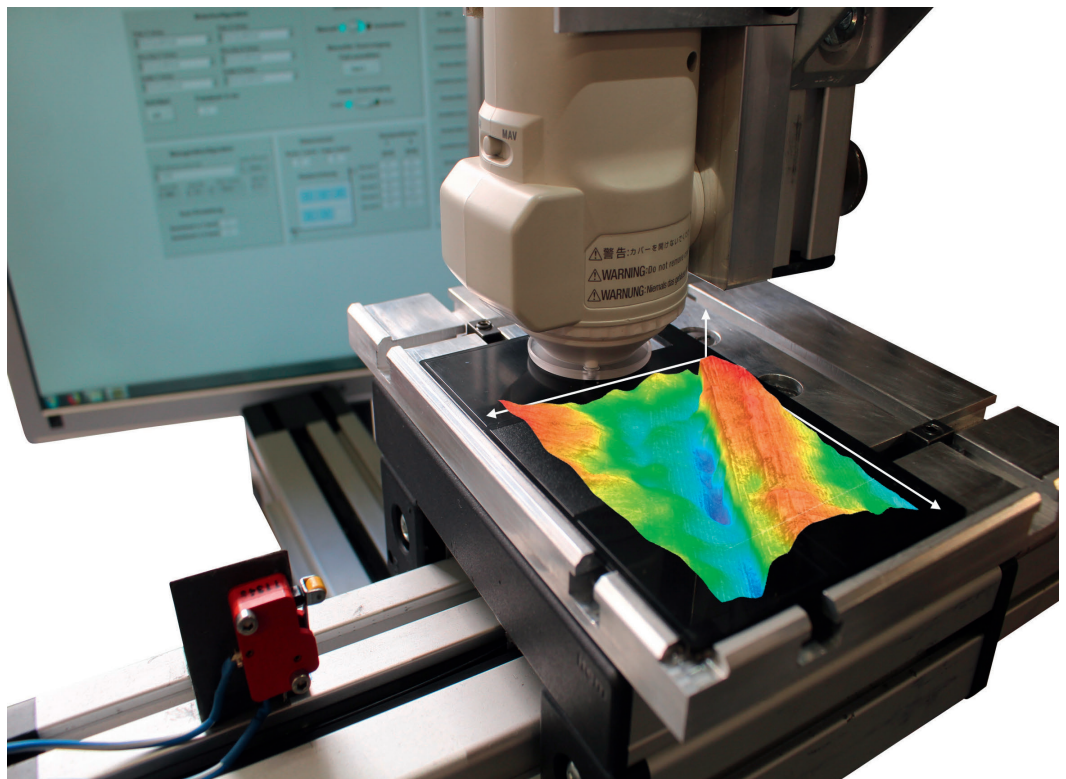


Der erste Eindruck zählt

Gezielte Analyse der Oberflächenqualität von strukturierten Kunststoffbauteilen

Die Abformung strukturierter Kunststoffoberflächen ist stark von der Strukturierung des Werkzeugs, dem verwendeten Werkstoff und den Spritzgießparametern abhängig. Um hochwertige Oberflächen mit einer hohen Abbildungstreue der Struktur zu erzielen, müssen daher die Faktoren untersucht werden, die die Oberflächenqualität beim Spritzgießen beeinflussen. Dies spielt insbesondere bei der Vermeidung von lokalen Oberflächendefekten wie etwa Bindenähten eine große Rolle.

Mit einer automatisierten Farb- und Glanzmessung wird die Oberfläche strukturierter Kunststoffkomponenten analysiert (© IKT)



Der Kunststoffanteil im Werkstoffmix nimmt in Branchen wie dem Automobilbau stetig zu. Gründe dafür sind z. B. der niedrige Energieaufwand und der Preis bei der Verarbeitung, die spezifisch einstellbaren Eigenschaften, die Leichtbaumöglichkeiten sowie das Formgebungsvermögen [1]. Vor allem im Interieur werden Kunststoffe oft eingesetzt, weil sie neben der Fähigkeit zur direkten Funktionsintegration auch eine hohe Gestaltungsfreiheit auszeichnet. Dadurch können andere Werkstoffe wie Holz oder Leder sowohl visuell als auch haptisch imitiert werden [1].

Da immer mehr spritzgegossene Bauteile mit definierten Narbungen verbaut werden (vor allem im Interieur), nehmen nicht nur die Anforderungen an die funktionellen, sondern ebenso die an die Oberflächenqualität zu. Der Einbauort ist dabei entscheidend.

Komponenten im Sichtbereich müssen höhere Qualitätsansprüche erfüllen als ein Bauteil in einem verdeckten Bereich. Die Herausforderung besteht darin, eine homogene Farb- und Glanzverteilung sowie Narbstruktur über das gesamte Bauteil und benachbarte Bereiche aus

teils unterschiedlichen Werkstoffen zu erreichen.

Wie Spritzgießprozesse die Qualität der Oberfläche beeinflussen können

Es ist allgemein bekannt, dass Prozessparameter wie die Masstemperatur, die Einspritzgeschwindigkeit oder der Nachdruck beim Spritzgießen die Abbildungstreue der Werkzeugstruktur und somit die spätere Oberflächenqualität direkt beeinflussen – das betrifft sowohl Farbe und Glanz als auch die Rauigkeit [2, 3]. Um die

geforderte Oberflächenqualität für verschiedene Kunststofftypen dennoch zu erreichen, werden Simulationsprogramme herangezogen, die den Einfluss der Prozessparameter auf die entsprechenden Oberflächenkennwerte ermitteln.

Allerdings benötigen solche Programme eine entsprechende Datengrundlage, damit die Prognose realitätsnah ausfällt. Des Weiteren werden die Spritzgießparameter auf Basis von Erfahrungen sowie iterativen Verbesserungsschleifen eingestellt, um die gewünschte Oberflächenqualität abzusichern [4]. In beiden Fällen findet am fertigen Bauteil jedoch nur eine punktuelle messtechnische oder rein visuelle Prüfung der Oberfläche statt.

In diesem Beitrag soll eine Möglichkeit aufgezeigt werden, den Einfluss der Prozessparameter auf die Oberflächenqualität systematisch und reproduzierbar zu untersuchen. Dazu hat das Institut für Kunststofftechnik (IKT) der Universität Stuttgart Messungen an strukturierten Versuchsplatten durchgeführt. Die Versuchsplatten (**Bild 1**) werden mit einem Tunnelanguss angespritzt. Die fünf Felder auf der Oberfläche weisen jeweils eine Abmessung von 38 mm x 44 mm auf. Vor dem Feld 3 befindet sich ein Durchbruch. Für die Messfelder 2 und 4 hat der Projektpartner Reichle Technologiezentrum GmbH, Bissingen an der Teck, die Werkzeugoberfläche mit einer entsprechenden Struktur versehen. Die beiden Felder unterscheiden sich lediglich darin, dass die Fließweglänge der Schmelze unterschiedlich lang ist.

Ein weiterer Projektpartner, die 2R Kunststofftechnik GmbH, Schweitenkirchen, hat die Versuchsplatten mit einer Spritzgießmaschine des Typs VC 330/70 Power (Hersteller: Engel Austria GmbH, Schwertberg/Österreich) hergestellt. Dabei wurden für verschiedene Werkstoffe (**Tabelle 1**) die Prozessparameter systematisch variiert, um anschließend die Unter-

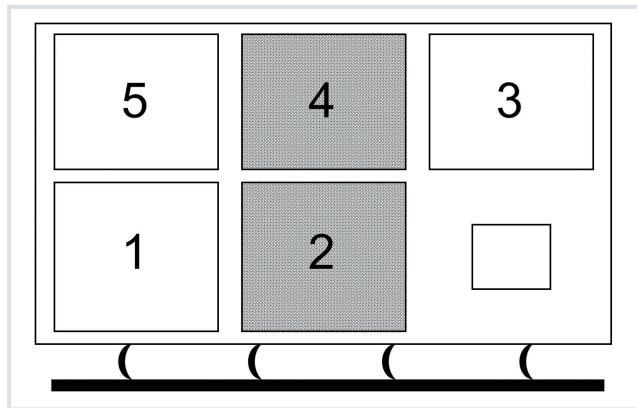


Bild 1. Diese Versuchsplatte mit strukturierten Feldern offenbart die Abhängigkeit der Oberflächeneigenschaften von den Spritzgießparametern (© IKT)

schiede in der Oberflächenqualität bewerten zu können.

Die Massetemperatur wurde in 20-K-Schritten von 240 auf 280°C verändert (im Falle von PP von 180 auf 220°C). Für jede dieser Einstellungen wurden verschiedene Werkzeugtemperaturen (40, 60 und 80°C) sowie unterschiedliche Nachdrücke (60 und 80 bar) untersucht. Damit werden einerseits wichtige Kunststoffe für Anwendungen im Interieur abgedeckt, andererseits lässt sich überprüfen, inwiefern Zusatzstoffe und Blends aus mehreren Kunststoffen die Oberflächeneigenschaften im Vergleich zum Ausgangswerkstoff verändern.

Quantitative Vorhersage der Oberflächengüte

Die Auswirkungen der Prozessparameter auf die Oberflächengüte lassen sich vor allem durch eine makroskopische Untersuchung der Bindenaht im Messfeld 2 auf der Versuchsplatte veranschaulichen (**Bild 2**). Dabei wird das gleiche Messfeld 2 der ABS-Versuchsplatten betrachtet, lediglich bei unterschiedlichen Prozessparametern:

- links mit 240°C Massetemperatur, 40°C Werkzeugtemperatur und 60 bar Nachdruck,

- rechts mit 280°C Massetemperatur, 80°C Werkzeugtemperatur und 80 bar Nachdruck.

Ergebnis: Bei den niedrigeren Prozessparametern zeichnet sich deutlich eine Bindenaht ab, die das fertige Bauteil nach einer visuellen Prüfung als Ausschuss qualifizieren würde.

Mit dem am IKT entwickelten Oberflächenprüfstand ist es möglich, nicht nur rein visuell, sondern auch quantitativ die Oberflächengüte eines Bauteils lokal oder über das gesamte Bauteil automatisiert auf den Einfluss der Prozessparameter hin zu analysieren. Dadurch können Anwender das Materialverhalten analysieren, den Prozess optimal einstellen und die Oberflächengüte genauer vorhersagen oder sinnvolle Maßnahmen zur Vermeidung von Ausschuss ableiten.

Automatisierter Oberflächenprüfstand

Der Oberflächenprüfstand (**Bild 3**) besteht aus zwei Spindeleinheiten mit Schlitten, die durch je einen Schrittmotor in zwei Raumrichtungen (x- und y-Richtung) angetrieben werden. An einer dritten Achse (z-Achse) sind die Messgeräte zur Farb- und Glanzmessung angebracht.

Als Farbmessgerät wird ein Kugelspektralphotometer (Typ: CM-700d; Hersteller: Konica Minolta, Tokio/Japan) und zur Glanzmessung ein Reflektometer (Typ: ZGM 1100; Hersteller: Zehntner GmbH, Sissach/Schweiz) verwendet. Diese Messgeräte erfüllen die Normen zur Farb- und Glanzmessung, vor allem auch die Anforderungen der Automobilindustrie. Die Schwierigkeit besteht darin, die Messgeräte in einen automatisierten Prüfstand einzubinden, da es sich um Handgeräte und nicht um Inline-Messge-

Tabelle 1. Diese sieben Werkstoffe wurden unter Variation der Prozessparameter im Forschungsprojekt untersucht (Quelle: IKT)

Werkstoff	Typ	Hersteller
PC+ABS	Bayblend T50 XF	Covestro
ABS	Polylac 737	Chi Mei Corporation
PA6	Schulamid 6 MV HI	A. Schulman
PA6-GB30	Schulamid 6 GB 30	A. Schulman
PA6/ASA/10%MF	Altech PA6/ASA A 4010/621	Albis
ASA	Luran S 778T	Ineos
PP	PP FPC100	Sabic

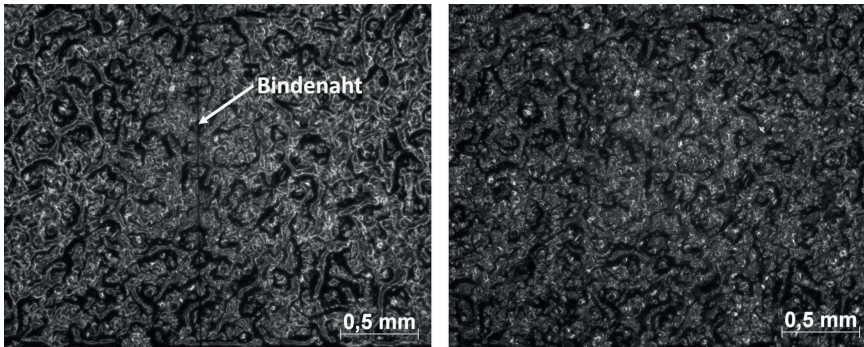


Bild 2. Makroskopische Betrachtung der ABS-Versuchsplatten mit einem Lichtmikroskop zur visuellen Analyse der Bindenaht in Abhängigkeit von den Prozessparametern des Messfelds 2 (© IKT)

räte handelt. Allerdings können die Handmessungen prinzipiell mit denen des Oberflächenprüfstands verglichen werden.

Zur automatisierten Messung muss eine koordinierte Ansteuerung der Achsen geschaffen werden – in Verbindung mit den Messungen durch verschiedene Messgeräte, mit der Datenerfassung und mit der Datenauswertung. Die Ansteuerung der Achsen und Geräte konnte ebenso wie das Datenmanagement mit der Software LabView (Typ: LabView 2016;

Anbieter: National Instruments, Austin, Texas/USA) realisiert werden. Es ist somit möglich, durch frei wählbare Messraster in x- und y-Richtung Farbe und Glanz der Oberfläche beliebig genau und wiederholbar automatisch zu analysieren.

Analyse von Glanzgrad, Farbe und Helligkeit

Ein erstes Messergebnis des Oberflächenprüfstands für eine Glanzgradmessung unter 60° und für die Helligkeit L aus der Farbmessung ist für die Versuchsplatte aus ABS (Messfeld 2) dargestellt (**Bild 4**). Diese wurde mit den Prozessparametern 240°C Massetemperatur, 40°C Werkzeugtemperatur und 60 bar Nachdruck hergestellt. Die oben erwähnte Bindenaht (**Bild 2, links**) ist durch die Glanzmessung unter 60° bei einem Rasterabstand von 1 mm in x- und y-Richtung und bei der Farbmessung von 2 mm x 2 mm mess-

technisch eindeutig zu erfassen. Diese Rasterabstände gewährleisten eine genügend hohe Auflösung und zugleich eine schnelle Messung.

Ab einer Helligkeitsänderung von $L = 1$ spricht man von einem geringen Helligkeitsunterschied [5]. Dies ist hier der Fall und somit gut sichtbar. Durch die Messwerte kann ein quantitativer Wert ermittelt werden, der die Änderung des Glanzgrads (ΔGU unter $60^\circ = 1,4 \text{ GU}$) und der Helligkeit ($\Delta L = 2,13$) bzw. die Farbänderung durch die Bindenaht für jede Messkoordinate wiedergibt.

Durch die gezielte Variation der Prozessparameter kann man herausfinden, welcher Parameter das Erscheinungsbild eines lokalen Oberflächendefekts beeinflusst und wie stark. Im Umkehrschluss kann ein Parametersetting festgelegt werden, mit dem sich der Einfluss von Oberflächenfehlern ausgleichen lässt. Ebenso kann man über die Standardabweichung eines jeden Messpunkts zum Durchschnitt des Messfelds eine Homogenitätszahl für Farbe oder Glanz über das gesamte Bauteil bilden. So lässt sich die Homogenität über das gesamte Bauteil bestimmen und in der Folge jede Inhomogenität mit einer Messkoordinate auf dem Bauteil auffinden.

Anhand des aus allen Messpunkten gebildeten Mittelwerts auf dem jeweiligen Messfeld (Messungen wie in **Bild 4**) wird der Einfluss jedes Prozessparameters ermittelt. So kann überprüft werden, ob Trends sich auch auf weitere Kunststofftypen oder -blends übertragen lassen. Im

Die Autoren

M. Sc. Tobias Schaible ist seit 2017 wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Verarbeitungstechnik des Instituts für Kunststofftechnik (IKT) der Universität Stuttgart; tobias.schaible@ikt.uni-stuttgart.de

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christian Bonten leitet seit 2010 das IKT der Universität Stuttgart.

Dank

Die Autoren danken den Projektpartnern 2R Kunststofftechnik GmbH und Reichle Technologiezentrum GmbH für die gute und enge Kooperation im Rahmen des Projekts. Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) innerhalb des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM) gefördert.

Service

Digitalversion

➤ Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/2019-09



Bild 3. Der automatische Oberflächenprüfstand zur Farb- und Glanzmessung wurde am IKT entwickelt (© IKT)

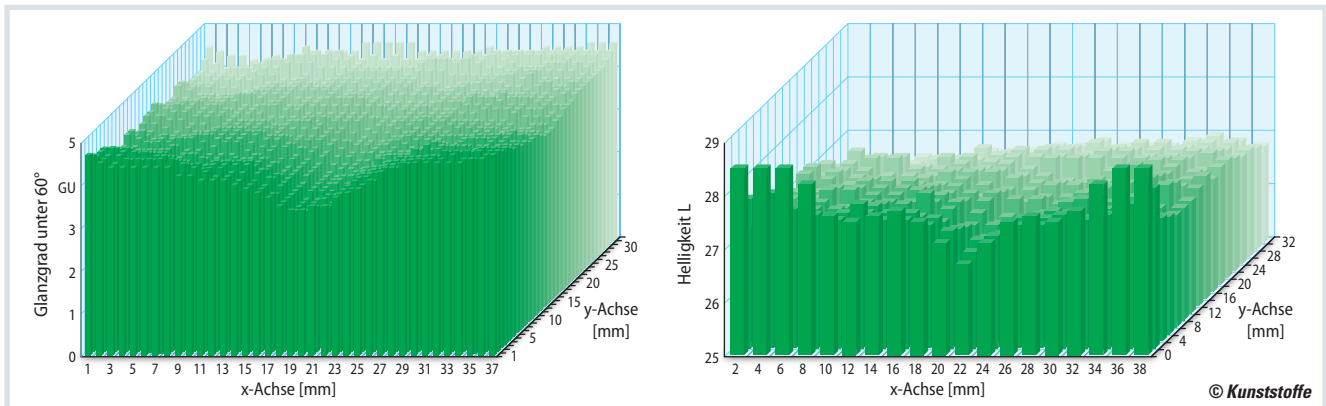


Bild 4. Die Glanz- und Helligkeitsmessungen zur messtechnischen Erfassung der Bindenaht offenbaren für das Messfeld 2 eine inhomogene Verteilung der Glanz- und Helligkeitswerte im Bindenahtbereich bei ABS auf (Quelle: IKT)

Fall von Glanzgradmessungen auf dem Messfeld 2 einer PC+ABS-Platte zeigt sich, dass die Prozessparameter einen deutlichen Einfluss auf den Mittelwert ausüben und so der Glanzgrad mitunter um bis zu 50% zwischen den Prozessparametern variieren kann (**Bild 5**). Ein Trend geht hin zu kleineren Glanzgraden bei erhöhten Prozessparametern. Dies ist beispielsweise auch bei ABS der Fall.

Vergleicht man diese Erkenntnis mit Messungen an einer PP-Platte (**Bild 6**), kann dies nicht bestätigt werden. Hier ist die Abhängigkeit von den Prozessparametern weniger stark ausgeprägt. Der Trend bei dem untersuchten PP geht dahin, dass der Glanzgrad bei erhöhten Prozessparametern um 17% zunimmt.

Bei allen Werkstoffen weist das angussfernere Messfeld 4 eine in Farbe und Glanz homogenere Oberfläche auf als das Messfeld 2. Die Fließweglänge spielt

daher bei der Oberflächenanalyse ebenfalls eine Rolle.

Ausblick

In einem automatisierten Analyseverfahren lässt sich durch messtechnisches Rastern der Oberfläche strukturierter Kunststoffbauteile die Homogenität von Farbe, Glanz oder Rauigkeit beurteilen. Die Analyse kann über das gesamte Bauteil oder nur zur Detektion lokaler Fehlstellen durchgeführt werden. Es zeigt sich, dass jeder Kunststoff anders auf eine Variation der Prozessparameter reagiert, die in der Oberflächenqualität sichtbar wird.

Bei Kunststoffblends und deren Ausgangswerkstoffen lassen sich die Ergebnisse zwar qualitativ, aber nicht quantitativ übertragen. Selbiges gilt, wenn Zusatzstoffe mit einem Kunststoff gemischt und verglichen werden. Über Kunststoff-

gruppen hinweg muss jedoch immer jeder Werkstoff einzeln betrachtet werden. Ein großer Einflussfaktor ist dabei die Viskosität der Kunststoffe. Ähnliche Erkenntnisse lassen sich auf die Farb- und Rauigkeitsmessungen übertragen.

Auch die Struktur des Werkzeugs spielt eine große Rolle. Daher wird im Rahmen des gemeinsamen Entwicklungsprojekts mit den Projektpartnern 2R Kunststofftechnik und Reichle Technologiezentrum im nächsten Schritt die Strukturierung der Werkzeuge so angepasst, dass deren Einfluss auf die Oberflächenqualität in Kombination mit den Prozessparametern untersucht werden kann. Ziel ist es, durch angepasste Strukturen im Werkzeug und angepasste Prozessparameter eine 100%-ige Abformung auch im Bereich von Bindenähten zu erlangen und somit die gewünschte Oberflächenqualität über das gesamte Bauteil zu gewährleisten. ■

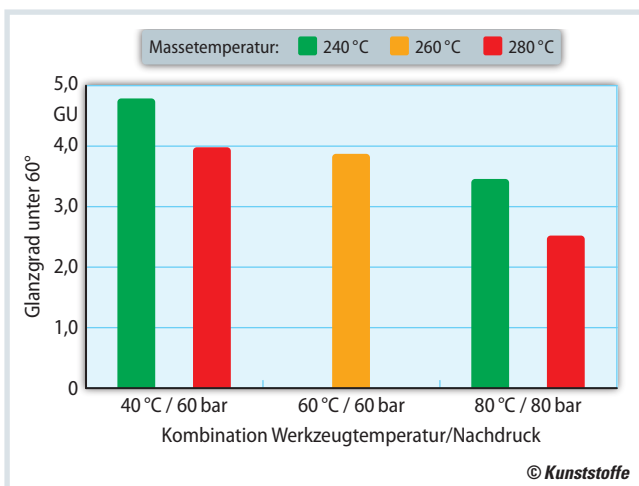


Bild 5. Bei PC+ABS ergibt die Analyse der Glanzgradabhängigkeit von den Prozessparametern für das Messfeld 2 eine Glanzgradverringernung bei erhöhten Prozessparametern (Quelle: IKT)

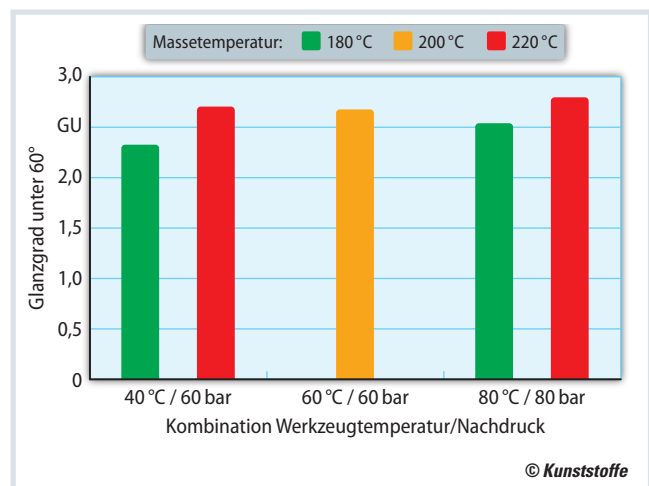


Bild 6. Im Fall von PP zeigt die Analyse der Glanzgradabhängigkeit von den Prozessparametern für das Messfeld 2 eine Erhöhung des Glanzgrads bei erhöhten Prozessparametern (Quelle: IKT)