

# Funktionales Drucken – ein ausgesprochener Wachstumsmarkt

Der Druck elektronischer und sensorischer Bauelemente erschliesst immer breitere Einsatzgebiete. Zum Einsatz kommen konventionelle Druckverfahren, die ein breites Spektrum an Fluiden homogen übertragen. Dabei steht die Gestaltung weitgehend automatisierter Druckprozesse für ihre wirtschaftliche Anwendung im Vordergrund. Und mit ihnen der Sprung in die Serienfertigung.

**Dieter Finna**

Die wachsende Anzahl an Druckzentren bzw. die Zusammenarbeit von Unternehmen und Instituten auf diesem Gebiet lässt unschwer erkennen, welche Bedeutung funktionales Drucken als innovative Produktionsmethode heute besitzt. Der Autozulieferer Continental AG hat seine Kompetenz im funktionalen Drucken in einem neu geschaffenen Zentrum in Freiburg im Breisgau konzentriert. Unweit davon befindet sich das Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE), das Silizium-Solarzellen bedruckt. Die in Heidelberg ansässige InnovationLab GmbH arbeitet mit industriellen Partnern wie der BASF SE, der SAP SE und der Heidelberger Druckmaschinen AG zusammen sowie mit Instituten der Universitäten Karlsruhe und Heidelberg. Als Gruppe bietet sie

massgeschneiderte Drucklösungen für die Entwicklung flexibler und hybrider elektronischer Systeme an. Und in der Schweiz betreibt die Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa) ein Coating Competence Center in Dübendorf. Dort wird unter anderem in projektgebundener Zusammenarbeit mit dem Paul Scherrer Institut und der EPFL Lausanne an gedruckter Elektronik geforscht. Neben Forschung & Entwicklung sowie Pilotproduktionen bieten die genannten Zentren oftmals auch die Begleitung zur industriellen Produktion der Produkte an.

## **Druckverfahren**

Was den Einsatz von Druckverfahren zur Herstellung von gedruckter Elektronik so attraktiv

macht, liegt in ihrer Fähigkeit, mikrostrukturierte Schichten in dünnen Lagen zu übertragen. Dabei ist die angewandte Drucktechnologie bei allen Anwendungen des funktionalen Druckens mitentscheidend für den Innovationsgrad der Lösungen. Durch die eingesetzten Druckverfahren werden die Produktionsmethoden einfacher, kostengünstiger sowie umweltfreundlicher gegenüber einer konventionellen Fertigung. Sie ermöglichen der Industrie, die benötigten Bauteile auf ökologisch vertretbare Weise herzustellen. Dass Siebdruck das am häufigsten eingesetzte Druckverfahren bei gedruckter Elektronik ist, liegt an seiner Fähigkeit, eine grosse Bandbreite an unterschiedlichen Viskositäten der Fluide zu verarbeiten. Und auch daran, entsprechend



Eingang und Reinraum des Coating Competence Center der Empa in Dübendorf. (Quelle: Empa)

hohe Schichtdicken bei akzeptablen Geschwindigkeiten zu übertragen. Zum Einsatz kommen sowohl der rotative Siebdruck als auch das Flachbettverfahren. Letzteres hat seine Stärken insbesondere bei grossformatigen Anwendungen.

Gründen gerne zu Testzwecken und für Prototypen eingesetzt. Seine Einsatzfähigkeit beim funktionalen Drucken ist durch die benötigten rheologischen Eigenschaften der Fluide jedoch eingeschränkt. Aufgrund der geforderten Eigenschaften des aktiven Teils

Die Massen-Druckverfahren Tief-, Offset- und Flexodruck zeichnen sich durch eine hohe Auflösung aus, bei der sehr feine Linienstrukturen von 20 µm und darunter gedruckt werden können. Jedes dieser Verfahren besitzt eine hohe Produktivität im Durchsatz. Beim Tiefdruck kommt hinzu, dass er sehr flexibel bei unterschiedlichen rheologischen Eigenschaften der Fluide einsetzbar ist und den Vorteil bietet, auf einer Druckform unterschiedliche Fluidvolumen übertragen zu können.

Der Flexodruck wiederum kann durch seine elastische Druckform auch inhomogene Substratoberflächen bedrucken. Jedoch ist die Farbübertragung des Verfahrens etwas geringer als im Tiefdruck. Und auch das Offsetdruckverfahren besitzt spezifische Vorteile. Dazu zählen die schnelle und kostengünstige Herstellung der Druckformen als auch der Einsatz für grössere Formate.

### Funktionales Drucken heisst drucken mit «ungewöhnlichen» Fluiden

Beim funktionalen Drucken geht es darum, elektronische Komponenten und Schaltungen additiv – Schicht auf Schicht – auf Papier, Folie oder organische Trägermaterialien zu drucken. Dazu werden Silbertinten oder organische Fluide mit elektrischen Eigenschaften übereinander gedruckt. Die Herausforderung in der Entwicklung der Fluide liegt oftmals darin, diese leitenden, halbleitenden und isolierenden Stoffe für die Verdruckbarkeit zunächst in gelöste Form zu bringen und nach dem Druckprozess wieder zu verfestigen, damit sie die gewünschten Eigenschaften haben.

Während der Entwicklungsarbeit der Komponenten und Schaltungen ist es darum von grossem Vorteil, wenn für Tests und Pilotproduktionen unterschiedliche Druckverfahren inline in einer Maschine zur Verfügung stehen, die dadurch auch miteinander kombinierbar sind. Ebenso vorteilhaft ist der direkte Zugriff



Siebdruck ist das mit Abstand am meisten eingesetzte Druckverfahren gedruckter Elektronik. (Quelle: nsm Norbert Schläfli AG)

Inkjet-Druck hingegen besitzt den Vorteil, dass es keine Druckform benötigt und darum sehr flexibel eingesetzt werden kann. Zudem überträgt das Verfahren die Fluide berührungslos, wodurch mit Inkjet sehr unterschiedliche Materialoberflächen bedruckt werden können. Inkjet-Druck wird aus diesen

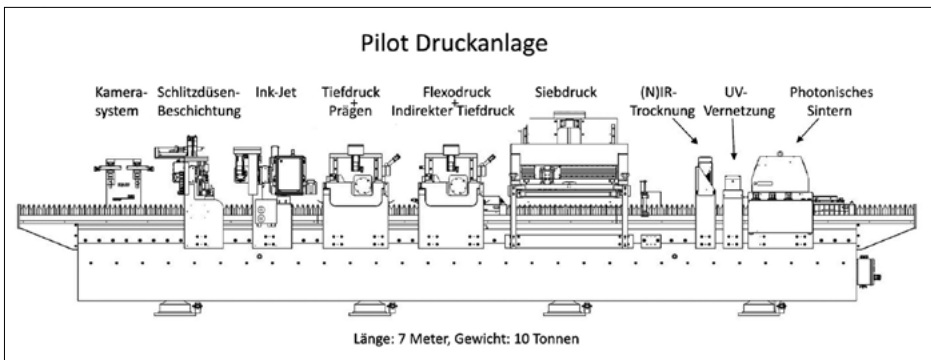
des Fluids ist die Zugabe weiterer Additive, zum Beispiel eine Anpassung thixotroper Eigenschaften, stark limitiert, da sonst die Endleistung des aktiven Teils wesentlich beeinträchtigt wäre. So lassen sich nur niedrigviskose, das heisst dünnflüssige, Fluide mit einer begrenzten Schichtdicke übertragen.



Flüssige bis pastöse Fluide für den Druck von Transistoren in drei Konsistenzen für Flexodruck, Siebdruck und Extrusionsdruck (v.l.). (Quelle: Advanced Materials / Empa)



Die modular aufgebaute Pilot-Druckanlage Challenger 650 für den Formatdruck, die mit verschiedenen Druckverfahren und Trockner-Technologien ausrüstbar ist. (Quelle: nsm Norbert Schläfli AG)



Aufbau der Pilot-Druckanlage im Zentrum für funktionales Drucken in Freiburg im Breisgau. (Quelle: Continental AG)

auf die darauf abgestimmten Trocknungstechnologien, um die Fluide auf den Trägermaterialien zu fixieren.

Die Continental AG hat sich aus diesem Grund für ihr Testzentrum in Freiburg eine modular aufgebaute Maschine von der Schweizer nsm Norbert Schläfli AG konfigurieren lassen, die mit den gängigen Druckverfahren sowie einer Schlitzdüsenbeschichtung und drei verschiedenen Trocknungssystemen ausgestattet ist. Sie ist auf die Substratgröße 300 × 300 mm ausgelegt und besitzt den Vorteil, dass das auf dem Vakuum-Substratschlitten fixierte Substrat vibrationsfrei und passgenau zu jeder Druck- bzw. Trockenstation transportiert wird. Wird beispielsweise für die erste Schicht ein UV-Fluid benötigt, kann es im Flexodruck übertragen und anschliessend in der UV-Trockeneinheit vernetzt werden. Wird danach noch eine dickere leitfähige Schicht benötigt, kann sie gleich darauf im Siebdruck aufgetragen und im Infrarottrockner getrocknet werden. Das heisst, der gesamte Produktionsprozess kommt vollkommen ohne manuelle Eingriffe aus und besitzt dadurch die grösstmögliche Präzision.

Auch bei den Trocknungsmöglichkeiten unterscheidet sich das Maschinensystem von konventionellen Drucksystemen. Es verfügt über eine (N)IR-Trocknung im Nahinfrarotbereich, die sich durch ihren Wellenlängenbereich von traditionellen Infrarotlampen unterscheidet. Und das System ist für photo-

nisches Sintern ausgerüstet, das heisst, eine Blitzlampe mit hoher Leistung verschmilzt mit gepulstem Licht das flüssig aufgetragene Material zu einem leitfähigen Metall auf dem



Die von der Heidelberger Druckmaschinen AG entwickelte und eingesetzte Drucktechnologie beruht auf dem Maschinentyp Gallus RCS. (Quelle: Heidelberger Druckmaschinen AG)

Träger. Auf ein ähnlich aufgebautes Maschinensystem für die Entwicklung gedruckter Elektronik trifft man auch im Coating Competence Center der Empa in Dübendorf.

Das InnovationLab GmbH in Heidelberg greift für seine Pilot- und Serienproduktionen auf modular aufgebaute Maschinensysteme zurück, die Rolle zu Rolle drucken. Ihre Technologie wurde von der Heidelberger Druckmaschinen AG entwickelt, wobei sie auf dem Maschinentyp Gallus RCS beruhen. In zwei Arbeitsbreiten von 330 und 430 mm können sie bis zu sieben Lagen drucken, und durch ihren modularen Aufbau erlauben sie den Einsatz aller Massen-Druckverfahren.

### Gedruckte Elektronik in der Anwendung

Bei gedruckter Elektronik handelt es sich um individuelle, anwendungsbezogene Lösungen. Für ihre Entwicklung sind zahlreiche Herausforderungen zu meistern, um die Vorteile nutzen zu können.

Organische Leuchtdioden, sogenannte OLEDs, sind derzeit die am stärksten vermarkteten organischen Elektronikbauteile. Sie basieren auf der Umwandlung von Elektrizität in Licht mithilfe einer organischen Materialschicht, die im Druck übertragen wird. Indem es gelang, auch biegsame Leuchtmodule auf Rollenmaterial herzustellen, konnten OLEDs als Display für geschwungene Fernseher und Monitore eingesetzt werden. Sie bestehen dort sowie auch in Smartphones, Tablets und E-Readern durch ihren hohen Kontrast und hohe Farbbrillanz bei gleichzeitig niedrigerem Energieverbrauch. Auch bei den Bedienoberflächen

von Fahrzeug-Innenräumen finden sie häufig Einsatz und haben bei aussergewöhnlichen Rücklichtkonzepten der Autohersteller Audi und BMW bereits für Aufsehen gesorgt.

Auch in der Fotovoltaik tragen Weiterentwicklungen gedruckter Elektronik zu effizienteren Produktionsmethoden bei. Am Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) gelang es, eine Alternative zur Metallisierung von anorganischen Solarzellen zu finden, die bis dahin im Flachbett-Siebdruck-Verfahren erfolgte. Das Institut setzte in mehrjähriger Forschungsarbeit die Herausforderung um, sehr schmale Linienstrukturen bei gleichzeitig hoher Schichtdicke im Flexodruckverfahren zu übertragen. Dafür wurde ein kontinuierlicher Druckprozess qualifiziert, mit dem eine deutliche Steigerung im Produktionsdurchsatz einherging.

Durch die Metallisierung in Flexodruck liess sich der Durchsatz an Solarzellen verdoppeln. Ein weiteres Anwendungsgebiet sind gedruckte Sensoren, die in ihrem Einsatz überaus vielfältig sind. Sie befinden sich beispielsweise in der Automobiltechnik unter Sitzbezügen, werden im Lebensmittelbereich zur Erfassung von Kühlketten eingesetzt oder bei unzähligen Anwendungen in Lagerlogistik und Medizintechnik. Über Sensoren lässt sich beispielsweise das Wundliegen pflegebedürftiger Patienten verhindern, indem grossflächige Sensormatten in Patientenbetten die Bewegungsdaten speichern. Erfolgt über einen gewissen Zeitraum keine Bewegung, wird dies entweder angezeigt oder es wird Alarm ausgelöst. Für diese Anwendung müssen grossflächig gedruckte Sensoren zur Verfügung stehen, die feuchtigkeitsresistent und mechanisch belastbar sind.

**Gedruckte Elektronik ist flexibel und wächst**

Die Beispiele lassen erahnen, dass gedruckte Elektronik eine immer grössere Bandbreite an



Displays aus organischen LED (OLED), die auf vielfältige Weise in Bedienoberflächen Anwendung finden. (Quelle: Pixabay)

Anwendungsgebieten erschliesst. Gedruckt wird überwiegend auf äusserst dünne, flexible und völlig transparente Materialien. Ein aktueller Report des Branchenverbands für organische gedruckte Elektronik gibt an, dass der Weltmarkt derzeit eine Grösse von 35 Mrd. USD erreicht hat und in den nächsten Jahren deutlich weiterwachsen wird. Besonders hoch ist die Nachfrage gedruckter Lösungen im Automobilbereich bei Displays, bei Batterie-, Sensor-, Heiz- und Lichttechnik, aber auch im Gebäudesektor beim Einsatz von Fotovoltaik.

Zudem werden in der medizinischen Diagnostik, der Umweltanalytik und der Lebensmittelkontrolle zunehmend gedruckte opto-chemische Sensoren benötigt.

Um den steigenden Bedarf zu decken, muss auch das Kapazitätsangebot im funktionalen Druck mit dieser Entwicklung Schritt halten. Dazu werden Druckkapazitäten benötigt, die die Anforderungen an Formatgrösse, Druckverfahren und an Trocknungseigenschaften abdecken. Das bietet Chancen für Verarbeiter, die sich in dieses spezielle Anwendungsgebiet wagen. ●



Metallisierung von Silizium-Solarzellen im Flachbett-Siebdruck (links) gegenüber dem Auftrag im Flexodruck (rechts). (Quelle: Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE))