



Zukunftsvision bei der Compoundierung von Kunststoffen: zeitgleiche Herstellung verschiedenfarbiger Compounds mit einem Extruder (Bilder: SKZ)

Farben. Inline im Prozess gemessene Farbwerte gestatten es, Farb Rezepturen exakt einzustellen. Farbabweichungen, z. B. durch Chargenschwankungen, können so nicht nur frühzeitig erkannt, sondern direkt korrigiert werden. Auch die beschleunigte Farb Rezepturnachstellung von bekannten Mustern bzw. Standards ist auf diese Weise machbar.

Automatisch korrigieren und berechnen

JULIA BOTOS U. A.

Grundsätzlich existieren zahlreiche Faktoren, die den Farbwert direkt beeinflussen. Dazu zählen u. a. Größen wie

- Eigenfarbe des Polymers,
- Farbstoffe (Kombinationen),
- zugesetzte Additive und Füllstoffe,
- Dispergierteilchen der Farbstoffe,
- Lichtart sowie
- Prüf- bzw. Verarbeitungstemperatur (Thermochromie).

Diese Einflussfaktoren sind zudem eng miteinander verknüpft und stehen nicht nur für sich alleine. So ist z. B. die Metamerie, d. h. die Wahrnehmung unterschiedlicher Farbneigungen in Abhängigkeit von der Beleuchtungsquelle, gleichzeitig abhängig von den eingesetzten Farbstoffen und der Lichtart. Aus diesem Grund existieren genormte Lichtarten, die von der CIE (Commission International De L'Eclairage) festgelegt sind. In der Regel wird die Normlichtart D65 (Tageslicht) verwendet [1].

Die Eigenfarbe eines Polymers wird beispielsweise durch die Lagerung und Verarbeitung (z. B. Degradation) beeinflusst. Dies tritt u. a. sehr stark bei Poly-

milchsäure (PLA) in Erscheinung [1, 2] und wird gemeinhin als Yellow-Index bezeichnet. Darüber hinaus ist natürlich das Farbstoff selbst für die Farbwirkung verantwortlich.

Zusätzlich wird die Farbstärke von der Dispergierteilchengröße der verwendeten Farbstoffe beeinflusst. Je kleiner und gleichmäßiger verteilt die Teilchen im Polymer vorliegen, desto intensiver wird die Farbstärke. Die Pigmente liegen in der Regel als Agglomerate vor und müssen während des Compoundierprozesses möglichst effektiv in Primärteilchen zerteilt werden. Somit haben die Prozessparameter einen wesentlichen Einfluss auf die Farbwirkung.

ARTIKEL ALS PDF unter www.kunststoffe.de
Dokumenten-Nummer KU111313

Zugesetzte Füllstoffe und Additive beeinflussen sowohl durch ihre Eigenfarbe als auch durch ihre Verarbeitungseigenschaften die Dispergierung der Pigmente und damit die Farbe des eingefärbten Compounds. Zur prinzipiellen Nachweisführung wurde in den nachfolgend vorgestellten Versuchen der Additivgehalt stark variiert. So konnten z. B. bei Konzentrationsänderungen des Stabilisators (Typ: Tinuvin 622 bzw. Irganox 1010, Hersteller: BASF SE, Ludwigshafen) von 0,1 % bereits Farbabweichungen um dE^* von 1,11 bzw. 0,82 bei einem Compound aus Polypropylen (PP) (Typ: Sabic PP 505P, Hersteller: Sabic Deutschland GmbH & Co. KG, Düsseldorf) mit einem braunen Masterbatch (5 Gew.-%) beobachtet werden (**Bild 1**). Hingegen zeigten sich bei einer exemplarisch getesteten Entformungshilfe (Typ: Crodamide ER, Hersteller: Croda GmbH, Nettetal) nur geringe Einflüsse.

Die Thermochromie ist insbesondere bei Prozessfarbmessungen von Kunststoffen ein immenser Einflussfaktor, da die Verarbeitung bei erhöhten Temperaturen erfolgt [3 bis 5]. Sie beschreibt reversible Farbänderungen, wie sie z. B. durch Änderungen in der Molekülanordnung, Mo-

lekülstruktur, Stereoisomerie sowie des makromolekularen Aufbaus bei unterschiedlichen Temperaturen verursacht werden. Aus diesem Grund muss die Temperatur bei der Farbmessung immer mitberücksichtigt und ggf. kompensiert werden.

In Summe zeigt sich, dass die Farbwirkung eingefärbter Kunststoffe von zahlreichen Einflussfaktoren abhängt. Diese müssen deshalb in einem automatischen Farbkorrektursystem berücksichtigt und bewältigt werden. Dies stellt eine große Herausforderung dar.

Farben an Kunststoffen messen

In der Praxis existieren mehrere Möglichkeiten, die Farbe von Kunststoffen zu messen [4]. Am gängigsten ist die Offline-Farbmessung mit einem Spektralphoto-

meter an spritzgegossenen oder gepressten Probekörpern. Vor allem aufgrund der Probekörperherstellung liegen die Resultate nur sehr zeitverzögert vor. Sollte der Farbwert nicht der Spezifikation entsprechen, so muss das bis dahin produzierte Compound verworfen oder nachgearbeitet werden. Deshalb sind beschleunigte Messverfahren zu bevorzugen [5].

Die Inline-Schmelzefarbmessung weist hierbei mittlerweile einen sehr hohen Reifegrad auf und ist bereits in mehreren produzierenden Betrieben installiert [3, 5 bis 10]. Die Arbeitsweise und Leistungsfähigkeit wurde bereits in den zitierten Quellen ausführlich beschrieben. Daher eignet sich diese Methode als Ausgangspunkt für den nächsten logischen Schritt: die automatische Farbkorrekturberechnung und -regelung unter Berücksichtigung der Thermochromie.

Farbkorrektur automatisch berechnen

Den schematischen Aufbau eines automatischen Farbkorrektursystems des Kunststoff-Zentrums SKZ, Würzburg, mithilfe einer Schmelzefarbmessereinrichtung veranschaulicht **Bild 2**. Eine optische Reflexi- →

Kontakt

SKZ – Das Kunststoff-Zentrum
D-97076 Würzburg
TEL +49 931-4104-458
 → www.skz.de

onssensonde für Schmelzmessungen in der Verfahrenseinheit eines Extruders wird mit einem Prozessfarbmessgerät (Typ: Inline Color Spectrophotometer und RPMP-Schmelzesonde, Hersteller: ColVisTec AG, Berlin) gekoppelt. Eine spezielle Treiberentwicklung ermöglicht die Echtzeitübertragung der gemessenen Schmelzefarbwerte an ein Farbrezeptur-Berechnungsprogramm, z.B. Colibri, Hersteller: Konica Minolta Sensing Europe B.V., München. Alternativ sollen auch neuere Ansätze mittels statistischer Methoden und künstlicher neuronaler Netze in Form von Softsensoren und genetischen Optimierungsalgorithmen verfolgt werden [3, 11]. Hierzu wird z.B. die Software NeuroModel GenOpt von der atlantec Systems GmbH, Willich, eingesetzt.

Durch beide Optionen können evtl. erforderliche Korrektur- oder Rezepturanpassungsschritte erfolgen, die dann an die Dosiereinheiten für die Rezepturbestandteile weitergeleitet werden. Auf diese Weise entsteht ein geschlossener Regelkreis. Die Voraussetzung hierfür sind jeweils entsprechende Kalibrierreihen, die im Vorfeld für die jeweils verwendeten Farbmittel und Polymere erstellt werden müssen. Bei diesen Kalibrierreihen werden Compounds mit definierten Farbkonzentrationen der verwendeten Farbmittel hergestellt. Diese Kalibrierung wird ebenfalls mithilfe des Inline-Schmelzefarbmesssystems generiert und im Anschluss in die Rezeptursoftware bzw. die erstellten Modelle übertragen. Da eine exakte

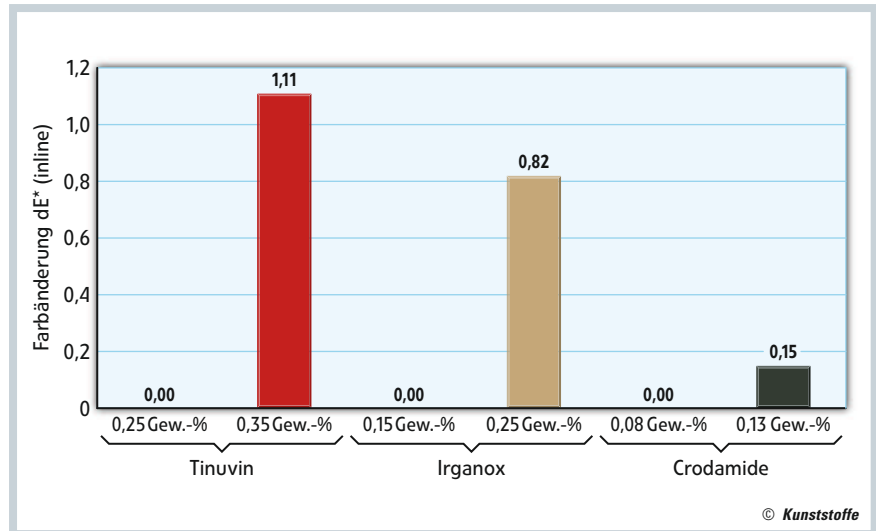


Bild 1. Inline-Farbmessung zur Untersuchung von Konzentrationsänderungen bei Additiven (Matrix : stabilisiertes PP und 5 Gew.-% braunes Masterbatch)

Kalibrierung die Voraussetzung für ein funktionierendes Farbmesssystem darstellt, werden pulverförmige Kalibriermischungen hergestellt und verwendet (Bild 3). Diese können auch in geringeren Konzentrationen wesentlich exakter als in Granulatform in den Extruder dosiert werden.

Der Ansatz des SKZ verfolgt unterschiedliche Ziele: ein geschlossener Regelkreis ermöglicht die Korrektur von Chargen- oder Dosierschwankungen im Prozess und gewährleistet so eine gleichbleibende Produktqualität. Außerdem ist mit einem solchen automatischen Farbkorrektursystem eine beschleunigte Farb-

nachstellung auf Basis vorheriger Prozessfarbmessreihen oder vorliegender Muster bzw. Standards möglich. Die übliche iterative und zeitaufwändige Vorgehensweise mit manueller Farbprüfung an Probekörpern kann damit im Umfang reduziert werden.

Im Gegensatz zur Verwendung von sogenannten Korrekturbatches oder Abtönkonzentrat zur Verminderung eventueller Farbabweichungen [3, 5] wird in diesem Ansatz das Problem an der Wurzel gepackt: Abweichungen durch z.B. Dosier- oder Chargenschwankungen werden direkt durch eine Konzentrationsanpassung der ursprünglichen Basiskompo-

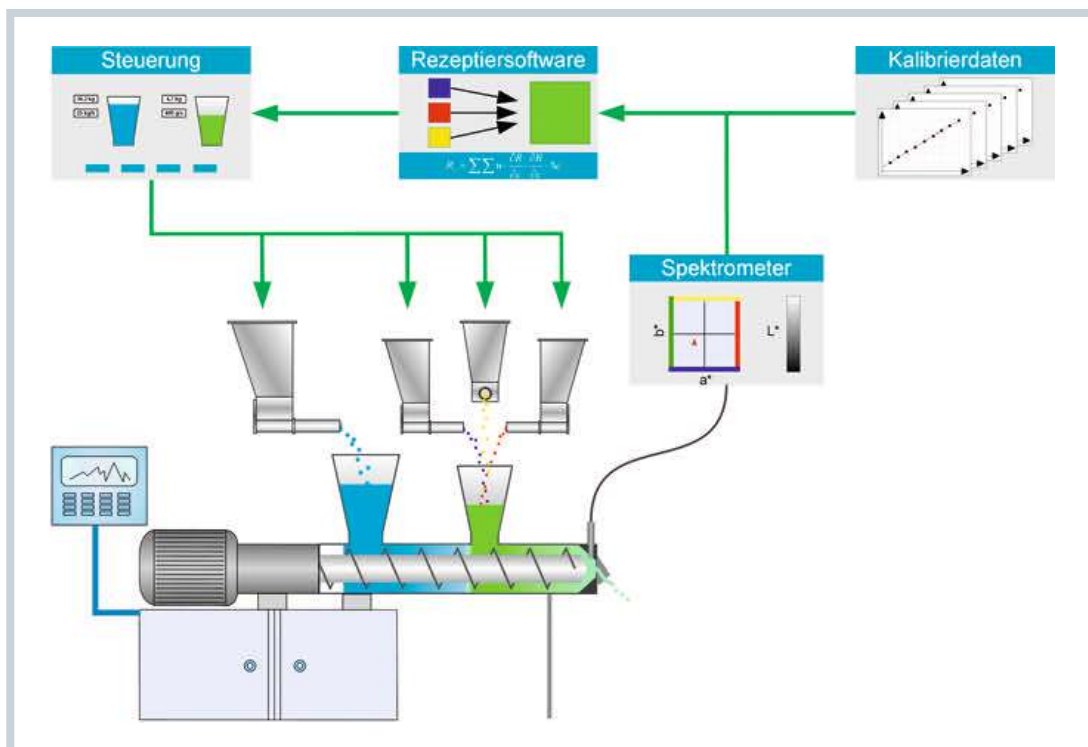


Bild 2. Schematische Darstellung einer automatisierten Farb-rezepturberechnung

nennten behoben. Zusätzliche Rezepturbestandteile und Dosiervorrichtungen müssen nicht ergänzt werden und eine Übersättigung durch zusätzliche Farbmittel ist ausgeschlossen.

Ausblick

Im SKZ wird zukünftig verstärkt an der Umsetzung und Erprobung der vorgestellten automatischen Farbprezep-

turberechnung bzw. Farbnachstellung gearbeitet. Außerdem sollen die Thermochromieeffekte, die vor allem bei Prozessfarbmessungen durch die hohen Verarbeitungstemperaturen während der Kunststoffverarbeitung eine große Bedeutung haben, grundlegend untersucht werden. Dies könnte den heute noch beträchtlichen Versuchsaufwand zur Erstellung von Kalibrierreihen für die Thermochromie-Kompensation erheblich reduzieren. Im Zuge dessen sollen auch kombinierte Temperatur-Farbmesssonden entwickelt werden, um die Schmelztemperatur am gleichen Ort der Farbmessung aufnehmen und diese damit besser korrigieren zu können. ■

DANK

Die IGF-Vorhaben 15586N und 17413N der Forschungsvereinigung Fördergemeinschaft für das



Bild 3. Rot eingefärbtes PP-Granulat (Typ: Sabic PP 505 P und Pigment Red 254, der Farbenwerke Wunsiedel GmbH) vor dem Mahlen (links), und nach dem Mahlen in Pulverform (rechts)

SKZ wurden bzw. werden über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags gefördert. Wir danken dem Fördermittelgeber für die finanzielle Unterstützung sowie der Firma atlantec Systems GmbH für die kostenlose Bereitstellung von NeuroModel GenOpt. Darüber hinaus gilt unser Dank der Lifocolor Farben GmbH & Co. KG, Lichtenfels, der Farbenwerke Wunsiedel GmbH, Wunsiedel, sowie der Sabic Deutschland GmbH für die Bereitstellung der Materialien.

LITERATUR

- 1 Chrismont, A.: Farbe & Farbmessung, Editions 3C, 3. Auflage, Paris 1993
- 2 Steinhoff, B.; Wang, Y.; Piecha, S.; Alig, I.: Prozessbedingter Abbau von Polymilchsäure, Kunststoffe (2007) 10, S. 259-262
- 3 Hochrein, T.; Alig, I.: Prozessmesstechnik in der Kunststoffaufbereitung, Vogel Buchverlag, Würzburg 2011
- 4 Bastian, M.: Einfärben von Kunststoffen, Carl Hanser Verlag, München 2010
- 5 Hochrein, T.; Botos, J.; Kretschmer, K.; Heidemeyer, P.; Ulmer, B.; Zentgraf, T.; Bastian, M.:

Schneller und näher am Prozess, Kunststoffe (2012) 9, S. 76-80

- 6 Eker, F.: Inline-Farbmessung direkt in der Schmelze, Kunststoffe (2009) 4, S. 54-56
- 7 Pausch, G.: Mit Lichtblitzen in die Schmelze, Plastverarbeiter (2005) 9, S. 126-127
- 8 Hochrein, T.; Kretschmer, K.; Bastian, M.: Wie man „Qualität“ produziert, Plastverarbeiter (2009) 9, S. 92-94
- 9 Hochrein, T.; Kretschmer, K.; Bastian, M.: Kontinuierliche Prozessüberwachung in der Compoundierung, GAK (2009) 11, S. 662-667
- 10 Hochrein, T.; Botos, J.; Kugler, C.: Prozessnahe Qualitätssicherung, Ingenieurspiegel (2011) 3, S. 22-24
- 11 Kugler, C.; Froese, T.; Hochrein, T.; Bastian, M.: Reale Aufgaben für virtuelle Sensoren, Kunststoffe (2012) 2, S. 20-23

DIE AUTOREN

JULIA BOTOS, geb. 1986, ist wissenschaftliche Mitarbeiterin im Süddeutschen Kunststoff-Zentrum SKZ – KFE gGmbH, Würzburg, und arbeitet im Geschäftsfeld Messtechnik u. a. auf dem Gebiet der Farbmessung von Kunststoffen; j.botos@skz.de

THOMAS HOCHREIN, geb. 1979, ist Geschäftsfeldleiter Messtechnik in der Kunststoffforschung und

-entwicklung des SKZ.

KARSTEN KRETSCHMER, geb. 1973, ist stellvertretender Geschäftsführer der Kunststoffforschung und -entwicklung des SKZ.

PETER HEIDEMEYER, geb. 1959, ist Geschäftsführer der Kunststoffforschung und -entwicklung des SKZ.

BERNHARD ULMER, geb. 1971, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im SKZ im Geschäftsfeld Materialentwicklung.

MARTIN BASTIAN, geb. 1966, ist Institutsdirektor des SKZ und Professor für das Fachgebiet „Technologie der polymeren Werkstoffe“ an der Universität Würzburg.

SUMMARY
AUTOMATIC CORRECTIONS AND CALCULATIONS

COLORS. Inline process color measurements allow color formulations to be precisely adjusted. Color deviations due to for example batch to batch variations can not only be recognized early, but also directly corrected. This technique also enables accelerated color matching against samples or standards.