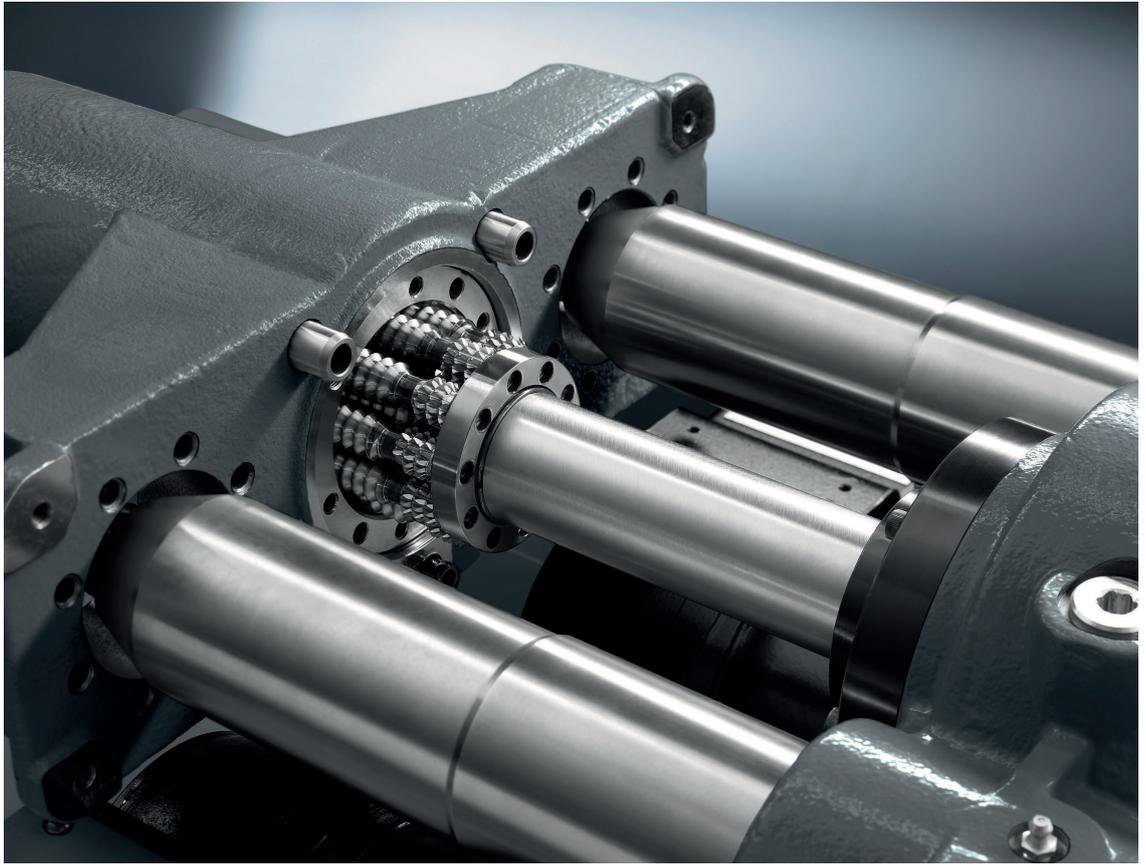


Direktantriebe wie z. B. Planetenrollengewindetriebe sind sehr präzise und langlebig

© Arburg



## Eine Frage der Klasse

*Wie Vorschubgeschwindigkeit, Einspritzvolumen und Füllzeit mit der Leistungsfähigkeit von Spritzeinheiten korrelieren*

Welche Spritzgießmaschine ist für welche Anwendung die richtige? Ist schnell auch leistungsfähig – und zu welchem Preis? Wer diese Fragen durch Vergleich von Prospektaten lösen will, wird enttäuscht. Denn verschiedene Hersteller messen zum Teil unter unterschiedlichen Bedingungen und geben Kenngrößen an, die nicht miteinander vergleichbar sind. Neben Einspritzvolumen und -geschwindigkeit sind zudem Füllzeit und Bauteilgewicht maßgebende Faktoren bei der Maschinenwahl. Im Folgenden wird dargestellt, warum Leistung nicht gleich Leistung ist, aber Physik immer Physik bleibt.

**W**as mit dieser zugespitzten Gegenüberstellung gemeint ist, lässt sich am Beispiel eines Autofahrers veranschaulichen: Angenommen, er möchte über die Alpen in Urlaub fahren. Zur Verfügung stehen ein kräftiger SUV, ein sportliches Cabrio sowie ein Tandem-Anhänger. Beide Fahrzeuge haben in etwa die gleiche Leistung von 250 kW, also rund 350 PS. Welches der beiden Fahrzeuge

fährt entspannt über die Alpen zum Zielort und mit welchem macht es mehr Spaß, dort flott über verschiedene Pässe zu cruisen? Soll der Fahrer den SUV auf den Anhänger laden und mit dem Sportwagen zum Ziel fahren – oder doch eher anders herum und dann mit dem Cabrio die kurvige Landschaft genießen? Diese Entscheidung wird wohl jeder intuitiv gleich treffen.

Überträgt man diese Analogie auf die urformende Prozesswelt des Spritzgießens, sind aktuell die Antworten nicht so eindeutig. Ein Grund ist der Wandel der Antriebstechnik und der Anbieter, die zunehmend aus der Branche der Werkzeugmaschinen kommen. So wird die Einspritzgeschwindigkeit für die Spritzachse einmal linear in mm/s und ein anderes Mal volumetrisch in  $\text{cm}^3/\text{s}$  angegeben.

**Bild 1.** Typisch für schnelllaufende Anwendungen mit kurzen Einspritzzeiten sind Dünnwandartikel wie Rundbecher, hier mit einem 4-fach-Testwerkzeug

© Arburg



Weitere klassische Prospektdaten beziehen sich auf den Schneckendurchmesser, das Schussvolumen und den Spritzdruck. Anerkannt fundierte Werte sind solche, die real unter Vollast bei 2000 bar Gegen- druck und 1 D Schneckenhub erreicht werden. Auf diese mechanische Belastung sind auch die meisten (europäischen) Werkzeuge und Schnecken angepasst.

### Prospektdaten für den Maschinenvergleich

Weniger aussagekräftig sind Fußnoten in den technischen Datenblättern, in denen „theoretische“ Leerlaufgeschwindigkeiten ohne den Faktor Druck oder mit beschränkten Nachdruckzeiten genannt werden. Ob solche theoretischen Werte im Prospekt oder auf dem Bildschirm der Steuerung tatsächlich ausreichen, um mit der Maschine im realen Prozess die gewünschten Einspritzzeiten zu realisieren, lässt sich daraus nicht erschließen. So bedeutet z. B. eine „theoretische“ Leerlaufgeschwindigkeit von 1000 mm/s lediglich: Der Motor kann laut Datenblatt so schnell drehen, dass die angegebene Geschwindigkeit über den gesamten Schneckenweg theoretisch erreicht wird – jedoch ohne Berücksichtigung des Gegendrucks im Werkzeug, in das der Kunststoff ja nicht „freiwillig“ fließt. Je schneller eingespritzt wird, desto höher ist der Gegendruck und somit der erforderliche Druck für das Einspritzen. Zudem kann natürlich nicht mit voller Geschwindigkeit in den Nachdruck gefahren werden, weil das Werkzeug ohne Abbremsen unweigerlich völlig überladen würde. Im realen Prozess wird dieser Wert daher niemals erreicht.

### Hydraulische versus elektrische Spritzeinheiten

Moderne hydraulische Spritzeinheiten benötigen einen nur wenig überlagerten Systemdruck, um den vollen Spritzdruck (2000 bar) bei maximal programmierter Geschwindigkeit zu erreichen. Zumindest sind aktuelle Datenblätter hydraulischer Spritzeinheiten so ausgelegt. Für schnelles und präzises Einspritzen sind hydraulisch angetriebene Spritzeinheiten in der

Regel mit einem Servoventil ausgestattet und unterscheiden sich praktisch nicht in der Dynamik.

Während hier auf gespeicherte Energie und hohe Spitzenleistung zurückgegriffen werden kann, wird die erforderliche Leistung bei elektrischen Antrieben der Spritzachse und Schnecken spitze immer direkt aus dem Netz bereitgestellt. Zudem spielt bei marktüblichen hydraulischen Spritzeinheiten die träge Masse der Konstruktion im Gegensatz zu elektromechanischen Lösungen quasi keine Rolle.

Bei elektromechanischen Systemen kommt die Eigentragheit als weiterer entscheidender Faktor hinzu. Diese muss überwunden werden, um die Antriebskomponenten Spindel bzw. Getriebe und Servomotor auf die geforderte Endgeschwindigkeit zu beschleunigen. Dazu sind in der Regel mindestens 50% der installierten Antriebskraft und des verfügbaren Drehmoments aufzuwenden. Die Dynamik hängt bei servoelektrischen Direktantrieben stark von der konstruktiven mechanischen Ausführung ab. Arburg entwickelt und fertigt für seine Maschinen der Baureihen Alldrive und Hi- »

**BERNEX** 

**Schnecken + Zylinder**  
Lösungen für Ihren Erfolg

[www.bernexgroup.com](http://www.bernexgroup.com)

**BERNEX**  
**Schnecken**  
Verschleisschutz der  
Spitzenklasse

**Fakuma**  


12. – 16.10.2021  
Halle B3  
Stand B3-3004

Bernex Bimetall AG Winznauerstrasse 101 CH-4632 Trimbach Switzerland

**Bild 2.** Je kleiner die Schnecke, desto höhere Vorschubgeschwindigkeiten [mm/s] sind erforderlich, um das gleiche Volumen an flüssiger Kunststoffschmelze [cm<sup>3</sup>/s] einzuspritzen © Arburg



drive eigene Planetenrollengewindetriebe, die besonders laststeif und langlebig sind (**Titelbild**).

Ohne sich in technischen Details zu verlieren, spielen bei elektrischen Spritzeinheiten die mechanische Ausführung und das Konstruktionsprinzip und somit die Zielauslegung eine große Rolle. Die damit erreichbare Dynamik und Spitzenleistung beeinflusst wesentlich den Maschinenpreis und die technischen Möglichkeiten im Spritzgießprozess. Oder um bei der anfangs genannten Analogie zu bleiben: Ein 800-kg-Sportwagen, der einen Anhänger samt 2,5 t schwerem SUV in Bewegung bringen muss, beschleunigt nicht mehr in 3 s von 0 auf 100 km/h. Falls er ihn bei einer Steigung von 15 % überhaupt noch ziehen kann, ohne dass die Räder durchdrehen.

### *Alle guten Dinge sind drei – verschiedene Leistungsklassen*

Auf Basis der Füllzeit kann man die Anwendungen und dafür geeignete Spritzgießmaschinen aktuell grob in drei Klassen einteilen (**Tabelle 1**). Der Großteil aller Anwendungen sind technische Spritzgussteile mit einer Füllzeit von 0,3 s und deutlich darüber. Für diesen Bereich sind in der Regel direkt angetriebene hydraulische Standardmaschinen ausgelegt und bestens geeignet.

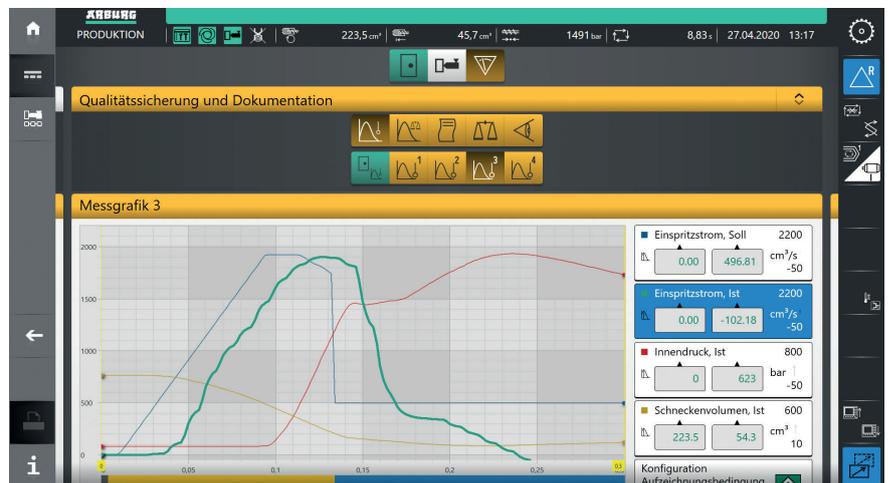
Eher eine Nische für speziell angepasste Spritzgießmaschinen, die längst nicht jeder Hersteller im Angebot hat, machen Anwendungen mit extrem kurzen Füllzeiten von unter 0,1 s aus. Dazu zählen z.B. dünnwandige Hochtemperaturbauteile aus PEEK (Polyetheretherketon) für die klassische Konsumgüter- und Elektronikbranche. Ein Beispiel sind Ladestecker für Smartphones.

Klassische Anwendungen mit Füllzeiten von ca. 0,1 bis 0,3 s sind hier die Verarbeitung von Polyolefinen zu dünnwandigen Verpackungsteilen wie Bechern (**Bild 1**), Eimern oder Schraubkappen mit Fließweg/Wanddicken-Verhältnissen von 100 bis 300:1. Solche Dünnwandanwendungen erfordern eine hohe Dynamik. Daher wurden in diesem Segment bislang zum großen Teil hydraulische Maschinen mit Speichertechnik eingesetzt. Der Trend geht aber auch hier zu direkt angetriebenen elektrischen oder hybriden Hochleistungsmaschinen. An dieser Stelle trennt sich die Spreu vom Weizen, denn der Begriff „Hochleistung“ ist dehnbar und relativ.

Die erreichbare Einspritzgeschwindigkeit in mm/s ist eine der charakteristischen Kennzahlen für die technische Leistungsfähigkeit einer Spritzgießmaschine. Die Betrachtung in mm/s kommt eigentlich aus der Branche der Werkzeugmaschinen, wo die lineare Vorschubgeschwindigkeit einer Achse beschrieben wird. In der Dimension km/h ist dieser Ansatz zwar eine geeignete SI-Einheit für die maximal erreichbare Fahrgeschwindigkeit eines Kraftfahrzeugs, jedoch nicht für das Einspritzen. Hier verhält es sich grundlegend anders. Denn die Spritzeinheit der Maschine füllt nicht in Millimetern, sondern spritzt ein Volumen in Form einer fluiden Kunststoffmasse in die Kavitäten des Werkzeugs ein. Hier kommt die Schneckenlänge ins Spiel (**Bild 2**).

### *Dreidimensional gedacht: Einflussfaktor Schneckenlänge*

Ein und dieselbe Spritzgießmaschine kann mit verschiedenen Schnecken ausgestattet werden. Bei gleicher Vorschubgeschwindigkeit ergeben sich damit pro Zeiteinheit verschiedene Volumenströme, bis das erforderliche Volumen eingespritzt ist. Hinzu kommt, dass in Europa die Durchmesser üblicherweise in 5-mm-



**Bild 3.** Gesta-Screenshot aus einem laufenden Versuch im Arburg-Kundencenter. Bei der Herstellung von IML-fähigen 500-ml-Rundbechern aus PP wurde die Einspritzzeit auf 0,13 s (gelber Balken am unteren Bildrand) optimiert © Arburg

Anwendungen	Füllzeit (1 D)	Typisches Material
Technische Spritzgussteile, dickwandige Bauteile	> 0,3 s	PA 12, PBT
Dünnwandige Bauteile	0,1 – 0,3 s	PP, PE
Spezialanwendungen	< 0,1 s	PEEK

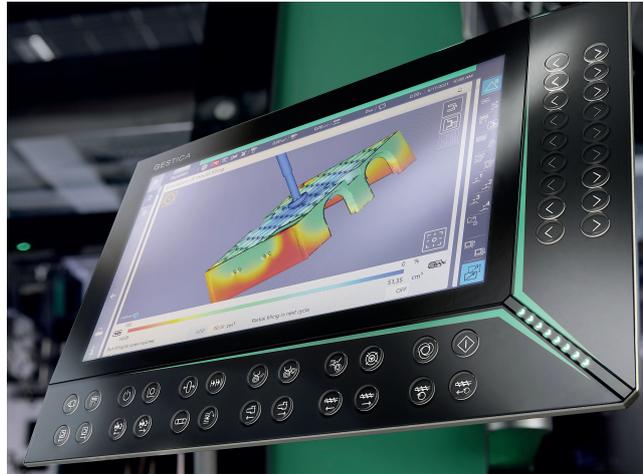
**Tabelle 1.** Die Füllzeit für dünnwandige Bauteile beträgt in der Regel rund 0,1 bis 0,3 s Quelle: Arburg

Schritten abgestuft werden, also 25, 30, 35 mm etc. betragen. Andere Hersteller bevorzugen eine Normreihe mit Durchmessern von z.B. 28, 32 und 46 mm. Ein direkter Vergleich, in Bezug auf die Prozessfähigkeit, allein auf Basis der Vorschubgeschwindigkeit ist daher nicht zielführend.

**Kenngröße Füllzeit**

Relevant für die jeweilige Praxisanwendung ist letztendlich das pro Zeiteinheit einspritzbare Volumen an Kunststoffmasse, also die Zeit, in der der „Kuchen gebacken“ wird, bevor das Material fest wird. Dieser Füllvorgang wird charakterisiert durch die Füllzeit, auf der auch Füllsimulationen beruhen. Die relevante Größe ist somit das Einspritzvolumen pro Zeiteinheit, der sogenannte Einspritzvolumenstrom (Q). Bereits seit der Entwicklung der ersten Bildschirmsteuerungen Ende der 1970er-Jahre gibt Arburg die zugehörige spritzgieß-physikalische Einheit als Einspritzvolumenstrom in cm<sup>3</sup>/s an und prägt diese seit Jahrzehnten als Datenblatt-Kennwert. Ein Meilenstein in neuerer Zeit war 2016 die Einführung der Gestica-Steuerung (Bild 3). In diese können auch die Daten einer Füllsimulation übernommen werden. Mithilfe der Funktion „aXw Control FillAssist“ wird eine Füllsimulation direkt auf dem Bildschirm möglich (Bild 4).

Die meisten Maschinen können mit einem maximalen Schneckenhub von 3,5 bis 4,5D arbeiten, der aber nur für dickwandige Bauteile und für Füllzeiten im Sekundenbereich relevant ist. Vor allem im Dünnwandbereich ist bei gängigen Drei-Zonen-Schnecken und brauchbarer Durchsatzauslegung in der Regel rund 1D



**Bild 4.** Visualisierung einer Füllsimulation auf der Maschinensteuerung. Der farbige Balken unten kennzeichnet das Einspritzvolumen  
© Arburg

Schneckenhub als Spritzvolumen nutzbar. Die sogenannte Füllzeit, die im Spritzgießprozess mit 1 D Schneckenhub erreicht wird, ist daher ungeachtet der Fülle an Materialien und Breite der Teilespektren ein gutes Klassifizierungsmerkmal. In dieser Zeit muss die Spritzeinheit mehr als 95% der flüssigen Kunststoffmasse in das Werkzeug eingespritzt haben.

Für den Füllvorgang ist bei der gegebenen Spritzeinheit und Maschine ausschlaggebend, wie viel Massevolumen in der zur Verfügung stehenden Füllzeit im Werkzeug ankommt. Ein Grund mehr, in kunststoffgerechten Datenblättern den Einspritzvolumenstrom in cm<sup>3</sup>/s anstatt die Vorschubgeschwindigkeit in mm/s anzugeben. Dieser Wert ist also normiert mit dem zugehörigen Schneckendurchmesser und lässt sich für ein gewünschtes Kunststoffteil einfach im Kopf berechnen: Angenommen, die Dichte beträgt 1 g/cm<sup>3</sup>, das Teilevolumen 50 cm<sup>3</sup> und die geforderte Füllzeit 0,1 s. Daraus ergibt sich zunächst ein Einspritzvolumenstrom von mindestens 500 cm<sup>3</sup>/s. Bei elektri-

schen Antrieben, die mit nicht unerheblichen trägen Massen beschleunigt und aktiv abgebremst werden müssen, ist dieser Wert mit dem Faktor 2 zu multiplizieren (Dreiecksbetrieb). In diesem Fall sollte also der für diese Anwendung geeignete Wert im Datenblatt – ohne Fußnote – rund 1000 cm<sup>3</sup>/s betragen.

**Einspritzvolumenstrom versus Vorschubgeschwindigkeit**

Für alle, bei denen der Physikunterricht der zehnten Klasse schon lange zurückliegt: Bei gegebener Vorschubgeschwindigkeit und gegebenem Schneckendurchmesser (umgerechnet in cm) lässt sich der Einspritzvolumenstrom (Bild 5) wie folgt berechnen:

$$Q = \pi \cdot \frac{1}{4} D^2 \cdot v$$

mit

Q = Einspritzvolumenstrom [cm<sup>3</sup>/s];

π ≈ 3,14;

D = Durchmesser [cm];

v = Geschwindigkeit [cm/s]

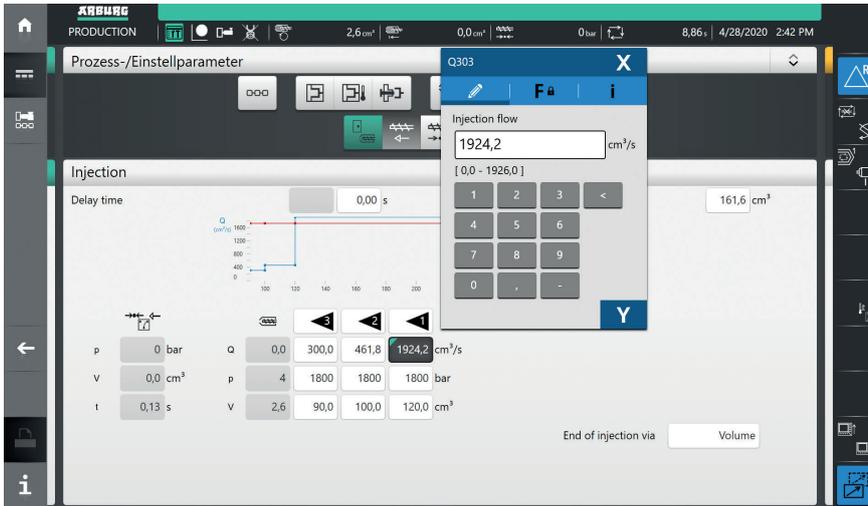


Bei MAP erhalten Sie feine Technik zu fairen Preisen - wie z.B. unseren **Chargenmischer WBH** mit kundenspezifischer Konfiguration und bis zu 10.000 Litern Fassungsvermögen.



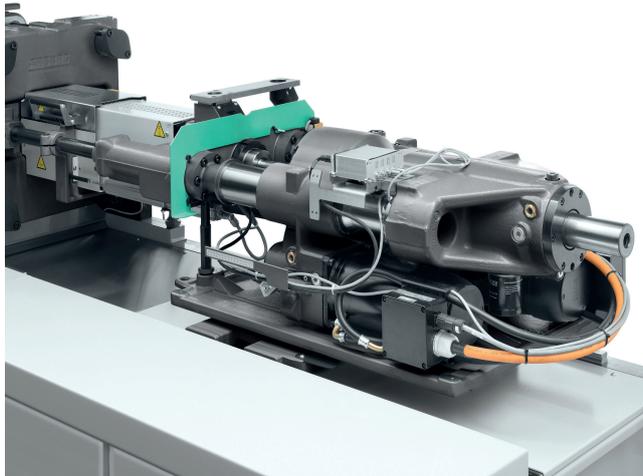
Mehr Informationen auf [www.mapgmbh.com](http://www.mapgmbh.com)

Lagermischer auf [www.mischerboerse.de](http://www.mischerboerse.de)



**Bild 5.** Gestic-Screenshot für das Setting der Prozessparameter. Der Sollwert für den Einspritzvolumenstrom beträgt hier 1924,2 cm<sup>3</sup>/s, der max. Sollwert für den Druck 1800 bar © Arburg

**Bild 6.** Servoelektrische Antriebe, wie hier in einer Spritzeinheit der Größe 290 verbaut, arbeiten sehr effizient. Die Peak-Leistung für dynamische Anwendungen steigt mit der Größe der Spritzeinheit überproportional © Arburg



Beträgt die Vorschubgeschwindigkeit z.B. 200 mm/s (20 cm/s), ergeben sich, für Schnecken mit Durchmessern von 35 mm und 28 mm, folgende Einspritzvolumenströme:

- 35 mm:  $3,14 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3,5^2 \text{ cm}^2 \cdot 20 \text{ cm/s} = 192,33 \text{ cm}^3/\text{s}$
- 28 mm:  $3,14 \cdot \frac{1}{4} \cdot 2,8^2 \text{ cm}^2 \cdot 20 \text{ cm/s} = 123,09 \text{ cm}^3/\text{s}$

Um mit einer 28-mm-Schnecke ebenfalls einen Einspritzvolumenstrom von 192 cm<sup>3</sup>/s zu erzielen, müsste die Vorschubgeschwindigkeit also statt 200 mm/s dann 313 mm/s betragen – rund das 1,5-fache im Vergleich zur 35-mm-Schnecke. Fazit: Je kleiner die Schnecke, desto höhere Vorschubgeschwindigkeiten [mm/s] sind erforderlich, um das gleiche Volumen an flüssiger Kunststoffschmelze [cm<sup>3</sup>/s] einzuspritzen.

Um abzuschätzen, welche Spritzeinheit zur jeweiligen Anwendung passt, sollten die Füllzeit, das Teile- bzw. Schuss-

gewicht und gegebenenfalls die Materialdichte bekannt sein. Fast jeder Spritzgießer hat daher eine kleine Federwaage in der Tasche. Denn im Gegensatz zum spezifischen Gewicht der Kunststoffschmelze lässt sich das tatsächliche Gewicht des ausgehärteten Bauteils leicht bestimmen. Mit einer Faustformel kann dieses bei einer Dichte von 1 g/cm<sup>3</sup> (z.B. für Polyolefine) gleichgesetzt werden mit dem zu spritzenden Volumen, um grob die Eignung nach Datenblatt abzuschätzen (die exakte Rechnung nach PVT-Diagramm übernimmt in modernen Maschinen die Steuerung).

### Die Auswahl der passenden Spritzeinheit

Auch hierzu wieder ein einfaches Rechenbeispiel: Angenommen, ein zu fertigendes Kugelschreibergehäuse wiegt 5 g. Dieses Bauteilgewicht ist mit der Anzahl

der Kavitäten (z.B. 8) zu multiplizieren und das Angussgewicht (z.B. 30 g) zu addieren. Im Beispielfall ergibt dies ein Schussgewicht von 70 g. Aus einer Füllzeit von 0,5 s ergibt sich ein Einspritzvolumenstrom von rund 70 cm<sup>3</sup> in 0,5 s, was für elektrische Antriebe nach oben genannter Faustregel rund  $2 \cdot 70/0,5 = 280 \text{ cm}^3/\text{s}$  entspricht.

Nun lässt sich im technischen Datenblatt einfach ablesen, welche Spritzeinheit bei 1 D Schneckenhub ein Schussvolumen von 70 cm<sup>3</sup> und einen Einspritzvolumenstrom von mindestens 280 cm<sup>3</sup>/s erzielt. Auf diese Weise kann unkompliziert die passende Spritzeinheit ermittelt werden. Sind im Prospekt statt Einspritzströmen Geschwindigkeiten in mm/s angegeben, bleibt der Griff zum Taschenrechner nicht erspart.

### Euromap: Genormte Spritzeinheit-Größen

Als Quasi-Datenblattstandard hat sich die nach Euromap 1 vorgeschlagene Bezeichnung für Spritzeinheiten durchgesetzt. Diese ist das Produkt aus maximalem Hubvolumen in cm<sup>3</sup> und maximalem Spritzdruck in kbar. Mit dieser Klassifikationszahl erfolgen dann auch Preis-Leistungsvergleiche. Beispiel: Eine Spritzeinheit 800 nach Euromap hat in vielen Fällen einen Schneckendurchmesser von 50 mm, einen Hub von 200 mm und einen maximalen Spritzdruck von 2000 bar.

Da für elektrische Antriebe Hub kosteneffizienter zu realisieren ist als Kraft, setzen verschiedene Hersteller bei gegebener Euromap-Kennzahl kleinere Schneckendurchmesser ein. Dies hat zur Konsequenz, dass entsprechend der quadratischen Flächenübersetzung mehr Hub, ein größeres L/D-Verhältnis und entsprechend höhere Vorschubgeschwindigkeiten realisiert werden müssen, um für ein bestimmtes Einspritzvolumen und eine bestimmte Füllzeit das gleiche Teil im Werkzeug zu erhalten.

Für eine Dünnwandanwendung mit beispielsweise einem Schussvolumen von 100 cm<sup>3</sup> (ca. 1 D Hub) und 0,2 s Füllzeit errechnet sich im Dreiecksbetrieb ein Volumenstrom von max. 1000 cm<sup>3</sup>/s. Mit einer 50-mm-Schnecke würde entsprechend eine Vorschubgeschwindigkeit von 510 mm/s erreicht, bei 45 mm Durchmesser sind es dagegen 630 mm/s. Diese rund 23% mehr sehen im Datenblatt

zwar besser aus, prozesstechnisch ist jedoch beides identisch.

### Spitzenleistung an der Schneckenspitze

Leider hat sich die in der Euromap 4 spezifizierte effektive Leistungskennzeichnung für Spritzeinheiten in den Datenblatt-Angaben nicht durchgesetzt, denn die real fahrbare Spitzenleistung an der Schnecke wäre zumindest bei direkt angetriebenen Spritzeinheiten eine Kenngröße, die sich auch im Preis wiederfände. Für die Leistung gilt:

$$L = P/10 \cdot Q$$

mit

L = Leistung [W];

P = Druck [bar];

Q = Einspritzvolumenstrom [cm<sup>3</sup>/s]

Im oben genannten Beispiel sind das unabhängig vom Schneckendurchmesser 200 kW. Um diese Spitzenleistung an der Schneckenspitze zu erbringen, muss das ganze System zunächst beschleunigen. Wie erwähnt, spielt bei elektrischen Direktantrieben die konstruktive Ausführung eine große Rolle. Hier kommt dann wieder die Physik der zehnten Klasse ins Spiel und damit die Newtonschen Gesetze zur Massenträgheit. Zum Beschleunigen der Eigenträgheit erfordern alle heute bekannten technischen Ausführungen Zusatzkräfte, die dem 0,5- bis 1-fachen der Lastkraft entsprechen. So ist man dann bei obiger Dünnwandanwendung schnell bei 400 kW Spitzenleistung am Motor. An dieser Stelle kommt das anfangs erwähnte Urlaubsbeispiel zum Tragen und die Frage, welche Kombination wirklich Sinn ergibt.

Bei einer kleineren Schnecke und folglich auch kleinerer Fläche muss bei gleichem Druck weniger Kraft aufgebracht werden. Hinzu kommt die Frage, ob der maximale Druck auch über die gesamte Einspritzphase genutzt werden kann. Reine Dünnwand-Spritzeinheiten, die nur auf kurze Füllzeiten und Spitzenleistung ausgelegt sind, eignen sich weniger für Füllzeiten von 10 s, wie sie z.B. ein dickwandiges optisches Bauteil erfordert. Hier kämen sie durch den notwendigerweise lange aufrecht zu erhaltenden Spritz- und Nachdruck ins Schwingen oder Überhitzen – ähnlich wie das Cabrio-Gespann, das am Pass mit schleifender Kupplung im Stau steht.

Interessant ist also besonders die Frage, wie viel mechanische Leistung bei der geforderten Geschwindigkeit tatsächlich an der Schneckenspitze ankommt. Und bei Dünnwandanwendungen zudem, wie dynamisch oder statisch diese Leistung gefahren werden kann. Bei den bewährten hydraulischen Spritzeinheiten wurde über viele Jahre die Speichertechnik zusammen mit sehr trägheitsarmen Servoventilen entwickelt. Für oben genanntes Beispiel würden hier nur rund 20 kW Dauerladeleistung benötigt. Für moderne elektrische Direktantriebe gibt es zwar einige technische Versuche, die Problematik der Spitzenleistung über mechanische oder elektrische Zwischenenergiespeicher zu lösen. Wirklich durchgesetzt hat sich bis heute aber nur die Lösung, das „Versorgungsnetz“ dafür zu nutzen. Wegen diesem Mehr an Leistung kosten elektrische Antriebe richtig Geld und bewegen sich in einer ganz anderen Preisklasse. Ab einer bestimmten Dimensionierung „frisst“ zudem die Trägheit die Spitzenleistung regelrecht auf, deshalb werden die elektrischen Spritzeinheiten zumindest noch nicht in allen Größen gebaut (Bild 6).

Trotz all dieser Herausforderungen ist ein Trend zu erkennen, auch bei klassischen Dauerläufern mit Füllzeiten im Bereich von 0,1 bis 0,3 s (Verpackungsanwendungen) auf elektrische Antriebe zu setzen. Hier heißt es im übertragenen Sinne, mit einem schweren Anhänger nicht nur einen Pass zu erklimmen, sondern damit hunderttausende Kilometer zu fahren.

### Fazit

Relevant für das Einspritzen sind das Schussvolumen und die Füllzeit. Die zugehörige Kennzahl ist der Einspritzvolumenstrom in cm<sup>3</sup>/s – regulär gemessen bei 2000 bar Gegendruck. Der Einspritzvolumenstrom lässt sich aus der Anwendung einfach berechnen und per Faustregel eine geeignete Spritzeinheit nach Datenblatt auswählen. Wie elektrische Spritzeinheiten konstruktiv ausgelegt sind, steht in keinem Datenblatt. Dennoch ist auch die Frage wichtig, welche Klasse erforderlich ist. Soll die Maschine eher auf Dauerleistung oder auf Peak-Leistung ausgelegt sein? Denn beides gleichzeitig ist nicht sinnvoll.

Im Grunde verhält es sich hier wie im anfangs genannten Beispiel aus der Pkw-

Welt: Ein Sport-Cabrio und ein SUV können gleich viel PS haben, aber nur ersteres beschleunigt in weniger als 5 s von 0 auf 100 km/h. Man kann mit einem solchen Sportwagen auch eine schwere Last ziehen und damit dauerhaft nur 40 km/h



Bild 7. Dr. Eberhard Duffner © Arburg

schnell fahren – aber dafür ist er eigentlich nicht ausgelegt. Dafür gibt es SUVs. Eine elektrische Hochleistungsmaschine, den „Sportwagen der Spritzgießwelt“, braucht nur, wer aufgrund sehr kurzer Füllzeiten hohe Geschwindigkeiten und Dynamik erreichen muss. Für den Großteil der technischen Anwendungen ist eine zuverlässige Standardmaschine meist die bessere und zudem wirtschaftlichere Option. ■

## Der Autor

**Dr. Eberhard Duffner** begann im Oktober 1986 seine Karriere bei Arburg. Von Juli 1990 bis Dezember 2020 leitete der promovierte Physiker drei Jahrzehnte lang den Bereich Entwicklung und prägte die Spritzgießtechnik bei Arburg maßgeblich mit. Für sein umfassendes Wissen in der Kunststofftechnik wurde er im Mai 2012 vom VDI zum „Ritter“ geschlagen und in den engen Strategie- und Expertenkreis aufgenommen.

## Service

### Digitalversion

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