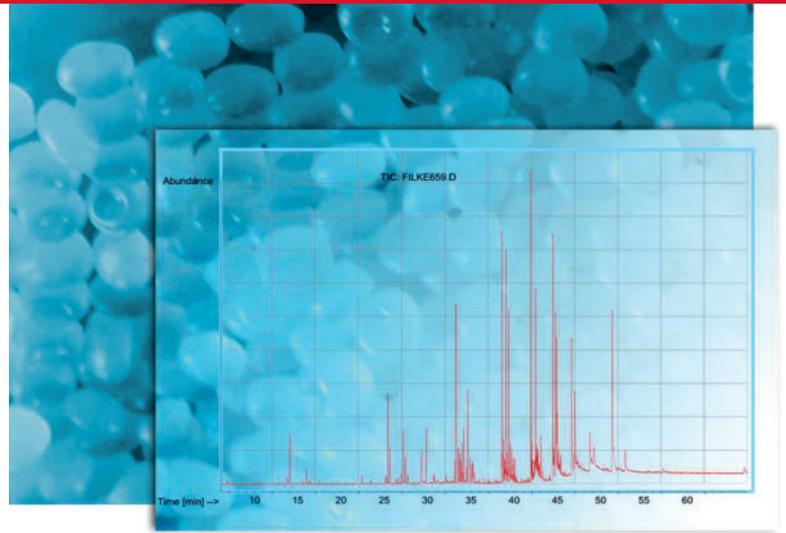


**Einfluss der Prozessparameter.**

Nicht nur die Abgase der Kraftstoffverbrennung, auch die Materialemissionen im Fahrzeuginnenraum konnten in den letzten Jahren reduziert werden. Trotzdem gibt es noch viel zu tun. Compoundierung und Spritzgießverarbeitung können das Emissionsverhalten von Kunststoffen erheblich beeinflussen. Untersuchungen der wesentlichen Parameter zeigen Wege zur Emissionsminderung auf.



Thermodesorption-GC/MS nach VDA 278 an einem PP-Compound (Bilder: FILK/KuZ)

# Unerwünschte Emissionen müssen nicht sein

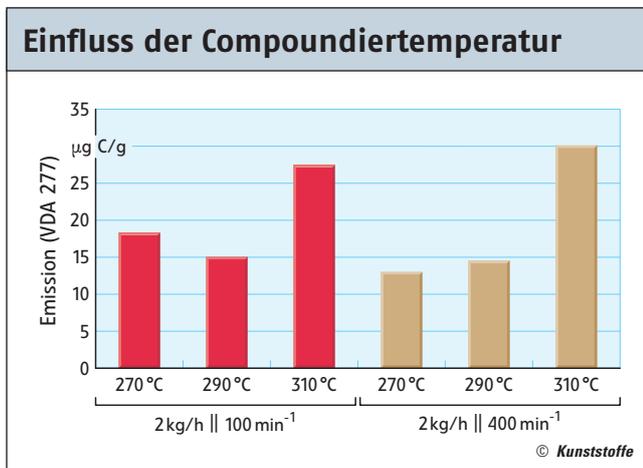
**HAIKO SCHULZ  
PETRA KRAJEWSKY U. A.**

Autokäufer, die viel Geld ausgeben, erwarten, dass ihr fabrikneuer Wagen keinen unangenehmen Geruch aufweist. Deshalb sind Emissionsprüfungen von Materialien, die im Fahrzeuginnenraum eingesetzt werden, mittlerweile fester Bestandteil von Spezifikationen fast aller Automobilhersteller. Die tägliche

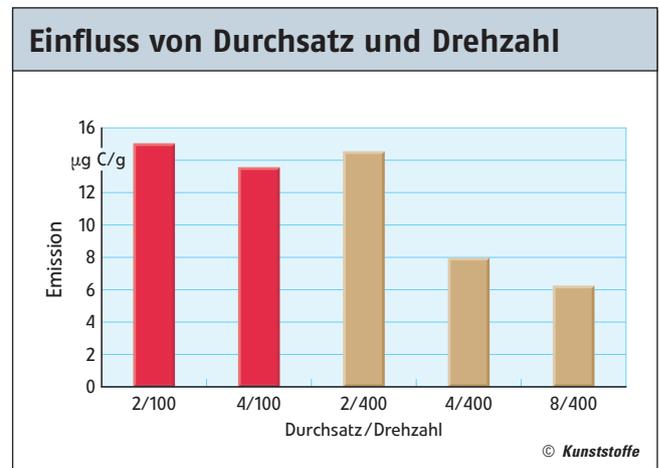
Praxis im Prüflabor zeigt, dass nach wie vor Bedarf an Informationen besteht, wie Emissionen in Kunststoffbauteilen gezielt reduziert werden können. Aus diesem Grund untersuchte eine Arbeitsgruppe am Forschungsinstitut für Leder und Kunststoffbahnen Freiberg (FILK) systematisch, wie die Compoundierung die Emissionen ausgewählter Spritzgießpolymere beeinflusst. Mit denselben Rohstoffen und den im FILK hergestellten Com-

pounds wurden im Kunststoff-Zentrum in Leipzig (KuZ) entsprechende Spritzgießversuche durchgeführt.

Gegenstand der Untersuchungen zur Compoundierung waren u. a. Temperatur, Durchsatz, Drehzahl, Entgasung, der Einfluss der Feuchtigkeit (Extruderparameter) sowie die Beiträge der eingesetzten Rohstoffe und Additive. Beim Spritzgießen wurde der Einfluss der Temperatur, Verweilzeit, Schneckenumfangs-



**Bild 1.** Die Emissionen nach VDA 277, hier dargestellt am Beispiel eines PA-Compounds bei einem Durchsatz von 2 kg/h und einer Schneckendrehzahl von 100 bzw. 400 min<sup>-1</sup>, steigen mit der Temperatur



**Bild 2.** Die Grafik zeigt am Beispiel eines PA-Compounds bei einer Temperatur von 290 °C, wie sich Durchsatz (in kg/h) und Drehzahl (in min<sup>-1</sup>) auf die Emissionen nach VDA 277 auswirken

geschwindigkeit und Einspritzgeschwindigkeit sowie der Einfluss einer Entgasung betrachtet. Untersucht wurden die Materialien PP, PA-GF 15, ABS, PC+ABS und POM. Es wurden jeweils Modellrezepturen verwendet, die sich an realen automobiltypischen Rezepturen orientieren. Die abgeleiteten Schlussfolgerungen beziehen sich deshalb in erster Linie auf diese Modellrezepturen.

### Untersuchung automobiltypischer Rezepturen

Für die Untersuchung der Emissionen wurden verschiedene Methoden verwendet:

- VOC – VDA 277 und VDA 278;
- Fogging – DIN 75201-B;
- Formaldehyd – VDA 275;
- Geruch – VDA 270-B3.

Zur Compoundierung kamen verschiedene Laborextruder zum Einsatz. Um die die Emissionen der Compounds beeinflussenden Faktoren abzuklären, wurde bei allen Kunststoffen ein standardisiertes Verfahren angewendet. Zunächst wurden die Emissionen der Rohstoffe (Polymere, Additive) getrennt voneinander untersucht, ebenso der Einfluss der Extrusion auf die Kunststoffe ohne Additive. Die nächsten Schritte waren die Compoundierung der Polymere

- mit je einem Additiv,
- mit allen Additiven (Standardparameter) und
- mit allen Additiven unter Variation der Compoundierparameter.

Abschließend wurde eine größere Menge Compounds für die Spritzgießversuche hergestellt.

Die Spritzgießversuche wurden auf einer Maschine des Typs Ergotech system 100/420-310 (Hersteller: Demag Plastics Group) durchgeführt. Für die Formteilerfertigung wurden zwei verschiedene Werkzeuge ausgewählt, um den geometrischen Einfluss zu berücksichtigen. Untersucht wurden Stoffparameter (Basis-

material, Compound, Trocknung), Verarbeitungsparameter und die Auswirkungen einer Verfahrensmodifikation (Drei-Zonen-Schnecke, Entgasungsschnecke, Werkzeugentgasung).

i	Institute
<b>Forschungsinstitut für Leder und Kunststoffbahnen gGmbH</b> Meißner Ring 1-5 D-09599 Freiberg Tel. +49 (0) 37 31/3 66-134 Fax +49 (0) 37 31/3 66-130 www.filkfreiberg.de	
<b>Kunststoff-Zentrum in Leipzig gGmbH</b> Erich-Zeigner-Allee 44 D-04229 Leipzig Tel. +49 (0) 3 41/49 41-603 Fax +49 (0) 3 41/49 41-555 www.kuz-leipzig.de	

### Einflussgrößen beim Compoundieren

Bei jedem Kunststoff werden verschiedene Rohprodukte auf ihre Emissionen untersucht. Zwischen den einzelnen Produkten bestehen je nach Hersteller und Typ zum Teil sehr große Unterschiede in der Menge und der Art der Emission sowie im Geruch. Nur die optimalen Chargen werden für die Experimente ausgewählt.

Die Additive (Füllstoffe, Stabilisatoren, Pigmente, Gleitmittel, Flammenschutz, Antistatika) werden in reiner Form oder als Batch eingesetzt. Obwohl deren Emissio-

nen bei den separaten Messungen zum Teil extrem hoch liegen, fallen sie im fertigen Compound in der Regel kaum ins Gewicht. Beispiele sind die Verschlechterung des Geruchs von PP beim Einsatz von Talkum und eine erhöhte Formaldehydemission von POM, ausgelöst durch verschiedene Additive.

Die Variation der Compoundierparameter wirkt sich bei den untersuchten Kunststoffen unterschiedlich aus. PP kann in einem breiten Verarbeitungsfenster ohne merkliche Zunahme der Emissionen compoundiert werden. Nur der Geruch verschlechtert sich mit steigender Temperatur deutlich. Im Gegensatz dazu führt die Erhöhung der Temperatur bei PA, ABS, PC+ABS und POM zu einer Zunahme vor allem der VOC-Werte (Bild 1). Bei POM nimmt mit steigender Temperatur zusätzlich die Formaldehydemission zu.

Ein erhöhter Durchsatz führt bei PA, ABS, PC+ABS und POM zu einer signifikanten Abnahme der VOC-Emissionen (Bild 2). Als Ursache dafür kann die kürzere Verweilzeit des Materials bei hohen Temperaturen angesehen werden. Höhere Schneckendrehzahlen verringern die Emissionen nur bei PA. Bei allen anderen Polymeren werden keine eindeutigen Tendenzen festgestellt.

Eine wirksame Entgasung während der Compoundierung kann die flüchtigen Substanzen im Compound zum Teil deutlich reduzieren (Tabelle 1). Dieser Effekt wird in unterschiedlicher Intensität bei allen Kunststoffen beobachtet. In allen Fällen können größere Mengen von Compounds für die Spritzgießversuche hergestellt werden, ohne die Emissionen

	VDA 277 VOC [µg C/g]	VDA 278 VOC/Fog [ppm]	DIN 75201-B Fogging [mg]	VDA 270-B3 Geruch
ohne Entgasung	16	745	2,5	4–5
mit Entgasung	3	346	1,0	4–5

**Tabelle 1. Die Entgasung während der Compoundierung beeinflusst die Emissionen und den Geruch positiv (dargestellt am Beispiel eines PP-Compounds)**

**Tabelle 2. Die Werte geben die Ergebnisse der Messung der Emission nach VDA 277 und der Bewertung des Geruchs nach VDA 270 von PP als Ausgangspolymer, fertiges Compound und nach der Spritzgießverarbeitung wieder (T<sub>M</sub> = Schmelztemperatur; t<sub>V</sub> = Verweilzeit)**

	VDA 277 VOC [µg C/g]	VDA 270-B3 Geruch
PP-Ausgangsmaterial	16	4
Spritzgießcompound	12	4–5
Formteil T <sub>M</sub> = 180 °C t <sub>V</sub> = 8 min	9	4–5
T <sub>M</sub> = 220 °C t <sub>V</sub> = 8 min	10	4
T <sub>M</sub> = 240 °C t <sub>V</sub> = 8 min	12	5

und den Geruch im Vergleich zum Rohpolymer signifikant zu verschlechtern (Tabelle 2).

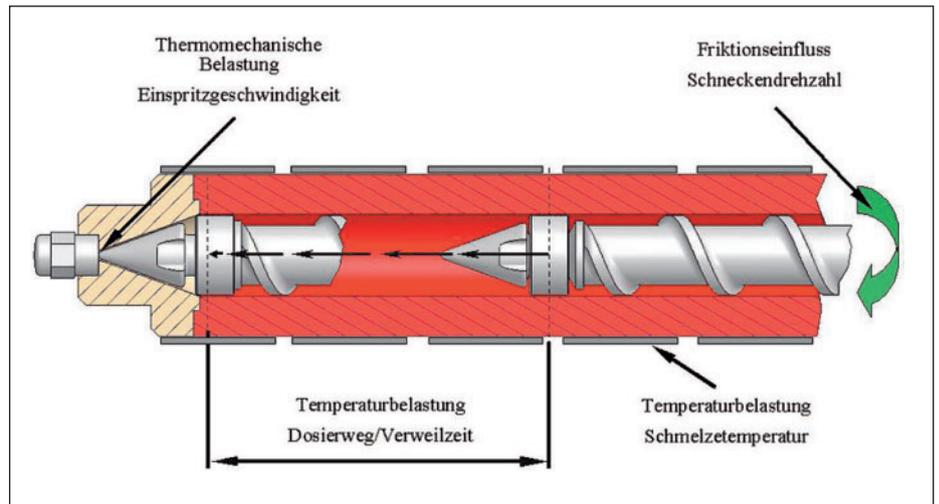
### Thermische Schädigung beim Spritzgießen

Plastifizieraggregate von Spritzgießmaschinen müssen in einem breiten Anwendungsfeld eine material- und betriebspunktgerechte Verarbeitung ermöglichen (Bild 3). Im Allgemeinen ▶

werden hierzu Drei-Zonen-Schnecken eingesetzt. Unabhängig von Material und Formteilgeometrie emittiert der Spritzling mit steigender Schmelztemperatur verstärkt Geruchs- und Schadstoffe. Bei hohen Materialbelastungen, wie sie eine Erhöhung der Schmelztemperatur hervorruft, werden während der Verarbeitung Abbauprodukte freigesetzt, die die Emission negativ beeinflussen.

Der Anstieg der Verweilzeit hat aufgrund der damit verbundenen Erhöhung der thermischen Schädigung der Schmelze ebenfalls einen Anstieg der Emission zur Folge. Für niedrigere Verarbeitungstemperaturen ist dieser Anstieg nicht so signifikant. Wird allerdings eine hohe Schmelztemperatur mit einer langen Verweilzeit der Schmelze im Plastifizierzylinder gekoppelt, dann steigen die Emissionswerte deutlich (Bild 4).

Die Einspritzgeschwindigkeit ist material- und werkzeugabhängig. Sie wird durch die Viskosität der Schmelze, die Zugabe von Additiven und den Querschnitt des Angusses beeinflusst. Bei geringem Angussquerschnitt und hoher Einspritzgeschwindigkeit ist die Schmelze sehr hohen Schergeschwindigkeiten ausgesetzt. Das bedeutet, dass eine kurzzeitig starke lokale Erwärmung die Schmelze thermisch schädigen und Mängel am Formteil, z.B. Schlieren, verursachen kann. Allerdings üben diese kurzen thermomechanischen Belastungen der Schmelze im Spritzgießprozess keinen signifikanten Einfluss auf die Emission der ausgewählten Modellformteile aus.



**Bild 3.** Beim Plastifizieren und Einspritzen werden Kunststoffe in Schneckenkolbenaggregaten auf unterschiedliche Weise beansprucht

### Einsatz einer Entgasungsschnecke

Niedermolekulare Substanzen und Feuchte bei der Kunststoffverarbeitung durch Entgasung zu entfernen, ist insbesondere in der Extrusion Stand der Technik und wurde in der Vergangenheit in begrenztem Umfang auch beim Spritzgießen zur Abtrennung von Feuchte realisiert. Der Einsatz dieser Technik wird hier als Maßnahme der Emissionsminderung im Spritzgießprozess getestet. Der Zylinder hat eine „offene“ Zone zur Entspannung. Verfahrenstechnisch tritt die Besonderheit auf, dass die Schmelze nach dem Plastifizieren entspannt und entgast wird, bevor der Druck erneut aufgebaut und die Schmelze weiter transportiert wird.

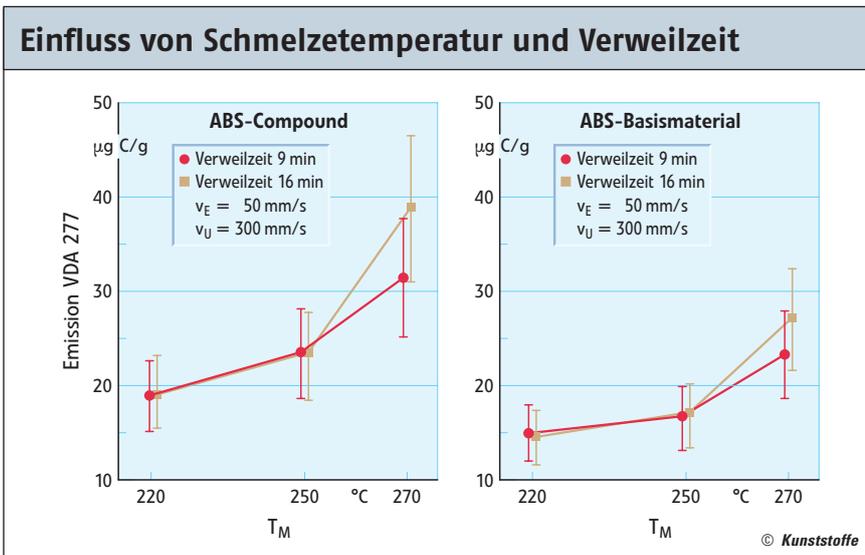
Für den praktischen Produktionseinsatz von Entgasungsplastifiziereinheiten benötigt der Anwender mehr Material- und Prozesskenntnisse als bei bisher üblichen Ausrüstungen mit Drei-Zonen-Schnecken. Dies ist darauf zurückzuführen, dass sich Materialaustritt, Zersetzung, Einzugsschwierigkeiten usw. recht unterschiedlich auf das Verarbeitungsverhalten auswirken. Die Emission auf diese Weise hergestellter Kunststoffformteile wird geringfügig reduziert. Es muss aber festgestellt werden, dass die Einschränkungen des Verarbeitungsfensters und die geringe Wirkung den Einsatz einer Entgasungseinheit nicht empfehlen.

Die Entlüftung der Werkzeugkavität wurde als weiterer Weg zur Verbesserung der Emission von Spritzgussteilen getestet. Die Ergebnisse zeigen, dass die Werkzeugentgasung darauf keinen signifikanten Einfluss hat.

### Zusammenfassung

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass Compoundieren und Spritzgießen die Emissionswerte der betrachteten Kunststoffe zum Teil deutlich beeinflussen. Die Möglichkeiten, diese Werte bei schlechten Ausgangsprodukten zu verbessern, sind jedoch begrenzt. Deshalb ist die wichtigste Voraussetzung für emissionsarme Compounds und Spritzgussteile, emissionsarme Grundpolymere und entsprechende Additive zu verwenden.

Erhöhte Temperaturen bedingen je nach Kunststoff erhöhte Emissionen und/oder einen schlechteren Geruch. In vielen Fällen zeigt sich, dass die Verweilzeit des Polymers bei hohen Temperaturen die Emissionswerte in entscheidender



**Bild 4.** Treffen beim Spritzgießen eine hohe Schmelztemperatur und eine lange Verweilzeit der Schmelze im Plastifizierzylinder zusammen – hier dargestellt die Emission von ABS nach VDA 277 –, steigen die Emissionswerte deutlich ( $v_E$  = Einspritz-,  $v_U$  = Umfangsgeschwindigkeit)

dem Maße beeinflusst. Kürzere Verweilzeiten bedeuten in der Regel deutlich geringere Emissionen. Eine Entgasung während der Compoundierung geht bei allen Kunststoffen mit einer Abnahme der leichtflüchtigen Verbindungen einher. Der Geruch wird dadurch nicht beeinflusst.

Im Spritzgießprozess sind die Verarbeitungstemperatur und die Verweilzeit die für die Emission entscheidenden Prozessparameter. Das bedeutet, dass Produktionsbetriebe sowohl der Temperaturführung als auch der Auswahl einer geeigneten Plastifiziereinheit, die dem Dosiervolumen für das Formteil entspricht, große Beachtung schenken müssen. Lange Verweilzeiten bei hohen Temperaturen müssen unbedingt vermieden werden. Die untersuchten Verfahrensmodifikationen haben die Emissionswerte nicht verbessert. ■

#### DANK

Die Forschungsarbeiten wurden anteilig aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie innerhalb des Förderprogramms Inno-Watt („Innovative Wachstumsträger“) gefördert. Der Dank der Autoren gilt ebenso den Firmen, die die Untersuchungen durch die Bereitstellung von Mustern unterstützt haben.

#### DIE AUTOREN

DR. HAIKO SCHULZ, geb. 1963, ist Leiter des Fachbereichs Materialcharakterisierung am Forschungsinstitut für Leder und Kunststoffbahnen (FILK), Freiberg; haiko.schulz@filkfreiberg.de

PETRA KRAJEWSKY, geb. 1959, ist Bereichsleiterin für Verarbeitungstechnik am Kunststoff-Zentrum in Leipzig (KuZ); krajewsky@kuz-leipzig.de

JÜRGEN ARNOLD, geb. 1952, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am FILK.

DR. ANDREA HANKE, geb. 1970, ist ehemalige wissenschaftliche Mitarbeiterin am KuZ.

#### SUMMARY KUNSTSTOFFE INTERNATIONAL

## No Need for Unwanted Emissions

**EFFECT OF PROCESS PARAMETERS.** *Not only the waste gases from burning fuel but also the emissions of materials in the interior of vehicles have been reduced in recent years. Nevertheless there is still a lot to do. Compounding and processing by injection molding can have a considerable effect on the emission characteristics of plastics. Studies of the key parameters reveal ways of reducing emissions.*

*NOTE: You can read the complete article in our magazine **Kunststoffe international** and by entering the document number **PE104089** on our website at [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)*