

# Hochwertige Tastaturoberfläche durch Polyurethanüberflutung

Heutige Eingabe- und Anzeigegeräte bestehen in der Regel aus einer hochwertigen Blende mit darin enthaltenen Aussparungen für die Integration von Bedien- und Visualisierungselementen, wie z. B. Tasten oder LCD-Bildschirme. Als Folge dieser Bauweise entstehen schmutzanfällige Spalte sowie komplexe Materialübergänge, welche die Funktionalität gefährden und die Designfreiheit einschränken. Ziel dieser neuen, von der Fa. Abatek International AG konzipierten Eingabeoberfläche Polyform 3D ist es, eine geschlossene, dreidimensional geformte Blende mit integrierten Bedien- und Anzeigeelementen und einer hochwertig anmutenden Polyurethan (PU)-Oberfläche herzustellen. Dabei haben die Bedienelemente/Tasten ein taktiles Feedback, welches für die Bediensicherheit insbesondere im Automobil und in der Medizintechnik von zentraler Bedeutung ist. Im Rahmen eines von der Kommission für Technologie und Innovation (KTI) geförderten Projektes werden Auslegungsrichtlinien für derartige Eingabeoberflächen und Prozesswissen für die gesamte mehrstufige Fertigungskette erarbeitet. Die hergestellten Demobauteile werden entsprechend den Prüfvorschriften für Serienbauteile getestet und freigegeben.

## 1. Einsatzgebiete der Eingabeoberfläche und abgeleitete Anforderungen

In der Automobilbranche und in anderen Bereichen, wie z. B. der Produktion von Haushaltsgeräten, steigen die Anforderungen an das Erscheinungsbild der Produkte stetig. Neben den mechanischen Eigenschaften

spielen das Design, sprich die Formgebung sowie die Oberflächen, eine immer zentrale Rolle. Dank ihrer in einem weiten Bereich variablen Eigenschaften und der sehr niedrigen Viskosität eignen sich Polyurethansysteme besonders zur Oberflächenveredelung. Neben dem Einsatz in Form von Lacken zur Besprühung von Oberflächen etablierte sich in letzter Zeit immer mehr das sogenannte Clear Reaction Injection Moulding. Bei diesem Verfahren wird ein thermoplastisches Trägerbauteil in einem Werkzeug mit einer dünnen PU-Schicht überflutet. Auf diese Weise können Bauteile mit Soft-touch-Effekten und hoher Kratzfestigkeit oder hochwertige Lederoptiken gefertigt werden [1–4].

Im Rahmen eines öffentlich geförderten Projektes entwickeln die Unternehmen Abatek International AG, Zürich, und Isotherm AG, Uetendorf, zusammen mit dem Institut für Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung (IWK), Rapperswil, eine einzigartige Eingabetechnologie namens „Polyform 3D“ und setzen diese in einem Prototypen um (Abb. 1).

Anstelle der Verwendung vieler einzelner Tasten ist das Ziel dieser Technologie, eine geschlossene, dreidimensional geformte Blende mit integrierten Bedien- und Anzeigeelementen herzustellen. Hierdurch werden die Anzahl der Bauteile und somit die dadurch entstehenden Kosten bzw. Investitionen reduziert. Durch das Überfluten mit Polyurethan wird weiterhin eine hochwertige Oberfläche erzielt. Beim Polyurethan handelt es sich um einen duroplastischen Kunststoff, der im Vergleich zu Thermoplasten eine um den Faktor 1 000 niedrigere Viskosität besitzt. Dies ermöglicht zum einen die Realisierung sehr geringer Oberflächenschichten und zum anderen die Abformung feinsten Strukturen, wodurch die Designfreiheit erheblich gesteigert wird. Weiterhin können die Werkstoffeigenschaften in einem weiten Bereich variiert werden, um die Transparenz, den Glanzgrad und die Haptik der Oberfläche einzustellen.

Die Einsatzgebiete solcher Eingabeoberflächen sind sehr vielseitig, wie z. B. als

- Mittelkonsole von Autos mit integrierten Tasten und Displays,

\* Prof. Dr. Frank Ehrig  
frank.ehrig@hsr.ch

Institutsleiter

Daniel Marty,

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Institut für Werkstofftechnik und Kunststoffverarbeitung (IWK), Hochschule für Technik Rapperswil, Rapperswil, Schweiz

Christoph Keist,

Director of R&D

Abatek International AG, Bassersdorf (Zürich), Schweiz

Veröffentlichung mit freundlicher Genehmigung von VDI Verlag GmbH, Düsseldorf

Vortrag, Spritzgießen 2013, 5.–6. Februar 2013, Baden-Baden, VDI-Fachbereich Kunststofftechnik

Abb. 1: Praxisnaher Prototyp für die Eingabeoberfläche Polyform 3D



- Lenkrad, Türblende oder Autoschlüssel mit integrierten Tasten,
- Bedienelemente für Medizingeräte,
- Bedienelemente für Haushaltsgeräte, wie Kaffeemaschinen, Geschirrspüler, Kochherd, usw.,
- Computer-Maus,
- Spielkonsolen,
- etc.

Mit Hilfe des praxisnahen Prototyps soll die technische und wirtschaftliche Realisierung der Technologie nachgewiesen werden. Es wird das Know-how für die Bauteil- und die Werkzeugauslegung sowie die Prozessführung erarbeitet. Als Grundlage dienen Pflichtenhefte mit den Anforderungen an Eingabeoberflächen von den Branchen der Automobil-, Medizin- und Elektroindustrie.

## 2. Technologieentwicklung Polyform 3D

Die Herstellung der Eingabeoberfläche Polyform 3D mit einer PU-Oberfläche gliedert sich in mehrere Prozessschritte (**Abb. 2**):

- Herstellung einer bedruckten flexiblen TPU-Folie,
  - Hinterspritzen der TPU-Folie mit Kunststoff,
  - Überfluten des Spritzgießteils mit Polyurethan.
- A) Die TPU-Folie ermöglicht eine geschlossene Oberfläche der Eingabeeinheit ohne Spalten, die leicht verschmutzen würden. Auch ein Display kann jederzeit spaltenfrei

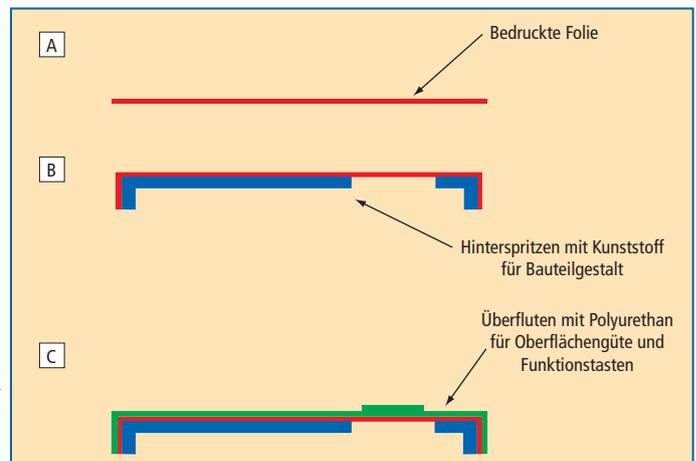
integriert werden. Darüber hinaus lassen sich die Symbole, Muster oder Bilder aufdrucken. Insgesamt wird eine hochwertige und aufgeräumte Anmutung erzielt. Als Herausforderung für die TPU-Folie sind eine gute Haftung der Bedruckung sowie eine gute Haftung zum Kunststoff anzusehen. Weiterhin sollte die Folie möglichst elastisch sein, um dreidimensionale Verformungen zu ermöglichen.

- B) Das Hinterspritzen der TPU-Folie ermöglicht die Integration der Bedien- und Anzeigeelemente in das Spritzgießbauteil. In den Bereichen in denen Tasten und Displays integriert werden sollen, wird eine Aussparungen hinter der TPU-Folie gelassen. In diesen Bereichen werden die Tasten mit taktilem Feedback sowie mögliche Displays eingebaut. Das Verwenden von resistiven oder kapazitiven Touchdisplays ist ebenfalls möglich. Als Herausforderung des Hinterspritzens sind das vollautomatische Handling der

bedruckten Folien sowie die passgenaue Positionierung derselben im Werkzeug anzusehen. Bei gewölbten Oberflächen spielt die Gefahr der Faltenbildung eine Rolle, die durch die Geometrie oder bei komplexen Strukturen durch unterschiedliche Werkzeugtemperaturen hervorgerufen werden kann. Nicht zuletzt muss das hinterspritzte Formteil automatisiert entformt werden können.

- C) Durch das Überfluten mit Polyurethan wird die Oberfläche des Bauteils definiert. Das Polyurethan muss daher entsprechend den Anforderungen emissionsfrei, geruchsneutral, medien-, abrieb-, UV-beständig, etc. sein. Dieser Arbeitsschritt ermöglicht die Gestaltung von Tasten und Zierelementen in fast beliebiger Form, mit einer definierten eingestellten Haptik. Durch die Werkzeugoberfläche können Oberflächenstrukturen (matt/glänzend) oder optische Effekte (Tiefenwirkung, Hologramme) realisiert werden. Heraus-

**Abb. 2:** Fertigungskette zur Herstellung der Eingabeoberflächen (schematisch)



**Abb. 3:** Designskizze (links) und technische Umsetzung mit Polyform 3D-Technik (rechts)



forderungen für das PU-Überfluten sind die Vermeidung von Lufteinschlüssen sowie eine prozesssichere Abdichtung des Werkzeugs. Auf der Werkstoffseite gilt es, das umfangreiche Anforderungsprofil und auch die gewünschte Haptik im Einsatzklima zu erfüllen.

Für die Realisierung solcher hochwertiger Eingabeoberflächen sind Kompetenzen entlang der gesamten Wertschöpfungskette räumlich konzentriert notwendig. Abatek International AG besitzt umfangreiche Marktkenntnisse (Bedürfnisse der Kunden) und große Erfahrung in der Entwicklung, Herstellung und Vertrieb von Eingabeoberflächen. Dies umfasst die Tastenhaptik, das Hinterleuchten, das Lasern von Symbolen, die Herstellung von bedruckten flexiblen Folien. Die Isotherm AG besitzt als Anlagenhersteller großes Know-how in der PU-Verarbeitung. Dies gilt für die Verarbeitung unterschiedlicher Polyurethanmaterialien diverser Hersteller. Insbesondere für die Verarbeitung transparenter PU-Werkstoffe besitzt die Anlagentechnik von Isotherm aufgrund ihrer Vakuumtechnik Vorteile zur Herstellung blasenfreier Oberflächen. Das IWK arbeitet in der angewandten Forschung und Entwicklung in den Fachbereichen Spritzgießen, Leichtbau/Faser-verbundtechnik und Compoundierung/Extrusion. Im Fachbereich Spritzgießen besitzt das IWK große Erfahrung sowohl im Standardspritzgießprozess als auch bei Sonderverfahren, wie z. B. dem Hinterspritzen von dekorativen Materialien aus Kunststoff,

Metall oder Holz. Dies umfasst die gesamte Wertschöpfungskette von der Produktentwicklung der Kunststoffteile, über das Auslegen von Spritzgießwerkzeugen bis zur Herstellung von Nullserien auf modernen Spritzgießmaschinen. Weiterhin besitzt das IWK ein sehr gutes Netzwerk zu Spritzgießverarbeitern sowie Werkzeugmachern, was im Projekt wie auch für die spätere Serienumsetzung von großer Bedeutung ist.

### 3. Umsetzen der P3D-Technologie in ein Vorzeigebauteil

In diesem KTI-Projekt wurde zu Beginn anhand einer Marktstudie ein Pflichtenheft für den Demonstrator erarbeitet, welches auch insbesondere die optischen Ansprüche an das Bauteil definierte. Daraus wurden anschließend in der Designphase unterschiedliche Konzepte ausgearbeitet und schließlich das favorisierte Modell im CAD umgesetzt. Berücksichtigt wurde dabei der dreiteilige Schichtaufbau der Polyform 3D-Technologie (**Abb. 3**).

Um mit dem erforderlichen Spritzgieß- und Polyurethanwerkzeug die gewünschten Versuchsreihen durchführen zu können, wurde in unterschiedlichen Konzepten der Aufbau der Werkzeuge spezifiziert und in Auftrag gegeben. Ebenfalls wurde der Werkzeugträger für das Polyurethan speziell für diese Anwendung spezifiziert und beschafft. So erlaubt die Presse eine gute Zugänglichkeit

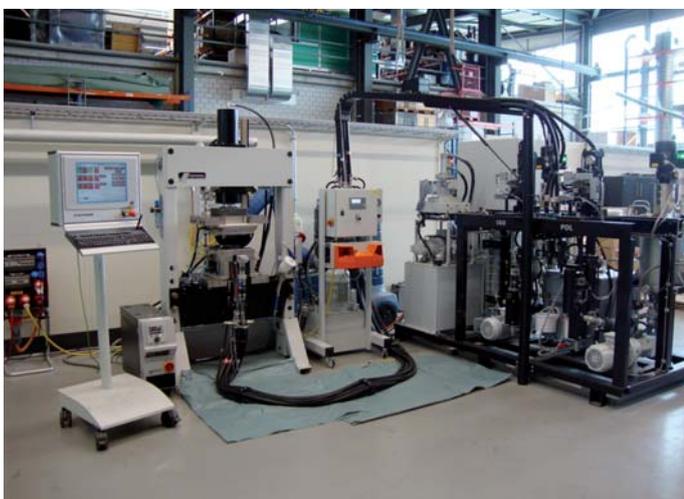
für den Polyurethanmischkopf und für eine optimale Entlüftung kann der Werkzeugträger um 30° gekippt werden (**Abb. 4**).

Bereits die ersten Hinterspritz- und Überflutungsversuche waren vielversprechend und es konnte im vergangenen November auf der Swisstech in Basel ein erster Prototyp gezeigt werden (**Abb. 5**). Da die TPU-Folie zu diesem Zeitpunkt noch nicht bedruckt war, wurde die Oberfläche der ersten Prototypen mittels Paintbrush dekorativ gestaltet.

Im weiteren Projektverlauf wurden Versuche mit dem Druckmotiv auf der TPU-Folie durchgeführt und dieses weiter optimiert. Ebenfalls wurden unterschiedliche Materialkombinationen getestet und bewertet, so dass eine eher kostengünstige Umsetzung der Polyform 3D-Technologie möglich ist, oder höherwertigere Materialien eingesetzt werden können, wie es z. B. für den Einbau von Displays erforderlich ist.

Die Prozessführung wurde laufend optimiert indem bspw. die Einflüsse der Temperaturen und Prozesszeiten analysiert wurden. Bauteilseitig konnte die Schichtdicke des Polyurethans variabel gestaltet und somit der Einfluss der Dicke auf die Haptik und Taktilität des Bauteils genau spezifiziert werden. Die Oberflächenstruktur und -geometrie im Polyurethanwerkzeug wurden gezielt beeinflusst, um den optischen Effekt von Glanz- und Mattoberflächen im Tastenbereich darstellen zu können, wie **Abbildung 6** zeigt.

▼ **Abb. 4:** Werkzeugträger (links) und PU-Anlage (rechts)



▼ **Abb. 5:** Erster Prototypendemonstrator mit der Polyform 3D-Technologie



Um die Herstellung der Prototypen zu beschleunigen wurden Voruntersuchungen an einer einfacheren Geometrie durchgeführt. Hier bietet sich ein zweidimensionales Plättchenbauteil an, für das ebenfalls ein Hinterspritz- und Überflutungswerkzeug gebaut wurde. Beispielhaft ist in **Abbildung 7** das Polyurethanwerkzeug dargestellt [5].

Um das Werkzeug so variabel wie möglich zu gestalten und Änderungen aufgrund zukünftiger Erkenntnisse so einfach wie möglich einfließen zu lassen, wurden alle wesentlichen Komponenten des Werkzeuges in Form von Einsätzen ausgeführt. Die Funktionen des Werkzeuges gemäß **Abbildung 7** werden anhand der unteren Werkzeugplatte kurz erläutert:

1. Einsatz für die Aufnahme des Mischkopfes
2. Zwei verschiedene Einsätze mit Staubalken- und Fächeranguss
3. Einsatz für die Erzeugung eines Vakuums, um das Trägerbauteil in der Kavität zu halten. Dieser Einsatz kann durch Unterlegen mit Plättchen in der Höhe verstellbar und so die Dicke der PU-Schicht variiert werden.
4. Zwei Einsätze mit Überläufen (im Bild: Entlüftung, zweite Variante: Überlauf, um Zugversuche durchzuführen)
5. Vakuumanschluss
6. Temperierung (Anschluss).

Mit Hilfe dieses Bauteils wurden folgende Untersuchungen durchgeführt bzw. messbar:

- Haftung verschiedener TPU-Folien auf unterschiedlichen Kunststoffmaterialien,
- Haftung verschiedener Polyurethansysteme auf den TPU-Folien,
- Einfluss der Temperatur auf die Haptik.

#### 4. Fazit und Ausblick

Aufgrund der variabel gestalteten Werkzeuge und den zahlreichen Versuchsdurchführungen konnte schon zu einer früheren Projektphase als geplant mit den Optimierungsmaßnahmen begonnen werden und so erfüllt der aktuelle Prototyp, wie er in **Abbildung 8** dargestellt ist, bereits die wesentlichsten Anforderungen.

Aktuell werden die einzelnen Punkte des Pflichtenheftes durchgetestet und bei Bedarf weitere Optimierungsmaßnahmen ergriffen. Im Weiteren ist das Aufzeigen der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens in der Umsetzung.

Die Projektpartner danken der Kommission für Technologie und Innovation (KTI) für die Förderung dieses Projektes.

#### 5. Literatur

[1] N. N.: Hochwertig in einem Schritt. *Kunststoffe*, 102 (2012) 5, S. 91

[2] N. N.: Beschichtungen geflutet. *Kunststoffe*, 101 (2011) 11, S. 94–95

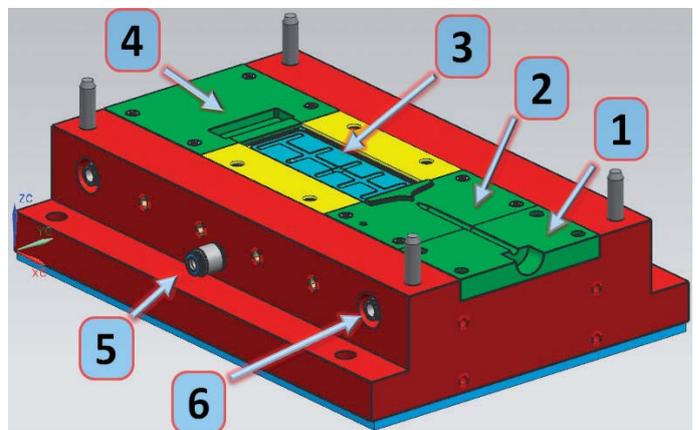
[3] Egger, P., Nowotny, W., Schöfer, G., u. a.: Kratzfester Tiefeneffekt in einem Schritt. *Kunststoffe*, 101 (2011) 11, S. 39–43

[4] N. N.: puroclear und purosokin. *FaPu* (2011) 3/4, S. 2–4

[5] Mayer, B.: Grundlegende Arbeiten zur Auslegung von Polyurethanwerkzeugen, unveröffentlichte Studienarbeit, Betreuer: F. Ehrig, Rapperswil-Jona, 2012



**Abb. 6:** Hinterspritze TPU-Folie (links) und PU-überflutetes Bauteil (rechts)



**Abb. 7:** Untere Werkzeughälfte des PU-Werkzeuges



**Abb. 8:** Bild des Prototyps im aktuellen Projektstand