

Kurzbericht zum Verbundforschungsvorhaben TechnoTox

Die Motivation, das Projekt TechnoTox zu initiieren, war ein dringendes Forschungsdesiderat zur Bewertung des nanomaterialspezifischen Schadensrisikos für Mensch und Umwelt bei der Herstellung von nanotechnologisch modifizierten Materialien und deren Gebrauch.

TechnoTox ist die Kurzbezeichnung für Entwicklung nanotechnologisch funktionalisierter Textilien unter Minimierung toxikologischer Risiken. Das Projekt wurde vom Ministerium für Wirtschaft und Finanzen Baden-Württemberg gefördert.

Das Projektkonsortium bildete sich aus Mitgliedern der Allianz Faserbasierter Werkstoffe Baden-Württemberg. Es setzte sich zusammen aus den Deutschen Instituten für Textil- und Faserforschung vertreten durch das Institut für Textil- und Verfahrenstechnik in Denkendorf, dem Hohenstein Institut für Textilinnovation vertreten durch den Fachbereich Hygiene, Umwelt & Medizin in Bönningheim sowie Industrieunternehmen entlang der gesamten textilen Wertschöpfungskette. Wissenschaft und Wirtschaft arbeiteten in enger Kooperation, um den Wissenstransfer zwischen den innovativen baden-württembergischen Unternehmen zu erhöhen, welche Nanomaterialien herstellen und Nanomaterialien beziehungsweise nanotechnologisch funktionalisierte Materialien verarbeiten. Die nachstehend angeführten Verbundpartner unterstützten die Arbeiten der Institute.

Textilhersteller

- Mattes & Ammann GmbH & Co. KG
- Lauffenmühle GmbH & Co. KG

Textilhilfsmittelhersteller

- CHT R. Beitlich GmbH
- Textilchemie Dr. Petry GmbH

Albnano Coating System

Textilveredler

- Lindenfarb Textilveredlung Julius Probst GmbH & Co. KG

Bauteil- bzw. Systemhersteller

- Junker Filter GmbH
- Fiber Engineering GmbH

Gemeinsames Projektziel war die Entwicklung von Konzepten und Methoden für ein Qualitätskontrollsystem, mit dem Textilien bewertet werden können, wobei sich „Qualität“ hier insbesondere auf Gesundheits- und Sicherheitsaspekte bezieht. Als Basis für das Kontrollsystem beschlossen die Verbundpartner, die Risikobewertung exemplarisch an Produkten vorzunehmen, die Zinkoxid-, Titandioxid- oder Silber-Partikel enthalten. Diese Substanzen kommen häufig bei der Entwicklung von innovativen Werkstoffen zur Anwendung und sind relativ stark am Markt etabliert.

Zur empirischen Analyse der Risikodeterminanten wurden physikalische Materialuntersuchungen, Expositionsmessungen und Untersuchungen des human- und ökotoxikologischen Gefährdungspotenzials durchgeführt. Der Kernansatz war, Versuchsbedingungen zu schaffen, in denen variierende Einsatzmengen an Nanomaterialien zu unterschiedlichem Verhalten bezüglich Emission und Toxikologie führen.

Bei den physikalischen Materialuntersuchungen wurden die definierten Modellpartikel charakterisiert, welche in nanotechnologisch funktionalisierten Textilien enthalten sind und außerdem Abriebe aus diesen Textilien. Unter Anwendung statistischer Versuchsmethoden wurde die Freisetz-

barkeit von Nanopartikeln aus Textilien während mechanischer Belastung gemessen. Mit der am ITV Denkendorf verfügbaren Messtechnik können die Anzahl- und Oberflächenkonzentrationen sowie die Partikelgrößenverteilung zwischen 4 und 750 nm während der Testung inline mit einer Zeitauflösung von 1 s erfasst werden.

Die Auswertung der Expositionsmessungen ergab, dass grundsätzlich alle textilen Materialien unter mechanischer Belastung Nanopartikel emittieren können, also auch die nicht nanotechnologisch modifizierten. Diese Emissionen sind jedoch niedrig gegenüber der natürlichen Hintergrundbelastung der Atemluft durch Nanopartikel und nur messbar, wenn die Prüfung in praktisch nanopartikelfreier Atmosphäre erfolgt. Bei den modifizierten Textilien hängt die Freisetzbarkeit von Nanopartikeln stark vom angewendeten Verfahren zur Einarbeitung der Nanopartikel ab. So wurde bei Untersuchungen an Textilien, in die Partikel in den empfohlenen Konzentrationen in die Faser eingearbeitet sind, keine Erhöhung der Nanopartikelfreisetzung gegenüber nicht modifizierten Textilien beobachtet.

Dagegen korrelieren Unterschiede in den Nanopartikelemissionen von beschichteten Textilien mit dem Partikelfeststoffgehalt der verwendeten Formulierung. Als entscheidende Einflussfaktoren sind hierbei die Zähigkeit der Beschichtung sowie das Partikel-Binder-Verhältnis zu berücksichtigen. Sofern die von den Herstellern empfohlene Materialzusammensetzung und -konzentration eingehalten wurde, konnte zwar auch hier keine statistisch signifikante Erhöhung der Nanopartikelfreisetzung beobachtet werden. Es wurde aber deutlich, dass es bei Beschichtungen Fehlermöglichkeiten im Verarbeitungsprozess gibt, die zu Nanopartikelfreisetzung oberhalb der Nachweisgrenze jedoch selten zu signifikant erhöhten Raumluftbelastungen führen können. Beispiele sind nichteingehaltene Prozesstemperaturen und Verweildauern oder Fehler in der Rezeptur. Die Nachweisgrenze liegt bei einer Anzahl von 2.000 Partikeln pro Kubikzentimeter in der ursprünglich schwebstofffreien Prüfkammerluft. Die Prüfkammer hat ein Volumen von 45 Litern, und die Textilprobengröße beträgt 50 cm². Faserförmige Stäube können durch eine Modifikation der Messtechnik ebenfalls erfasst werden.

Abbildung 1 zeigt die REM-Aufnahme eines Polyester-Filaments mit Bruchstücken einer beschädigten photokatalytisch wirksamen Beschichtung. Abbildung 2 zeigt die Partikelgrößenverteilung der Emissionen zwischen 14 und 700 nm während des Stresstests des Materials aus Abbildung 1. Die Messungen wurden mit einem Scanning Mobility Particle Sizer Spektrometer in einer Prüfkammer durchgeführt, die vor dem Test nahezu partikelfreie Luft enthält.

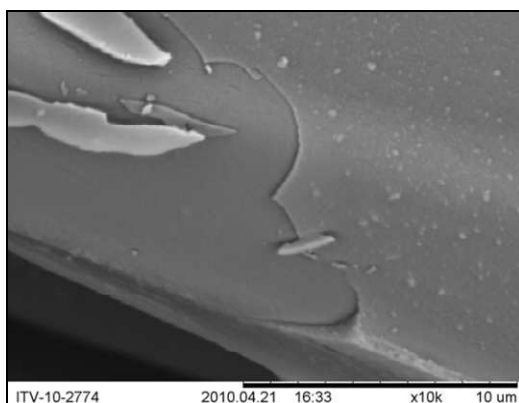


Abbildung 1: Polyester-Filament mit sprödem Bindersystem auf SiO₂-Basis mit TiO₂-Partikeln

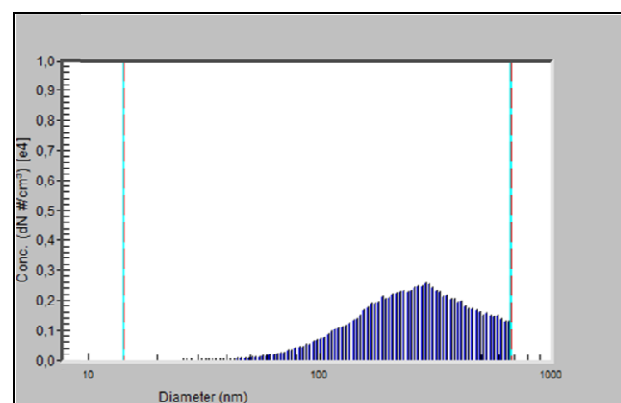


Abbildung 2: Mit einem SMPS ermittelte Größenverteilung der emittierten Partikel während der mechanischen Belastung

Die biologischen Wirkungsuntersuchungen umfassten die experimentelle Simulation realer Expositionsszenarien in biologischen Modellsystemen. Diese deckten sowohl human-, als auch ökotoxikologische Fragestellungen ab.

Humantoxikologie: Die Haupteintrittspforten für nanoskalige Substanzen in den menschlichen Körper sind die Atemwege (Lunge), die Schleimhäute (Nase, Mund, Darm) und die Haut. Bei der Untersuchung des humantoxikologischen Potenzials der Modellpartikelsysteme wurde am HIT zunächst mit realitätsnahen Zell- und Organmodellen gearbeitet. So wurde u. a. die Zelltoxizität in Anlehnung an DIN EN ISO 10993-5 mit unterschiedlichen Zelltypen (Haut, Lunge, Leber, Immunzellen) bestimmt. Zelltoxische Effekte konnten dabei nur in Overload-Versuchen festgestellt werden, also mit Nanopartikel-Konzentrationen, die weit höher lagen, als in der Realität möglich. Dies zeigt zum einen, dass die In-vitro-Modelle funktional sind und dass mit realitätsnahen Nanopartikel-Konzentrationen bislang keine toxischen Effekte beobachtet wurden.

Ökotoxikologie: Das ökotoxikologische Potenzial ausgewählter Proben für Wasserorganismen wurde anhand des Leuchtbakterien-, Daphnien- und Early-Larval-Stage-Test am Zebrafisch überprüft. Die Validität der Versuche wurde ebenfalls durch Overload-Experimente bestätigt. Fazit ist, dass von den untersuchten Nanoprodukten in realistischen Konzentrationen und Anwendungsbereichen keine akute Toxizität ausgeht.

Des Weiteren wurden Produktabriebe in wirklichkeitsnahen Mengen mit einem mechanischen Stresstest generiert. Bei den Partikelabrieben konnten mit den angewendeten Methoden ebenfalls keine human- und ökotoxikologischen Effekte beobachtet werden. In einem gemeinsamen Versuchsansatz von HIT und ITV wurde in einem eigens entwickelten Lungenmodell die Exposition von Lungenzellen mit nanopartikelhaltigen Aerosolen simuliert und Auswirkungen auf die Zellvitalität bestimmt. Es konnten hierbei für die untersuchten Silber-, Titandioxid- und Zinkpartikel keine Auffälligkeiten im Vergleich mit der Negativkontrolle festgestellt werden.

Die Ergebnisse sind ein wichtiger Schritt in Richtung sichere Nanoprodukte und nützen den Endverbrauchern sowie den Unternehmen entlang der Textilpipeline. Es wurde ein zweistufiger kostenoptimaler Prüfablauf entwickelt. In Stufe 1 wird geprüft, ob ein Material beim Stresstest Nanopartikel emittiert. Ab einer Konzentrationserhöhung von 20.000 Nanopartikeln pro Kubikzentimeter erfolgt Stufe 2, in welcher das human- und ökotoxikologische Potenzial bestimmt wird.

Der Test kann Materialentwicklungen begleiten oder als Qualitätstest für Verbraucherprodukte eingesetzt werden. Er hilft, Vorhersagen für die Freisetzungswahrscheinlichkeit von Nanopartikeln aus Textilien zu treffen sowie das human- und ökotoxikologische Materialverhalten zu kontrollieren. Der Weg zur Zertifizierung von nanotechnologisch modifizierten Textilien ist damit bereitet.

Ansprechpartner	
Dr. T. Stegmaier TEL +49 (0) 7 11 / 9340 - 219 E-Mail: Thomas.Stegmaier@itv-denkendorf.de	Dr. T. Hammer TEL +49 (0) 7143 / 271 - 410 E-Mail: T.Hammer@hohenstein.de