

## SiNaTex – Sicherheit für Hersteller und Verbraucher zur Nanotechnologie bei Textilien

**Autoren:** Dr.-Ing. Thomas Stegmaier  
Dr.rer.nat. Volkmar v. Arnim

**Erschienen:** 05.10.2009

### Zusammenfassung:

#### Ziel des Vorhabens

Produktsicherheit ist das langfristige Ziel der deutschen Textilhersteller, die sich mit den Chancen der Nanotechnologie befassen.

Am ITV sollte im Rahmen des Projektes eine Prüfmethode entwickelt werden, mit der die Produktqualität von textilen Nanomaterialien im Sinne der Verbraucher überprüft werden kann. Nanoskalige Stäube, die bei mechanischem Stress aus dem Textil freigesetzt werden, sollten damit quantifiziert und identifiziert werden.

Mittel- und kurzfristig dient diese Bestimmung der Partikelfreisetzung der Materialentwicklung. Fragliche Materialien können erkannt und verbessert werden. Kritische Materialien sind Materialien bei denen die Partikelfreisetzung nach der Funktionalisierung gegenüber der des Materials vor der Funktionalisierung statistisch signifikant erhöht ist, sofern die Auswirkungen dieser freigesetzten Partikel auf die Gesundheit noch unbekannt sind.

## Durchführung des Projekts

Um gute und verlässliche Messergebnisse zu gewährleisten, wurden die gerätetechnischen und verfahrenstechnischen Voraussetzungen für quantifizierte und verlässliche Messungen erarbeitet. Die Messergebnisse wurden mit definierten Materialversuchsreihen anhand nanotechnologisch modifizierter Textilien validiert.

## Aerosolmesstechnik

*SMPS (Scanning Mobility Particle Sizer Spektrometer):* Mit dem SMPS lassen sich die Partikel nach ihrer Größe auswählen. Anschließend kann die Anzahl einer Größenklasse bestimmt werden. Als Ergebnis liefert das SMPS Anzahl, Oberfläche, Masse und Volumen der gemessenen Partikel in Abhängigkeit des elektrischen Mobilitätsdurchmessers.

*NAS (Nanometer Aerosol Sampler):* Mit dem NAS können luftgetragene Partikel gesammelt werden, um die gesammelten Partikel anschließend mittels Rasterelektronenmikroskop und energiedispersiver Röntgenspektroskopie hinsichtlich Morphologie und chemischer Zusammensetzung zu untersuchen. Das Gerät wird zusammen mit einem Teil des SMPS-Systems – dem elektrischen Klassierer – verwendet. Die gesammelten Partikel werden abhängig von ihrer Größe selektiert.

*NSAM (Nanoparticle Surface Area Monitor):* Mit dem NSAM wird die Oberflächendosis der luftgetragenen Partikel in der Luft ermittelt, die ein Mensch einatmet. Die Einlagerungseffizienz in der menschlichen Lunge ist für unterschiedliche Partikelgrößen unterschiedlich hoch. Das Gerät kann im Gegensatz zum SMPS keine Partikelgrößen unterscheiden.

Für den Aerosoltransport wurden Stahlrohre verwendet. Die Korrektur der dort auftretenden Partikelverluste im Rohr wurde in Anlehnung an EN ISO 28439 nach W.C. Hinds berechnet.

## Analysierte und entwickelte Prüftechnik für Textilien

Die Prüftechnik zur Freisetzung von Nanopartikeln in Luft baut auf den bei Gebrauchsbeanspruchung wirkenden Freisetzungsmechanismen auf: mechanische und aerodynamische Freisetzung. Entwickelt wurden Belastungen, die einer Gebrauchsbeanspruchung möglichst nahe kommen.

Zunächst wurden etablierte Messmethoden aus der Reinraumtechnik hinsichtlich ihrer Eignung zur Nanopartikelfreisetzung untersucht: Helmke Drum, Fallkugelprüfung nach Labuda, Martindale mit Einhausung und Schabklinge nach Labuda.

Alle Messungen wurden in schwebstoffgefilterter Luft durchgeführt. Damit war sichergestellt, dass die Freisetzung der Partikel in die Luft der Prüfkammer in direktem Zusammenhang mit dem ausgeübten mechanischen Stress steht.

In allen Messungen werden Partikel mit aerodynamischen Durchmessern von unter 1000 nm betrachtet.

Bei den eingesetzten Ausrüstungsflotten wurden die Bindertypen, die Konzentrationen als auch die Zugabe der Nanopartikel in unterschiedlichen Größen und Materialzusammensetzung variiert. Als Substrat wurde PES-Maschenware verwendet.

Aus den Versuchen zeigte sich die Notwendigkeit einer Neuentwicklung für die Partikelfreisetzung durch *mechanische Impulse*.

Mit der Methode konnte ein linearer Zusammenhang zwischen aufgetragener Menge und freigesetzter Partikelanzahl festgestellt werden.

## Validierung der Prüfmethode

Um die Messmethode zu evaluieren erfolgten nachstehende Analysen:

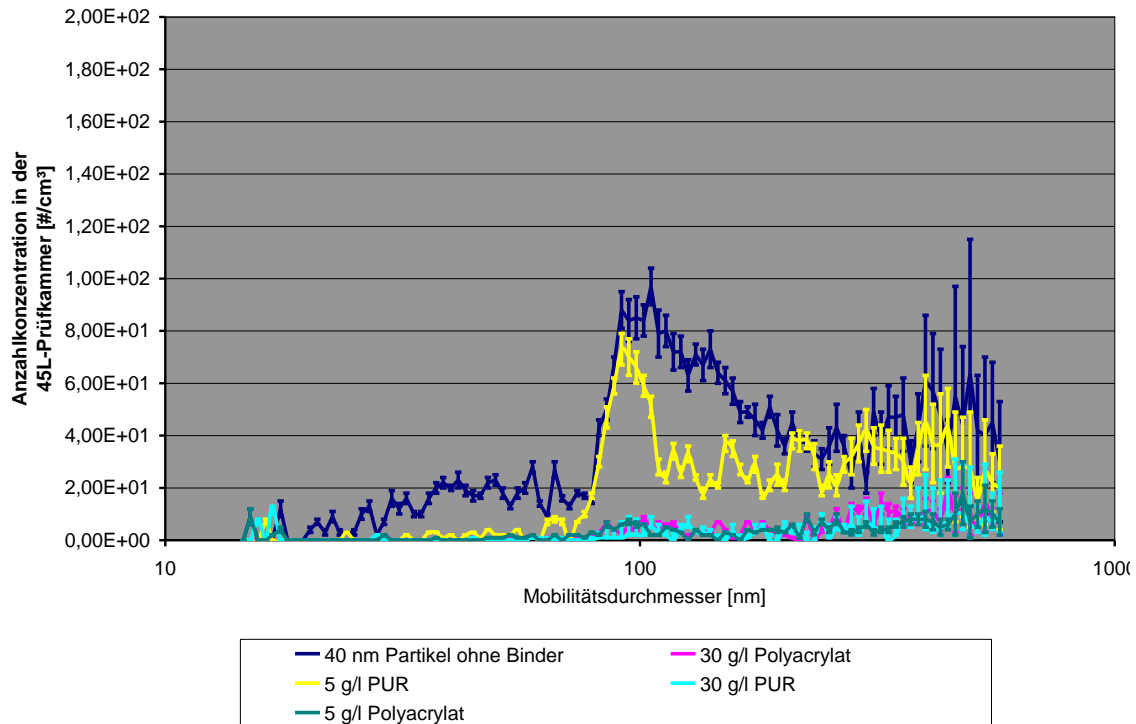
- Validierung der SMPS-Ergebnisse mit zertifizierten Standardpartikeln PSL 106 +- 3 nm
- Applikation von SiO<sub>2</sub>-Nanopartikeln mit enger Größenverteilung auf Textilien

- Ermittlung der Größenverteilung der SiO<sub>2</sub>-Nanopartikel in Luft mittels Aerosolgenerator
- Charakterisierung der Partikelgrößenverteilung nach dem mechanischen Stresstest
- Nachweis der SiO<sub>2</sub>-Partikel mittels EDX-Analyse

## Erzielte Ergebnisse

Im Rahmen des Projektes konnte auf der Basis von vielen Grundlagenversuchen eine Prüfmethode zur geeigneten und repräsentativen Freisetzung von Nanopartikeln auf textilen Oberflächen entwickelt werden. Eine dazu aufgebaute und validierte Prüf- und Messtechnik für Nanopartikel ergänzt die Aussage hinsichtlich der Anzahl und der Partikelgrößenverteilung von emittierten Partikeln.

Die Vielzahl von Untersuchungen an eigens für das Projekt entwickelten Materialien der Industriepartner auf der Basis von verschiedenen Fasern, Bindertypen, Binderkonzentrationen sowie Nanopartikelgrößen erweiterte enorm das Wissen um die Zusammenhänge zwischen der Art der Faser-Partikel-Bindung und der Emission von Nano- und Feinstpartikeln. In der Textilindustrie übliche Bindersysteme sind prinzipiell geeignet eingearbeitete Nanopartikel zu binden und somit die Emission dieser Partikel in Nanopartikelgröße bei mechanischer Belastung zu verhindern. Die Analysen bestätigen: Bei gut abgestimmten Produkten ist die Emission von Nanopartikeln bei ausgerüsteten Textilien mit Nanopartikeln nicht größer als bei den Textilien ohne Ausrüstung.



**Abb.: absolute Anzahlkonzentrationen der aus der PES-Maschenware emittierten Partikel bei verschiedenen Bindern und verschiedenen Binderanteilen  
SMPS-Spektrum → Auflösung = 64 Kanäle**

Zur Bewertung des Gefahrenpotentials von emittierten Partikeln sind eine Vielzahl von Eigenschaften relevant. Derzeit sind die gesundheitlichen Folgen jedoch noch nicht absehbar, da Langzeiterfahrungen als auch viele Basiserfahrungen fehlen. Daher sind Risikobewertungen zum jetzigen Zeitpunkt für die meisten Substanzen nicht möglich.

Entsprechende Feinstaubgrenzwerte müssen somit ggf. für jede Material- und Partikelart individuell ermittelt werden.

## Mögliche Anwendungsfelder

Generell kann das Umwelt- und Gesundheitsrisiko bei der Produktentwicklung im Textilbereich minimiert werden, in dem darauf geachtet wird, dass keine ultrafeinen Partikel aus den nanopartikelbasierten Beschichtungen frei werden. Dies konnte beispielsweise durch geeignete Bindersysteme in entsprechender Konzentration in diesem Projekt beispielhaft aufgezeigt werden.

Eine geringe Nanopartikelfreisetzung aus Textilien ist letztlich eine Frage der Qualität des Produktes hinsichtlich der guten Abstimmung zwischen Textilfaser, den chemischen Hilfsmitteln und der Prozesstechnik. Diese Qualität kann mit der am ITV entwickelten Prüfmethode ermittelt und auch gesichert werden.

## Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Thomas Stegmaier (thomas.stegmaier@itv-denkendorf.de)