



Der Demonstrator „Naviblende-Touch“ wurde im Verbundprojekt „Printed Electronics“ entwickelt. Aufgrund des starken Interesses an zu neuen Bedienkonzepten wird das Projekt in einer zweiten Runde fortgesetzt (© KI Lüdenschied)

## Schnittstellen zwischen Mensch und Maschine

### *Moderne Fertigungstechniken für smarte und dekorative Oberflächen*

Touch-Bedienung durch integrierte und gedruckte Elektronik sowie haptische Feedback-Funktionen sind genauso wie lackierte Oberflächen mit Selbstheilungseffekt eine Herausforderung für die Kunststofftechnik. Sie könnten zu immensen Fortschritten bei der Auslegung und Produktion von Kunststoffbauteilen führen. In Kombination wären die drei Techniken eine unschlagbare Lösung für Mensch-Maschine-Schnittstellen.

**B**ereits seit Jahrzehnten existieren kommerzielle Produkte für Folientastaturen. Diese bestehen aus gedruckten, elektrisch leitfähigen Strukturen auf Kunststofffolien in Kombination mit mechanischen Tasten als Eingabelementen. Grundsätzlich ist jedoch auf Folienbasis noch viel mehr denkbar. Dies resultiert u. a. aus der steten Weiterentwicklung der Drucktechniken, ausgehend vom dekorativen bis zum funktionalen Druck.

Nicht nur die Applikation von elektrisch leitfähigen Strukturen spielt eine Rolle, längst gehen die Entwicklungen darüber hinaus. So ist der Transfer von Surface Mounting Technologies (SMT), aus dem Bereich der konventionellen Leiterplattenbestückung, auf dünne sowie flexible Substrate eine naheliegende Möglichkeit und eröffnet neue Wege zur Herstellung hybrider Systeme. Kleine elektronische Bauteile, wie Widerstände, LEDs

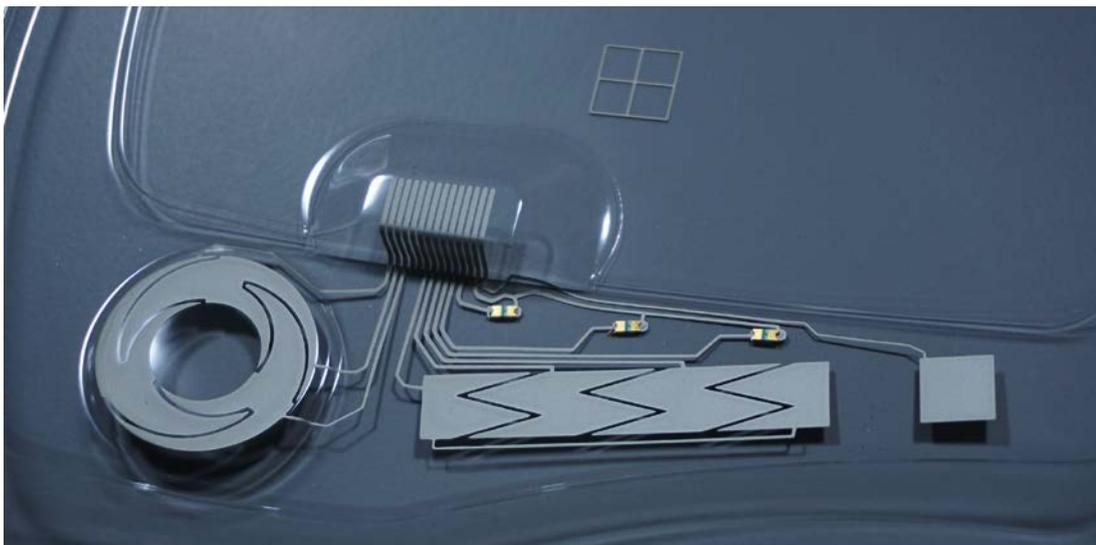
oder Steckverbinder, werden dabei automatisch auf Folien bestückt und mit Lot oder leitfähigem Kleber fixiert. Auch die auf diese Weise erzeugten flexiblen Leiterplatten erfreuen sich bereits seit vielen Jahren großer Beliebtheit. Sie ermöglichen einen ersten Schritt zur Fertigung von Produkten mit höherer Integrationsdichte und größerer Designfreiheit. Letztlich bieten sie eine vergleichsweise kostengünstige Lösung für die Umsetzung der Produkthanforderungen.

### Materialschlüssige Kombination zwischen Elektronik und Kunststoff

Wesentlich weniger etabliert ist die direkte Integration gedruckter Elektronik in dekorative Kunststoffformteile. Es existieren zahlreiche Anwendungen, in denen eine funktionalisierte Folie, in Form einer Folientastatur, einer flexiblen Leiterplatte oder einer kapazitiven Touch-Sensorfläche, nachträglich mit einem Kunststoffbauteil verbunden wird. Eine materialschlüssige Kombination eines hybriden Systems mit dem Kunststoff über den Spritzgießprozess ist derzeit jedoch noch nicht auf dem europäischen Markt zu finden. Spezialisierte Unternehmen haben in der Vergangenheit bereits erste Funktionsmuster vorgestellt, bei denen bedruckte und bestückte Folien (leicht) verformt und mit

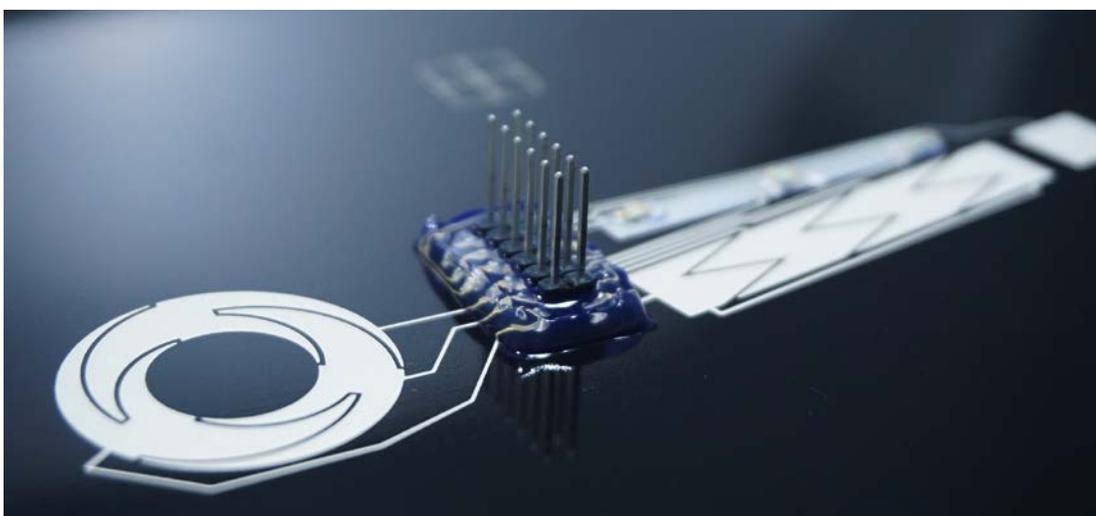
Kunststoff überspritzt worden sind. In der Regel handelt es sich dabei um Sandwichaufbauten. Bei diesen wird das Kunststoffmaterial zwischen eine Dekorfolie, die die spätere Bauteiloberfläche bildet, und eine Funktionsfolie gespritzt.

Dieses Verfahren ist grundsätzlich sehr elegant, da einige Nachteile von vornherein umgangen werden, die im späteren Produkt in der Regel negativ ins Auge fallen. Zum einen kann die Oberfläche eines Bauteils (Dekorseite) relativ starke Konturen aufweisen, während die Rückseite (Funktionsseite) weitgehend planar bleiben kann. Zum anderen bilden sich Unregelmäßigkeiten, die durch den Einsatz von bestückten Bauteilen oder Haft- und Vergussmaterialien auf der Folie entstehen können, sowie auch die Strukturen gedruckter Leiterbahnen nicht auf der Front ab. Einer der größten Vorteile besteht im prozessbedingt leicht zu schaffenden Zugang zur Elektronik im Bauteil. Die Herausforderung ergibt sich üblicherweise daraus, dass ein verlässlicher Materialübergang geschaffen und im Spritzgießprozess sauber gehandhabt werden muss. Die entstehende Kontaktierungslösung muss zudem beständig und robust sein. Das altbekannte Anschlussfähnchen kann in diesem Zusammenhang, insbesondere im Hinblick auf die Anforderungen im Automobilbereich, noch nicht die endgültige Lösung sein (Bild 1). Es ist mechanisch nicht stabil, insbesondere nach »



**Bild 1.** Bisher werden Folien mit aufgedruckter Elektronik verformt und hinterspritzt. Die dabei verwendeten Anschlussfähnchen sind aber mechanisch nicht besonders belastbar

(© KI Lüdenscheid)



**Bild 2.** Im Siebdruck dekorativ und funktional bedruckte Folie mit aufgeklebtem Stecker vor der Verformung im Werkzeug

(© KI Lüdenscheid)

**Bild 3.** In einer Hochdruckanlage verformtes, hybrides System aus metallischem Stecker und bedruckter Kunststoffolie. Dabei müssen die unterschiedlichen Materialien den Belastungen präzise und reproduzierbar standhalten (© KI Lüdenscheid)



mehrfachem Knicken. Außerdem beschädigen Ein- und Ausbau die in dem Bereich verstreckten Leiterbahnen schnell und auch bei Klimawechseltests entstehen Schwachstellen. Das Kunststoff-Institut Lüdenscheid legt, passend zur immer stärker werdenden Nachfrage hinsichtlich moderner Touch-Bedienkonzepte, in seinem Verbundprojekt „Printed Electronics 2“ von Juni 2017 bis Mai 2019 die Schwerpunkte auf dieses Thema. Produzierende Unternehmen und Zulieferer sollen durch die Entwicklung geeigneter Prozesse das Rüstzeug erhalten, eigene Produkte zu entwerfen und zu verbessern.

Im Rahmen des Projekts werden mittels Siebdruck Folien dekorativ und funktional bedruckt. Anschließend werden LEDs und ein Steckverbinder aufgeklebt (**Bild 2**). Weitere Hilfsmaterialien stabilisieren und schützen die Bauteile. Anschließend wird das komplette hybride System in einer Hochdruckanlage verformt (**Bild 3**). Insbesondere an diesem Punkt der Prozesskette sind die Auswahl und das präzise Zusammenspiel der unterschiedlichen Materialien von größter Bedeutung, um die extreme Belastung reproduzierbar und defektfrei zu überstehen. Im Folgenden wird die verformte Folie zugeschnitten und kann danach ins Spritzgießwerkzeug eingelegt werden. Der nächste Prozessschritt, das Folienhinterspritzen (FIM, Film Insert Molding), bettet die gedruckte Elektronik und die bestückten Ele-

mente in das Kunststoffmaterial des resultierenden Spritzgießbauteils ein.

Das Formteil enthält letztlich unmittelbar unter der Oberfläche mehrere kapazitive Touch-Flächen sowie die LEDs, die eine Rückmeldung zur Bedienung der Funktionen ausgeben. Der materialschlüssig eingebundene und rückseitig austretende Stecker ermöglicht die unkomplizierte, stabile und medienresistente Anbindung an eine Steuerungselektronik.

Die Systemlösung kann auf ihre Eignung in einer späteren Anwendung in den prüftechnischen Laboren des Instituts direkt nach bestehenden Standards geprüft werden. Touch-Funktionen in Kunststoffoberflächen sollen auf diese Art und Weise vereinfacht und verbessert implementierbar sein. Auf dieser flexibel zu gestaltenden Basis können weitere Bedienkonzepte, etwa die Einbindung von Systemlösungen für ein haptisches Feedback, weiterentwickelt werden.

### *Haptisches Feedback in Kunststoffbauteile integrieren*

Berührungsempfindliche Bedienflächen sind inzwischen etwas, was der Endverbraucher in einem Produkt als attraktiv empfindet und erwartet. Ausgehend von den rasanten Entwicklungen im Bereich der Smartphones, Touchpads und touch-bedienbaren Displays im Allgemeinen, verbreitet sich das Konzept bereits seit einigen Jahren auch im automobilen Interieur oder im Haushaltsgerätesegment.

Besonders bei komplexeren Bedienstrukturen und für die Fälle, in denen eine visuelle oder eine akustische Rückmeldung an ihre Grenzen geraten, etwa während einer Autofahrt, wird eine fühlbare Bestätigung benötigt. Der Sicherheitsaspekt, der oftmals eng mit dem Komfortgefühl des Benutzers verbunden ist, ist ein wichtiges Argument für die Kaufentscheidung.

Nun gilt es, basierend auf flächigen Touch-Bedienelementen, Systeme zu entwickeln, die dem Anwender ein realistisches, eindeutiges Signal zur Bestätigung einer Funktion übermitteln. Hierzu lassen sich aus dem Bereich der Unterhaltungselektronik erste Konzepte ableiten. Um aktives haptisches Feed-

## Der Autor

**Dipl.-Ing. Dominik Malecha** ist Bereichsleiter Oberflächentechnik Formteile beim Kunststoff-Institut Lüdenscheid; malecha@kunststoff-institut.de

## Service

### Digitalversion

» Ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/6630563](http://www.kunststoffe.de/6630563)



**Bild 4.** Beim Lackieren bzw. Überfluten im Werkzeug (Clearmelt) sind mittlerweile direkt neben hochglänzenden Oberflächen auch matte Oberflächen mit scharfer Abgrenzung möglich (© Hennecke)

back zu erzeugen, existieren zahlreiche Aktuatoren wie z.B. Unwuchtmotoren, Schwingspulen oder Hubmagnete. Darüber hinaus stehen derzeit Piezo- und Polymeraktuatoren im Fokus, die zahlreiche Vorteile gegenüber den gängigen Schwingungserzeugern zu bieten haben. Diese Aktuatoren sind in breiten Frequenzbereichen zu betreiben und können auch akustische Signale erzeugen. Darüber hinaus sind piezoelektrische Keramiken oder Polymere sowohl als Aktuatoren wie auch als Sensoren einsetzbar. Der große Nachteil ist momentan jedoch, dass die Materialien mit sehr hohen Spannungen teilweise zwischen 1–2 kV, abhängig von der Schichtdicke des Materials, betrieben werden müssen.

Das Kunststoff-Institut hat zu diesem Thema bereits eine sechsmonatige Studie durchgeführt, um die existierenden Möglichkeiten zu vergleichen, Anbieter zu finden und Lösungen zu diskutieren. Nun soll in einem zweijährigen Verbundprojekt gemeinsam mit beteiligten Unternehmen ermittelt werden, wie sich unterschiedliche Aktuator-technologien mit der Herstellung von Kunststoffbauteilen zu einem funktionalen Produkt vereinen lassen.

### Lackieren im Spritzgießwerkzeug

Neben der Funktionalisierung von Kunststoffformteilen steht abschließend der dekorative Aspekt im Vordergrund. Über die Möglichkeit hinaus, eventuelle technisch bedingte Artefakte gedruckter Elektronik zu kaschieren, bietet das Lackieren im Werkzeug (LiW) noch viel mehr.

Für das Lackieren bzw. Überfluten der Bauteile wird zunächst ein Kunststoffbauteil konventionell spritzgegossen hergestellt, wobei auch das Hinterspritzen funktionalisierter oder dekorativer Folien zur Anwendung kommen kann (Bild 4). Danach wird dieses Bauteil in eine zweite, erweiterte Kavität umgesetzt, die die Beschichtungsdicke und Oberflächenstruktur

vorgibt. Zum Einsatz kommen Polyurethan (PUR)- und Polyurea (PUA)-Systeme, deren Eigenschaften sich auf vielfältige Weise einstellen lassen. Die Lacke können weiche oder harte Oberflächen aufweisen, hinsichtlich der Kratz- oder Chemikalienbeständigkeit modifiziert und mit Selbstheilungseffekten ausgestattet werden. Insbesondere die exakte Abformung der Oberfläche ermöglicht neue Designs, die mit klassischer Lackiertechnik oder anderen Verfahren so nicht, oder nur mit sehr hohem Aufwand, herstellbar sind. Mit dem LiW ist es nun möglich, matte Oberflächen in scharfer Abgrenzung zu hochglänzenden Oberflächen zu positionieren, erhabene oder vertiefte Schriftzüge, Symbole oder Logos bis hin zu vollflächigen Strukturen und partiellen Lackierungen zu realisieren.

Im Zuge der Umsetzung dieser Technologie sind umfangreiche Kenntnisse zu den Möglichkeiten und Herausforderungen für den potenziellen Anwender vonnöten. Innerhalb des neuen Verbundprojekts „Oberflächenbehandlung von Kunststoffformteilen“ werden bereits seit vier Jahren praktische Untersuchungen zu Materialkombinationen, Verarbeitungsparametern, Strukturabformung oder Werkzeugbeschichtungen mit antiadhäsiven Eigenschaften durchgeführt. In der nächsten Projektperiode wird u. a. das Fluten eines 3D-Formteils im Fokus stehen, wobei Durchbrüche, unterschiedliche Kantenradien und Kreuzdome Untersuchungsmöglichkeiten zur Entformung, zum Fließverhalten und zur Abbildung der Oberflächenqualität in kritischen Bereichen bieten. ■