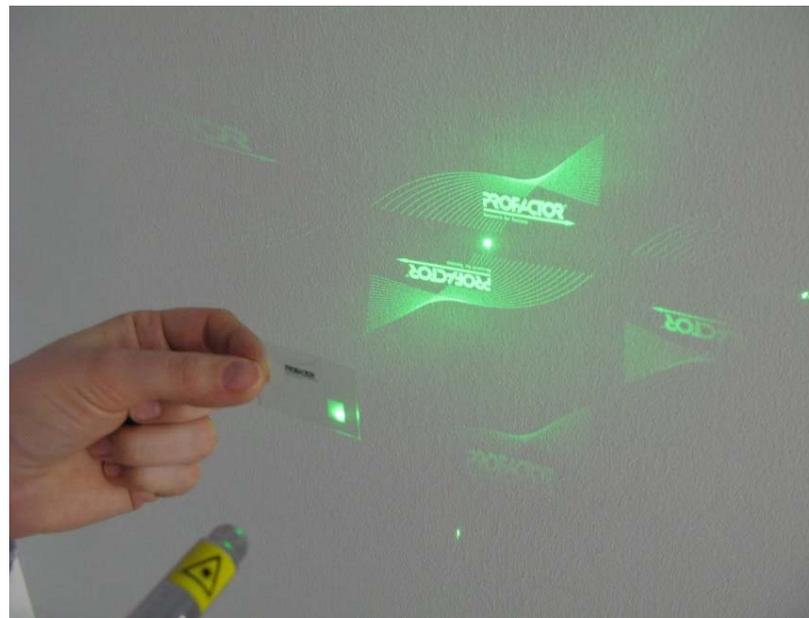
- Mikro-, Nano-Optik
- Life-Sciences (μ -fluidics, lab-on-a-chip)
- Photonik (optische Filter, Polarisatoren, Mikrospiegelarrays), LEDs, ...
- Bionik

➤ Nachteil

- Die Methoden zur Stempelherstellung sind aufwändig und langwierig, daher beschränkt sich die Nanoimprint Lithographie auf Anwendungen wo die gleiche Struktur mehrfach repliziert wird

Motivation

- Nanoimprint Lithographie ist eine ideale Technologie zur Herstellung von Sicherheitsmerkmalen zur Produktkennzeichnung mit z.B. Hologrammen



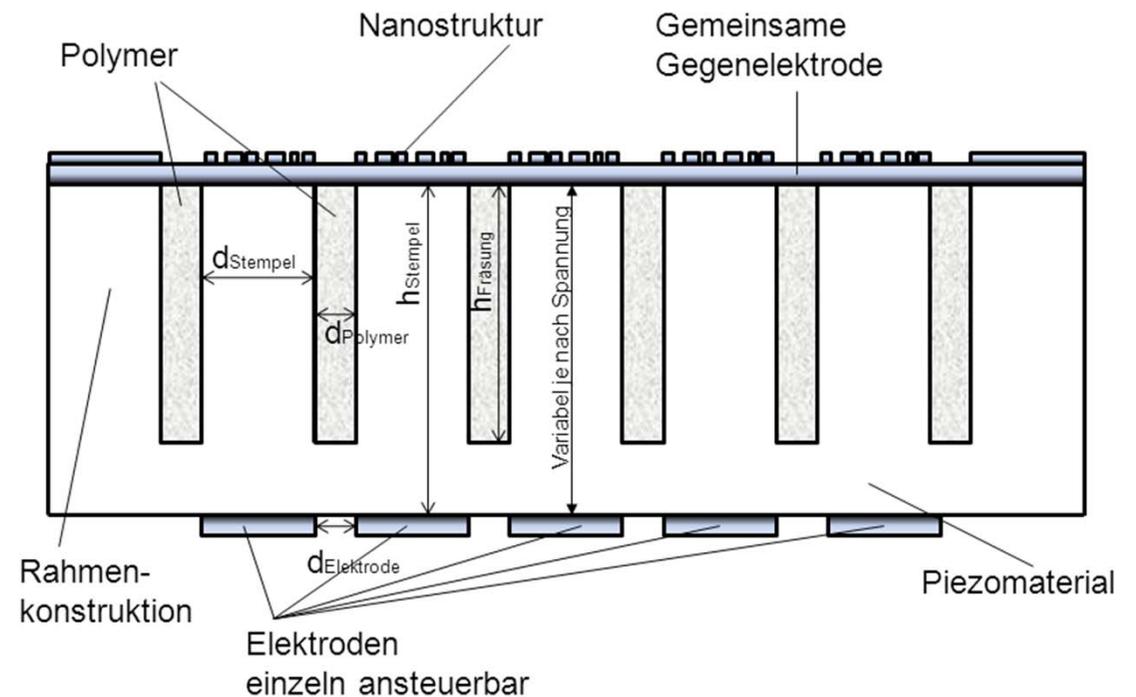
- Wünschenswert dafür ist ein veränderbarer/modifizierbarer Stempel um individuelle Sicherheitsmerkmale für eine eindeutige Kennzeichnung/Nummerierung von Produkten zu ermöglichen

Anforderungen an den modifizierbaren Stempel

- Erzeugung von möglichst vielen unterschiedlichen Nanostrukturen
- Schnelles Umstellen, bzw. Modifizieren der Stempelstruktur (<1s)
- Die Modifikation des Stempels soll elektrisch möglich sein
- Größe des Stempels soll sich an üblichen Sicherheitsmerkmalen orientieren

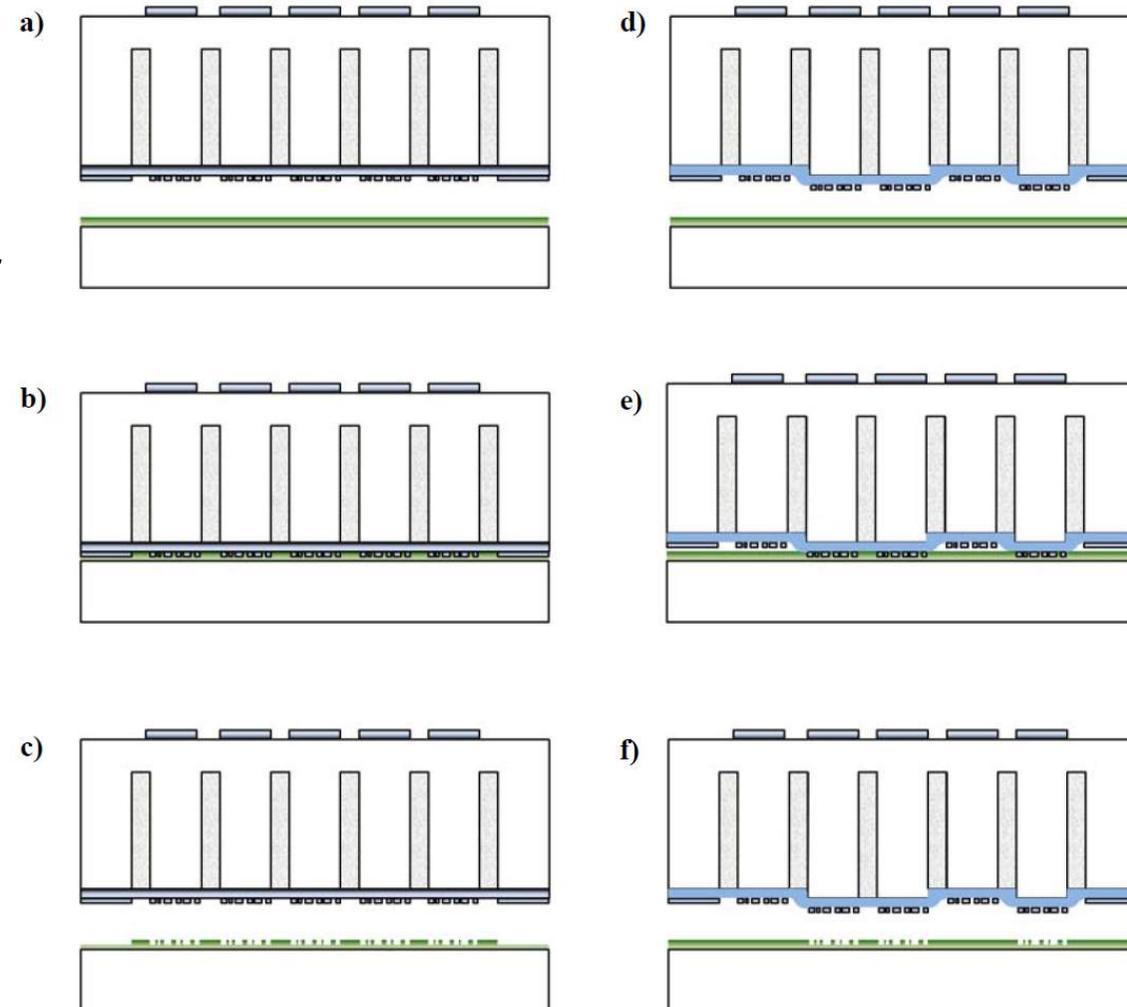
Konzept FlexiStamp

- Stempel Grundkörper aus Piezomaterial mit Rahmenkonstruktion und einer 5x5 Säulenstruktur
- Polymerverfüllung
- Elektroden für die einzelnen Säulen
- Gemeinsame Gegenelektrode
- Nanostrukturen



Konzept FlexiStamp

- ➔ Aktuierung der Stempelsäulen durch Anlegen elektr. Spannung
- ➔ a) – c) ... Imprint ohne Aktuierung der Piezosäulen
- ➔ d) – f) ... Imprint mit Aktuierung von drei Piezosäulen
- ➔ Nanostrukturen auf nicht aktuierten Piezosäulen kommen nicht in Kontakt und werden nicht übertragen



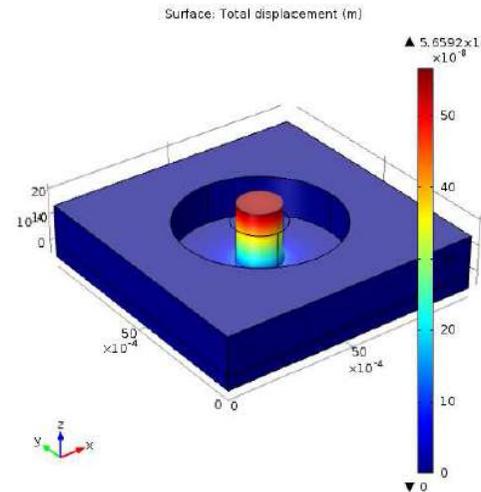
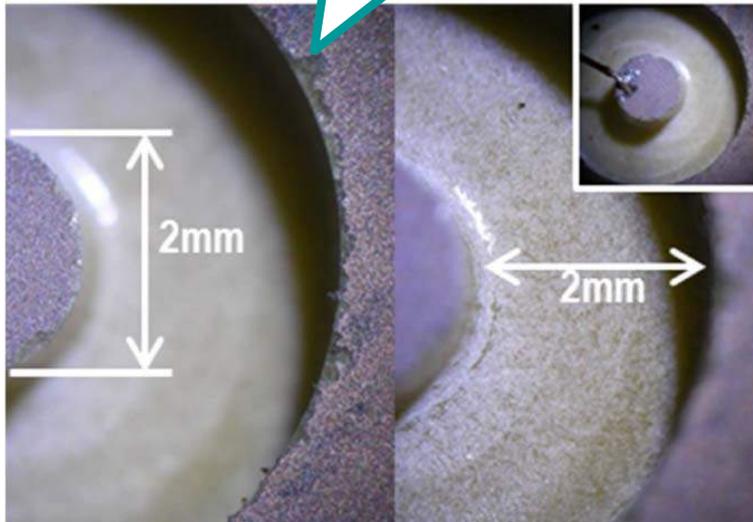
Projektziele

- Entwicklung und Realisierung eines modifizierbaren/veränderbaren Stempels für die Nanoimprint Lithographie
 - Entwurf eines mechanischen und elektrischen Designs
 - Entwicklung der elektrischen Ansteuerung
 - Erforschung einer geeigneten Fertigungstechnologie für den Stempel
 - Bau eines Prototypen zur Sondierung der Machbarkeit
 - Evaluierung des Prototypen

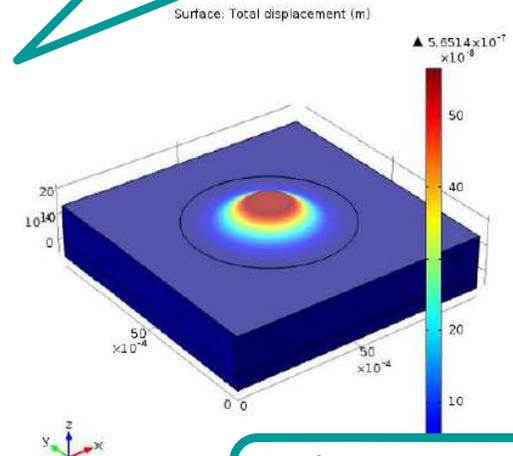
Prototypentwicklung

- Entwicklung Piezoaktuator
 - Untersuchungen zu unterschiedlichen Piezomaterialien
 - Fräsversuche zur Bearbeitung des Materials
 - FE Simulationen bzgl. Ausdehnung
 - Laborversuche

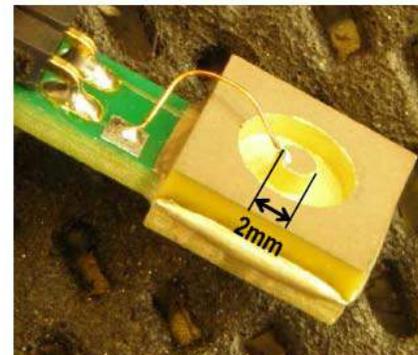
Fräsversuche
Piezoaktuator



FE Simulationen

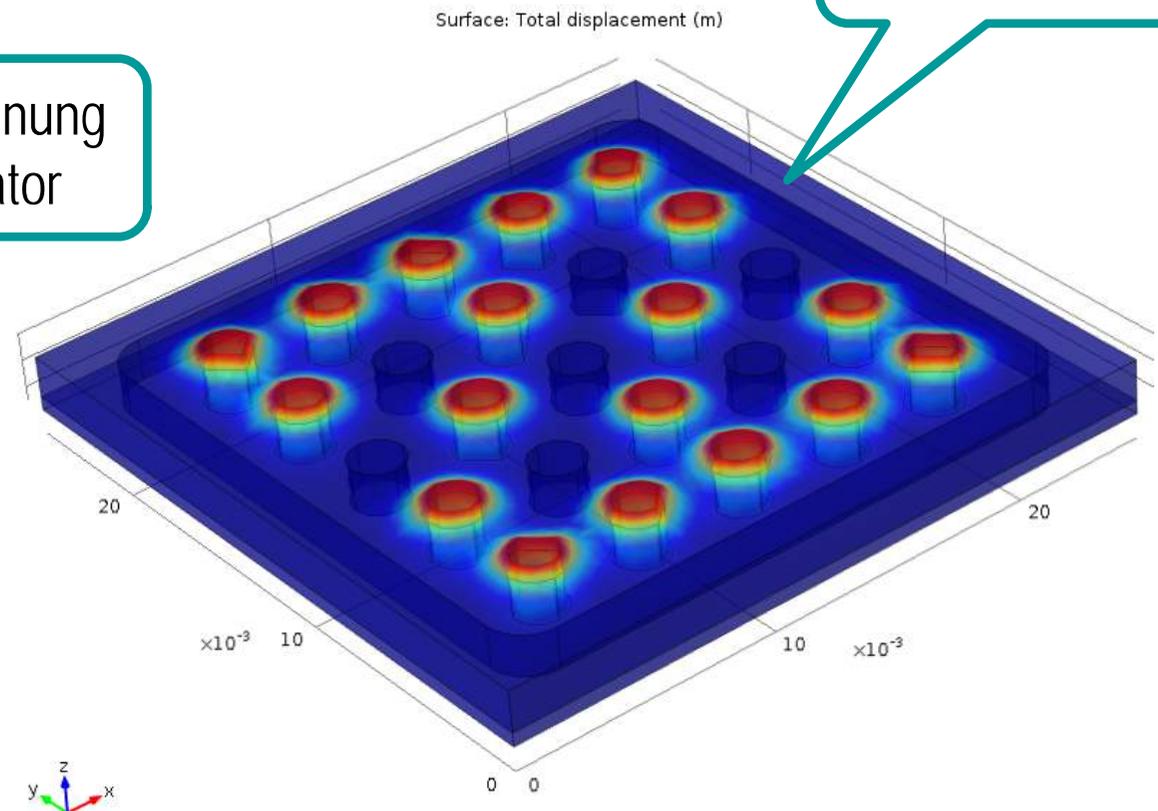
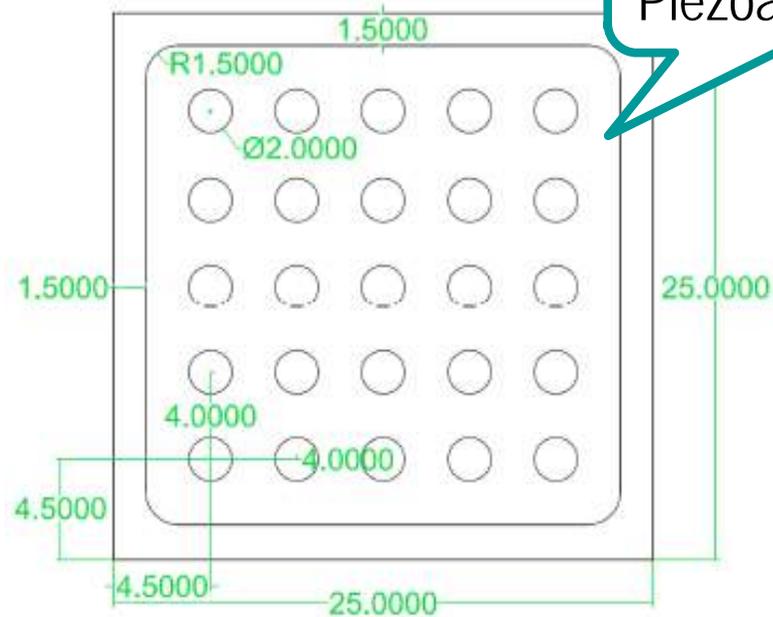


Laborversuche
Piezoaktuator



Prototypentwicklung

- Entwicklung Piezoaktuator
 - 5x5 Säulen → $2^{25} = 33.554.432$ Variationen
 - Herstellung aus 25x25x2mm² Piezoplättchen
 - 1,5mm Freistellung der Säulen
 - PIC153 Material → ~1µm Ausdehnung bei 1500V



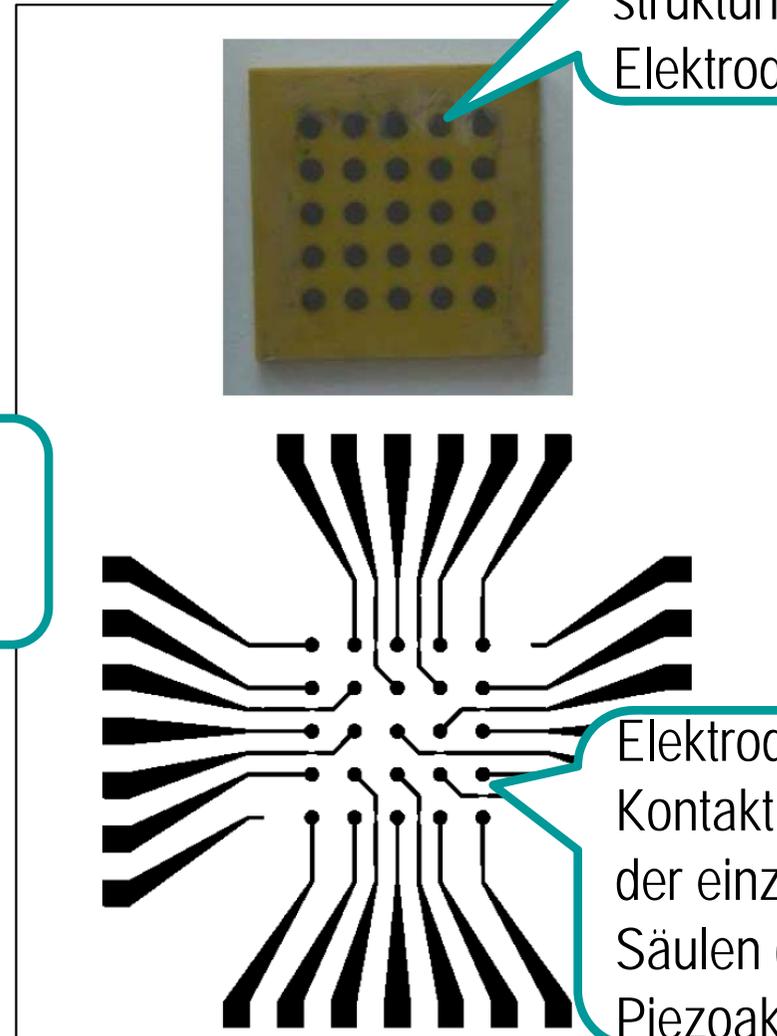
Prototypentwicklung

- Entwicklung Piezoaktuator
- Kontaktierung für elektrische Ansteuerung



Gemeinsame Elektrode

Piezoaktuator Oberseite mit Polymerverfüllung



Piezoaktuator Unterseite mit strukturierter Elektrode

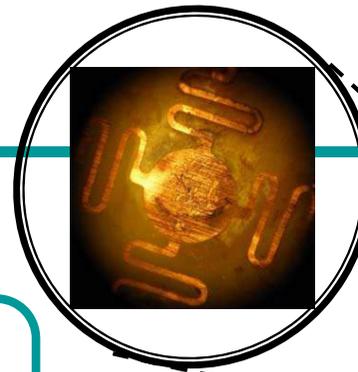
Elektrode zur Kontaktierung der einzelnen Säulen des Piezoactuators

Prototypentwicklung

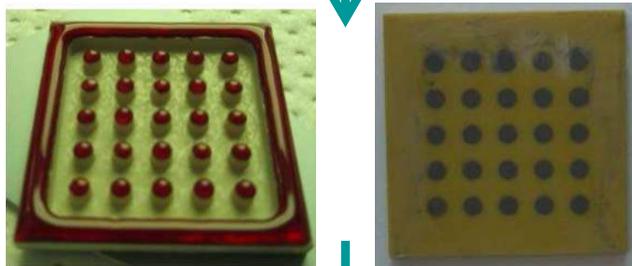
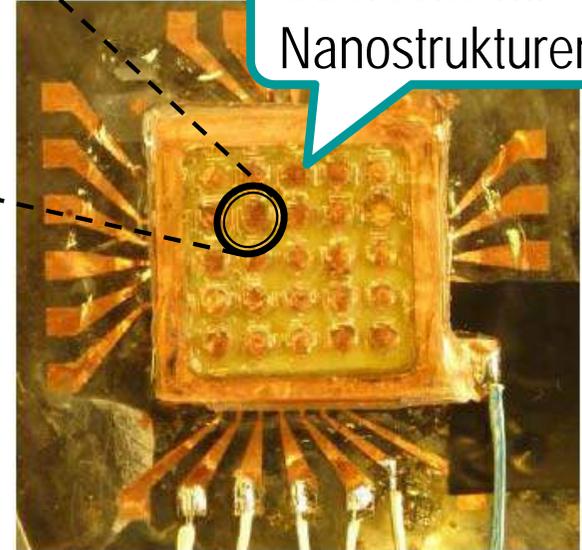
➔ Entwicklung Piezoaktuator



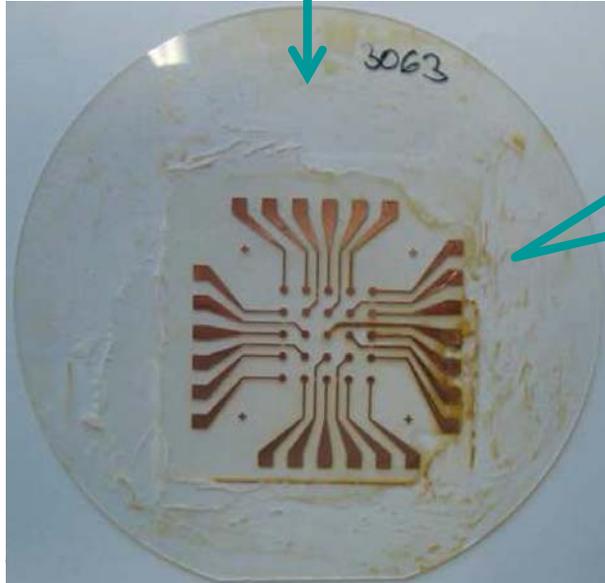
Gemeinsame Gegenelektrode auf der Oberseite



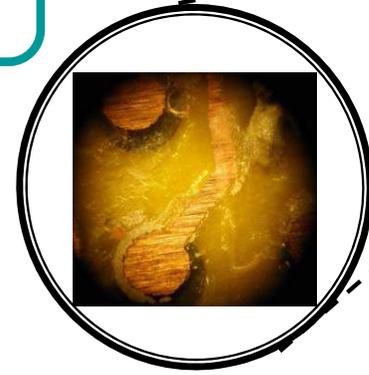
Oberseite mit Nanostrukturen



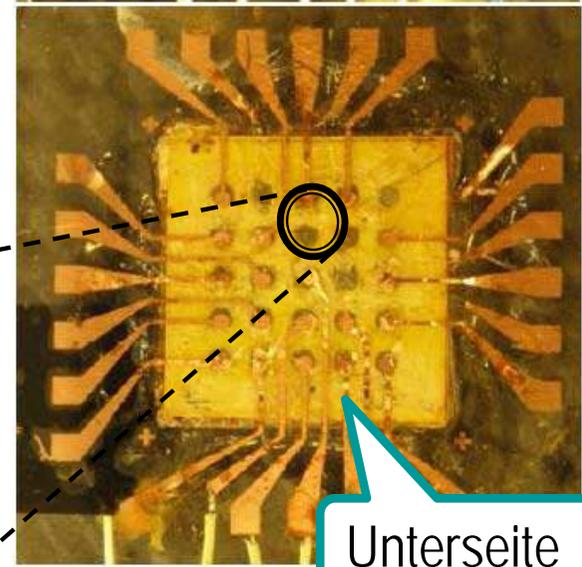
Piezoaktuator mit Polymerverfüllung
Elektrodenstrukturierung auf der Unterseite



Glaswafer Backplane mit Kupferelektroden



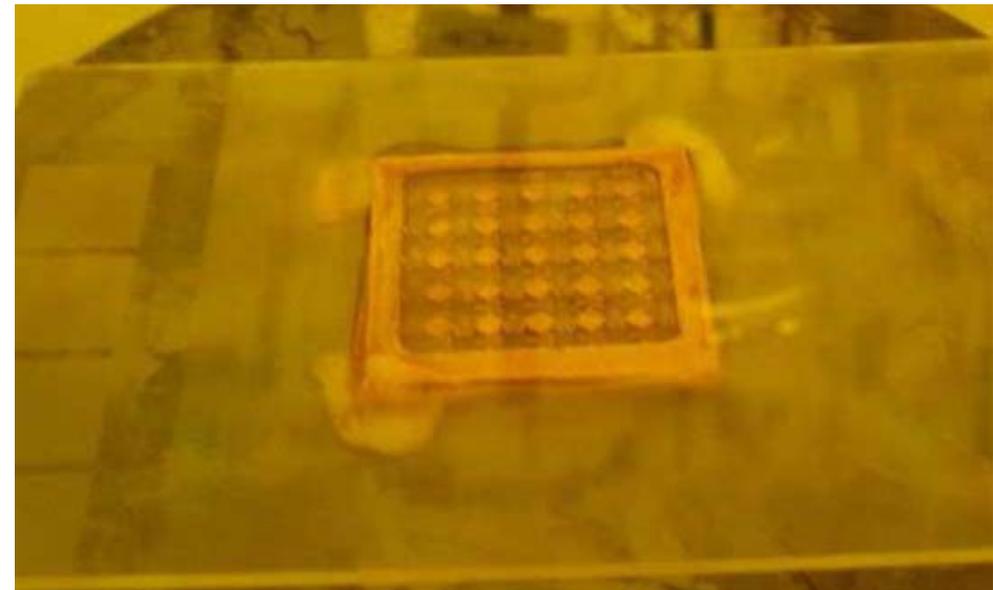
Unterseite



Prototypentwicklung

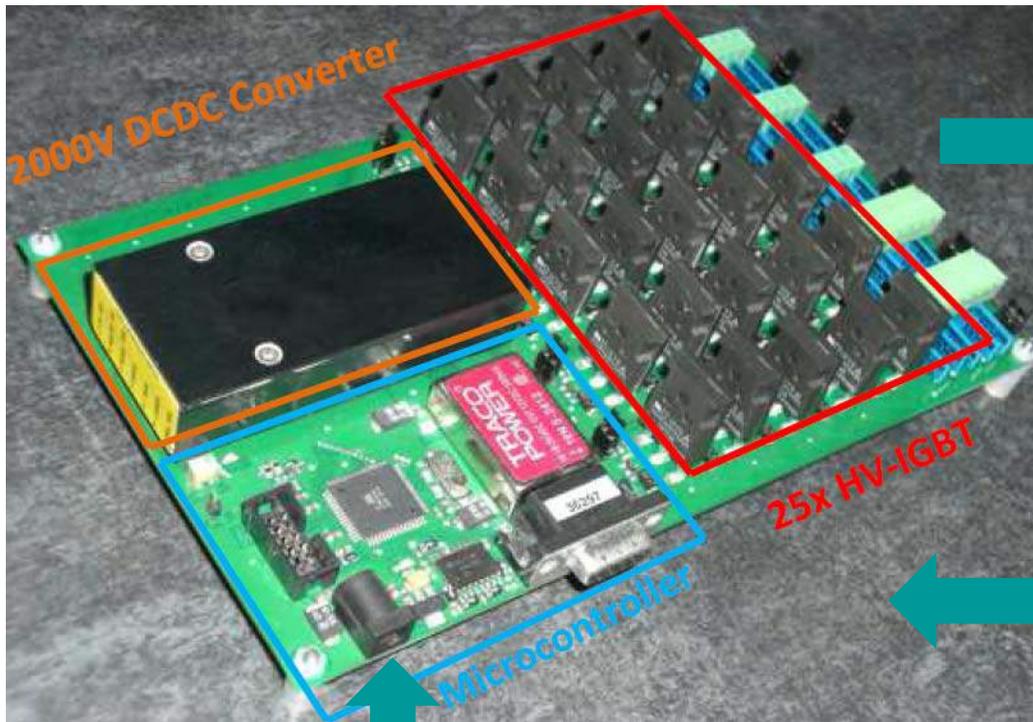
- Herstellung der Nanostrukturen am FlexiStamp
 - Abformung von einem 7x5cm² Imprint Master
 - Master ist ganzflächig mit einem binären Pixelmuster strukturiert

- Erstes Verfüllen der Säulen mit PDMS
- Aufsetzen der Top Elektrode
- Weiteres Verfüllen mit PDMS
- Einbetten der Top Elektrode
- Aufsetzen des Master Stempels
- Aushärten des PDMS

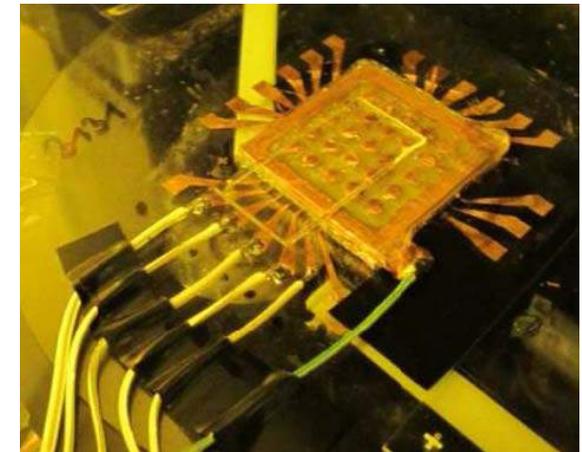


Prototypentwicklung

- Elektronik zur Ansteuerung des modifizierbaren Stempel
 - Hochspannungselektronik 25 Kanäle, 1500V
 - Microcontroller zur Konfiguration des Stempels per PC



+24V



```

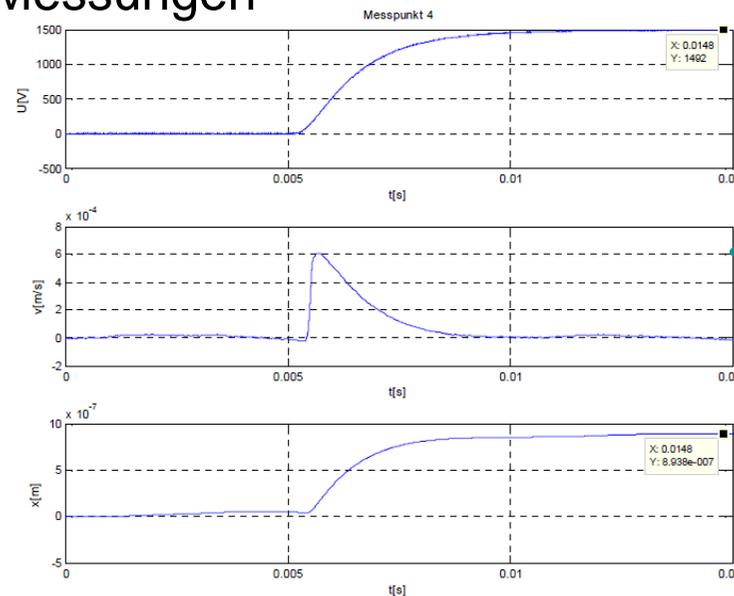
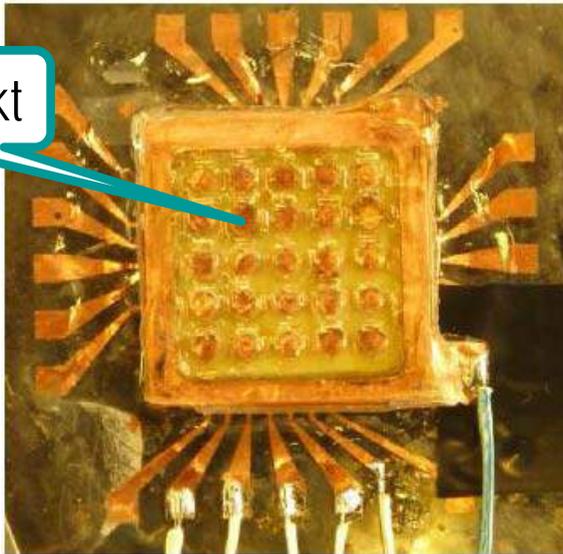
FlexiStamp - HyperTerminal
File Edit View Call Transfer Help
[Icons]
_____
FlexiStamp Status _____
Stamp configuration: 1111100000111110000011111
Stamp set: Stamp is set
HV on/off: HV is on
_____
Press 1 ... configure Stamp, Press 2 ... set Stamp, Press 3 ... set HV
_____
Connected 00:00:59 ANSI 9600 8-N-1 SCROLL CAPS NUM Capture Print echo
    
```

Ergebnisse

➤ Messergebnisse

➤ Laser Doppler Vibrometer Messungen

Messpunkt

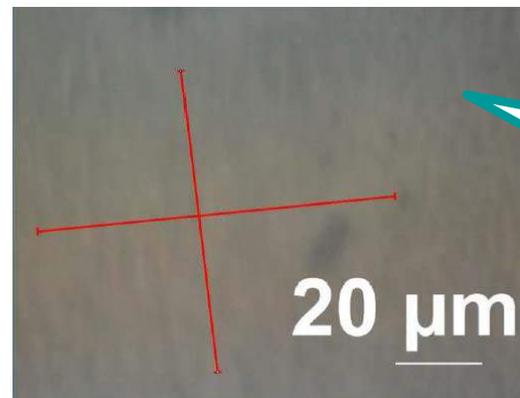
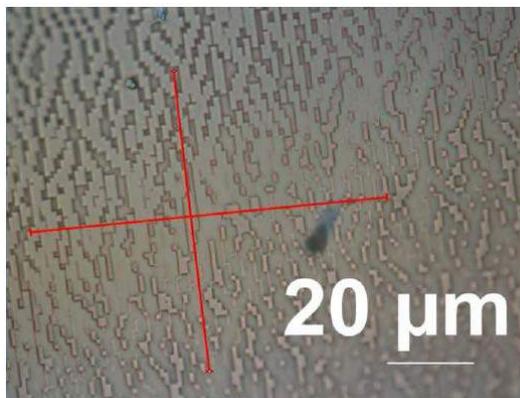


Spannungssprung
1500V

Geschwindigkeit
Piezoaktuator

Auslenkung
Piezoaktuator
ca. 900nm

➤ Mikroskop

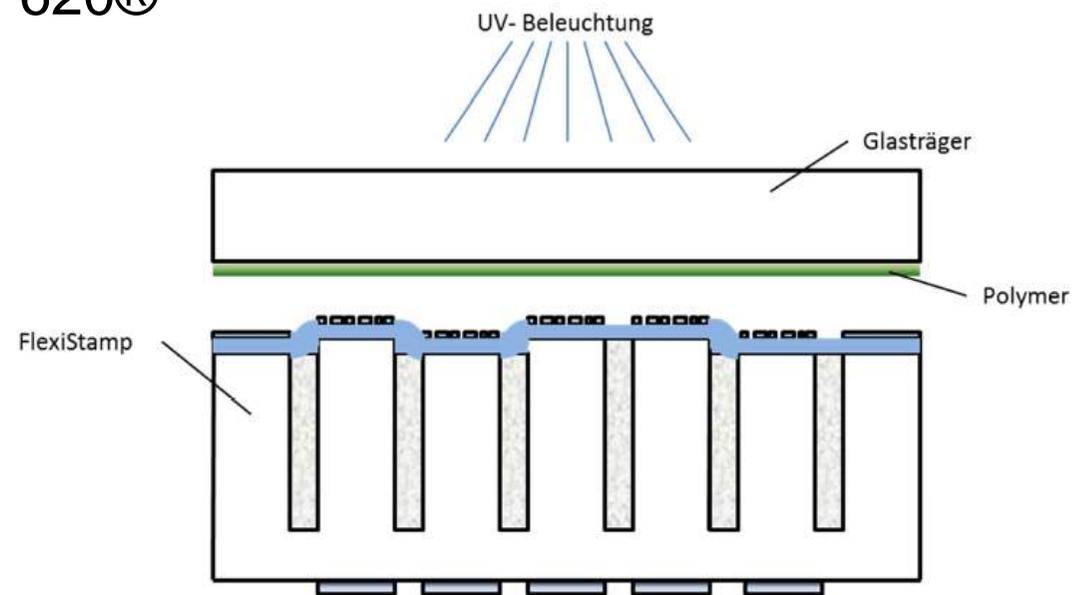
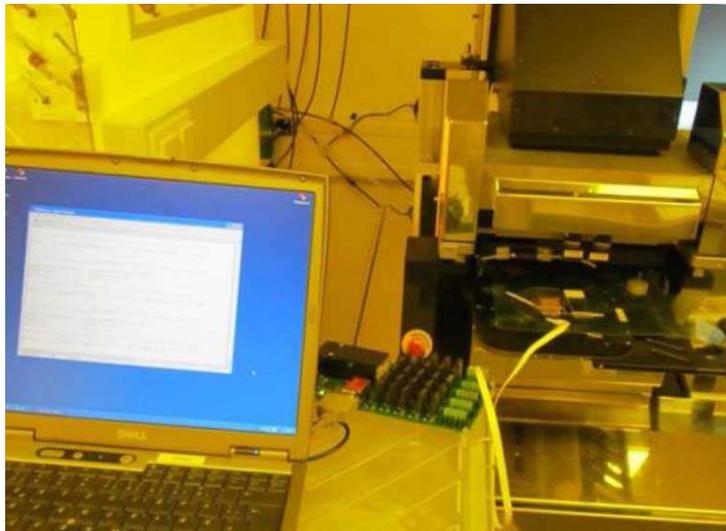


Ermittlung der
Auslenkung durch
Nachführen des Fokus
~1μm

Ergebnisse

➤ Abformungsversuche

➤ Maschinelle Imprints per EVG 620®



Substratträger:

- Glasträger, mit Haftvermittler
- Auftrag des Imprint Polymers per Spin Coating

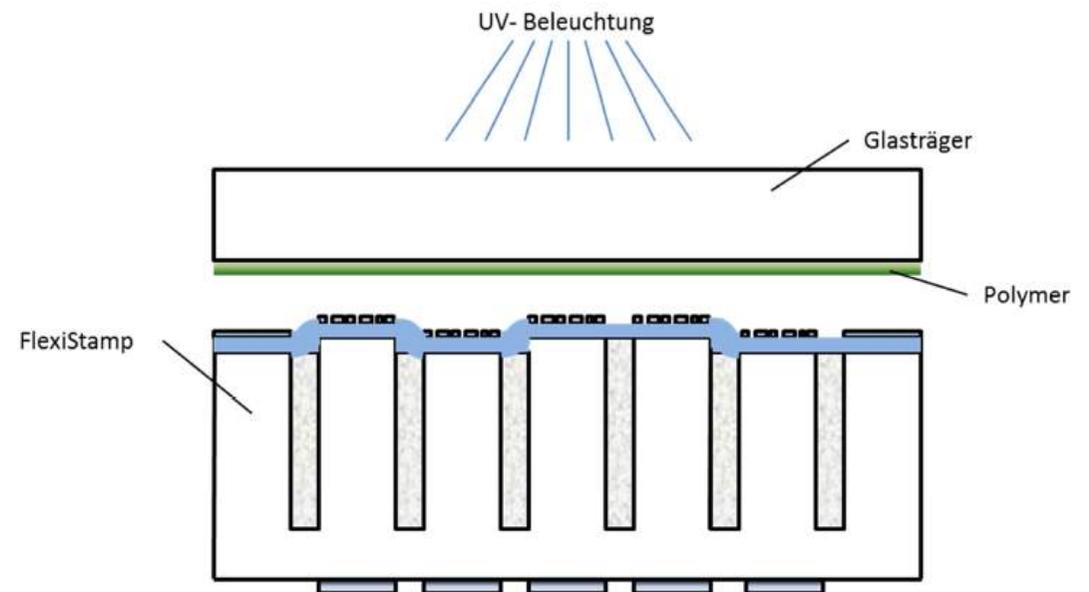
- Beim Trennschritt lösen sich die Nanostrukturen und die Top Elektroden des Flexistamps

Ergebnisse

➤ Abformungsversuche

➤ Manuelle Imprints

- Imprintfläche auf 2x2 Säulen begrenzt
- Druck beim Imprinten nur durch das Eigengewicht des Substrats
- Händisches Trennen



Substratträger:

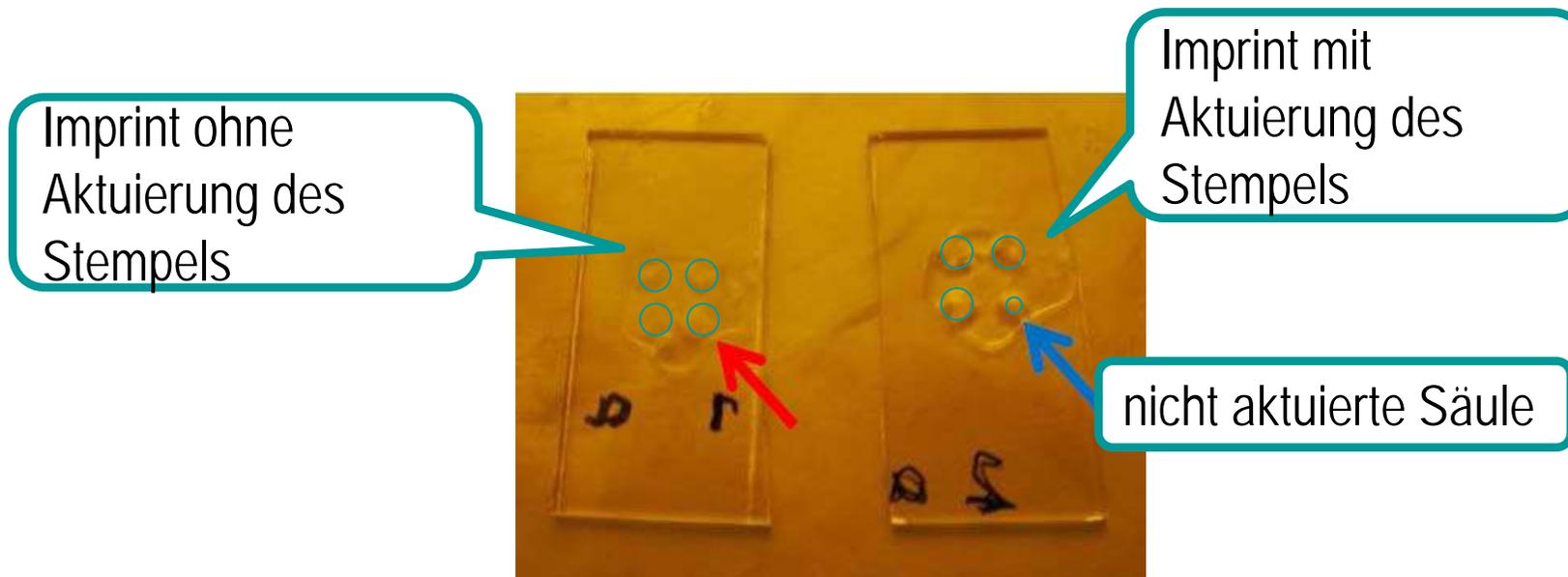
- Glasträger, mit Haftvermittler
- Auftrag des Imprint Polymers per Spin Coating

Ergebnisse

➤ Abformungsversuche

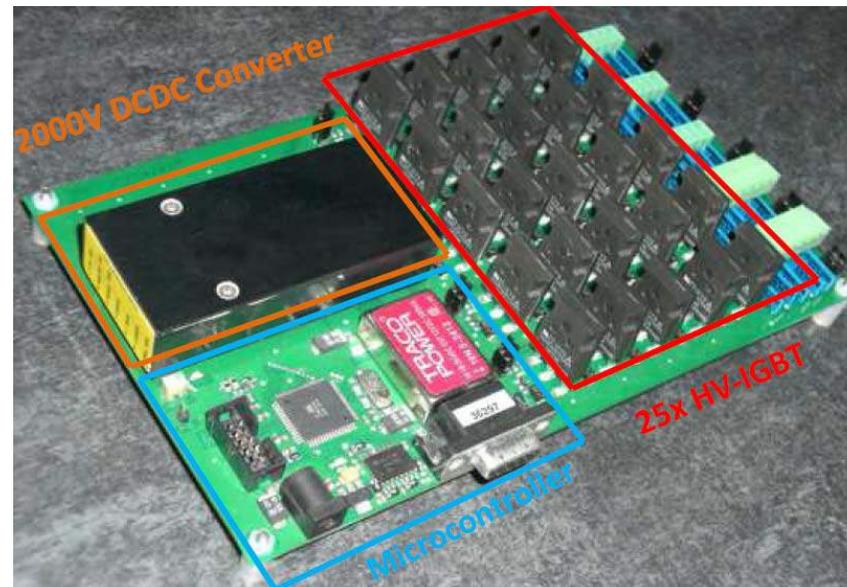
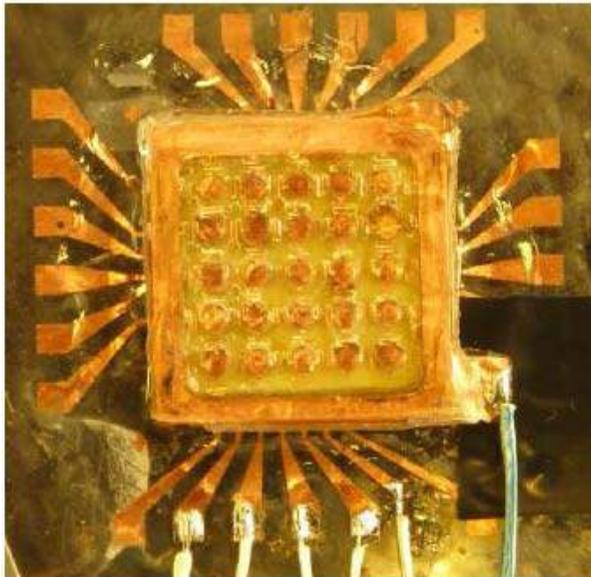
➤ Manuelle Imprintversuche

- Keine durchgehende Nanostruktur nach dem Imprint ohne Aktuierung des Stempels
- Nicht-aktuierte Stempelsäulen werden kleiner, aber doch noch abgebildet



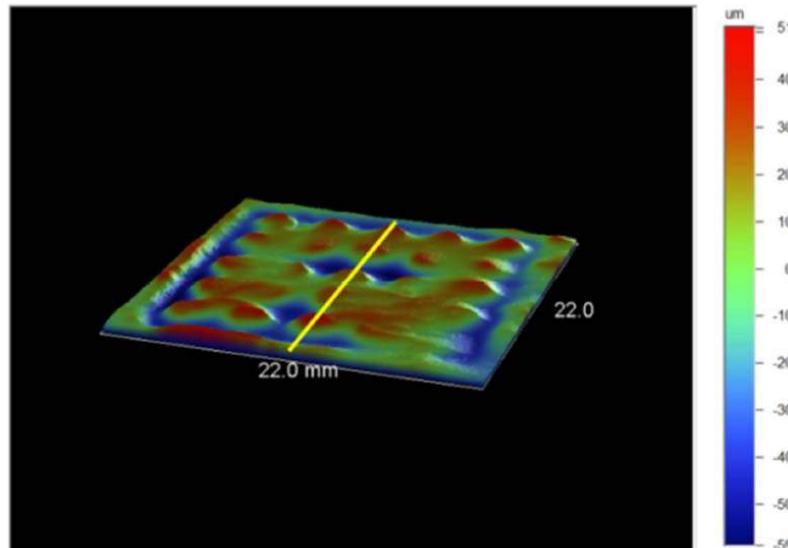
Schlussfolgerungen

- Erfolgreicher Aufbau eines Prototypen eines flexiblen Stempels
 - Aktuierung des Stempels auf Piezobasis funktioniert
 - Piezoaktuator, inkl. Elektroden, Nanostrukturen wurden hergestellt
 - Konzept des Aufbaus ist grundsätzlich geeignet
 - HV-Elektronik zur Stempelansteuerung wurde entwickelt und getestet



Ausblick

- Haftung der Kupferelektroden und Nanostrukturen im Stempelaufbau muss verbessert werden damit sich diese beim Trennschritt nicht lösen.
- Verbesserung der Planheit der gesamten Stempeloberfläche, damit auch die Bereiche zwischen den Säulen abgebildet werden.



- Erhöhung der Stellwege des Piezoaktuators um ausschließlich aktuierte Stempelsäulen beim Imprintprozess abzubilden. (Stackanordnung)

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit