

Integration von additiven 3D-Multimaterial-Elektronikfertigungstechnologien in Realisierungsabläufe

Lukas Hauck, Roy Knechtel

Hochschule Schmalkalden, Fakultät Elektrotechnik, Blechhammer 4-9, 98574 Schmalkalden

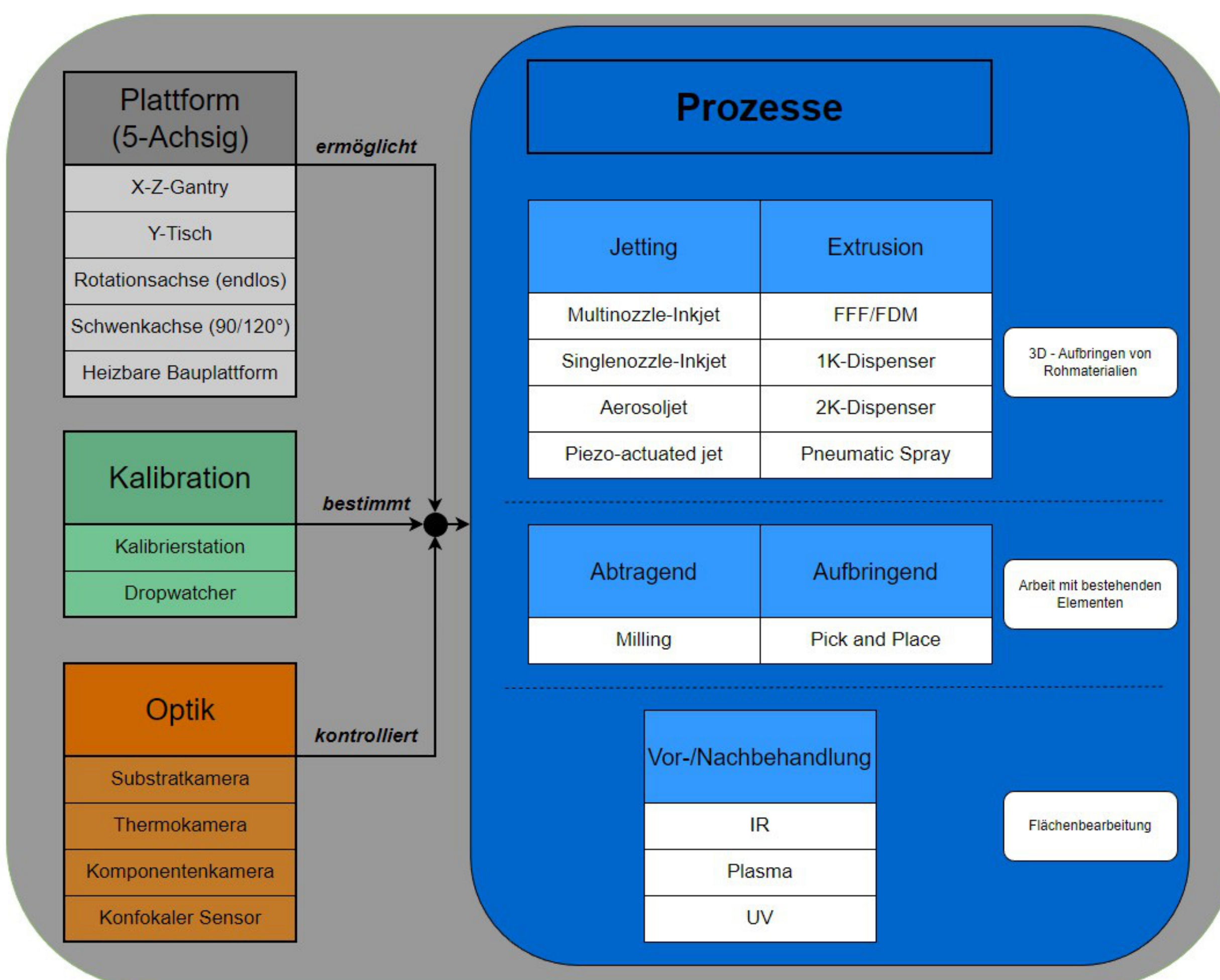
l.hauck@hs-sm.de

Einleitung

Insbesondere auf mechanischer Ebene sind additive Fertigungstechnologien, wie FDM (Fused-Deposition-Modelling) oder SLS (Selective-Laser-Sintering) oder ganz allgemein „3D-Druck“ seit etlichen Jahren eine bekanntes und verstandenes Fertigungsprinzip. Mittlerweile wird aber auch die additive Fertigung elektrisch funktionaler Materialien (Additively-Manufactured-Electronics - AME) zunehmend insbesondere für nicht-planare Elektronikkomponenten eingesetzt. Gründe hierfür sind die steigende Nachfrage nach platzoptimierten, kundenspezifischen oder flexiblen Schaltungskomponenten auf komplexen Substraten in spezialisierten Anwendungsbereichen. Die hohe Designflexibilität durch den Zugang zur dritten Dimension, die Möglichkeiten des kontaktlosen Materialauftrags sowie eine sehr große Auswahl an Druckmaterialien mit unterschiedlichsten elektrischen Eigenschaften machen AME in Verbindung mit den vielseitigen Aufbringungstechnologien sogar zu einer Notwendigkeit in vielen Projekten. AME kann aber noch weiter genutzt werden, wenn Materialkombinationen und Auftragstechnologien kombiniert werden. So können Freiformstrukturen mit genau angepassten Eigenschaften mit oder ohne vorgefertigte Substrate erzeugt werden. Die Hochschule Schmalkalden verfügt über eine Multitechnologie-AME-Plattform unter Reinraumbedingungen, mit der die Grenzen von Multitechnologieansätzen, volladditiver Elektronik und AME auf Waferebene gefunden und nach Möglichkeit überschritten werden sollen. Zusätzlich wird eine übergeordnete Systematik in Anlehnung an die bereits etablierten Strukturen der mikroelektronischen Fertigung erstellt (Design-Regeln), mit der Technologieanwendungen in einer solchen freien Entwicklungsumgebung dokumentiert und vereinheitlicht werden können.

Technologien

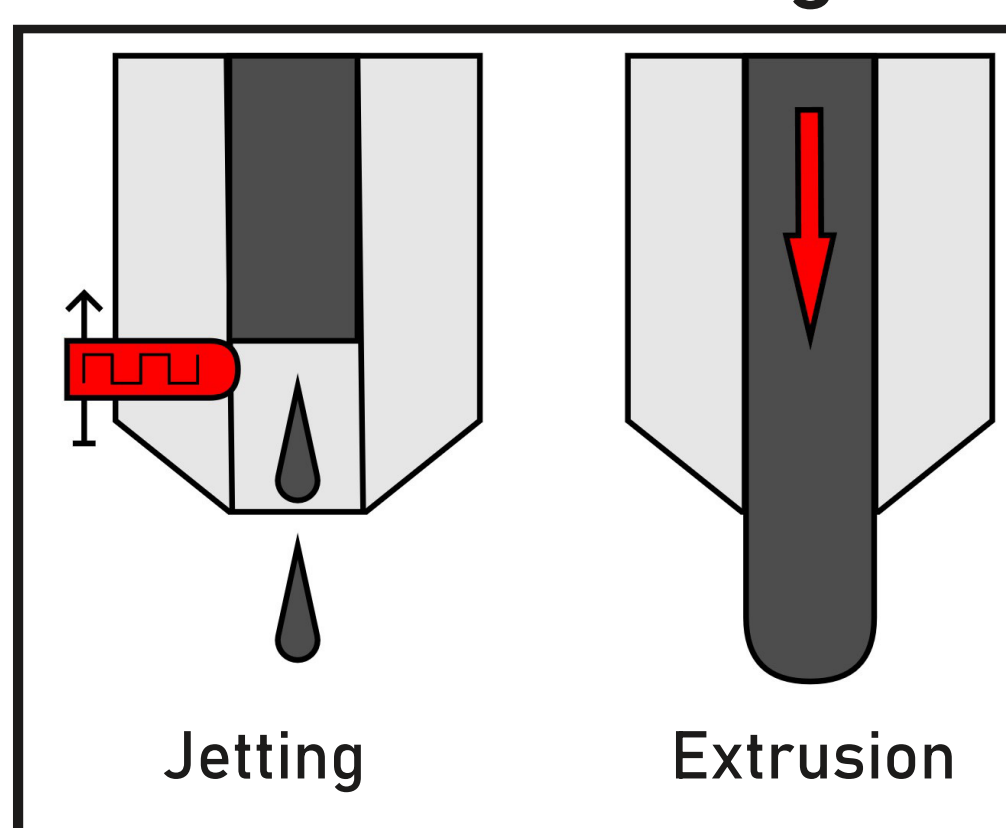
Die Plattform verfügt über eine Vielzahl von Druckköpfen und sonstigen Einheiten, die sowohl für sich als auch in Zusammenspiel miteinander agieren können. Grundsätzlich lassen sich die Druckmodule zu einer von fünf Verfahrenskategorien zuordnen. Jetting-Verfahren basieren auf der mechanischen Aktuation der zu druckenden Materialien, sodass sich ein Tropfen definiert ablöst und auf das Substrat aufgebracht wird. Jettingverfahren sind berührungslöse Druckverfahren und daher besonders für die Bearbeitung komplexer oder empfindlicher Substrate geeignet. Extrusionsverfahren bringen das Material mittels einer Fördermechanik auf das Substrat. Mit dieser Technologie können auch Mehrkomponentenmaterialien in einem Schritt gemischt und aufgetragen werden. Mit beiden Grundvarianten lassen sich durch die Wahl der richtigen Drucktechnologie Strukturen bis zu 20 µm Bahnbreite erzeugen. Soll mit bereits existierenden Zielen gearbeitet werden, besteht die Möglichkeit des Materialabtrags.



Materialien

Zumeist erfordern Drucktechnologien Materialien, die sich bei Raumtemperatur flüssig oder pastös verhalten. Die meisten Materialien im Bereich der additiven Elektronik bestehen grundlegend aus dem Trägermaterial, einem Bindemittel, um Adhäsion zwischen Material und Substrat zu gewährleisten, den eigentlichen funktionalen Komponenten sowie eventuellen Additiven, welche beispielsweise die Rheologie anpassen. Die gängigsten Funktionselemente im Elektronikdruck sind

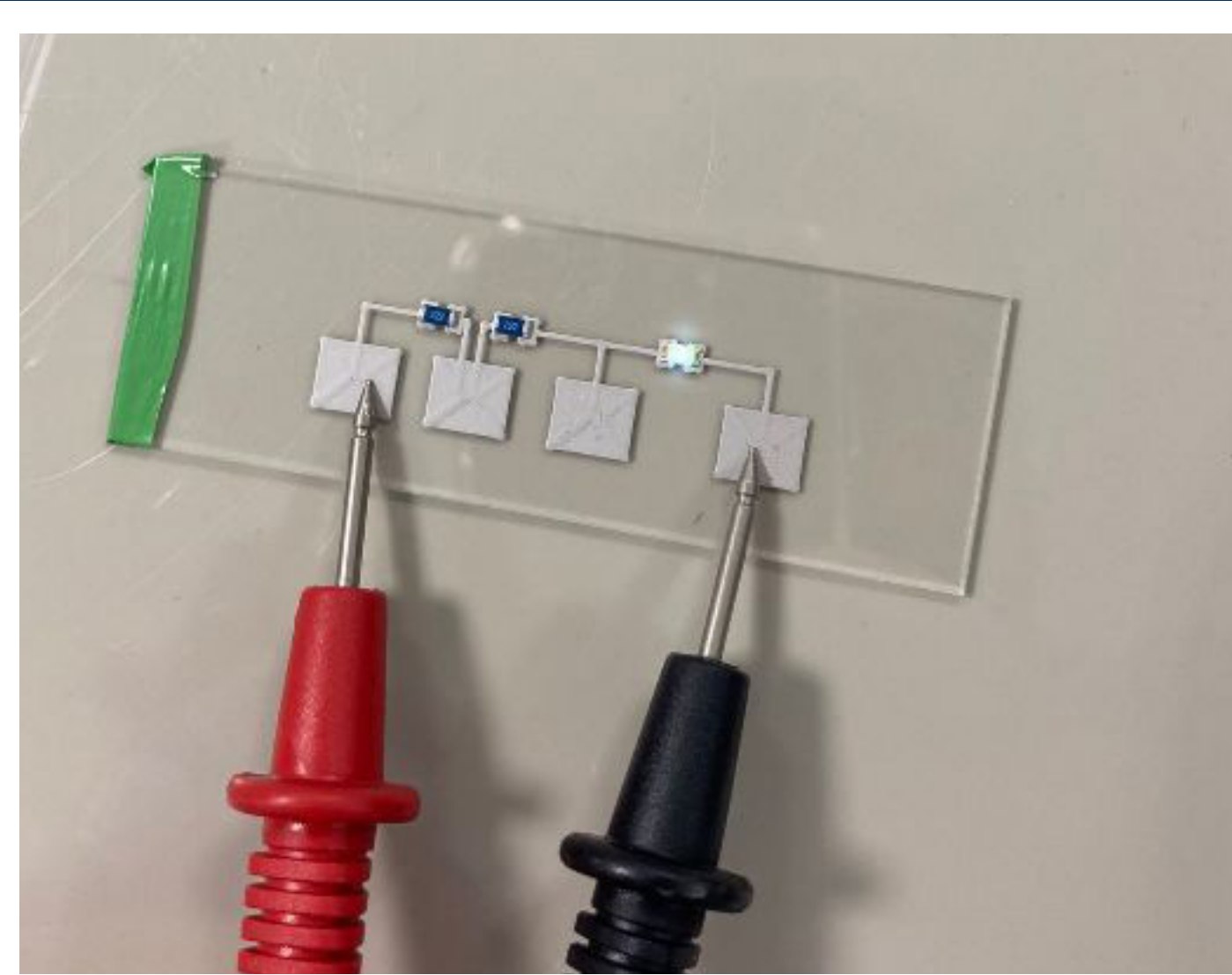
leitfähige Tinten und Pasten, die mit metallischen Nanopartikeln versetzt sind, und dielektrische Materialien zur Isolierung spannungsführender Elemente oder Signalübergänge. Darüber hinaus gibt es viele hochspezialisierte Materialien, die Eigenschaften von z. B. hochpermeablen Materialien oder Halbleitern aufweisen. Die meisten Materialien müssen thermisch oder chemisch nachbehandelt werden, um die gewünschten Eigenschaften zu erhalten. Diese Nachbehandlungsprozesse unterscheiden sich von Material zu Material.



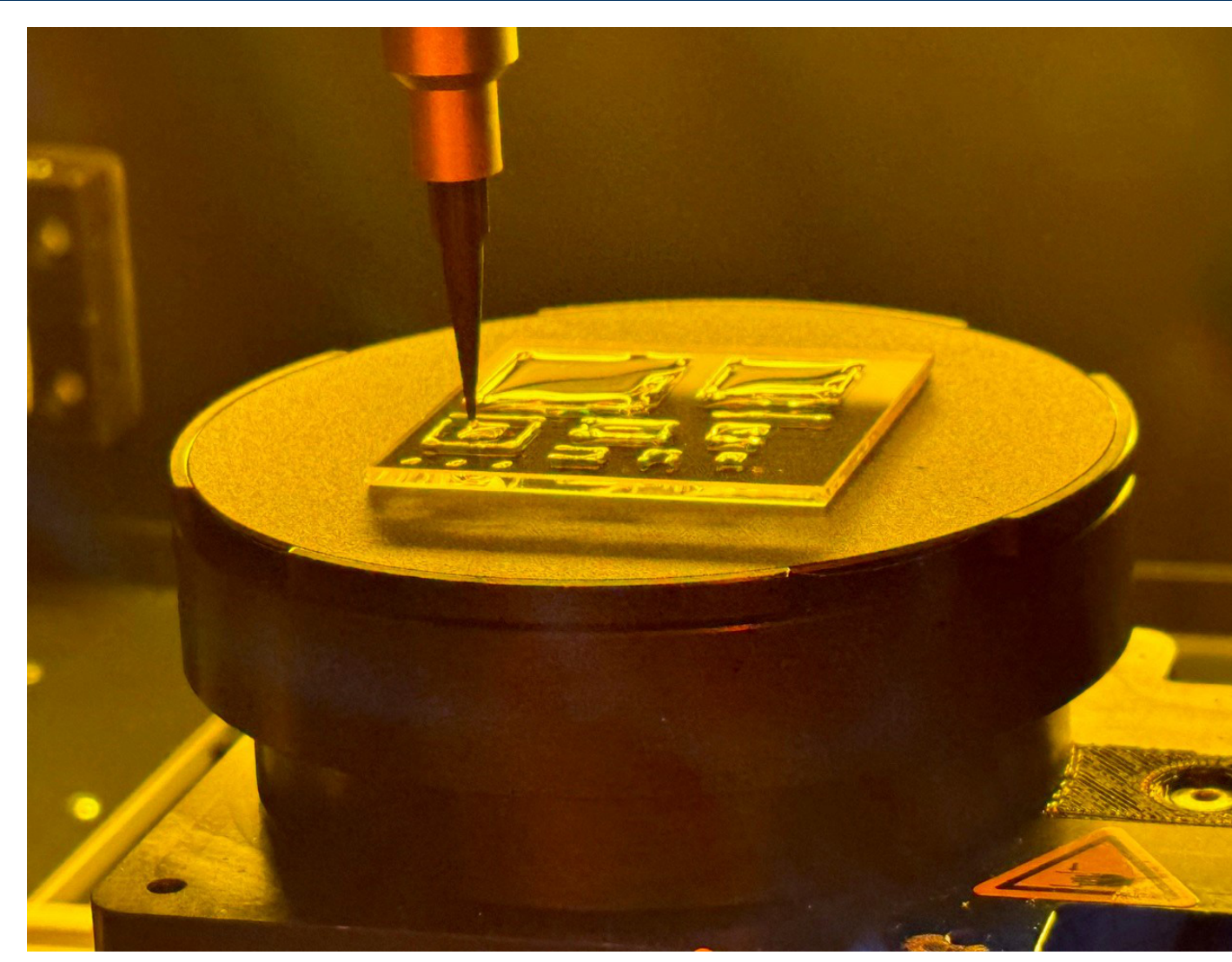
Beispiele



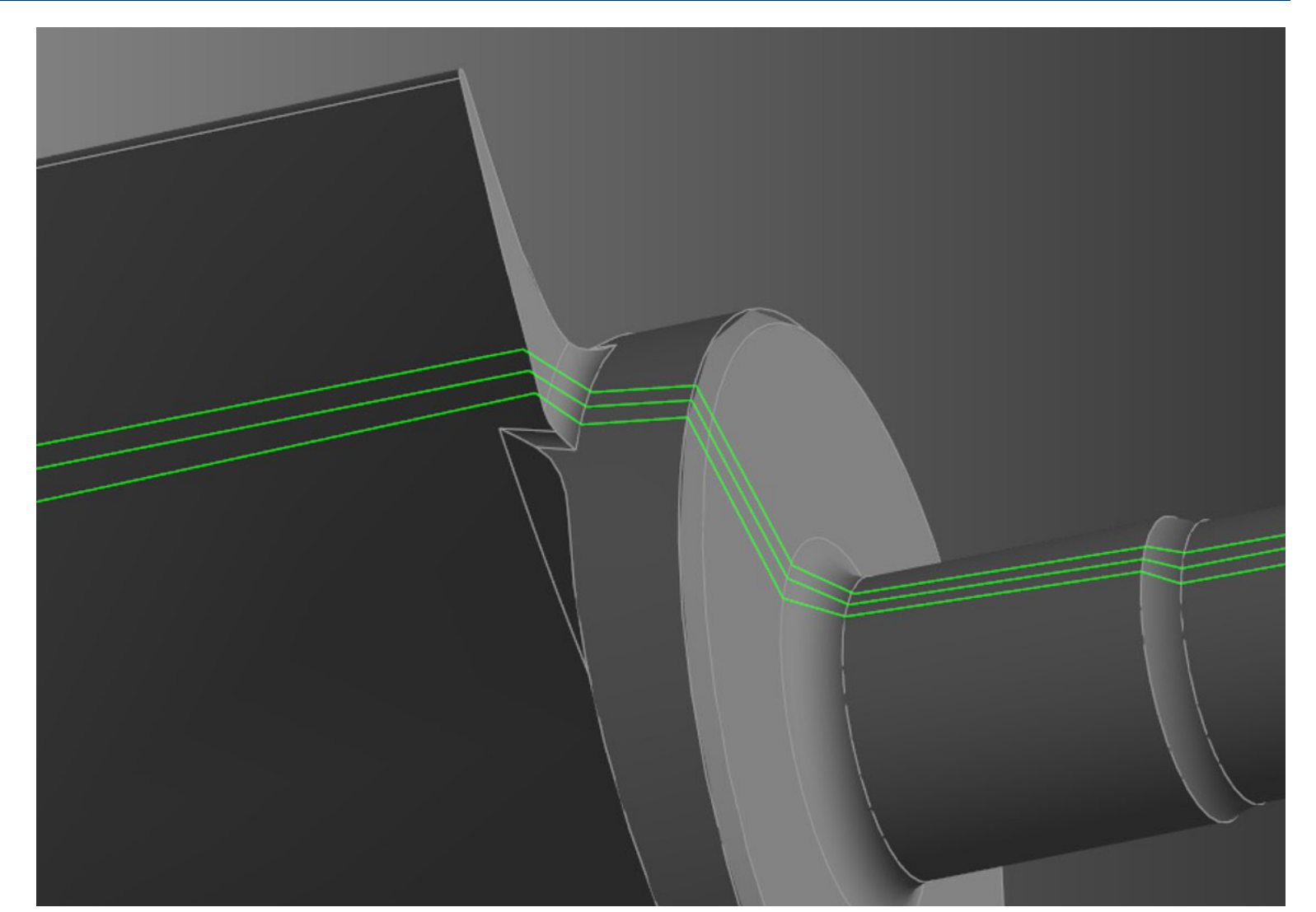
Glasrit auf Silizium-Wafer
[Piezojetting]



Nano-Ag auf Glas + SMD - Pick & Place
[Piezojetting]



UV - härtendes Polymer auf Glas
[Dispensing]



Programmausschnitt: Aufbringen koplanarer Bahnen auf komplexe Topographie
[Aerosoljetting]