

Weniger Granulat ist mehr Qualität

Das Prinzip der Unterfütterung: Lichtleiter in höchster Reinheit spritzgießen

LEDs erobern im Fahrzeug immer mehr Anwendungen und werden zunehmend als differenzierende Designelemente eingesetzt. Damit steigt die geometrische Varianz, was die Hersteller von Lichtleitern vor neue Herausforderungen stellt. Um auch bei komplexen Geometrien und langen Strukturen eine hohe Lichtausbeute sicherzustellen, hat Engel einen neuen Plastifizierprozess für die Herstellung von Lichtleitern entwickelt. Dieser erhöht die Homogenität und Reinheit der Schmelze und eröffnet damit den Lichtdesignern neue Freiheiten.



Die Transformation des Automobils betrifft auch stark den Fahrzeuginnenraum. Licht gewinnt als Designelement an Bedeutung © Engel

Ein guter Lichtleiter transportiert das Licht einer bestimmten Lichtquelle auch über eine lange Strecke, ohne dass es merkbar an Intensität verliert oder die Farbe verändert. Voraussetzung dafür ist eine sehr glatte Oberfläche über die gesamte Transportstrecke, um eine Totalreflexion des Lichts sicherzustellen. So kann das Licht nur an bestimmten Stellen austreten, die dafür mit prismenartigen Strukturen ausgeführt sind. Die Anforderungen an den Spritzgießprozess lauten entsprechend: eine hochpräzise Abformung der Formteilerfläche sowie eine

hohe Homogenität und Reinheit der Kunststoffschmelze. Generell bietet das Spritzgießen für die Herstellung von Lichtleitern große Vorteile. Es vereint Designfreiheit mit Kosteneffizienz.

Die Engel Austria GmbH mit Stammsitz in Schwertberg/Österreich nahm sich gemeinsam mit Entwicklungspartnern dieser Aufgabenstellung an. Der Spritzgießmaschinenbauer stellte der Fachöffentlichkeit im vergangenen Jahr einen für die Verarbeitung von Polymethylmethacrylat (PMMA) optimierten Spritzgießprozess vor, der Lichtleiter höchster Rein-

heit und damit LED-Lösungen mit noch längeren und komplexeren Strukturen – zum Beispiel zur Konturenbeleuchtung – ermöglicht.

PMMA gehört zu den von der Automobilindustrie bevorzugten Materialien für die Herstellung von Lichtleitern, vor allem wenn es um innovative Beleuchtungskonzepte für den Fahrzeuginnenraum geht (**Titelbild**). Um von Beginn an die Anforderungen der Automobilproduzenten zu berücksichtigen, wurden für die Entwicklungsarbeiten Lichtleiterdemonstrukturen von der Volvo Car Corporation

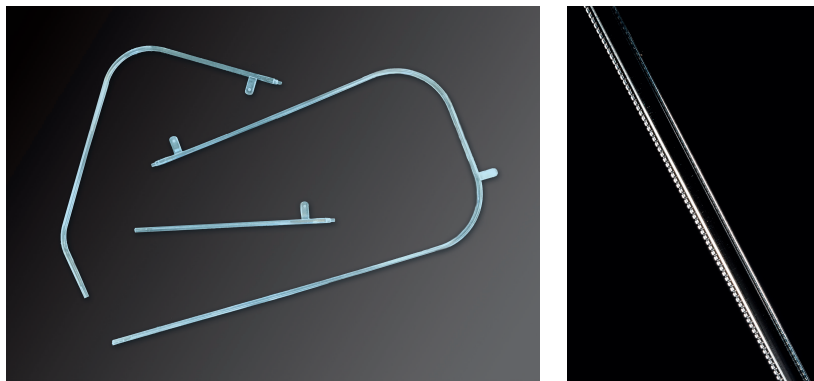


Bild 1. Ziel der Entwicklung war es, für lange und komplex geformte Lichtleiter eine hohe optische Qualität zu erzielen. Die feinen Strukturen an der Oberseite der Demonstrationsbauteile (rechts) dienen zum Auskoppeln des Lichts © Engel

bereitgestellt (**Bild 1**). Alle Versuche wurden mit einem Familienwerkzeug von Inevo – zum Projektzeitpunkt Teil der INglass Gruppe – durchgeführt.

Unterfüttern reduziert die Scherbelastung

In einem Schuss werden drei unterschiedlich lange und unterschiedlich geformte Lichtleiter produziert (**Bild 2**). Der längste der drei Lichtleiter wird an zwei Punkten angespritzt. Verarbeitet wurde ein PMMA des Typs Altuglas V825T LPL (Hersteller: Altuglas International, Teil der Arkema Group). Um die Lichtausbeute zu maximieren, lauteten die konkreten Entwicklungsziele:

- eine Oberflächenrauigkeit von unter 25 nm zu erzielen – bei größerer Rauigkeit wird vor allem kurzwelliges (blaues) Licht nicht vollständig reflektiert, sondern gebrochen, sodass das austretende Licht eine gelbliche (wärmere) Farbe hat;
- keine Verunreinigungen zuzulassen – jede Verunreinigung führt zu einer Streuung des Lichts;
- (Mikro-)Hohlräume zu eliminieren bzw. auszuschließen, denn auch sie führen zu einer Lichtstreuung.

Technologisch entscheidend ist das Prinzip der Unterfütterung, für das Engel eine eigene Software entwickelt hat. Diese ermöglicht es, beim Plastifizieren gezielt weniger Granulat auf die Schnecke aufzugeben als die Maschine im herkömmlichen Spritzgießprozess aus dem Trichter einziehen würde. In der Einzugszone der Schnecke ist der Zylinder damit nur partiell mit Granulat befüllt. Erst in Richtung

Schneckenspitze verdichtet sich das Material und füllt den Zylinder vollständig aus (**Bild 3**). Weniger Material im Zylinder bedeutet geringere Drehmomente und damit eine niedrigere Scherbelastung der Schmelze, was den Materialabbau reduziert. Um zugleich den oxidativen Materialabbau zu unterbinden, wird der Massezylinder über der Einzugszone mit Stickstoff gespült.

Anlagenkonzept mit Inline-Qualitätsprüfung

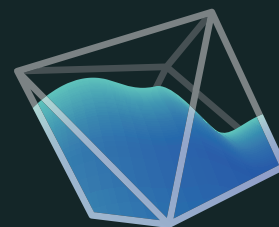
Die Versuche im Rahmen des Entwicklungsprojekts fanden auf einer Spritzgießmaschine (Typ: Engel e-motion 310/120 TL) mit einer speziell für die Verarbeitung von PMMA ausgelegten und beschichteten Schnecke und Rückströmsperre statt. Die vollelektrische Maschinenbaureihe vereint Effizienz mit hoher Dynamik und Präzision, was vor allem zum Abformen der sehr feinen Strukturen an der Oberseite der Demonstrationsbauteile, die zum Auskoppeln des Lichts dienen, wichtig ist (**Bild 1 rechts**).

An qualitätsrelevanter Peripherie sind vor allem der Granulattrockner vom Typ Luxor EM-A 60 und das Dosiergerät mit Dosierscheibe vom Typ Minicolor (Hersteller jeweils: motan-colortronic GmbH, Isny) zu nennen. Um den unterschiedlichen Fließweglängen der drei Lichtleitergeometrien Rechnung zu tragen, hat der Entwicklungspartner HRSflow – der Heißkanalhersteller ist Teil der italienischen INglass Gruppe – verschiedene Anspritzsysteme mit elektrisch betätigten »



Kostenreduktion durch Simulation mit CADMOULD

Die Verwendung von Simulationssoftware vermeidet Korrekturschleifen und gestaltet somit den gesamten Projektfluss effizienter – weniger Arbeitsaufwand, mehr Produktivität.



CADMOULD

CADMOULD.COM

SIMCON

Nadelverschlüssen getestet. Dabei kam das FlexFlow-System zum Einsatz, das es ermöglicht, die Verschlussnadeln in Abhängigkeit der Schneckenposition einzeln anzusteuern.

Um eine hohe Bauteilqualität zu gewährleisten, wurde eine Inline-Qualitätsprüfung ins Anlagenkonzept integriert (**Bild 4**). Getestet wird pro Schuss jeweils der mit 15 cm Länge kleinste, stabförmige Lichtleiter. Diesen legt ein Roboter unmittelbar nach dem Entformen in eine Prüfstation mit LED-Lichtquelle. Mithilfe eines Radiant Vision Systems (Modell IC-PM18; Hersteller: Konica Minolta Sensing Europe B.V., Nieuwegein/Niederlande) wird die Veränderung der korrelierten Farbtemperatur (Correlated Colour Temperatur, CCT) gemessen.

Korrelierte Farbtemperatur bestätigt hohe Lichtleiterqualität

Die CCT beschreibt, wie das menschliche Auge die Lichtfarbe wahrnimmt. Die

Bild 2. In einem Familienwerkzeug wurden drei unterschiedlich lange und unterschiedlich geformte Lichtleiter produziert © Engel

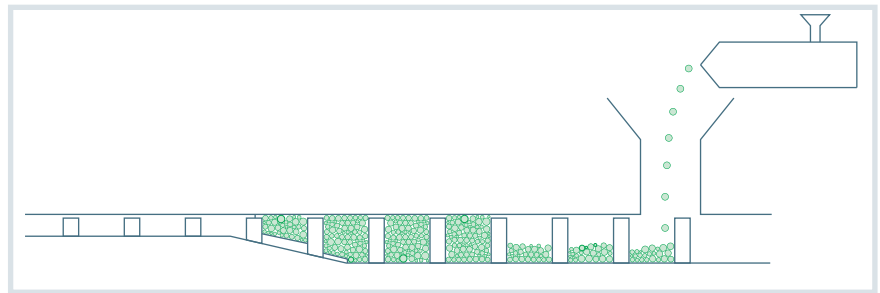
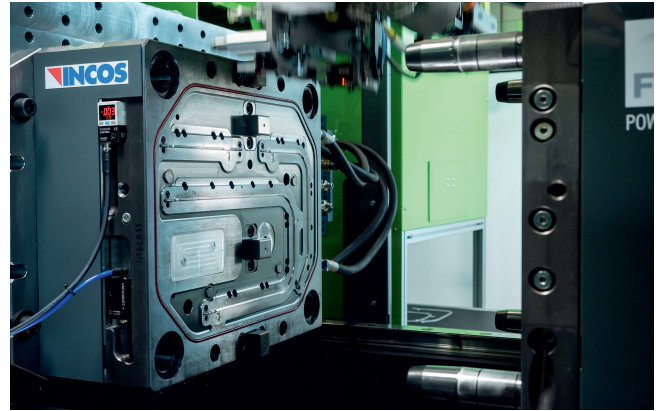


Bild 3. Der Schlüssel zu einer hohen Lichtausbeute liegt im Unterfütern des Massezylinders

Quelle: Engel; Grafik: © Hanser

Die Autoren

Dr. Klaus Fellner ist Kunststofftechniker bei der Engel Austria GmbH in St. Valentin/Österreich; klaus.fellner@engel.at

DI János Birtha ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Competence Center CHASE in Linz/Österreich; janos.birtha@chasecenter.at

DI Erich Hochreiter leitet die Entwicklung und Konstruktion von Plastifiziersystemen von Engel in St. Valentin; erich.hochreiter@engel.at

Prof. Dr.-Ing. Georg Steinbichler ist Leiter Forschung und Entwicklung Technologie von Engel in Schwertberg/Österreich, und Vorstand des Instituts für Polymerspritzgießtechnik und Prozessautomatisierung an der Johannes Kepler Universität in Linz/Österreich; georg.steinbichler@engel.at

Service

Digitalversion

- Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/2020-09

English Version

- Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at www.kunststoffe-international.com

Lichtfarbe hängt von der Objekttemperatur – mit dem schwarzen Strahler als Referenz – und bei LEDs von der Charakteristik der Lichtquelle ab. Temperaturen unter 3000 K werden als warme Farben, solche über 3000 K als kalte Farben wahrgenommen. Die Qualität des Lichtleiters ist umso besser, je weniger der CCT-Wert vom Referenzwert (Lichtfarbe der LED-Quelle) abweicht.

Die Versuchsreihe bestätigte eindeutig den positiven Effekt der Unterfütterung auf die Qualität des spritzgegossenen Lichtleiters (**Bild 5 links**). Über das Dosiergerät wurde in den Einzelversuchen die zugegebene Materialmenge variiert, wobei immer weniger Material zugegeben wurde als die Maschine im herkömmlichen Spritzgießprozess aus dem Trichter eingezogen hätte. Die besten Ergebnisse wurden bei einem mittleren Füllgrad des Massezylinders (im Beispiel 65%) erzielt. Wird die Materialzufuhr weiter reduziert, nimmt die optische Qualität wieder ab. Dies liegt daran, dass sich die Dosierzeiten mit abnehmender Materialzufuhr verlängern, was die Scherbelastung der Schmelze wieder erhöht.

Einen zusätzlichen positiven Einfluss hat die Stickstoffspülung (**Bild 5 rechts**). In den Versuchen wurde die Einzugszone mit 0,2 Litern Stickstoff pro Minute geflu-

det, um den Sauerstoff zu verdrängen und die Oxidation des aufgeschmolzenen Kunststoffs zu unterbinden.

Optimale Prozessparameter finden

Zur Prozessoptimierung haben die Projektpartner darüber hinaus untersucht, welche weiteren Prozessparameter die optische Qualität des Lichtleiters beeinflussen (**Bild 6**). Das Diagramm links zeigt den Einfluss der Umfangsgeschwindigkeit der Plastifizierschnecke. Obwohl laut Materialspezifikation eine Umfangsgeschwindigkeit von 0,3 m/s für das eingesetzte PMMA zulässig ist, zeigen die Versuche, dass eine noch langsamere Plastifizierung die optische Qualität deutlich verbessert.

Beim Einspritzen der Kunststoffschmelze in das Werkzeug dagegen führt eine höhere Geschwindigkeit zunächst zu einer besseren Lichtleiterqualität. Wird die Einspritzgeschwindigkeit jedoch weiter erhöht, fällt die Qualität wieder ab. Dies liegt daran, dass mit zunehmender Geschwindigkeit auch der Druck und damit die Scherbelastung ansteigen.

Dass die Werkzeugtemperatur Einfluss nimmt, bestätigen die Versuche ebenfalls. Eine höhere Werkzeugtemperatur verbessert die Abformung der

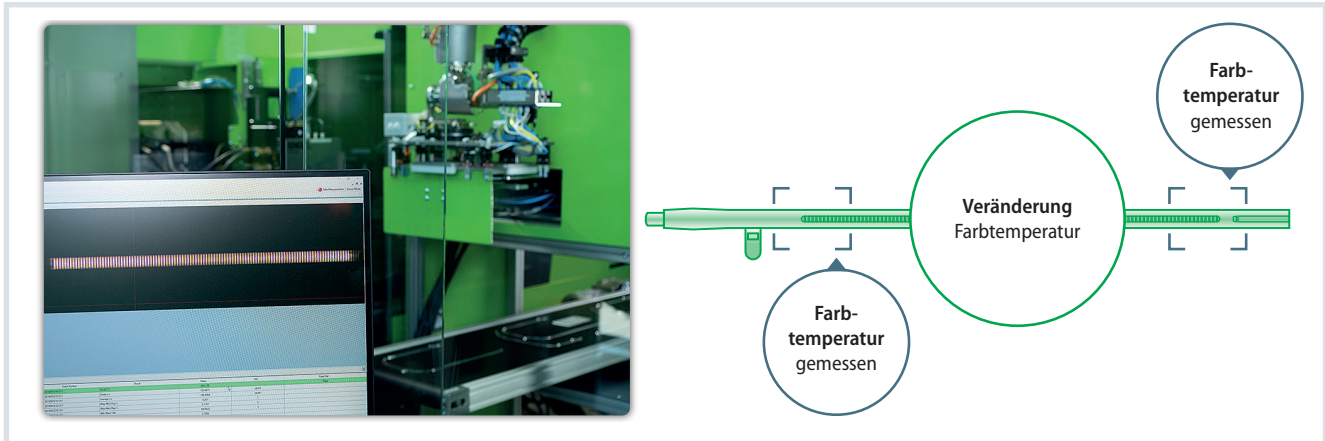


Bild 4. Die In-line-Qualitätsprüfung erfasst den CCT-Wert des Lichtleiters sowohl nahe als auch in weiter Entfernung der Lichtquelle © Engel

Oberfläche, was die CCT-Konstanz steigert. In Bezug auf die Peripherie ist vor allem der positive Einfluss der Entstaubung zu erwähnen. Je kleiner der Staubanteil im Granulat und in der Schmelze, desto geringer ist auch die Streuung im Lichtleiter (**Bild 6**).

Fazit

Der neu entwickelte Plastifizierprozess von Engel eröffnet der Beleuchtungstechnik neue Möglichkeiten. Durch Unterfüttern in Kombination mit einer optimierten Prozessführung lässt sich eine sehr hohe optische Qualität von langen und komplex geformten Lichtleitern erzielen. Dies kann mithilfe eines In-line-Messsystems beurteilt und dauerhaft abgesichert werden.

Für die Herstellung von Lichtleitern werden vor allem vollelektrische Spritzgießmaschinen eingesetzt, weshalb sich Engel in diesem Entwicklungsprojekt für

die Baureihe e-motion entschied. Die neue Plastifizieretechnik kann prinzipiell jedoch mit Spritzgießmaschinen der unterschiedlichsten Bautypen und Antriebstechnologien kombiniert werden. Auf Kunden-

wunsch integriert Engel die dazugehörigen Peripheriesysteme ins Anlagenkonzept. Die Technologie ist nicht an Peripheriesysteme einer bestimmten Marke gebunden. ■

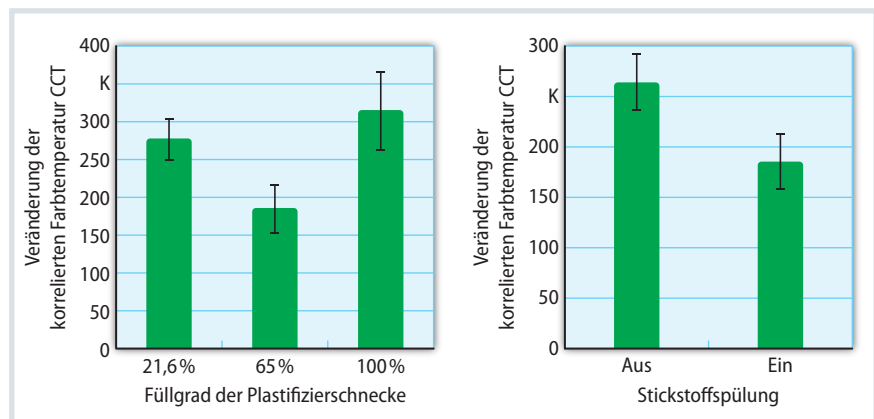


Bild 5. Die Unterfütterung beeinflusst die Qualität des Lichtleiters positiv. Die besten Ergebnisse werden mit einem Füllgrad des Massezylinders von 65 % erzielt. Zudem erhöht die Spülung der Einzugszone mit Stickstoff die Reinheit der Schmelze. Je kleiner die Veränderung der korrelierten Farbtemperatur CCT, desto höher ist die Qualität des Lichtleiters Quelle: Engel; Grafik: © Hanser

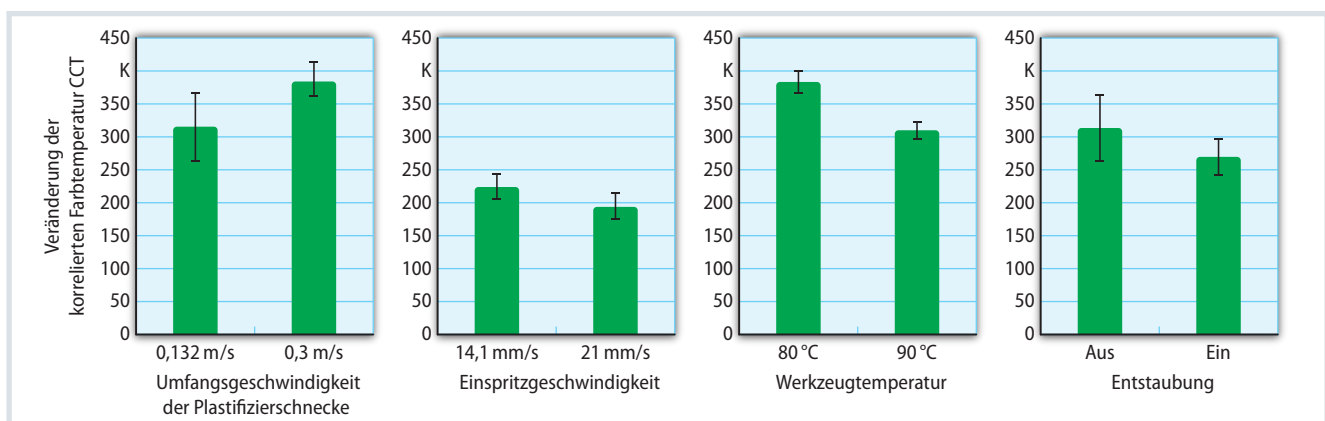


Bild 6. Zur Optimierung des Verarbeitungsprozesses wurden weitere Parameter variiert und mit der optischen Qualität des Lichtleiters korreliert. Den größten Einfluss auf das Spritzgießergebnis nehmen die Umfangsgeschwindigkeit der Plastifizierschnecke, die Einspritzgeschwindigkeit der Schmelze, die Werkzeugtemperatur und die Entstaubung des Granulats Quelle: Engel; Grafik: © Hanser