

Beispiel: Antibakterielle Textilien mit Nanosilber

Schritt 1: Anforderungen an die Textilien

Für einen Veredler (KMU) von flächigen Textilien für körpernahe Kleidung und Bettwäsche im Spitalbereich soll eine stark antimikrobielle Wirkung erzeugt werden, wobei Optik, Haptik und mechanische Fasereigenschaften unverändert bleiben sollen. Gleichzeitig soll das Textil gut benetzbar sein. Der potenzielle Markt ist gemäss den Abklärungen der KMU gross.

Schritt 2: geeignete Materialien

Im Leitfaden weist die Liste auf S. 8 folgende Nanomaterialien als geeignet aus: nano-Ag, nano-ZnO, nano-TiO₂, Nano-ZnO und manche nano-TiO₂ wirken mit Hilfe von UV-Strahlung photokatalytisch, können aber auch organisches Textilmaterial schädigen. Aus nano-Ag werden antibakteriell wirkende Ag-Ionen freigesetzt und können so das Textil vor Bakterien schützen.

Als nicht-nanoskalige Alternativen finden sich:

- nicht-nanoskaliges Silber (existierende, patentierte Lösung mit integrierter Bindertechnologie, von bluesign® und Oeko-Tex für gut befunden). Es wird aber vermutet, dass mikroskalige Ag-Beschichtungen nanogranular sind und deshalb z.B. durch Waschen nanoskalige Ag-Partikel und auch grössere mikroskalige Ag-Partikel freigesetzt werden können (Ag-Materialverlust).
- Übliche Biozide: sind häufig in höheren Mengen nötig, Spitäler verlangen nach neuen Lösungen.

Schritt 3: Prozessintegration

Ausgehend von der Liste auf S. 6 werden folgende Möglichkeiten gefunden und schon priorisiert:

- Einkauf von textilen Stoffen, deren Fasern schon nano-Ag-Partikel enthalten. Diese können leicht in bestehende Veredelungsprozesse integriert werden, sehr kurzfristig umsetzbar.

- Beschichtung der Textilien mit nano-Ag durch Standard-Tauch- oder ähnliche Prozesse inkl. Sol-Gel-Prozesse in-House.
- neuartige Plasma-Beschichtungsprozesse müssten extern vergeben werden, Integration in eigene Prozesse höchstens langfristig.

Schritt 4: stabile Integration der Materialien

Die Auswaschung von nano-Ag aus Textilien ist stark abhängig von der Art der Integration. Folgende Möglichkeiten werden deshalb geprüft vgl. Tabelle S. 9:

- Einkauf von Textilien, die aus Kompositfasern (z.B. nano-Ag in Polypropylen) bestehen, die Partikel sollten nicht zu klein sein (<5nm), da sie sonst durch die Kunststoffmatrix «wandern» könnten und zu viel Silber unbeabsichtigt freigesetzt würde. Regelmässige Verteilung (Dispersion) der nano-Ag in der Faser ist wichtig, denn schlecht verteilte nano-Ag können agglomerieren und aus der Faser oder der Beschichtung herausstehen und so schneller abgerieben und freigesetzt werden. Massnahme: Lieferanten anfragen.
- Veredelung von Geweben, Gewirken, Vliesen in-House: kostengünstigere Variante: Tauchen, Bedrucken oder ähnliche Verfahren ohne Bindersysteme. Eine Ablösung der Partikel durch mechanische Einwirkung oder Waschmittel ist wahrscheinlich. Diese Variante erzeugt viel Abwasser. Sollte diese Variante zum Einsatz kommen, müssten geeignete Stabilitätstests und Auswaschversuche in Auftrag gegeben werden, inklusive der Charakterisierung von freigesetzten Partikeln.
- Beschichtung der Textilien mit polymeren Materialien und integriertem nano-Ag durch Standardbeschichtungen oder Sol-Gel-Prozesse. Die Stabilität der Einbettung des nano-Ag ist stark abhängig von der Prozessführung, eine deutliche Verbesserung gegenüber der Variante ohne Binder ist aber zu erwarten. Anbieter solcher Beschichtungslösungen werden kontaktiert, um deren Wissen zu prüfen.

- Eine Plasma-Beschichtung erzeugt kein belastetes Abwasser, sie ermöglicht eine gut gebundene und durchgehende nanoskalige Silberbeschichtung auf Fasern und Garnen. Der Scale-up ist industriell noch nicht verbreitet, es handelt sich um eine relativ kostenintensive Variante.

Schritt 5: Nachhaltige Wertschöpfung und mögliche Risiken

Um eine nachhaltige Wertschöpfung zu erreichen, muss die Effektivität der antibakteriellen Funktion des nano-Ag Produktes gewährleistet sein und die nano-Ag sollen möglichst in der Gebrauchsphase nicht ausgewaschen werden. Eine Ökobilanz zeigt, ob nano-Ag auch bezüglich Energie- und Materialverbrauch sowie toxischen Emissionen gegenüber konventionellen Alternativen mit Bioziden im Vorteil ist.

Für das KMU sind die verschiedenen Phasen des Produktlebenszyklus relevant vgl. Erklärungen [S. 13](#): Veredelung in-House (betrifft also Arbeitnehmer und die Umwelt), Nutzung durch Anwender (Verbraucher/Patienten und Umwelt) sowie Entsorgung der Textilien (Arbeitnehmer in der Entsorgung und die Umwelt).

- **Gesundheit:** Mit dem Lieferanten und geeigneten Experten werden realistische Expositionsszenarien für die verschiedenen Phasen des Produkt- Lebenszyklus erarbeitet. Eine erste Vorabklärung mit Hilfe des Vorsorgerasters hat die Notwendigkeit für die Beschaffung detaillierter Daten ergeben s. Ausführungen [S. 14](#). Insgesamt wird nano-Ag in Textilien auf der Haut als eher unbedenklich eingestuft, s. Tabelle [S. 11](#) unten.
- **Umwelt:** für die Umwelt ist Silber nicht unbedenklich, da es sich auflöst und gelöste Ag-Ionen eine toxische Wirkung auf Organismen haben, s. Tabelle [S. 11](#) oben. Eine gezielte Nachforschung zu Freisetzung und Wirkung von Ag-Ionen aus der zu wählenden Produkt-Variante über den

Produktlebenszyklus ist hier nützlich. Wichtig: Beschichtete nano-Ag-Partikel scheinen in der ARA zu einem deutlich höheren Anteil im Abwasser zu verbleiben als unbeschichtete.

- **Regulierung:** Nano-Ag, welches als Biozid eingesetzt wird, fällt unter die «Verordnung über das in Verkehr bringen von und den Umgang mit Biozidprodukten». Internationale Regulierungsbestrebungen sollen beobachtet werden.

Schritt 6: Wichtige Abklärungen

- Hat der Lieferant die mittel- und langfristige antibakterielle Effektivität seiner nano-Ag-Produkte untersucht?
- Hat der Lieferant die Auswaschung und den Abrieb von Ag-Partikeln und eine mögliche Kreuzkontamination untersucht?
- Welche Spezifikationen (Grössenverteilung, Beschichtung, Funktionalisierung, Agglomerationsverhalten, nano-SDB gemäss Seco) der nano-Ag sind bekannt?
- Sind die Herstellungsprozesse reproduzierbar?

Schritt 7: Informationsbeschaffung

Für das KMU sind folgende Schritte zu empfehlen:

- Kontakt zu Forschern (z.B. Empa) bezüglich den technischen Möglichkeiten, antibakterielle Textilien herzustellen [S. 6](#).
- Ausfüllen und Besprechen des Vorsorgerasters für die relevanten Szenarien mit BAG / Expertengruppe [S. 18](#).
- Kontakt zu Forschern z.B. Empa, s. [S. 16](#), bezüglich Verhalten der Partikel in der ARA / KVA, Rücksprache mit Entsorgern.