



# Grenzenlos prägen

Das Spritzprägen hilft, innere Spannungen in optischen Bauteilen zu reduzieren; diese Bauteilspannungen lassen sich mit Polarisationsfolien oder 3D-Brillen direkt an der Spritzgießmaschine prüfen

(Fotos/Grafiken: Arburg)

**Optische Teile (2).** Das Spritzprägen wird bei der Herstellung optischer Bauteile aus unterschiedlichen Motiven eingesetzt: komplexe Anforderungen an die Teile selbst, hochwertige Serienproduktion, hohe

Ausbringung und damit letztendlich Wirtschaftlichkeit des Verfahrens. Um diese Anforderungen zielgerichtet zu erfüllen, sind verschiedene Verfahrensvarianten vorhanden. Die richtige Maschinen- und Werkzeugtechnik sorgt für einen reibungslosen Ablauf.

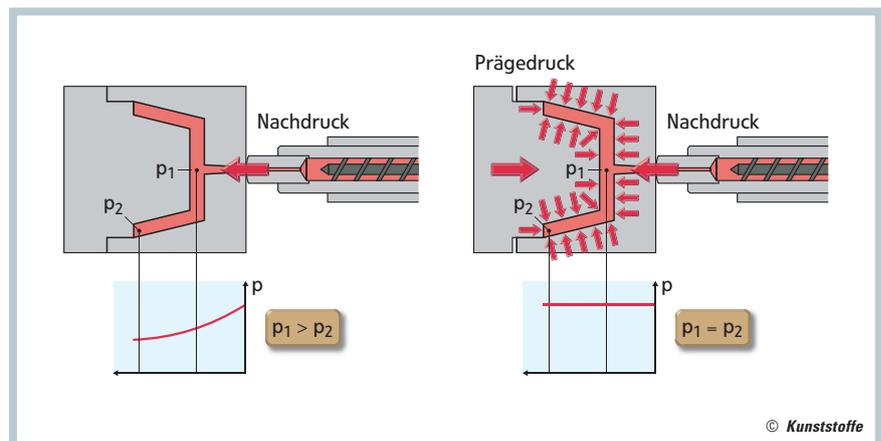
**THOMAS WALTHER  
ROLF-UWE MÜLLER**

Der Prozess Spritzprägen bedeutet immer eine Änderung des Kavitätsumfanges während der Formgebungphase. Maschinenseitig erfolgt dabei eine gleichzeitige Bewegung von Spritzeinheit und Werkzeug bzw. Werkzeugkomponenten. Die Form muss daher so ausgeführt werden, dass die Kavität auch bei nicht komplett geschlossenem Werkzeug abgedichtet ist.

Das Kavitätsumfang wird während und/oder nach der Einspritz- bzw. Nachdruckphase geändert. In der Regel ist dabei das Werkzeug zu Beginn des Einspritzprozesses noch nicht komplett geschlossen. Erst wenn die Schmelze in die Kavität eingebracht ist, werden die Formhälften vollständig zusammengefahren. So muss zum Füllen der Kavität weniger Druck aufgebracht werden, wodurch sich das Druckgefälle bereits in der Füllpha-

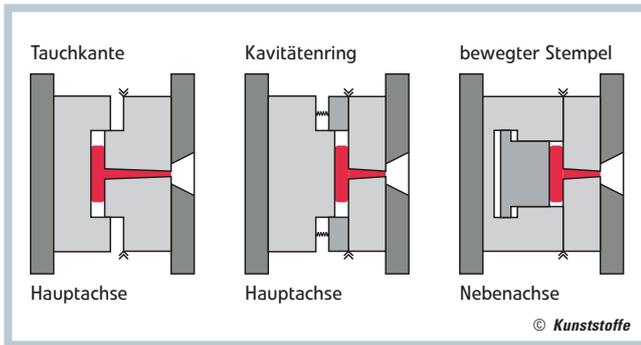
se reduziert. Beim Schließen wird dann auf die komplette Kavitätsfläche des schwindenden Bauteils ein gleichmäßiger Druck ausgeübt, damit innerhalb der Kavität idealerweise ein konstantes Druckniveau herrscht (Bild 1). Durch den geringen erforderlichen Fülldruck lassen sich auch größere Fließweg-Wanddi-

cken-Verhältnisse realisieren, sodass gegebenenfalls Lunker und Einfallstellen vermieden sowie Schwindung und Verzugseffekte verringert werden. Als weitere Vorteile kann ein Reduzieren von inneren Spannungen im Bauteil sowie die Minimierung von Doppelbrechungseffekten erzielt werden.



**Bild 1.** Typisch für das Spritzgießen: Innendruckdifferenz im Bauteil zwischen Anguss und Fließwegende (links); Vorteil beim Spritzprägen: Mit der Schließeinheit wirkt überall der gleiche Druck, so lange ein Prägespalt vorhanden ist (rechts)

**ARTIKEL ALS PDF** unter [www.kunststoffe.de](http://www.kunststoffe.de)  
Dokumenten-Nummer KU110248



**Bild 2. Das Spritzprägen kann mit verschiedenen Werkzeugkonzepten umgesetzt werden**

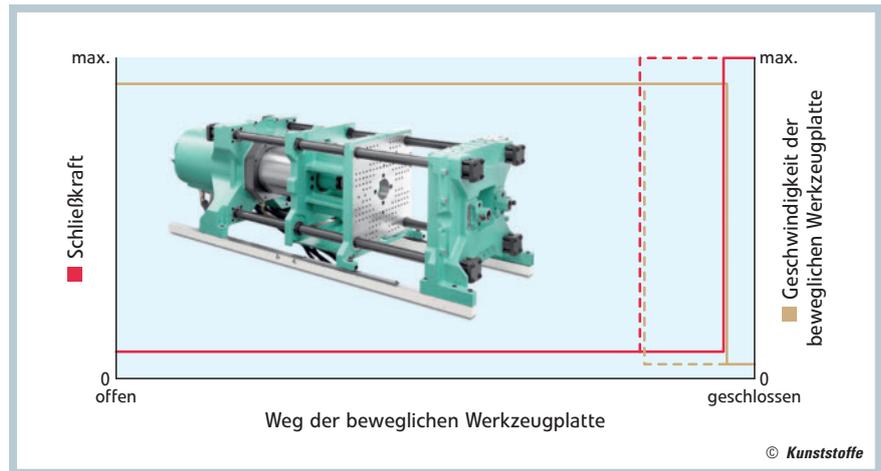
ring oder Prägerahmen zu realisieren. Bei noch nicht vollständig geschlossenem Werkzeug liegt dieser bereits an der Trennebene an und dichtet die Kavität nach außen ab. Das Andrücken des Kavitätenrings kann über Federn oder hydraulisch erfolgen. Für den Prägevorgang ist der Ring axial beweglich. Das Verfahren ist besonders für flächige Bauteile mit gleichmäßiger Wanddicke geeignet. Hinterschnitte oder Durchbrüche quer zur Prägerichtung sind problematisch. Auch

Der grundlegende Unterschied zwischen der Nachdruckwirkung über den Anguss beim Spritzgießen und der flächigen Druckwirkung auf das Bauteil beim Spritzprägen ist praktisch auf viele unterschiedliche Arten und Methoden realisierbar. Demzufolge gibt es zahlreiche Varianten des Prägeverfahrens, deren Anzahl durch eine kontinuierliche Weiterentwicklung der Maschinensteuerungen fortwährend zunimmt.

### Haupt- und Nebenachsen

Bezugnehmend auf die Bewegungsachsen von Spritzgießmaschinen wird in der Werkzeugtechnik zwischen dem sogenannten Haupt- und Nebenachsenprägen unterschieden. Als Hauptachsen einer Spritzgießmaschine werden das Einspritzen, das Dosieren sowie das Öffnen und Schließen des Werkzeugs bezeichnet. Zu den Nebenachsen zählen das Auswerfen, das Düsefahren sowie die Kernzüge.

Beim Hauptachsenprägen beeinflusst die Bewegung der Schließeinheit das Ka-

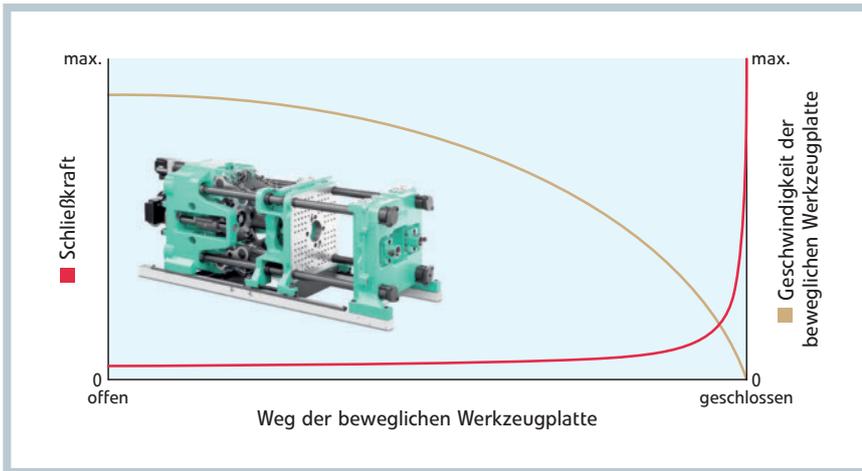


**Bild 3. Vollhydraulische Schließeinheiten ermöglichen Prägewege, die maximal dem Verfahrenweg der Schließeinheit entsprechen, in jeder Wegposition bei einer wirkenden Gegenkraft steht die maximale Prägekraft zur Verfügung**

vitätsvolumen (Bild 2). Die Kavität kann zum einen über eine Tauchkante abgedichtet werden. Dabei taucht der jeweilige Kern in die Matrize ein und dichtet so die Kavität nach außen ab. Alternativ dazu gibt es die Möglichkeit, die Abdichtung über einen axial beweglichen Kavitäten-

Teilflächen können mit der Hauptachse geprägt werden. Dabei kommen Werkzeugkonzepte mit Kavitätenringen zum Einsatz. Die Auftreibkräfte werden bei dieser Konstruktion von dem hydraulisch beziehungsweise mit Federkraft abgestützten Rahmen aufgenommen. Die ma-





**Bild 4.** Aufgrund der Kinematik des Kniehebels ist der Aufbau der Prägekraft bei elektrischen Schließeinheiten erst gegen Ende des Schließwegs möglich

here Prozesskontrolle als mithilfe von Kernzugfunktionen. Dabei ist die erzielbare Qualität in Bezug auf die Reproduzierbarkeit des Prozesses maßgeblich von der Reproduzierbarkeit der Achsbewegungen abhängig.

**Bauarten der Schließeinheit**

Die verschiedenen Bauarten der Schließeinheiten haben unterschiedliche Vorteile hinsichtlich des Prägeprozesses. Vollhydraulische Schließeinheiten ermöglichen Prägewege, die maximal dem Verfahrensweg der Schließeinheit entsprechen. Sie können in jeder Wegposition bei einer wirkenden Gegenkraft die maximale Prägekraft zur Verfügung stellen, die in der Regel auch

imal möglichen Abstützkkräfte, die auf den Kavitätenring wirken, sind im Vergleich zur Zuhaltekraft deutlich geringer. Das Prozessfenster ist daher beim Prägen von Teilflächen über die Hauptachse sehr eingeschränkt.

Vollständig geschlossen ist das Werkzeug während des Nebenachsenprägens (ebenfalls Bild 2). Das Kavitätsvolumen wird hier über bewegliche Bereiche (Stempel) innerhalb der Kavität verändert. Kernfunktionen steuern hydraulisch die Stempel an. Die Nutzung der Auswerfermechanik der Spritzgießmaschine für den Prägeprozess ist ebenfalls möglich. Das Nebenachsenprägen eignet sich besonders für Teilflächen, da die auftretenden Auftreibkräfte, die in den nichtgeprägten Bereichen wirken, von der Ma-

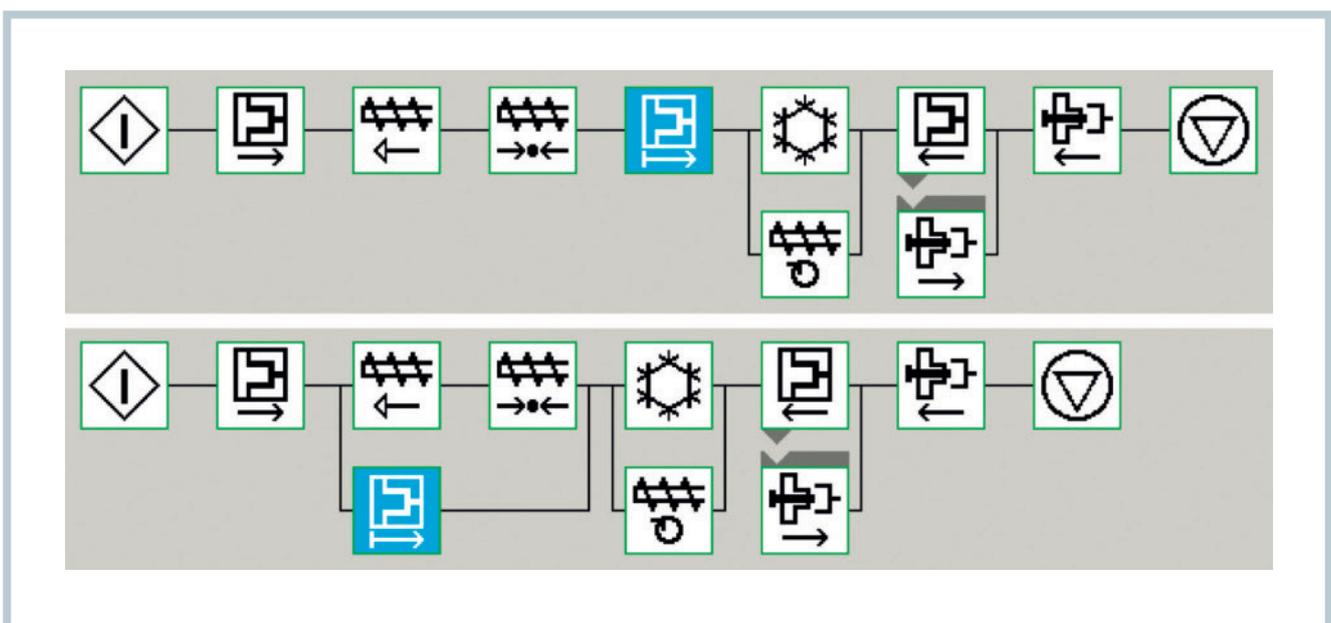
Prägeachse	Hauptachse
	Nebenachse
	Kombination Haupt- und Nebenachse
Prägerichtung	Schließprägen
	Öffnungsprägen
	Kombination Öffnungs- und Schließprägen
Zeitlicher Verlauf	sequenziell
	simultan

**Tabelle.** In der Übersicht sind die Verfahrensvarianten beim Spritzprägen dargestellt

schinenzuhaltekraft aufgenommen werden.

Prägen über die Schließeinheit hat gegenüber zu Prägestempeln im Werkzeug den Vorteil wesentlich höherer Kraftreserven. Zudem ergibt sich durch die Messsysteme der Schließeinheit eine hö-

her maximalen Zuhaltekraft entspricht (Bild 3). Zudem sind diese Schließeinheiten mit Längenmesssystemen ausgerüstet, die üblicherweise eine Messauflösung von 0,1 mm aufweisen und somit eine Prägepositionsgenauigkeit im Zehntel-Millimeter-Bereich garantieren.



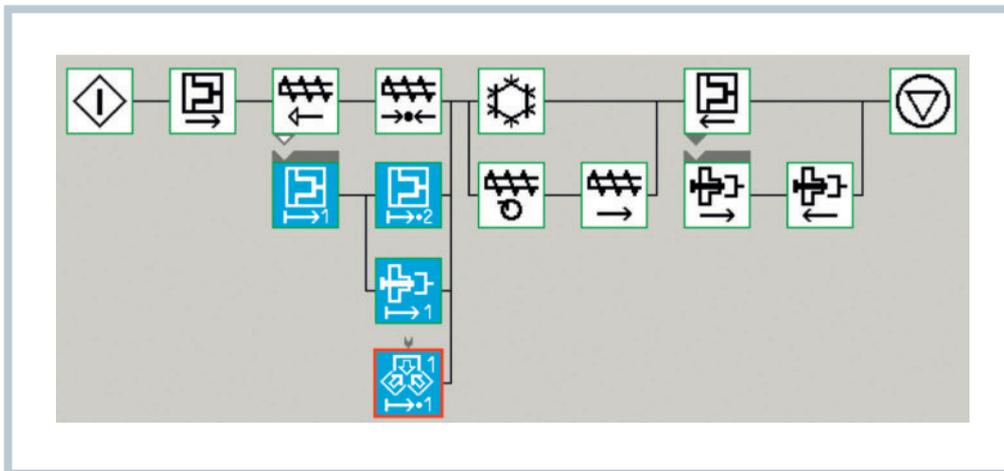
**Bild 5.** Ein Anwendungsbeispiel für das sequenzielle Schließprägen mit der Hauptachse (Ablauf oben) ist die Herstellung dickwandiger Brillenglasrohlinge; beim simultanen schneckenwegabhängigen Schließprägen mit der Hauptachse (Ablauf unten) findet der Prägeprozess gleichzeitig zum Formfüllvorgang statt, wobei der Prozess selbst durch das Erreichen einer programmierten Schneckenposition gestartet wird

Bei den nach dem Kniehebelprinzip aufgebauten elektrischen Schließeinheiten sind Schließkraft und Bewegungsgeschwindigkeit bedingt durch die Kniehebelkinematik immer vom Öffnungshub abhängig (Bild 4). Die volle Schließkraft wird erst bei verriegeltem Kniehebel erreicht. Hohe Prägekräfte können so-

tretenden Druckaufbauzeiten hier komplett entfallen. Auch werden Positioniergenauigkeiten im Bereich von deutlich unter einem Hundertstel Millimeter erreicht. Die Reproduzierbarkeit ist durch die lagegeregelten Antriebssysteme ebenfalls deutlich höher als bei vollhydraulischen Konzepten.

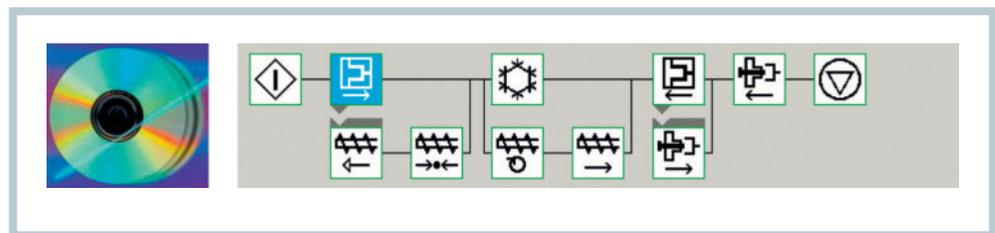
der Prägeachse, Prägerichtung und zeitlicher Verlauf (Tabelle).

Das erste Differenzierungsmerkmal ist die eingesetzte Werkzeugtechnik, die die maschinenseitig erforderlichen Prägeachsen bestimmt. Neben der klaren Unterscheidung zwischen Haupt- und Nebenachsenprägen ist auch ein kombiniertes



**Bild 6.** Die Selogica-Maschinensteuerung ermöglicht die freie und individuelle Programmierung des benötigten Prägeablaufs: mehrstufig, wiederholend, simultan, mit Hauptachse und/oder Nebenachse sowie kombiniert kraftgeregelt und geschwindigkeitsgeregelt

**Bild 7.** Ein Anwendungsbeispiel für das fliegende Einspritzen ist das Herstellen von CDs



mit nur bei kurzen Prägewegen realisiert werden.

Teilweise müssen elektrisch angetriebene Maschinen mit großer dimensionierten Antriebsmotoren ausgestattet werden, um adäquate Prägekräfte zu erreichen. Realisierbare Prägewege bewegen sich bei elektrisch angetriebenen Schließeinheiten typischerweise im Bereich von 1 mm. Reaktionsschnelligkeit und Prägeschwindigkeit sind jedoch vergleichsweise hoch, da die bei der Hydraulik auf-

Hydraulische Schließeinheiten kommen hauptsächlich bei größeren Prägewegen zwischen 1 und 10 mm zum Einsatz. Bei diesen Anwendungen ist im Allgemeinen die erreichbare Genauigkeit für das Positionieren ausreichend. Bei Anwendungen mit Prägewegen im Bereich von 1 mm sind elektrisch angetriebene Kniehebelsysteme betreffend Reaktionszeit, Geschwindigkeit, Positionsgenauigkeit und Wiederholgenauigkeit jedoch unschlagbar. Für die Herstellung optischer Bauteile schließen sich die Antriebssysteme allerdings nicht gegenseitig aus, sondern ergänzen sich je nach Anwendung.

Verfahren denkbar, wenn sich das Werkzeugkonzept realisieren lässt. Der zweite Freiheitsgrad ist die Prägerichtung. Abhängig davon, ob das Kavitätswolumen während des Prozesses vergrößert oder verkleinert wird, kann von Öffnungs- oder Schließprägen gesprochen werden. Der zeitliche Verlauf steht in Relation zum Füllen der Kavität, das heißt relativ zur Schneckenbewegung.

Beim sequenziellen Verlauf erfolgen das Anfahren der Prägeposition, das Einbringen der Schmelze in die Kavität und der Prägevorgang sequenziell nacheinander (Bild 5 oben). Im Gegensatz dazu gehen beim simultanen Prägen diese Verfahrensschritte ineinander über (Bild 5 unten). Das simultane Prägen hat bezüglich der Formfüllung den entscheidenden Vorteil, dass die Schmelzefront nicht zum Stillstand kommt und somit die Gefahr von Fließmarkierungen reduziert wird.

Abhängig von Werkzeug, Bauteil, Prozess und vorhandener Sensorik kann die Startbedingung zum Einleiten des Prägevorgangs individuell gewählt werden. Folgende Startbedingungen stehen in einer

**i** Artikelserie

Glas wird in der Optik zunehmend durch Kunststoff substituiert. Die Funktionsteile entsprechen jedoch mit ihren unterschiedlichen Wanddicken nicht den kunststoffspezifischen Gestaltungsrichtlinien. Neben Kenntnissen in Verfahrenstechnik und Werkzeugbau ist für die Fertigung das Wissen in Optik und Messtechnik maßgeblich. Der erste Teil dieser Artikelserie, „Optische Teile (1): Für den richtigen Durchblick“, erschien in der **Kunststoffe** 10/2009 auf S. 72–76.

**Verfahrensvarianten im Spritzprägen**

Die grundlegenden Randbedingungen für das Spritzprägen werden durch die Werkzeugkonzepte und die Maschinenteknik bestimmt, wobei sich die zahlreichen Varianten des Prozesses durch die Möglichkeiten der Antriebstechnik und der Maschinensteuerung ergeben. Die Verfahrensvarianten sind generell durch drei Freiheitsgrade gekennzeichnet: Art



modernen Maschinensteuerung zur Verfügung:

- verzögerungszeitabhängig,
- schneckenpositionsabhängig,
- spritzdruckabhängig,
- werkzeuginnendruckabhängig,
- werkzeugwandtemperaturabhängig und
- abhängig von einem beliebigen externen Signal.

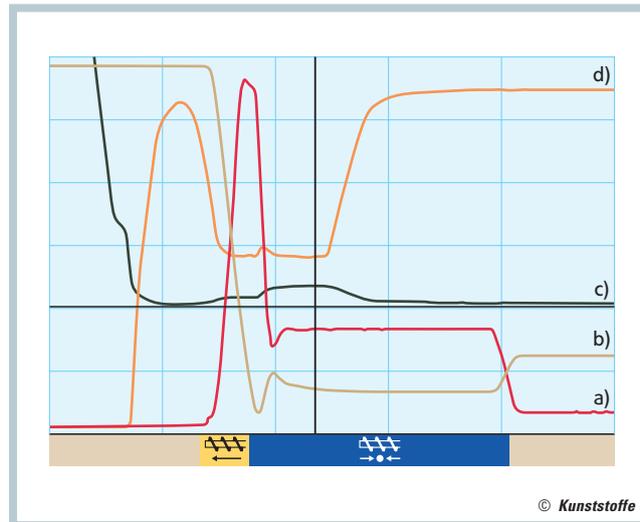
## Universelles Prägen

Die Selogica-Maschinensteuerung der Arburg GmbH + Co KG, Loßburg, ermöglicht dem Anwender, den benötigten Prägeablauf frei und individuell zu programmieren (Bild 6). Haupt- und Nebenachsen lassen sich dabei in einem Ablauf einsetzen. Universell wird das Prägen jedoch erst durch die zusätzliche Kombination mit der kraft- und geschwindigkeitsgeregelten Programmierung. Dadurch werden die heute bekannten und realisierten Spezialfälle dem Anwender in einer übersichtlichen, logischen und damit einfach zu konfigurierenden Ablaufsteuerung zugänglich, ohne immer wieder einzelne Spezialverfahren zu benötigen.

Ein Beispiel für eine Prägeanwendung ist die Herstellung spannungsarmer, formgetreuer dickwandiger Brillenglasrohlinge für die ophthalmische Industrie, bei der sequenziell über die Hauptachse geprägt wird. Zum Einsatz kommt ein Werkzeug mit Prägerahmen. Dieses wird bis auf einen definierten Spalt geschlossen. Die Schnecke bringt die Schmelze mit niedrigem Druck ein und fährt dabei in die vordere Endlage. Mit dem Schließen des Werkzeugs (Prägen) verteilt sich die Schmelze in der Kavität. Die verwendete Form ist mit schnell wechselbaren Werkzeugformeinsätzen ausgestattet. Durch Variieren des Prägespalts lässt sich die Dicke der Linse einstellen. Bezüglich der Antriebstechnik sind bei diesem Verfahren keine zeitgleichen Bewegungen von Schließeinheit und Schnecke notwendig.

## Fliegend einspritzen und aktiv atmen

Das sogenannte fliegende Einspritzen als Sonderverfahren erfordert nicht zwingend ein Prägewerkzeug. In seinen Grundzügen ist das Verfahren ein simultanes schneckenwegabhängiges Schließprägen mit der Hauptachse. Das Werkzeug schließt sich und abhängig vom Weg wird noch während des Schließvorgangs die Schneckenbewegung, also der Einspritzprozess, gestartet. Eingesetzt werden kann das Ver-



**Bild 8. Ein möglicher Prozessverlauf beim aktiven Atmen:**  
a) Einspritzdruck,  
b) Schneckenweg,  
c) Werkzeugweg und  
d) Zuhaltekraft

fahren bei symmetrischen, zentral angespritzten flachen Bauteilen (Bild 7). Der Spritzdruckbedarf in der Einlaufphase wird reduziert und die Schmelzeverteilung durch den Formschießvorgang unterstützt. Das Verfahren findet bei dünnwandigen Bauteilen mit hohen Fließweg-Wanddicken-Verhältnissen Anwendung, um die Formfüllung und die Teilequalität zu beeinflussen. Zudem kann es bei konventionellen, schnelllaufenden Prozessen die Zykluszeit weiter reduzieren, da die Freigabe zum Einspritzen noch bei geöffnetem Werkzeug erfolgt. Die Maschine muss in beiden Fällen so ausgerüstet sein, dass sich Schließ- und Spritzeinheit zeitgleich bewegen können.

Ein weiteres Sonderverfahren ist das sogenannte aktive Werkzeugatmen, das bei konventionellen Spritzgießwerkzeugen mit flacher Bauteilgeometrie angewendet wird. In den Grundzügen handelt es sich um ein simultanes Öffnungs-/Schließprägen mit der Hauptachse.

Während der Formfüllphase wird der Zuhaltdruck der Schließeinheit über ein mehrstufig programmierbares Zuhalteprofil kontrolliert reduziert (Bild 8). Dem Werkzeug wird dadurch ein kontrolliertes Atmen im Bereich von wenigen Hundertstel Millimetern ermöglicht. Das Bauteil hat keine Überspritzungen, da die Randschicht der Spritzteile bereits abkühlt ist. In der Nachdruckphase wird die Zuhaltekraft wieder erhöht. Ergebnis ist ein minimaler Prägehub, bei dem der Druck flächig auf das Bauteil wirkt. Dadurch kann speziell bei transparenten, flachen Bauteilen die Doppelbrechung reduziert und die Ebenheit der Bauteile erhöht werden. Die inneren Spannungen werden ebenfalls minimiert, was sich bei der späteren galvanischen Beschichtung der Bauteile positiv auswirkt (Titelbild).

## Fazit

Für das Spritzprägen sollten generell nur Spritzgießmaschinen mit hoher Positioniergenauigkeit und sehr guter Reproduzierbarkeit zum Einsatz kommen. Die Auswahl der Prägetechnik erfolgt in Anlehnung an Konzeptionierung und Auslegung des Werkzeugs. Dabei können je nach Applikation sowohl hydraulische als auch elektrische Maschinen eingesetzt werden. Die Selogica-Steuerung aller Arburg-Spritzgießmaschinen ist heute bereits für herausfordernde Prägewerkzeugkonzepte konzipiert und ermöglicht damit ein „universelles“ Prägen. Mit ihrer Ablaufsteuerung lassen sich Prägeabläufe einfach, übersichtlich und logisch programmieren. ■

## DIE AUTOREN

DR.-ING. THOMAS WALTHER, geb. 1969, ist Abteilungsleiter der Anwendungstechnik bei Arburg GmbH + Co KG, Loßburg.

DIPL.-ING. (FH) ROLF-UWE MÜLLER, geb. 1961, ist bei Arburg in der anwendungstechnischen Beratung mit Schwerpunkt Optik tätig.

## SUMMARY LIMITLESS COINING

OPTICAL PARTS (2). There are a number of reasons for producing optical components by injection coining: complex requirements on the parts themselves, high-grade volume production, high output and, in essence, the profitability of the process. Various process versions are available to predictably fulfill such requirements. The correct machine and mold technology will ensure trouble-free operation.

Read the complete article in our magazine

*Kunststoffe international* and on

[www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)