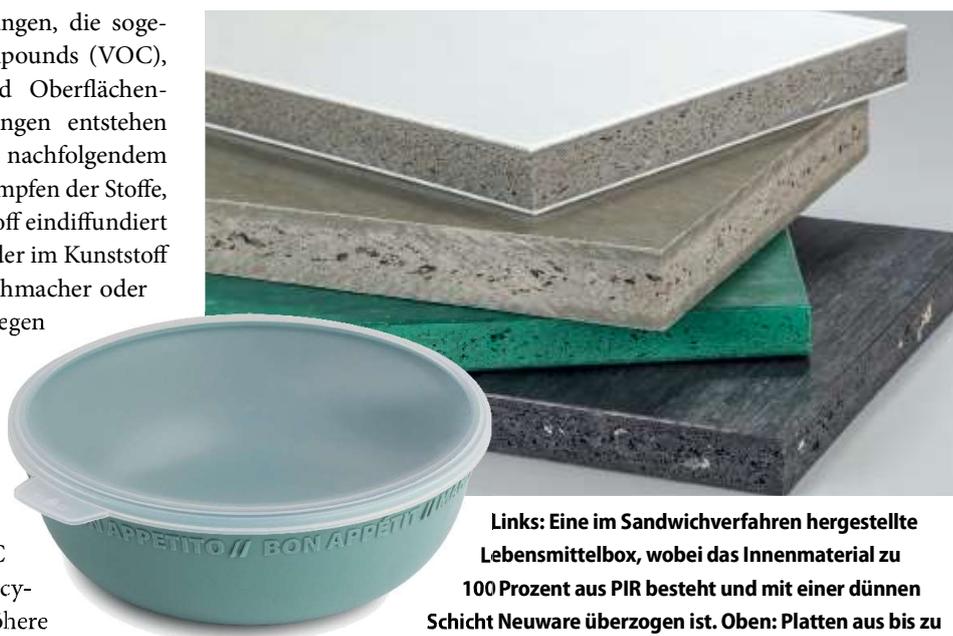


Volatile Verbindungen in Kunststoffrezyklat

Der Einsatz von Kunststoffrezyklat in der Schweiz steigt kontinuierlich und ist oft durch Qualitätsanforderungen, gesetzliche Vorgaben und wirtschaftliche Faktoren beschränkt. Besonders im Lebensmittelbereich gibt es strenge Vorschriften. Während PIR (Post Industrial Recyclate) relativ einfach in den Kreislauf zurückzuführen ist, stellt PCR (Post Consumer Recyclate) die Hersteller von Kunststoffprodukten vor Herausforderungen.

Flüchtige organische Verbindungen, die sogenannten volatile organic compounds (VOC), können zu Geruchsbildung und Oberflächenschlieren führen. Die Verbindungen entstehen vorwiegend beim Recycling- oder nachfolgendem Verarbeitungsprozess durch Verdampfen der Stoffe, die beim Gebrauch in den Kunststoff eindiffundiert sind, wie Öle oder Lebensmittel, oder im Kunststoff bereits enthalten waren, wie Weichmacher oder Stabilisatoren. Kunststoffe unterliegen im Laufe ihrer Lebensdauer einer Alterung durch UV-Strahlung, Wärme, Sauerstoff und mechanischer Beanspruchung. Diese Alterungsprozesse können zur Zersetzung von Polymerketten und Zusatzstoffen führen, wobei VOC als Nebenprodukte entstehen. Recycelte Kunststoffe können daher höhere VOC-Konzentrationen aufweisen, wenn das Ausgangsmaterial bereits stark gealtert oder zersetzt war. Ist das Recyclingmaterial nicht ausreichend gereinigt, bevor es wiederverwendet wird, können VOC-haltige Substanzen im Rezyklat verbleiben. Das gilt besonders für mechanisches Recycling, bei dem die Reinigung des Materials entscheidend ist. Während des thermischen Prozesses wie Extrusion oder Spritzguss können VOC aus dem Kunststoff freigesetzt werden. Wenn der Prozess nicht optimal kontrolliert wird, können diese freigesetzten VOC im Rezyklat verbleiben. Kunststoffe, die mehrfach recycelt wurden, können höhere VOC-Konzentrationen aufweisen. Bei jedem Recyclingzyklus kann es zu einer weiteren Zersetzung des Materials und zu einer Anreicherung von VOC kommen.



Links: Eine im Sandwichverfahren hergestellte Lebensmittelbox, wobei das Innenmaterial zu 100 Prozent aus PIR besteht und mit einer dünnen Schicht Neuware überzogen ist. Oben: Platten aus bis zu 100 Prozent PCR, hergestellt mittels adaptiertem und patentiertem Spritzgiessprozess. Beide Firmen sind Forschungspartner des IKT. (Bild links: Rotho, Bild oben: UpBoards)

Bestimmung des VOC-Gehaltes

Es gibt verschiedene Methoden, den VOC-Gehalt zu bestimmen:

- **Gaschromatographie (GC):** Das Probenmaterial wird erhitzt, um die flüchtigen organischen Verbindungen freizusetzen. Diese Dämpfe werden dann in ein Trägergas injiziert und durch eine chromatographische Säule geleitet, wo die verschiedenen VOC getrennt werden. Ein Detektor (oft ein Massenspektrometer, GC-MS) identifiziert und quantifiziert die einzelnen Verbindungen. **Vorteile:** Hohe Sensitivität und Präzision, Möglichkeit zur Identifizierung →

Einzigartig. Praxisnah. Innovativ.

Das ist die SPS – Smart Production Solutions.
Eine Fachmesse, die sich durch Erfolgsgeschichten, geballte
Expertise und wegweisende Lösungen auszeichnet. Als
Highlight für die Automatisierung bietet sie auch dieses Jahr
wieder eine einzigartige Plattform für alle, die ihr Unternehmen
mit smarter und digitaler Automation voranbringen wollen.

Tauchen Sie ein in eine Welt voller Innovationskraft
Info und Tickets: www.sps-congress.de

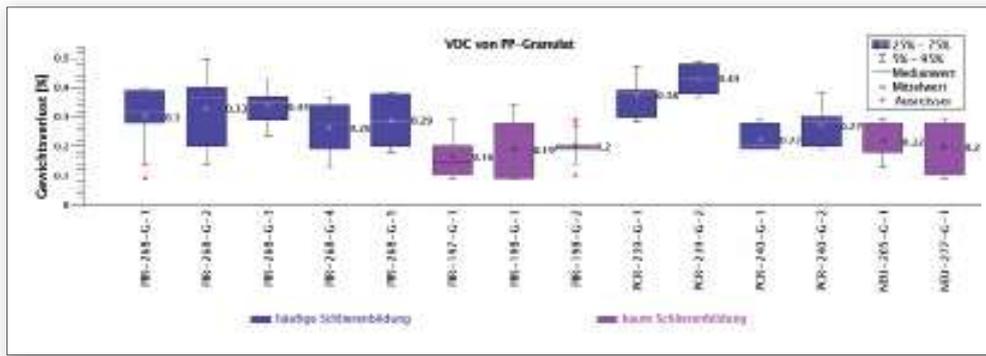


SPS

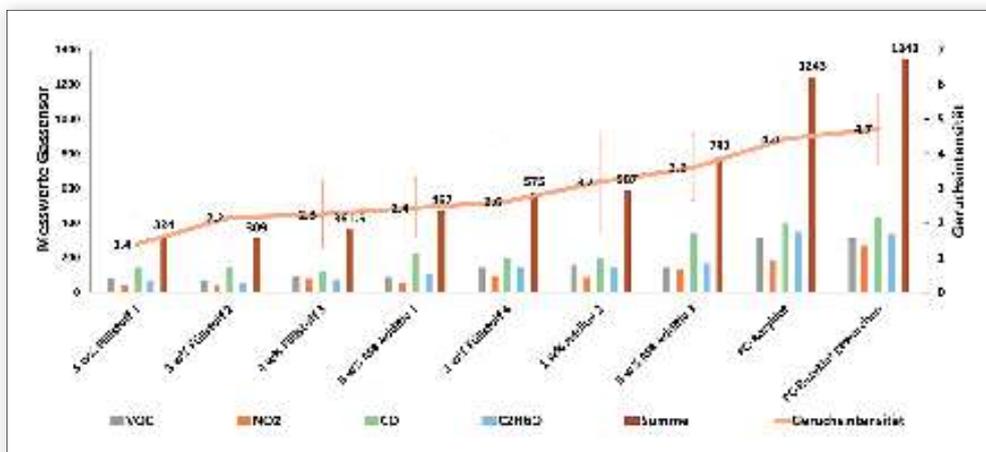
12. – 14.11.2024
NÜRNBERG

Bringing Automation to Life

35. Internationale Fachmesse der
Industriellen Automation



Boxplots der VOC-Werte (inklusive Wasser) bestimmt über einfache Thermodesorption nach zwei Minuten bei 230 °C ohne GC: Es sind Unterschiede in der Rezyklatqualität und ein Zusammenhang zwischen erhöhtem VOC-Gehalt und Schlierenbildungshäufigkeit erkennbar. (Quelle: Bachelor-Thesis Mario Zenuni)



Korrelation zwischen gemessenen VOC, CO, NO₂ und C₂H₆O Messwerten mit der Geruchsintensität verschiedener PP PCR Compounds. (Grafik: FHNW)

einzelner VOC. **Nachteile:** Aufwendige Probenvorbereitung, relativ hohe Kosten.

- **Headspace-Analyse:** Die Headspace-Analyse ist eine spezielle Form der Gaschromatographie, bei der die VOC direkt aus dem Gasraum über dem Probenmaterial (dem sogenannten Headspace) entnommen werden. **Vorteile:** Minimale Probenvorbereitung, geeignet für feste und flüssige Proben. **Nachteile:** Weniger sensitiv als andere GC-Methoden, begrenzte Menge an analysierbaren VOC.
- **Thermodesorption (TD):** Bei der Thermodesorption werden die VOC durch Erwärmen der Probe freigesetzt und dann in ein Gaschromatographensystem eingespeist. **Vorteile:** Effiziente Extraktion von VOCs, direkte Analyse ohne Lösungsmittel. **Nachteile:** Erfordert spezielle Ausrüstung, hoher Kostenaufwand.
- **Fourier-Transform-Infrarotspektroskopie (FTIR):** VOC absorbieren Infrarotstrahlung bei spezifischen Wellenlängen, was durch FTIR detektiert werden kann. Diese Methode ist gut geeignet, um bestimmte funktionelle Gruppen in den VOC zu identifizieren. **Vorteile:** Schnelle Analyse, nicht-destruktiv, keine Probenvorbereitung. **Nachteile:** Geringere Empfindlichkeit im Vergleich zu GC, weniger spezifisch für einzelne VOC.
- **Massenspektrometrie (MS):** MS wird häufig in Kombination mit der Gaschromatographie (GC-MS) verwendet, kann aber auch allein verwendet werden. Bei dieser Methode wird die

Probe ionisiert und die Masse der ionisierten Moleküle gemessen, um die VOC zu quantifizieren. **Vorteile:** Hohe Genauigkeit, Möglichkeit zur Quantifizierung einzelner VOC. **Nachteile:** Komplexe und teure Ausrüstung, aufwendige Probenvorbereitung.

- **Dynamische Emissionskammer:** In dieser Methode wird das Kunststoffmaterial in einer kontrollierten Umgebung in einer Emissionskammer platziert, und die freigesetzten VOC werden gesammelt und analysiert. **Vorteile:** Realitätsnahe Simulation der Emissionen, geeignet für eine relevante Referenzmenge. **Nachteile:** Lange Testzeiten, weniger geeignet für schnelle Analysen.

In der oberen Abbildung aus einer Forschungsarbeit wird der Zusammenhang zwischen Schlierenbildung im Spritzgussprozess von PP-Bauteilen und VOC-Gehalt dargestellt. Als weitere günstige Methode zur Bestimmung des VOC-Gehalts wurde an der Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW ein handelsüblicher Arduino-Mikrocontroller mit einem Multigasensor bestückt und programmiert. Die Messplatine des

Multigasensors ist mit vier Metalloxidsensoren (MOX) ausgestattet. MOX gehören zur Kategorie Leitfähigkeitssensoren. Der Widerstand des Sensors ändert sich beim Kontakt mit diversen Zielgasen. Der verwendete Multigasensor wurde auf VOC, Kohlenstoffmonoxid (CO), Stickstoffdioxid (NO₂) und Ethylalkohol (C₂H₆O) vorkalibriert.

Im Rahmen eines Forschungsprojekts wurde die Geruchsreduktion von PCR mit diversen Füllstoffen und Additiven untersucht. Mithilfe von Probanden wurde die Intensität von den hergestellten Compounds evaluiert (siehe Diagramm). In verschiedenen Forschungsprojekten beschäftigt sich das Institut für Kunststofftechnik der FHNW mit dem Recycling von Kunststoffen im Zusammenhang mit dem VOC-Gehalt und Schlieren- und Geruchsbildung. Dabei wurden verschiedene Korrelationen erkannt. Die Forschung an der FHNW hilft somit, Rezyklat in breiteren Marktanwendungen zu etablieren. Zum Beispiel gibt es in Innenräumen Grenzwerte, die eingehalten werden müssen. Der weitere Forschungsfokus liegt darauf, wie die Problematik mit VOC entweder durch verbesserte Aufbereitung vermieden oder durch Prozessverbesserung reduziert werden kann. ■

Prof. Dr. Christian Rytka, Gruppenleiter Kunststoffverarbeitung und Nachhaltigkeit, Simone Battaglia, wissenschaftlicher Assistent, Philipp Krzikalla, wissenschaftlicher Mitarbeiter, Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW, Institut für Kunststofftechnik (IKT)