

# Komplexe Formen für Schaum

## PUR-Werkzeugtechnik.

Bauteile für den Fahrzeuginnenbereich müssen höchste Anforderungen erfüllen und sich wirtschaftlich herstellen lassen. Hier bieten Werkzeuge für die Polyurethanverarbeitung komplexe Möglichkeiten der Funktions- und Bauteilintegration. Um ein fertigungsrechtes Bauteil zu konstruieren, ist eine enge Zusammenarbeit aller Beteiligten bereits in der Entwurfsphase erforderlich.



Elektrischer Werkzeugträger mit Schäumwerkzeug für Instrumententafeln

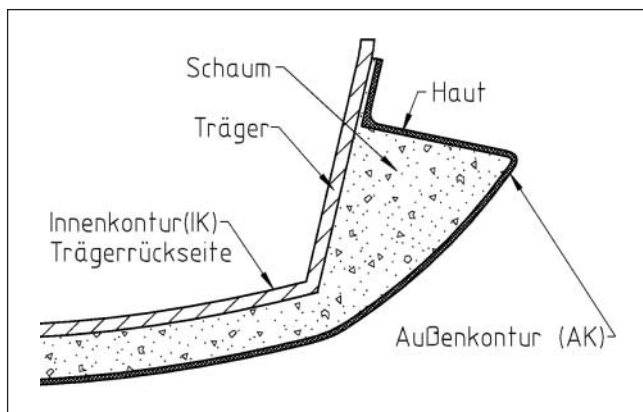
### JÜRGEN LAUSE

Die Anforderungen an die Qualität des Fahrzeuginnenraums sind in den letzten zehn Jahren stetig gestiegen. In der Praxis zeigt sich ein klarer Trend zu höherwertigen Bauteilen. Allerdings nicht um jeden Preis. Deswegen muss die Wirtschaftlichkeit überdacht und verbessert werden. Die gleichzeitige Integration von zusätzlichen Funktionen und Elementen in diese Bauteile führt zu immer komplexeren und anspruchsvolleren Bauteilgeometrien mit hohen Anforderungen an den Herstellungsprozess. Schäumwerkzeuge ermöglichen die Produktion von Innenausstattungs-komponenten, die durch ihre weiche Haptik und

unübertreffbare Optik zu den hochwertigsten Bauteilen gehören. Dazu zählen Instrumententafeln, Mittelkonsolen, Handschuhkastendeckel oder Türverkleidungen. Fast alle erdenklichen Wünsche der Automobildesigner lassen sich durch moderne Verfahren und Techniken in Schäumwerkzeug umsetzen.

Die Bauteile für den Fahrzeuginnenraum bestehen aus drei Hauptkomponenten (Bild 1): Die sichtbare Oberfläche bildet eine Haut oder Folie, die für die Optik und einen Teil der Haptik verantwortlich ist. Der Einsatz von Slush-, Sprühtechnik oder Thermoformen ermöglicht die einwandfreie Umsetzung nahezu jeder Geometrie, ohne sichtbare Teilungsmarkierung oder sonstige Beein-

trächtigungen am Bauteil. Darunter liegt der Polyurethan-Schaum (PUR), der für die weiche Haptik wesentlich ist. Je nach gewünschter Härte und anderen Eigenschaften kann aus einer Vielzahl von Schaumsystemen unterschiedlicher Hersteller ausgewählt werden. Das Innere eines Schaumteils bildet der sogenannte Träger. Die neueste Spritzgieß- und die PUR-Hartschaumtechnik ermöglichen Teile mit sehr hoher Stabilität und vielseitiger Funktionalität bei gleichzeitiger Gewichtsreduzierung, das ist ein entscheidender Vorteil im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit. Ein überzeugendes Beispiel für die Möglichkeiten der Funktions- und Bauteilintegration in das Schaumteil ist der unsichtbare Airbag.



**Bild 1. Aufbau hintergeschäumter Fahrzeug-Innenausstattungen**

Bislang sind die drei Fertigungsschritte (Hautherstellung, Trägerherstellung, Hinterschäumen) das einzige Verfahren, um komplexe Geometrien mit beliebigen Hinterschnitten herzustellen, ohne jegliche Teilungsmarkierung auf der Sichtseite. Das liegt daran, dass die Sichtseite aus einer flexiblen Haut besteht, die aus den Hinterschnitten verletzungsfrei entformt werden kann, und keine geteilte Form erforderlich ist. Andere 1- oder 2-Schrittverfahren ermöglichen keine Hinterschnitte und engen somit die Gestaltungsmöglichkeiten der Designer stark ein. Für die anspruchsvollen Fahrzeuge der Oberklasse, bei denen eine immer stärkere Integration von Funktionen in die Bauteile erfolgt, ist das in der Regel ein K. O.-Kriterium.

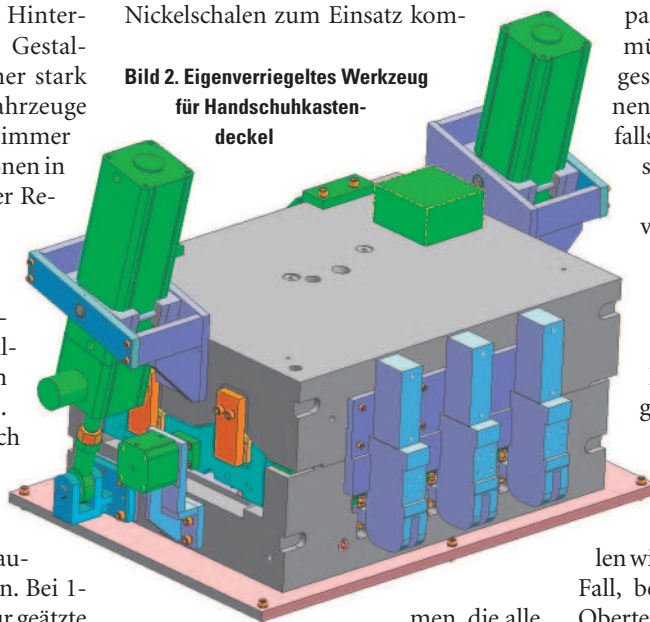
Außerdem können bei der Slush- oder Sprühtechnik für die Hautherstellung Nickelschalen eingesetzt werden, die mithilfe von Belederungsmodellen durch Abformung entstehen. Nach dieser Methode lassen sich beliebige Narbungsbilder wie Naturleder oder technische Narben (auch unterschiedliche Narbungsbilder an einem Bauteil) auf der Oberfläche erzeugen. Bei 1-Schrittverfahren sind teilweise nur geätzte Narbbilder herstellbar, was eine gewisse Einschränkung bedeutet.

Im letzten Jahrzehnt wurden thermogeformte Folien für das Hinterschäumen immer weniger verwendet, weil der in Teilbereichen starke Auszug die Narbung verzerrt und die Narbtiefe verringert. Diese negativen Eigenschaften konnten durch neue Entwicklungen wesentlich verbessert werden. Zum einen sind die neuen TPO<sub>2</sub>-Folien zu erwähnen. Sie zeichnen sich durch konstante Fließ-eigenschaften über einen breiten Temperaturbereich aus und verhindern durch ihren mehrschichtigen Aufbau zu große Auszüge. Auf diese Weise lassen sich in

einem großen Prozessfenster sehr gut reproduzierbare Ergebnisse mit geringen Narbverlusten erzielen. Da die Folien-Planware durch gelaserte Narbrollen geprägt wurde, ist auch hier jede Narbung machbar.

Zum anderen ist das moderne Negativ-Thermoformen zu nennen. Durch das Aufprägen der Narbung erst beim Thermoform-Prozess wird ein Narb-Auszug völlig vermieden. Auch hier können Nickelschalen zum Einsatz kom-

**Bild 2. Eigenverriegeltes Werkzeug für Handschuhkasten-deckel**



men, die alle Narbungsmöglichkeiten eröffnen. Durch die Verwendung von nicht porösen Negativ-Werkzeugen könnte es möglich sein, sehr kostengünstige Materialien (z. B. PVC) zu verwenden, bei gleichzeitig kurzen Taktzeiten und geringen Wartungskosten. Hier sind noch große Potenziale beim teuersten der drei Herstellungsschritte der Hautherstellung vorhanden.

Eine weitere Alternative für die Oberflächenherstellung ist die PUR-Gießhaut. Dabei wird in ein geschlossenes RIM-Werkzeug das kompakte Material eingetragen. Wesentlicher Vorteil ist eine exakt definierte Hautrückseite. So sind präzise

Wandstärken und auch spezielle Funktionsbereiche wie z. B. Dichtungen herstellbar. Neben allen erdenklichen Narbvarianten kann dieses Verfahren auch mehrfarbige Häute realisieren.

## Werkzeugtechnik für Fahrzeuginnenraum-Bauteile

Der eigentliche Hinterschäumprozess eines Schaumteils beginnt mit dem Einlegen der Haut in das Schäumwerkzeug-Unterteil und dem Auflegen des Trägers auf das Oberteil. Danach erfolgt der Schaumeintrag, oftmals in das offene Werkzeug als „Zeile“ oder aber in das geschlossene Werkzeug über einen Anschäumpunkt. Nach 60–120 s Aushärtezeit kann das Bauteil entnommen und weiteren Prozess-Schritten zugeführt werden, wie z. B. Beschneiden und Komplettieren.

Polyurethan-Formteile kommen in sehr unterschiedlichen Größen und Formen vor. Dementsprechend sind auch die Werkzeuge in Größe und Form angepasst. Für den Fertigungsprozess müssen die Werkzeuge geöffnet und geschlossen, gegen den Prozess-Innendruck zugehalten und gegebenenfalls in eine ergonomische Bedienposition gefahren werden.

Für diese Aufgaben gibt es zwei verschiedene Lösungsmöglichkeiten:

**Eigenverriegelte Werkzeuge** (Bild 2): Von eigenverriegelten Werkzeugen spricht man, wenn die Baugruppen, die die o. g. Bewegungen und Funktionen erfüllen, direkt mit dem eigentlichen Werkzeug verbunden sind und somit eine Einheit bilden. Das ist in der Regel bei kleineren Bauteilen

wie z. B. Handschuhkastendeckel der Fall, bei dem eine Drehbewegung des Oberteils zum Öffnen ausreicht.

**Werkzeugträger** (Titelbild): In diesem Fall wird das Werkzeug, das nur aus Unterteil und Oberteil besteht, in einen Werkzeugträger eingebaut. Dies ermöglicht ein einfacheres Werkzeug, weil die Bewegungseinrichtungen im Werkzeugträger wiederzufinden sind. Außerdem können die Werkzeuge leichter ausgeführt werden, weil die Stabilität und Steifigkeit des Werkzeugträgers mitgenutzt wird. Hier werden oftmals standardisierte Werkzeugträger eingesetzt, um auch andere Werkzeuge betreiben zu können. Insbesondere bei größeren Teilen wie z. B. Instrumententafeln bieten Werkzeugträger viele Bewegungsmöglichkeiten, um ▶



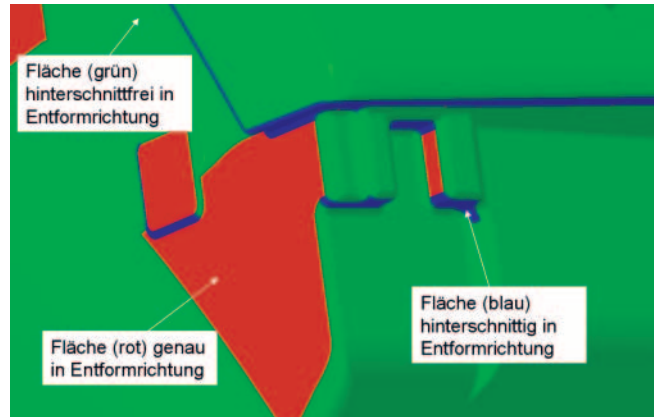
eine individuelle Ergonomie- und Prozess-Position (Schaumlage) einstellen zu können.

Bei kleineren Bauteilen sind die Bewegungen meist pneumatisch angetrieben, bei größeren hydraulisch. Besonders in neuerer Zeit setzen sich elektrische Antriebe mehr und mehr durch, weil dadurch größere Geschwindigkeiten, weniger Wartung und weniger Energieaufwand erreicht werden.

Die Schäumwerkzeuge müssen während des Prozesses einem Werkzeug-Innendruck von 2–5 bar widerstehen. Die Struktur des Werkzeugs muss somit bei einer Instrumententafel eine Zuhaltkraft von 200–400 kN (20–40 t) übertragen. Die Stückzahlen der Fahrzeuge nehmen aufgrund der immer größeren Variantenvielfalt ab. Neben den mit Kunstharz frontbeschichteten Alu-Guss-Konstruktionen (Titelbild) wird deswegen zunehmend auch Alu-Block-Material direkt gefräst (Bild 2). Dabei müssen die Kosten für die Gießereimodelle und den Guss den Aufwendungen für Block-Material und die Bearbeitung gegenüber gesetzt werden. Außerdem ist es bei Block-Material deutlich kostenintensiver, die Teilungen für präzisen Sitz (sog. Tuschieren) anzupassen und zusätzliche Funktionen wie Druckluftsystem für die Abdichtung zwischen Haut und Träger, Vakuumsystem für die Haut und Trägerfixierung, diverse Abfragen und Sensoren in das Werkzeug zu integrieren. Deshalb findet das Blockmaterial nur bei kleineren Stückzahlen Anwendung. Außerdem sind Änderungen an der Kontur bei beschichteten Oberflächen einfacher einzubringen als bei Aluminium-Oberflächen.

Die steigenden Anforderungen (hohe Dichtigkeit, wenig oder keine Wartung,

**Bild 3. Darstellung von Hinterschnitten durch die Steigungsanalyse**



hohe Zuverlässigkeit, hohe Präzision, minimale Ausschussraten usw.) machen eine sorgfältige Analyse der Bauteildaten und die Erstellung eines optimalen Werkzeugkonzepts nötig, um wettbewerbsfähig anbieten zu können.

In den Bereichen von Hinterschnitten im Werkzeug ist eine Bewegung in Form von Schiebern oder Klappen der formgebenden Kontur erforderlich, um die verletzungsfreie Entformung des Bauteils nach dem Schäumprozess zu gewährleisten.

Das „Werkzeugkonzept“ definiert die Art und Weise der Entformung und die dafür erforderlichen beweglichen Elemente. Dabei gilt es, möglichst wenige und möglichst einfache Bewegungen zu konstruieren, damit die Kosten für das Werkzeug und damit für das herzustellende Teil möglichst gering werden.

Der erste Schritt besteht darin, die sogenannte Werkzeuglage festzulegen. Die Werkzeuglage bestimmt die Position des Bauteils im Werkzeug gegenüber der Lage im Fahrzeug.

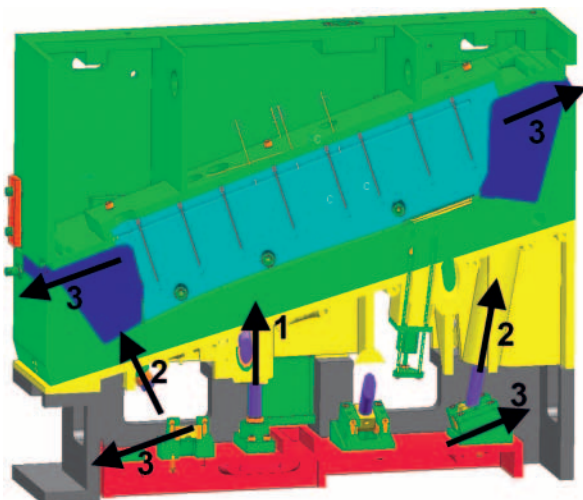
In der Regel wird das Werkzeug über eine translatorische Bewegung vertikal

zur Aufstandsfläche geöffnet. Dabei bleibt das fertige Bauteil im Unterteil liegen. Deshalb muss sich die Trägerrückseite (Innenkontur) hinterschnittfrei vom Werkzeug-Oberteil lösen. Damit ist die Werkzeuglage in den meisten Fällen vorgegeben, denn die Lage des Trägers im Spritzgießwerkzeug stellt die Richtung mit den wenigsten Hinterschnitten dar. Kleinere Hinterschnitte können im Werkzeug-Oberteil freigestellt werden. In äußerst seltenen Fällen muss ein bewegliches Teil dort vorgesehen werden.

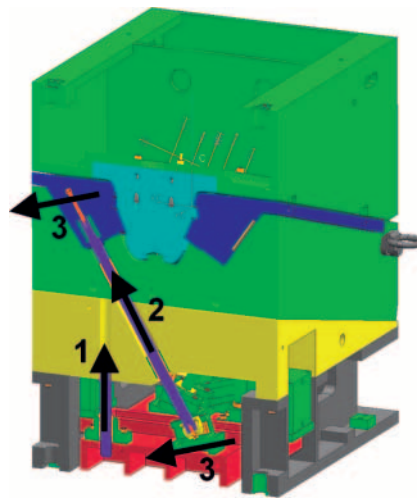
Der zweite Schritt ist die Bestimmung der Richtung der späteren Entnahme des Teils aus dem Unterteil. Diese Richtung entscheidet über die Anzahl und Lage der Hinterschnitte und damit über die Kosten des Werkzeugs. In vielen Fällen wird in der Werkzeuglage senkrecht nach oben entnommen, prinzipiell sind die Entformrichtung und die Werkzeuglage aber unabhängig voneinander. Somit werden die Kosten des Werkzeugs fast ausschließlich durch die Außenkontur der Haut (AK) festgelegt, da diese die Entnahmerichtung vorgibt.

Der Konstrukteur untersucht, welche Hauptentformungsrichtungen sinnvoll sein könnten. Anschließend prüft er mit der Steigungsanalyse (Bild 3), wie viele und welche Hinterschnitte sich ergeben. Alle gängigen High-End-CAD-Systeme besitzen diese Funktion, die eine schnelle und sichere Möglichkeit zum Auffinden aller Hinterschnitte darstellt.

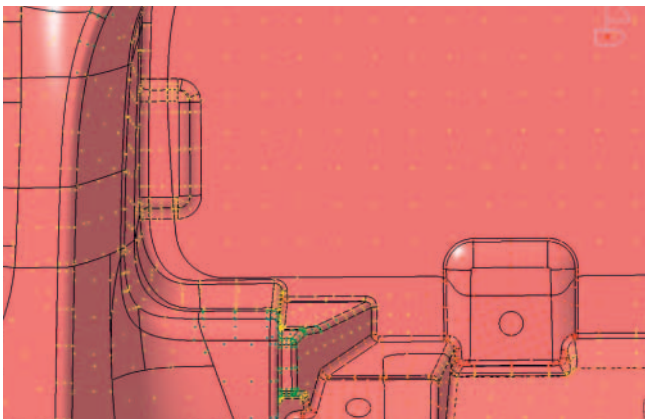
Nicht nur die Anzahl der Hinterschnitte und damit die Anzahl der Bewegungen im Unterteil spielt eine Rolle. Ebenso muss der Konstrukteur die Lage der Teil-



**Bild 4. Längsschnitt durch ein Werkzeug mit Liftertechnik für Türbrüstungen**



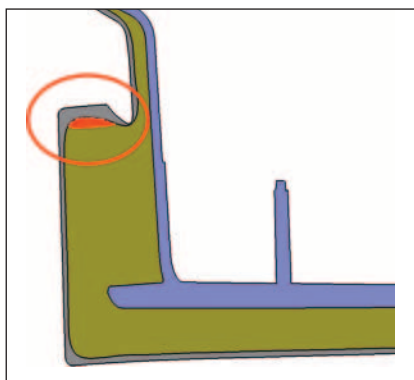
**Bild 5. Querschnitt durch ein Werkzeug mit Liftertechnik für Türbrüstungen**



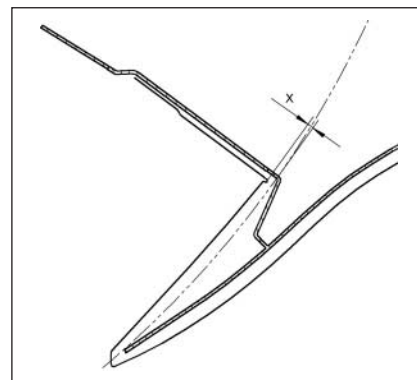
**Bild 6. Schaumstärkenanalyse durch Spezialzusatzsoftware**

lungslinien berücksichtigen. In der Regel versucht man, die Teilungslinien immer auf möglichst kleine Radien zu legen. Dies hat den Vorteil, dass bei kleinen Ungenauigkeiten der bewegten Teile keine Abzeichnung auf dem Bauteil zu erkennen sind, weil dort die Haut durch den Radius eine gewisse Eigensteifigkeit aufweist und der Radius eine Lichtkante darstellt. Eine Teilung mitten auf der Deckfläche eines Bauteils sollte vermieden werden.

Da ein Schaumteil bei der Entnahme aus dem Werkzeug auch ohne bleibende Verletzung leicht verformt werden kann,



**Bild 7. Kritischer Bereich mit Lufteinschluss**



**Bild 8. Abstandsanalyse beim Einfahren des Trägers in die Haut**

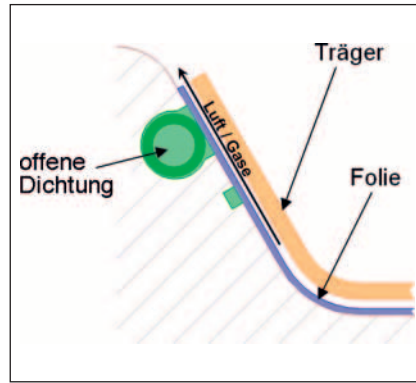
lassen sich kleine Hinterschnitte auch ohne eine zusätzliche Werkzeugbewegung entformen (sogenannte Zwangsentformungen), die nur geringe Tiefen aufweisen. Unter 0,2 mm sind solche Zwangsentformungen im Allgemeinen unkritisch. Auch größere Tiefen sind realisierbar, abhängig von der Geometrie und den Materialien.

Neben Klappen und Schiebern gibt es auch noch weitere Möglichkeiten die Entformung vorzunehmen. Die sogenannte Liftertechnik ist aus dem Arbeitsgebiet der RIM-Werkzeuge (Reac- ▶

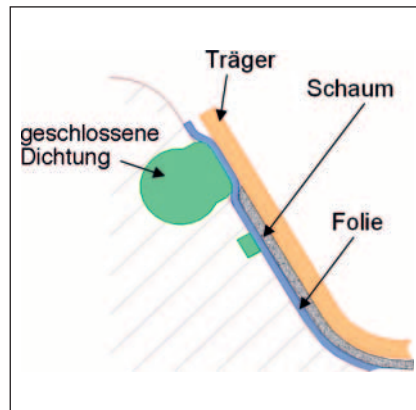
tion Injection Moulding, Schäumen von PUR ins geschlossene Werkzeug, z. B. für Kotflügel) bekannt. Lifter zeichnen sich durch hervorragende Stabilität und präzise Teilungsübergänge auch bei hohem Druck aus. Aus diesem Grund werden sie gelegentlich auch beim Hinterschäumen verwendet. Bild 4 zeigt ein Türbrüstungswerkzeug, das aus einer Kombination von Aluguss und Blockmaterial hergestellt wurde. Die zu produzierende Türbrüstung zeichnet sich durch einen Hinterschnitt aus, dessen Teilung zunächst auf einem kleinen Radius entlang läuft. Aus Designgründen läuft jedoch diese Lichtkante mitten auf dem Bauteil aus, sodass die Teilung über die völlig glatte Sichtfläche weitergeführt werden muss. Um einen wiederholgenauen und stufenlosen Teilungsübergang über die gesamte Produktionszeit zu garantieren, hat sich der Werkzeug-Konstrukteur für die Liftertechnik entschieden (Bild 4). Die Auswerferplatte (rot) wird durch zwei Pneumatikzylinder in Werkzeugrichtung 1 angehoben. Auf der Auswerferplatte sind Wellen befestigt, die die Lifter (blau) in Richtung 2 bewegen. Die Wellen sind über Schlitten, die eine Relativbewegung zulassen, auf der Auswerferplatte befestigt. Durch Keile unter den Schlitten kann die Geschwindigkeit in Richtung 2 beeinflusst werden. Der Winkel des Keils zeigt in Richtung 3, der Relativgeschwindigkeit zwischen der Auswerferplatte und der Welle bzw. dem Lifter. Dieselbe Richtung ergibt sich damit für die Relativbewegung zwischen dem auszuwerfenden Teil und dem Lifter, da sich das Bauteil zusammen mit der Auswerferplatte in Richtung 1 bewegt. Voraussetzung dafür ist, dass der Auslauf am Bauteil ebenfalls in diese Richtung 3 zeigt, damit das Bauteil zwar angehoben wird und trotzdem der Hinterschnitt entformt werden kann.

Im Querschnitt (Bild 5) sehen die Verhältnisse etwas anders aus. Die Relativgeschwindigkeit 3 zeigt nicht in die Richtung des Auslaufs, was dazu führt, dass sich der Lifter vom auszuwerfenden Bauteil entfernt. Dadurch entsteht ein Spalt, den der Bediener zum Ergreifen des geschäumten Bauteils nutzen kann.

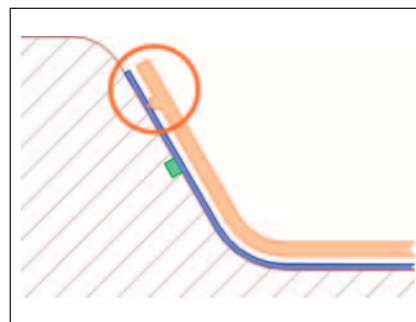
Vorteil der Liftertechnik ist, dass eine sehr synchrone Bewegung aller Lifter durch den gemeinsamen Antrieb über die Auswerferplatte erreicht wird. Durch die relativ aufwendige mechanische Bearbeitung der Teile und den mehrteiligen Aufbau ist diese Lösung jedoch im Allgemeinen kostenintensiver als konventionelle Konzepte.



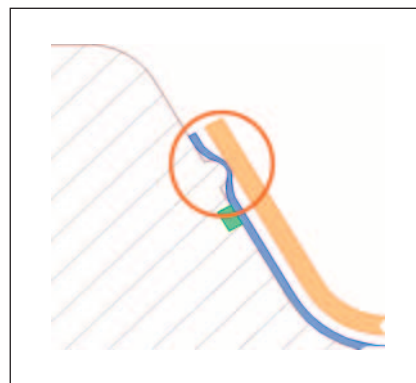
**Bild 9. Die aufblasbare Dichtung (offen) ermöglicht eine optimale Entlüftung**



**Bild 10. Die geschlossene Dichtung verhindert Schaumaustritt**



**Bild 11. Starre Dichtungen auf der Trägerseite ermöglichen minimale Ausläufe**



**Bild 12. Starre Dichtungen auf der Hautseite sind auch im Schäumwerkzeug noch flexibel modifizierbar**

## Konstruktion von geschäumten Bauteilen

Bei der Konstruktion gilt es natürlich, die Anzahl der Hinterschnitte so gering wie möglich zu halten. Wenn diese nicht zu vermeiden sind, müssen zumindest Bereiche gebildet werden, die in dieselbe Richtung zu entformen sind.

Des Weiteren muss die Schaumdicke zwischen Haut und Träger einer genaueren Betrachtung unterzogen werden. Um einen optimalen Softtouch zu gewährleisten, ist in der Regel eine Dicke von 7–12 mm anzustreben. Unter 3–4 mm ist kein ausreichender Schaumfluss möglich, sodass mit Fehlstellen und nicht verklebter Haut gerechnet werden muss. In lokal sehr begrenzten Bereichen ist es möglich, unter 2 mm Dicke zu gehen, um z. B. Anschraubpunkte mit der nötigen Druckfestigkeit auszustatten. Abrupte Dickenänderungen sind zu vermeiden, weil ansonsten durch den Schrumpfung des Schaums eine ungewollte Lichtkante entsteht. Das gilt insbesondere für den Airbagbereich. Bleche, Nieten und andere Unregelmäßigkeiten auf der Schaumseite des Trägers sollten vermieden werden, um keine Markierungen auf der Oberfläche zu riskieren.

Für solche Schaumdicken-Analysen sind die Funktionen der gängigen CAD-Systeme ungeeignet, weswegen auf Spezialzusatzsoftware zurückgegriffen werden muss (Bild 6). Die Farbe der Punkte gibt dabei den Abstand von der Haut zum Träger an.

In Bereichen mit Hinterschnitten wird die Dicke oftmals 15 mm und größer, weil die Trägerkontur sonst nicht einformbar wäre. Hier muss sorgfältig geprüft werden, dass der Schaum keine Luft einschließt. Bislang ist dies nur mit Hilfe von realen Prototypen möglich. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass durch die immer bessere Hard- und Software bald Simulationen verfügbar sein werden, die den komplexen Schaumfluss in diesen Fällen vorhersagen können. Bild 7 zeigt einen kritischen Schnitt, bei dem sich in der dargestellten Werkzeuglage ein Luftschluss bildet.

Werden solche Stellen nicht in der Konstruktionsphase erkannt, ist meist viel Aufwand in der Produktion erforderlich, um eine einwandfreie Qualität zu gewährleisten. Im gezeigten Beispiel konnte das nur durch eine elektrisch angetriebene Schaumlagenverstellung erreicht werden, die eine hochdynamische, präzise und reproduzierbare Bewegung gewährleistet.



Beim Schließen des Werkzeugs wird der Träger auf dem Oberteil in die Haut im Unterteil eingeformt. Selbstverständlich darf bei dieser Bewegung keine Kollision zwischen Träger und Haut erfolgen, weil das entweder zu Beschädigung oder zu Verschiebungen der Haut führt. Um alle Toleranzen aufzufangen, sollte ein theoretischer Mindest-Abstand von 1,5 mm eingehalten werden. Deswegen wird für die Analyse eine Mehrkörper-Simulation vorgenommen. Allerdings reicht eine einfache Kollisionsprüfung nicht aus, weil die meisten CAD-Systeme nur eine Unterschreitung des Mindest-

ergebnis zu erzielen. Außerdem entwickeln sich die Verfahren immer schneller weiter, sodass die Unterstützung von Spezialisten-Teams erforderlich ist.

Anhand einiger Beispiele sollen Potenziale für Verbesserungen aufgezeigt werden. Dabei kommt der Gestaltung der Ausläufe (Rand am Bauteil, der aus Fertigungsgründen vorhanden sein muss, damit eine wirtschaftliche Produktion bei gleichzeitig hoher Qualität möglich ist) eine besondere Bedeutung zu. Zum Beispiel muss beim Tiefziehen der Folie dieser Rand eine bestimmte Form haben, damit der Auszug sich in Grenzen hält und

Werkstoff Schaum und die Dosieranlage sowie der Mischkopf einen Einfluss auf das Resultat haben.

Die Bedeutung der Dichtung in Schäumwerkzeugen wird zusehends größer. Sie ist vor dem Schließen für eine gute Entlüftung und danach für den Druckaufbau im Schaum verantwortlich, damit die gewünschte Füllung und Struktur entsteht. Unterschieden wird zwischen schaltbaren und nicht schaltbaren (starr) Dichtungen. Als schaltbare Dichtungen haben sich Schläuche aus Endlosmaterial bewährt, die mit Druckluft beaufschlagt werden, um den Spalt zwischen Haut und Träger zu schließen. Bild 9 zeigt die offene Dichtung, bei der Luft und Gase ungehindert entweichen können, Bild 10 die geschlossene Dichtung, die ein Austreten des Schaums gleichzeitig verhindert.

Nicht schaltbare Dichtungen sind entweder durch Verdickungen auf der Trägerseite (Bild 11) oder auf der Hautseite (Bild 12) zu realisieren.

Rein technisch ist natürlich eine schaltbare Dichtung zu bevorzugen, nicht nur wegen der Entlüftung, sondern auch wegen der Kompensierung der Dicken-schwankungen von Haut und Träger. Zusätzlich kann sie auch in senkrechten Bereichen eingesetzt werden. Schaltbare

Dichtungen benötigen viel Bauraum, was sich am Bauteil durch einen vierfachen größeren Auslauf gegenüber starren Dichtungen ausdrückt.

Untersuchungen an einer Großserien-Instrumententafel haben gezeigt, dass nur 45 % der hergestellten Haut in einem für den Endkunden sichtbaren Bereich liegt und  $\frac{1}{3}$  der Haut Abfall ist. Durch die richtige Kombination (Bild 13) der bei-

den Dichtsysteme (starr und aufblasbar) könnten die Ausläufe teilweise deutlich verkleinert werden. Dies führt nicht nur zu einer Ersparnis von ca. 20 % an Haut, Schaum und Träger, sondern erspart auch noch in Teilbereichen Stanzoperationen, was wiederum für eine ganzheitliche Betrachtung in der Konzeptionsphase spricht. Nur wenn zu diesem Zeitpunkt der Systemlieferant für die Werkzeug- und Anlagentechnik involviert wurde, lassen sich die im ganzheitlichen Fertigungsprozess involvierten Technologien aufeinander abstimmen, wodurch der Prozess optimiert werden kann. ▶



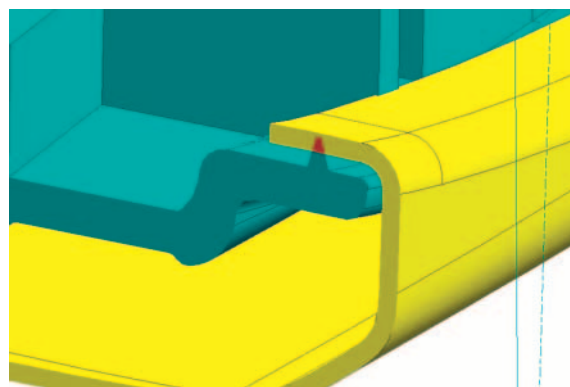
**Bild 13.** Durch Kombination der Dichtsysteme (rot: starre Dichtung, grün: aufblasbare Dichtung) erreicht man minimale Ausläufe und gute Entlüftung

abstands anzeigen, nicht jedoch alle davon betroffenen Bereiche. Damit der Konstrukteur nicht per „Trial-and-Error“ iterativ die Fehler beseitigen muss, ist auch in diesem Fall Spezial-Software einzusetzen, die alle kritischen Flächen des Bauteils markiert.

Bild 8 zeigt ein Beispiel für das rotatorische Schließen des Werkzeugs und die Stelle für den minimalen Abstand. Je nach Größe der Daten kann eine solche Berechnung auch auf den schnellsten CAD-Workstations durchaus einige Stunden dauern.

### Potenziale durch optimierte Werkzeugkonzepte

Um ein fertigungsgerechtes Bauteil zu konstruieren, ist eine enge Zusammenarbeit aller Beteiligten bereits in der Entwurfsphase erforderlich. Genau das ist mit dem neuen Begriff „Frontloading“ gemeint, der nur eine moderne Beschreibung für eine alte Idee darstellt, bei der das Wissen über die Produktion frühzeitig in die Entwicklung einbezogen wird. Auch der beste Bauteil-Konstrukteur kann nicht alle Fertigungsverfahren so gut beherrschen, um ein optimales Er-



**Bild 14.** In die Folie eingeknüpfter Träger

ein Vorbeschnitt in der Anlage möglich ist. Auch Häute, die im Slush-Verfahren hergestellt werden, müssen im Randbereich die richtige Kontur aufweisen, um eine funktionierende Abdichtung des Pulverkastens zu ermöglichen. Gleichzeitig sollen dieselben Flächen aber auch für das Schäumen geeignet sein, was insbesondere die umlaufenden Dichtungen betrifft. Anschließend werden diese Ränder durch eine Beschnitt-Operation vom Bauteil getrennt. Auch hier ist nicht jede Methode wie Stanzen, Fräsen, Wasserstrahl-schneiden für jede Kontur geeignet. Hinzu kommt, dass natürlich auch der

Werkzeug und Anlagentechnik eine besondere Bedeutung zukommt.

Fazit

In Zukunft werden Optimierungen nur dann erfolgreich sein können, wenn der Prozess der Bauteil-Gestaltung und Herstellung als ein ganzheitlicher betrachtet wird. Dies beginnt in der Modelltechnik, führt über die Werkstoffauswahl des Bauteils zur Werkzeug- und Anlagentechnik und den Folgeprozessen. Hierzu wird die Simulation dieses durchgängigen Prozesses an Bedeutung

<b>i</b>	<b>Hersteller</b>
<p><b>Frimo Group GmbH</b>                  Hansaring 6                  D-49504 Lotte                  Tel. +49 (0) 54 04/8 86- 0                  Fax +49 (0) 54 04/8 86- 333                  www.frimo.de</p>	

gewinnen, da grundsätzliche Abstimmungsprobleme frühzeitig aufgezeigt werden können. Die Simulation bietet weiter die Plattform der weltweiten, vernetzten und schnellen Kommunikation und des Erfahrungsaustausches. Nur durch eine übergreifende PUR-Kompetenz (PUR-Schaumtechnologie, Dosier-technik, Werkzeug- und Anlagentechnik, Folgeoperationen) wird es möglich sein, weitere Potenziale darzustellen. Dabei gilt es, immer früher im Konstruktionsprozess des Bauteils die Fertigungsbe-lange zu berücksichtigen. ■

DER AUTOR

DIPL.-ING. JÜRGEN LAUSE, geb. 1964, ist Geschäftsleiter Technik bei der Frimo Lotte GmbH.

SUMMARY KUNSTSTOFFE INTERNATIONAL

Complex Moulds for Foam

**PU MOULD TECHNOLOGY. Car interior trim parts must meet exacting specifications and be economical to manufacture. For this, polyurethane processing moulds offer complex possibilities for integrating functions and parts. Designing a part for production requires close cooperation between everyone involved right from the concept phase.**

NOTE: You can read the complete article by entering the document number **PE103803** on our website at [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)

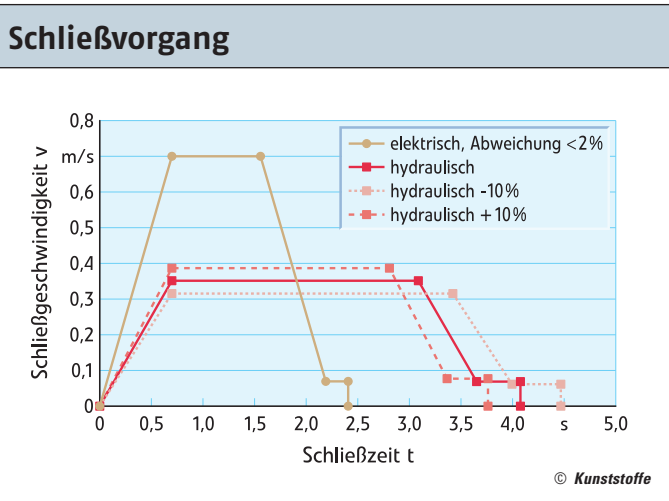


Bild 15. Bewegungsablauf beim Schließvorgang

Bild 13 illustriert die Vorgehensweise. Die senkrechten Flächen sind mit aufblasbaren Dichtungen (grün) ausgestattet. Hier muss eine gute Entlüftung erfolgen. Starre Dichtungen wären hier nicht möglich, weil es zu einer Kollision beim Schließen des Werkzeugs zwischen Haut und Träger käme. Die roten Linien kennzeichnen die starren Dichtungen in waagerechten Bereichen. Dort kann sehr nahe an der Gut-Kontur gedichtet werden, was einen Stanz-Beschnitt in diesem Bereich des Trägers erspart, der hier die Öffnungen für den Radio-Bereich schon im Spritzgießen erhält.

Ein anderes Beispiel zeigt Bild 14. Der Träger wird vor dem Schäumen in die Folie eingeformt und anschließend geschlossen geschäumt. Dabei dichtet eine starre Dichtung am Spritzguss-Träger zur Folie ab. Das Bauteil erfordert keine weitere Beschnittoperation. Das erfordert allerdings eine hohe Präzision bei Folie und Träger sowie perfekt abgestimmte Werkzeuge.

Ein grundsätzlicher Vorteil des geschlossenen Einschäumens ist, dass sich Bereiche des Trägers bereits im Spritzguss mit Öffnungen versehen lassen. Diese Bereiche werden durch starre Dichtungen vor dem Benetzen mit Schaum geschützt, sodass das Werkzeug-Oberteil sauber bleibt. Dieses Vorgehen beim offenen Einschäumen war bislang mit dem Risiko verbunden, dass vor dem Schließen der Kavität der von der Zeile nach unten fließende Schaum über diese Flächen strömte und eine Säuberung des Deckels erforderlich machte bzw. Ausschuss produziert wurde. Die gute Reproduzierbarkeit des Schaumeintrags durch einen Roboter und der Einsatz moderner CFD-Software (Computational Fluid Dynamics, numerische Strömungssimulation) ermöglicht heute eine gute Vorausbe-

rechnung des Schaumflusses. Dies führt auch beim offenen Schaumeintrag in bestimmten Fällen zu einer Material-Ersparnis am Träger und evtl. zu einem geringen Beschnittaufwand.

Einfluss der Anlagentechnik

Wie zu Beginn erwähnt, setzen sich für die Bewegung der Werkzeuge mehr und mehr elektrische Antriebe durch. Dabei spielen folgende Faktoren eine Rolle:

- Mittlerweile vergleichbarer Preis zu hydraulischen Systemen;
- Keine Gefahr von Leckagen (Verschmutzung durch Hydrauliköl);
- Weniger Energieaufwand (bisher große Verluste der Hydraulikanlage);
- Plug-&-Play-Inbetriebnahme;
- Keine oder minimale Wartung erforderlich;
- Gleichmäßigere Bewegung (selbst im Notaus-Fall keine ruckartigen Bewegungen);
- Geschwindigkeiten konstant und reproduzierbar (bei hydraulischen Systemen ergibt sich immer eine gewisse Abhängigkeit von der Öltemperatur);
- Höhere Verfahrgeschwindigkeiten.

Insbesondere die höheren Geschwindigkeiten haben einen Einfluss auf die verwendbaren Schaumsysteme. Bild 15 zeigt den Bewegungsablauf des elektrischen Werkzeugträgers vom Titelbild. Die Schließzeiten können nicht nur verkürzt, sondern auch präziser eingehalten werden. Dies eröffnet Möglichkeiten, auch beim offenen Schäumen die Startzeit des Schaums zu verringern, was zu einer Reduzierung der Aushärtezeit und damit der Gesamtzykluszeit führt. Dabei bleibt zu erwähnen, dass gerade bei solchen Optimierungen auch der Steuerung und dem Zusammenspiel von Dosieranlage, Mischkopf, Dosierroboter, Werkzeugträger mit