

InnoMat.Life

Innovative Materialien und neue Produktionsverfahren: Sicherheit im Lebenszyklus und der industriellen Wertschöpfung

InnoMat.Life untersuchte ausgewählte innovative Materialien im Lebenszyklus und betrachtete Materialeigenschaften, Freisetzung und Exposition sowie potentielle Gefahren für Mensch und Umwelt. Im Fokus standen drei Materialklassen: (Nano-)Fasern, polydisperse Polymerpartikel für die additive Fertigung und Materialien mit komplexer Zusammensetzung und / oder Morphologie. InnoMat.Life baute auf vorhandenem Wissen primär der Nanosicherheitsforschung auf und prüfte unter anderem die Anwendbarkeit/Übertragbarkeit von vorhandenen Untersuchungsmethoden. Um nicht jede Materialvariante vollumfänglich einzeln untersuchen zu müssen, widmete sich InnoMat.Life der Entwicklung von Kriterienkatalogen zur Beschreibung der Ähnlichkeit sowie der Etablierung von Gruppierungsansätzen als übergeordnetem Projektziel.

Im Rahmen des Projekts InnoMat.Life steuerte IUTA mit wesentlichen Lösungen zu den Projektaufgaben bei. Zur Grundcharakterisierung der eingesetzten Materialien wurden am IUTA neben der Bestimmung der Primärpartikelgröße mittels Rasterelektronenmikroskopie Untersuchungen zur Löslichkeit von verschiedenen Materialien in verschiedenen Medien (deionisiertes Wasser, OECD und ADAM) durchgeführt sowie die Reaktivität der Materialien und deren Zetapotential bestimmt. IUTA lieferte damit wertvolle Beiträge zur Ausgestaltung der auf Materialeigenschaften basierenden Gruppierungen und war aktiv an den Diskussionen zur Erstellung der Gruppierungen der verschiedenen Materialklassen beteiligt.

Des Weiteren wurde zusammen mit der BAuA in Berlin ein Verfahren entwickelt, mit welchem größenklassierte Faseraerosole für weitergehende Versuche (Beladung von Zellkulturen) hergestellt werden konnten. Um ein monodisperses Faseraerosol zu erzeugen, wurde ein Aerodynamic Aerosol Classifier (AAC) eingesetzt, der es ermöglicht, Fasern auf Basis ihrer Länge zu klassieren.

Am IUTA wurde außerdem eine Methode zur Bestimmung des Ad- und Desorptionsverhaltens umweltrelevanter Schadstoffe an Polymerpartikeln etabliert. Insbesondere standen hierbei Polymerpartikel aus der additiven Fertigung im Fokus. Die Partikel wiesen eine breite Größenverteilung im Bereich 10 µm bis 500 µm auf. Darüber hinaus wurden noch einige kommerzielle Polymerpartikel sowie Partikel aus recycelten Reifen einbezogen, welche z.T. kleinere Größen aufwiesen. Auf Basis des Ad- und Desorptionsverhalten der verschiedenen Polymerpartikel wurden in Folge Kriterien für eine mögliche Gruppierung abgeleitet. Leider erwies sich die Etablierung der Methode für die PAK als deutlich schwieriger als für andere Substanzgruppen wie Schwermetalle oder Pestizide, so dass am IUTA nur die Adsorption von B[a]P und Anthracene an LDPE_{250µm} und PA-6 untersucht werden konnte. Basierend auf diesen Ergebnissen und denen des Projektpartners BfR konnten Parameter für eine Gruppierung der Polymere identifiziert werden. So scheint vor allem der Polymertyp, der die wesentlichen chemischen und physikalischen Eigenschaften der Polymere bestimmt, die Adsorption zu beeinflussen.

Im Rahmen von InnoMat.Life wurden drei Arbeitsplatzmessungen durchgeführt, um die mögliche Freisetzung von Polymeren und Metallen mit und ohne Nanoadditiven während des industriellen SLS 3D-Drucks zu bestimmen. Hierbei wurden weiterhin Testobjekte für nachfolgende Laboruntersuchungen zur Freisetzung beim Abrieb gedruckt. Das Abschleifen der Testkörper wurde dabei als ein Worst-Case Szenario im Hinblick auf die Nutzungsphase

3D-gedruckter Strukturen genutzt. Zusätzlich wurden beim Filament 3D-Druck als weiterer additiver Fertigungsmethode die dort entstehenden Emissionen vergleichend untersucht. Während des industriellen 3D-Druckprozesses konnten außerhalb der gekapselten Maschine keine luftgetragenen partikulären Emissionen nachgewiesen werden, da diese gegen mögliche Freisetzungen effektiv abgedichtet sind. Der Druck erfolgt in einer Inertgasatmosphäre und die internen Filter verhindern effektiv eine Freisetzung möglicher partikulärer Emissionen. Die erzielten Ergebnisse sind dabei direkt auf andere für den 3D-Druck genutzte Materialien zu übertragen, da in diesem Fall keine Materialabhängigkeit zu erwarten ist, wie auch anhand der Messungen gezeigt werden konnte. Bei der offenen, nicht gekapselten Nachbearbeitung der metallischen Strukturen konnten hingegen deutliche Partikelfreisetzungen gemessen werden, was aufgrund der mechanischen Beanspruchungen zu erwarten war. Im Heimanwenderbereich des Polymer Filament-3D-Drucks kommt es bei den typischerweise offenen Gehäusen der Drucker hingegen zu Emissionen von Partikeln im Bereich unterhalb von 100 nm. Die Stärke dieser Emissionen hängt dabei wesentlich vom eingesetzten Material und der gewählten Drucktemperatur ab. Weiterhin wurde festgestellt, dass die mittels FDM gedruckten Strukturen, auch wenn sie nominell aus den gleichen Materialien bestehen, mechanisch deutlich weniger stabil sind als die mittels SLS hergestellten Strukturen. Hier wurde ein deutlich verstärkter Abrieb beim Schleifen beobachtet.

Die im Rahmen des Projektes gesammelten Messdaten insbesondere der Arbeitsplatzmessungen wurden zusammengefasst, um mögliche „Freisetzungs-Hot-Spots“ während des Lebenszyklus zu identifizieren. Betrachtet wurde insbesondere die Produktionsphase, beginnend vom Einsatz der Druckpulver bis zum fertigen Produkt. Eine komplette Lebenszyklusanalyse war aufgrund der großen Diversität der möglichen Einsatzgebiete nicht sinnvoll. Im Allgemeinen ist eine Freisetzung während der Gebrauchsphase für Polymerprodukte aufgrund ihres im Vergleich zu Metallen stärkeren Abriebs wahrscheinlicher.

Die im Rahmen der Arbeiten des IUTA erzeugten Daten fanden Eingang in die vom Projekt erstellten Gruppierungen, die in einem übergreifenden Rahmen, im Wesentlichen durch den Projektpartner BfR, dargestellt sind und die Grundlage für weitere Arbeiten zur Gruppierung bilden. Die bisherigen Forschungsergebnisse wurden publiziert in:

Broßell D., Meyer-Plath A., Kämpf K., Plitzko S., Wohlleben W., Stahlmecke B., Wiemann M., Haase A., A human risk banding scheme for high aspect-ratio materials, in Synthetic Nano- and Microfibres, Eds.: R. Martijn Wagterveld, Jan C.M. Marijnissen, Leon Gradoń and Arkadiusz Moskal, Published by Wetsus, European Centre of Excellence for Sustainable Water Technology, 2020, ISBN: 978-1-71663-242-6

Hund-Rinke K., Broßell D., Eilebrecht S., Schlich K., Schlinkert R., Steska T., Wolf C., Kühnel D., Prioritising nano and microparticles: identification of physicochemical properties relevant for toxicity to *Raphidocelis subcapitata* and *Daphnia magna*, Environmental Sciences Europe (2022) 34:116, DOI: 10.1186/s12302-022-00695-z

Förderhinweis:

Das Forschungsvorhaben wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 03XP0216D gefördert.

