

MEHR IST WENIGER

Prozessabwägung zur Herstellung von optischen Bauteilen mittels Simulation (1. Teil)

Die wirtschaftliche Betrachtung mit einer zu erzielenden Qualität ist einer der Herausforderungen bei der Herstellung von optischen Linsen. Neben der Anpassung von Geometrien ist auch oft neben dem Spritzgießen das Prägen eine qualitative aber auch kostenintensive Alternative. Hier steht die Simulation als Entscheidungshilfe zur Verfügung.

Nicht erst seit dem 17. Jahrhundert, in dem unter anderem die Laterna magica (die Zauberalaterne) entwickelt worden ist, spielen Optiken eine wichtige Rolle in dem Leben der Menschen [1]. Die ersten optischen Produkte, die von Menschen angefertigt worden sind, gehen noch deutlich weiter zurück in die Geschichte. So wurden in der damaligen Zeit im Wesentlichen Quarze geschliffen bzw. poliert, um Produkte mit gewünschten Eigenschaften zu erzielen.

In der heutigen Zeit ist der Alltag ohne optische Produkte kaum vorstellbar. Dazu zählen nicht nur die offensichtlichen Bauteile wie Brillen, Kameras und Projektoren. Viel mehr sind es auch Anwendungsbereiche der Messtechnik, der Fahrzeugtechnik etc., in denen diese Technologie eine tragende Rolle spielt.

Das breite Anwendungsspektrum hat zur Folge, dass sich die mechani-

sche Herstellung optischer Produkte stetig neuen Herausforderungen stellen muss und sich somit nicht nur das Fertigungsverfahren, sondern auch der Werkstoff Quarz mit der Frage nach Alternativen konfrontiert sieht.

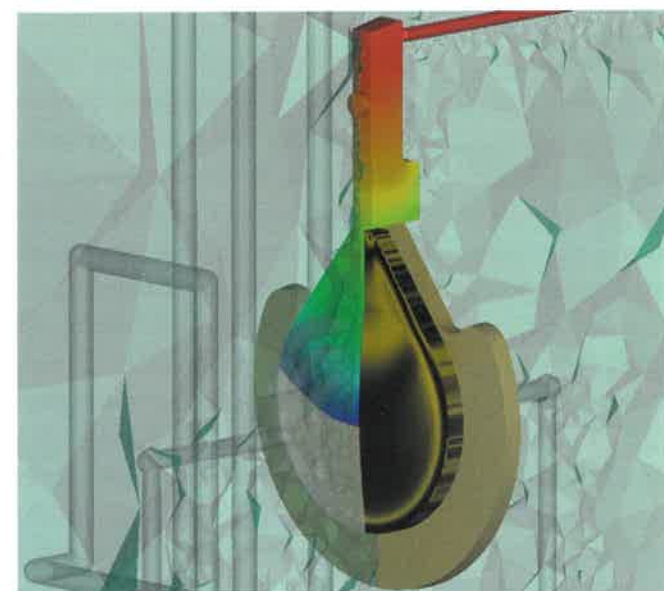
Bereits im Jahr 1933 brachte daher die Röhm & Haas AG ein Polymethylmethacrylat (PMMA) mit dem Markennamen Plexiglas auf dem Markt [2]. Gut sieben Jahre später entstand ein Produkt, das erstmals im Jahr 1940 von René Descartes dargestellt wurde [3] – der Vorläufer der Kontaktlinse. Entwickelt und realisiert wurde diese 1940 von Heinrich Wöhlk [4].

Es folgten eine ganze Reihe von Entwicklungen, doch das Beispiel der Kontaktlinse verdeutlicht, wie lange und wie sehr das Thema der Optik die Menschheit bereits begleitet. Einen entscheidenden, zukunfts-

trächtigen Schritt brachte letztlich der Beginn des Zusammenspiels von Kunststoff und dessen Einsatz bei der Herstellung von Produkten mit optischen Eigenschaften.

So ermöglicht der Einsatz des Spritzgussverfahrens für die Kombination dieser beiden Komponenten – Kunststoff und Optik – die Produktion großer Stückzahlen mit reproduzierbaren Resultaten. Jedoch weist das Verfahren auch Herausforderungen wie ungleichmäßige Schwindung, Spannungen und Einfallstellen auf.

Da im Vergleich zu technischen Produkten an Produkte mit optischen Eigenschaften erhöhte Anforderungen gestellt werden [5], kommt ein weiteres Herstellungsverfahren – das Spritzprägen – zur Produktion



Überlagerung der Formfüllung mit dem Berechnungsmuster der finalen Linse

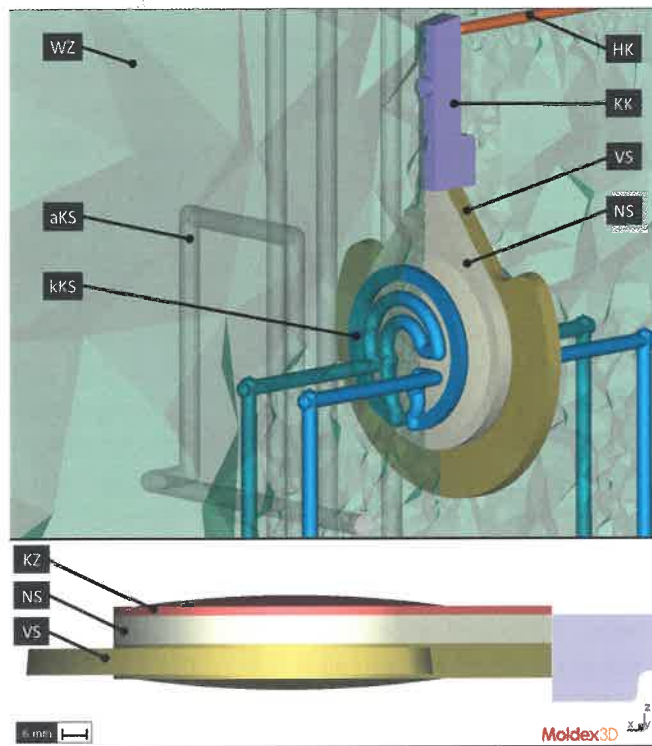


Bild 1: Darstellung des Berechnungsmodells von 1. und 2. Komponente inklusive Werkzeug und Temperierung

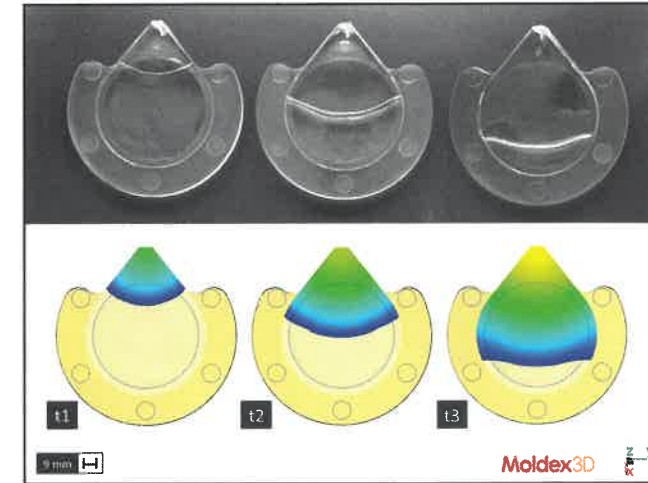


Bild 2: Gegenüberstellung der Füllstudie Realität vs. Simulation

dieser Produkte in Frage. Durch die Kombination des Spritzgusses und des Fließpressens können nicht nur verfahrenstechnische (wie z. B. Fülldruck), sondern auch bauteilrelevante Eigenschaften optimiert werden [6]. Im Wesentlichen steht hier in Bezug auf die Bauteile die Homogenisierung sowohl von Material- wie auch von Bauteileigenschaften im Vordergrund.

Einerseits bietet das Spritzprägen gegenüber dem Spritzgussverfahren qualitativ bessere Bauteile mit optischen Eigenschaften, auf der anderen Seite fallen zum Teil nicht unerhebliche Kosten an. An dieser Stelle

kommt das Thema der Prozesssimulation ins Spiel.

Hier stehen nicht nur die Möglichkeit, den jeweiligen Prozess, wie auch bei technischen Bauteilen, zu abbilden, sondern vor allem auch die Berechnung weiterführender Resultate, wie optische Eigenschaften (z. B. Doppelbrechungen, Brechungsindex, Brechungsmuster, Retardation), im Vordergrund. Zur Verfügung steht ein Instrument nicht nur zur Optimierung der Herstellung von optischen Bauteilen, sondern vor allem auch zur Entscheidung, welcher Prozess für welches Produkt am besten und am wirtschaftlichsten geeignet ist.

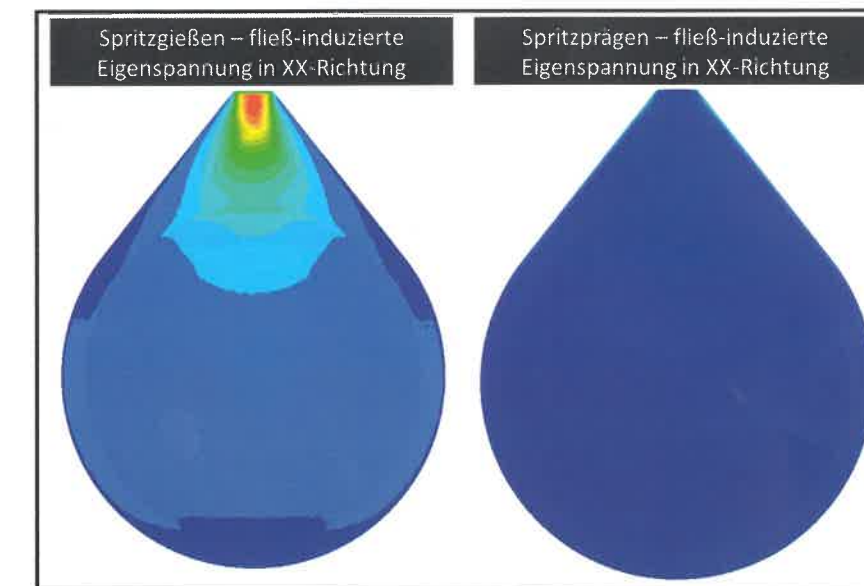


Bild 4: Gegenüberstellung der fließ-induzierten Eigenspannungen Spritzgießen vs. Spritzprägen

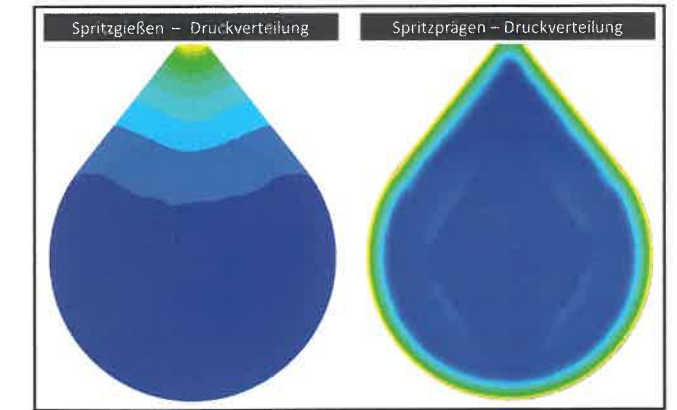


Bild 3: Gegenüberstellung der Druckverteilung Spritzgießen vs. Spritzprägen

Darstellung der Simulation

Die Prozesssimulation ist ein seit Jahren etabliertes Instrument, um – nicht nur im Rahmen von Troubleshooting – Erkenntnisse über real vorhandene Fehler zu erhalten. Vielmehr wird dieses Werkzeug im Rahmen der Entwicklung eingesetzt, um auf diesem Wege schon im Vorfeld potenzielle Probleme zu erkennen und entsprechend zu verhindern.

Ferner können alternative Prozesse, Materialien und selbst Verfahren simulativ evaluiert werden. Da allerdings die Prozesssimulation in vielen Fällen nur ein Teil der simulativen Entwicklungskette ist, gewinnt die Kopplung unterschiedlicher Berechnungsmethoden und -verfahren immer mehr an Bedeutung. So ist es in vielen Unternehmen durchaus üblich, die Prozesssimulation mit der strukturmechanischen Simulation zu koppeln, um so zusätzlich Daten wie die anisotropen Materialeigenschaften, Bindenähte etc. zu übertragen.

Auch zur Auslegung von optischen Produkten stehen derartige Kopplungsmethoden zur Verfügung. So kann aus Moldex3D unter anderem der Brechungsindex oder auch die Verformung nach Code V exportiert werden.

Auf diesem Weg erhält man aussagekräftigere Resultate, z.B. hinsichtlich möglicher Abbildungsfehler. Dies gilt sowohl für den Prozess des Spritzgießens als auch des Spritzprägens. Es ist festzuhalten, dass sich sowohl die Berechnung des Spritzprägens als auch die Berechnung von optischen Eigenschaften teilweise merklich gegenüber den Spritzgussberechnungen unterscheiden. Dazu zählt nicht nur die Prozesssteuerung, sondern für das Spritzprägen ebenfalls die Behandlung des Berechnungsmodells.

Die Berechnung erfolgt in 3D und wird für beide Prozesse in die Schritte Füllphase/Prägephase/Nachdruckphase/Kühlphase unterteilt.

Eine Besonderheit ergibt sich im Rahmen des Prägens. Um den Prägehub simulieren zu können, wird das Netz als Funktion der Zeit verformt. Somit verändert sich auch entsprechend die sogenannte Domain innerhalb der Berechnung.

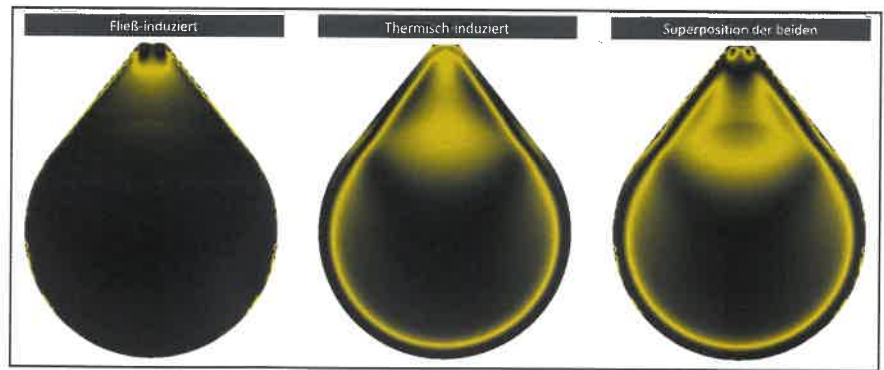


Bild 5: Berechnungsmuster anhand vom Beispiel Spritzgießen

Oftmals werden die Kunststoffe mittels Viskosität, pVT -Verhalten, Wärmeleitfähigkeit und spezifischer Wärmekapazität, Coefficient of Linear Thermal Expansion (CLTE), Querkontraktionszahl und E-Modul beschrieben. Um für beide Prozesse auch die spezifischen Resultate der optischen Eigenschaften zu erhalten, werden viskoelastische Eigenschaften des Kunststoffes benötigt.

Auf diesem Wege können nicht nur Resultate, wie z.B. die Doppelbre-

chung oder auch Eigenspannungen, berechnet werden, sondern es kann ebenfalls zwischen thermisch- und fließ-induziert unterschieden werden.

■
Cristoph Hinse
Geschäftsführer
SimpaTec GmbH
&
Nuno Simões
SimpaTec GmbH

Die Autoren danken Herrn Dr. Malte Röbbig für die zur Verfügung gestellten Informationen

Der zweite Teil des Beitrags folgt in der nächsten Ausgabe der Trends der Kunststoffverarbeitung No. 22 / Januar 2021.

Literaturverzeichnis:

[1] Burkart, L.: Bewegte Bilder - sichtbares Wissen: Athanasius Kircher und die Sichtbarmachung der Welt. In: Bredekamp, H.; Kruse, C.; Schneider, P. (Hrsg.): Imagination und Repräsentation: zwei Bildsphären der Frühen Neuzeit. München 2010, S. 335-352

[2] Evonik Industries AG: Die Geschichte der Röhm GmbH. URL: <https://history.evonik.com/sites/geschichte/de/gesellschaften/roehm/>, 06.04.2020

[3] Efron, N.: Contact Lens Practice. 3. Aufl. ELSEVIER, 2018

[4] Wöhlk Contactlinsen GmbH: Historie. URL: <https://www.woehlk.com/historie.html>, 06.04.2020

[5] Forster, J. D.: Vergleich der optischen Leistungsfähigkeit spritzgegossener und spritzgeprägter Kunststofflinsen. Dissertation, RWTH Aachen 2006

[6] Chen, S.-C.; Lee, G.-H.; Tseng, C.-Y.; Chen, T.-C.; Chiu, H.-S.; Hsu, C.-C.: Investigation on Warpage Behavior of DVD Disk in injection Compression Molding. ANTEC, Orlando, Florida U.S.A 2015