

# Entwicklung eines innovativen Dispergiersystems für anorganische Nano-Füllstoffe in Duroplastsystemen

Lukas Tartler, Christian Freiberger, Thomas Burkhart

Institut für Kunststofftechnik Darmstadt ikd

11/2018

## Motivation

In der heutigen Zeit stolpert man immer häufiger über den Begriff der Nanotechnologie. Auch im Bereich der Polymere nimmt die „Technologie der Zwerge“ (*griech. Nanos = Zwerg*) einen immer größeren Stellenwert ein. Durch Füllstoffe im Nano-Maßstab lassen sich schon durch geringste Zugabemengen von 0,1 – 1 % verschiedene physikalische, chemische oder mechanische Eigenschaften der Polymere gezielt verbessern. Während man durch klassische Füll- oder Verstärkungsstoffe beispielsweise die Steifigkeit eines Polymers drastisch steigert, leidet unterdessen seine Zähigkeit mitunter drastisch. Erreicht man andererseits eine Erhöhung der Zähigkeit durch weichmacherzugabe, verringert sich die Steifigkeit des Kunststoffs. Durch die gezielte Zugabe von Nano-Füllstoffen lassen sich jedoch beide Eigenschaften zum Positiven hin verändern. Weiteres Verbesserungspotential bieten Nano-Füllstoffe in den Bereichen Barriereigenschaften, Abrasionsbeständigkeit, Schwindungsreduktion, sowie elektische und optische Eigenschaften.

## Problemstellung

Zum Erzielen der gewünschten Eigenschaftsverbesserungen ist es unausweichlich, dass die Füllstoffe im Nano-Maßstab vorliegen. Sobald ein Füllstoff in mindestens einer Raumdimension eine Ausdehnung von unter 100 nm zeigt, darf er als Nano-Füllstoff bezeichnet werden [1]. Erst unterhalb dieses Schwellenwertes entfalten die Füllstoffe ihr Potential. Zerkleinert man Objekte, so nehmen deren Oberflächen bezogen auf das Ausgangsvolumen bzw. deren Masse exponentiell zu (siehe Abbildung 1).

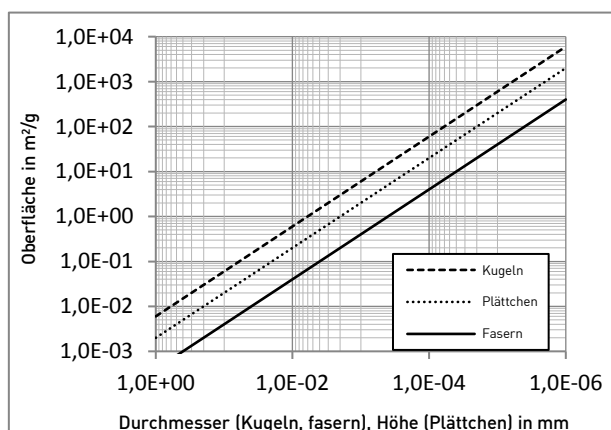


Abbildung 1: Veranschaulichung der Oberflächenzunahme kleiner werdender Partikel

Hierdurch bilden sich enorme Grenzflächen, an denen intermolekulare Kräfte zwischen Füllstoffen und Matrices wirken können. Jedoch sind es genau diese Kräfte, die es bei der Herstellung von Nano-Füllstoffen zu überwinden gilt. Die Großen Oberflächen veranlassen Partikelpulver zur Agglomerat- und Aggregatbildung. Bei der Einwirkung in ein Polymer gilt es die interpartikulären Kräfte zu überwinden und die entstandenen Bruchstücke zu stabilisieren. Da diese Kräfte (z.B. Van-der-Waals-Wechselwirkungen) jedoch mit zunehmender Oberfläche und abnehmendem Partikelabstand zueinander drastisch zunehmen, sind mitunter enorme Kräfte nötig, die Partikel weiter zu zerkleinern. Ein weiteres Problem bietet die Sedimentation der Partikel. Wird einem Reaktionsharz ein Füllstoff hinzugegeben, so wird dieser sich bei längeren

Lagerzeiten im Gebinde absetzen. Hierdurch kommen die Füllstoffe wieder näher aneinander und können reagglomerieren. Um dies zu verhindern, kann man den Schritt der Partikelzerkleinerung der Verarbeitung direkt vorschalten.

## Projektbeschreibung

Im Projekt soll eine Mehrkomponenten-Duroplast-Verarbeitungsmaschine der Firma Tartler GmbH so modifiziert werden, dass eine Harzaufbereitung direkt vor der Verarbeitung ermöglicht wird. Hierzu ist es nötig die theoretische Herangehensweise des Dispergierens zu verstehen (siehe Abbildung 2) [2].

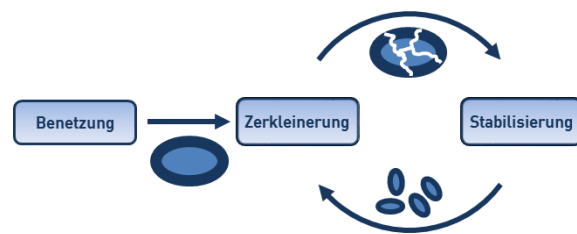


Abbildung 2: Schematischer Ablauf der Partikeldispergierung

Im ersten Schritt werden die Partikel vom Bindemittel (Harz) durch eine sog. Solvathülle benetzt. Hierbei handelt es sich um einen Homogenisierungsvorgang und somit um distributives Mischen. Anschließend werden die Partikel z.B. mittels Dissipation zerkleinert. Um die Partikel gegen Reagglomeration zu stabilisieren, müssen sie erneut benetzt werden. In vielen handelsüblichen Dispergierapparaturen führt ein und dasselbe Gerät all diese Vorgänge durch, werden die einzelnen Verfahrensschritte im Projekt getrennt behandelt. Ausgangslage ist ein rezyklierendes System, bestehend aus Vorlagen-/Mischbehälter, Pumpe, Dispergiersystem und Kontrolle. Der Vorlagenbehälter übernimmt die stetige Homogenisierung des Harzes gewährleistet wird. Somit deckt der Behälter die Bereiche der Benetzung und Stabilisierung ab. Die eigentliche Zerkleinerung wird in einem separaten Dispergiersystem durchgeführt. Durch die rezyklierende Bauweise können die Partikel beliebig oft die einzelnen Verfahrensschritte durchlaufen.

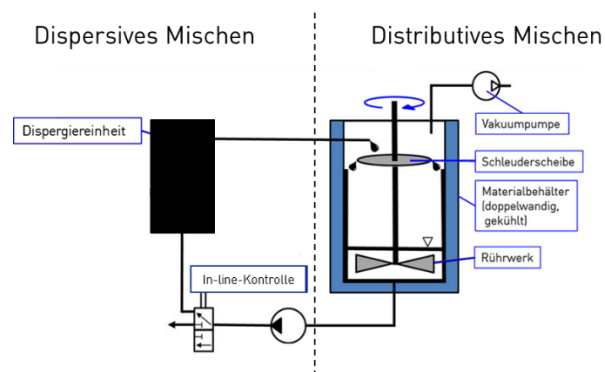


Abbildung 3: Schematische Darstellung der Projektanlage

Die In-line-Kontrolle soll sicherstellen, ob und wann die Partikel den Nano-Maßstab erreicht haben.

## Vorgehensweise

Zum Verständnis der einzelnen Verfahrensschritte wird im ersten Schritt ein Anlagenprototyp im Labormaßstab realisiert. Hierbei handelt es sich, analog zur späteren

Projektanlage, um ein rezyklierendes System mit Vorlagenbehälter, Pumpe und Dispergierung. Da sich die Dispergierereinheit für die Projektanlage jedoch z.Z. noch im Entwicklungsstadium befindet, greift der Prototyp auf eine Ultraschall-dispergierung zurück. Hierdurch müssen einige Parameter angepasst werden. Während für eine Dispergierung mittels Scherung hohe Harzviskositäten benötigt werden, um die Scherenergie auf die Partikel zu übertragen, gilt es bei einer Ultraschall-dispergierung geringe Viskositäten zu erzielen, um den Schall nicht zu stark zu dämpfen. Dies lässt sich mittels geschickter Temperaturführung gut realisieren. Im Prototyp werden verschiedene Parameter, wie Volumenstrom, Temperatur, Dispergierzeit und Füllstoffanteil variiert. Die gewonnenen Erkenntnisse fließen in die Entwicklung der Projektanlage ein. Weiterhin bietet der Prototyp die Möglichkeit, die eigens entwickelte In-line-Kontrolle der Partikel zu testen, da diese ebenfalls in der Projektanlage verbaut werden soll.

## Ausblick

Nach erfolgten Tests mit der Prototypanlage werden unterschiedliche Materialprobekörper hergestellt und deren mechanische Eigenschaften ermittelt. Die Parameter für die größten Eigenschaftsverbesserungen werden angepasst für die Projektanlage übernommen. Weiterhin wird die Projektanlage auch auf ihre Langlebigkeit untersucht. Da Partikelfüllstoffe immer eine abrasive Wirkung haben, wird untersucht, wie lange Verschleißteile, wie Ventile, Pumpen und Dispergierereinheit der Beanspruchung standhalten.

## Quellen

- [1] DIN SPEC 1121 Nanotechnologien - Terminologie und Begriffe für Nanoobjekte - Nanopartikel, Nanofaser und Nanoplättchen, Deutsches Institut für Normung.  
[2] G. Buxbaum, G. Pfaff, Industrial Inorganic Pigments, third, Completely Revised Edition, Weinheim: Wiley-VCH, 2005.

## Danksagung

Ein besonderer Dank gilt Herrn Marcus Vohrer von der Firma RAMPF Tooling Solutions für großzügige Materialspenden, Unterstützung in der Prozess- und Formtechnik, sowie dem gegenübergebrachten Interesse an dem Forschungsprojekt.

Weiterer Dank geht an Herrn Prof. Dr. Will vom Fachbereich Mathematik und Naturwissenschaften der HDA, für die gute Zusammenarbeit im Zuge der Entwicklung der Partikel-In-line-Kontrolle.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

h\_da

HOCHSCHULE DARMSTADT  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

ikd

INSTITUT FÜR  
KUNSTSTOFFTECHNIK DARMSTADT

## Kontakt

Prof. Dr. Thomas Burkhart  
Institut für Kunststofftechnik Darmstadt ikd  
Hochschule Darmstadt h\_da  
Haardtring 100, 64295 Darmstadt  
mail: thomas.burkhart@h-da.de

## Projektpartner

Tartler GmbH • Hallstein & Heyl • Steinbeis – Technologie, Transfer, Anwendung

## Förderer

ZIM (Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand)