

## 12. Sitzung des Arbeitskreises „Gesundheitliche Bewertung von Textilhilfsmitteln und -farbmitteln“ der Arbeitsgruppe „Textilien“ des BfR

Aktualisierter Bericht\* zur Sitzung vom 08. März 2006

Bekleidungstextilien sind weder anmelde- noch zulassungspflichtig. Deswegen sind die Behörden über Textilhilfsmittel und Farbmittel nicht im Einzelnen informiert. Aufgabe des Arbeitskreises „Gesundheitliche Bewertung von Textilhilfsmitteln und -farbmitteln“ der Arbeitsgruppe „Textilien“ des Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) ist es, generelle Aussagen über das Gefährdungspotenzial von Stoffgruppen zu erarbeiten, die in textilen Bedarfsgegenständen als Ausrüstungs- und Hilfsmittel eingesetzt werden. Außerdem werden Prioritäten für den gesundheitlichen Verbraucherschutz aufgezeigt und Forschungsbedarf formuliert.

Die 12. Sitzung diente dazu, einen Überblick über neue Entwicklungen und Erkenntnisse im Bereich der Textilveredlung und der toxikologischen Bewertung von Textilhilfsmitteln zu gewinnen. Wesentliche Themen waren der Stand des Verfahrens zur Neuordnung des europäischen Chemikalienrechts (REACH), die Ergebnisse laufender Forschungsprojekte zu sensibilisierenden Farbstoffen und zur Genotoxizität, die Verwendung von Fluortensiden in der Textilveredlung sowie antimikrobielle Textilausrüstungen und Ausrüstungen mit Nanopartikeln.

### 1 REACH

Dem Bericht des BfR zufolge lag der EU-Verordnungsentwurf „Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals (REACH)“ dem EU-Ministerrat und in 1. Lesung dem EU-Parlament vor. Zurzeit erarbeitet die Kommission den „Gemeinsamen Standpunkt“. Die 2. Beratung im Rat und die 2. Lesung im Parlament werden voraussichtlich in der zweiten Jahreshälfte 2006 erfolgen. Die Verabschiedung und das Inkrafttreten der REACH-Verordnung werden unter deutscher Ratspräsidentschaft für den Frühsommer 2007 erwartet.

Bei dem in der Verordnung festgelegten Anmelde- bzw. Zulassungsverfahren werden der Verwendungszweck der Stoffe und die zu erwartende Exposition eine wesentliche Rolle spielen. Die Anmeldung/Zulassung gilt nur für den im Stoffsicherheitsbericht angegebenen Verwendungszweck und die Exposition fließt in die Stoffsicherheitsbeurteilung ein.

Zur Hilfestellung bei der Anmeldung werden im Rahmen von „REACH Implementation Projects (RIP`s)“ Leitfäden für die Erstellung der Berichte erarbeitet, denen auch ein Konzept für Expositionsszenarien zugrunde liegt. Diese Arbeiten werden ergänzt durch ein Vorhaben des Joint Research Centre (JRC), Ispra, in dem eine Datenbank „European Information System on Chemical Risks from human exposure to chemicals released from consumer products/articles (EIS-ChemRisks)“ erstellt wird. Im Rahmen von Projekten werden auch Expositionsszenarien und Modellrechnungen, u.a. für Textilien, erstellt. Das JRC hat eine Internet-Plattform eröffnet, auf der die Expositionsmodelle zur Diskussion gestellt werden. Erste Testdossiers sind bereits verfügbar. Stakeholder sind aufgerufen, sich an der Diskussion zu beteiligen (<http://www.jrc.cec.eu.int/eis-chemrisks>, Registrierung erforderlich). Es bleibt abzuwarten, welche Akzeptanz die Modelle finden und ob sie mit experimentellen Daten übereinstimmen bzw. durch Abgleich verbessert werden können. Die in der AG Textilien zur Schätzung der Exposition mit Textilhilfsmitteln und -farbmitteln aus Bekleidungstextilien entwickelten Verfahren zur Bestimmung der Migration und Rechenmodelle (R. Krätke und T. Platzek, Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 2004, 47: 810-813), denen auch experimentelle Daten zugrunde liegen, wurden in die laufenden Projekte eingebracht und sind dort auf Interesse gestoßen.

## 2 Forschung

Von einigen Azofarbstoffen ist bekannt, dass nach Spaltung mutagene aromatische Amine entstehen können. Die Verwendung von Farbstoffen, bei denen derartige Amine freigesetzt werden, ist bei Textilien, die Bedarfsgegenstände im Sinne des Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuchs (LFGB) §2 (6) Nr.6 sind, verboten. In der Bedarfsgegenständeverordnung Anhang 1 Nr. 7 sind 22 dieser Amine genannt.

Von Seiten des BfR wurde ein Projekt vorgestellt, in dem geklärt werden soll, ob und welche biologischen Tests geeignet sind, gefärbte Textilien und die von ihnen freigesetzten Verbindungen auf ihr genotoxisches bzw. zytotoxisches Potenzial zu prüfen. Zur Verfügung stehen zurzeit der Ames-Test, der in-vitro-Mikrokerntest und die Bestimmung der Zytotoxizität durch Zellzahlbestimmung. Dabei sollen neben den Farbstoffen auch durch die Hautflora entstehende Stoffwechselprodukte in die Untersuchungen einbezogen und eine entsprechende Analytik aufgebaut werden. Ebenfalls sollen unterschiedlich hergestellte bzw. behandelte textile Materialien mit unterschiedlicher Farbtintensität untersucht werden sowie gewaschene Textilien, um eine verbrauchernahe Situation zu simulieren. Als Modellverbindungen wurden Direktblau 14 (DB 14), Dispersionsorange 3 (DO 3) und Dispersionsgelb 3 (DY 3) gewählt.

Extraktionen von Baumwollgeweben, die mit DB 14 gefärbt waren, zeigten, dass der Farbstoff bei allen untersuchten Färbintensitäten (0,8 %, 1,11 %, 1,58 %) aus dem Textil eluierbar war. In einem modifizierten Ames-Test (metabolische Aktivierung durch Hamster S 9) zeigte DB 14, als Einzelsubstanz zugesetzt, bei 4 µg/Platte (= 40 µg/ml) eine leichte Erhöhung und bei 20 µg/Platte (= 200 µg/ml) eine deutliche Erhöhung der Reversionsrate. Die DB 14 – Extrakte aus dem Baumwollgewebe (7,73, 18,47 und 64,43 µg/ml DB 14) wiesen dementsprechend auch deutlich erhöhte Reversionsraten auf.

Von Mitgliedern des Arbeitskreises wurde darauf hingewiesen, dass DB 14 bekanntermaßen mutagen sei und ebenso wie DO 3 und DY 3 (diese aufgrund der sensibilisierenden Wirkung) von namhaften Herstellern nicht mehr eingesetzt wird. Allerdings werden immer noch Sensibilisierungen festgestellt, die möglicherweise auf Kreuzsensibilisierungen beruhen. Hervorgehoben wurde, dass die für die Untersuchung gewählten Farbstoffe Modellcharakter haben und als Positivkontrolle fungieren.

Eine Validierung des Zytotoxizitätstests und des Mikrokerntests, insbesondere die Erstellung von Dosis-Wirkungskurven, wurde allgemein für wünschenswert gehalten. Ob biologische in-vitro-Testsysteme insgesamt genügend empfindlich sind, um in der Praxis zur Prüfung von Textilien eingesetzt werden zu können, müssen die künftigen Untersuchungen zeigen.

## 3 Sensibilisierende Farbstoffe

Die ETAD (Ecological and Toxicological Association of Dye and Organic Pigment Manufacturers) führt derzeit ein Projekt zur Identifikation sensibilisierender Farbstoffe durch. In der ersten Phase wurden weltweit Hautkliniken nach Fällen befragt, bei denen ein Verdacht auf Hauterkrankungen besteht, die durch Textilfarbstoff-Allergien hervorgerufen wurden (allergic contact dermatitis, ACD). Begleitend wurde im Auftrag der ETAD eine Strategie entwickelt, um bei den Verdachtsfällen die Ursachen der Erkrankung zu klären und nach Möglichkeit die auslösenden Farbstoffe zu identifizieren (Identifying the Source of Textile Dye Allergic Contact Dermatitis – a guideline, Hatch et al., *Exog Dermatol* 2003; 2:240-245).

Als aktuelles Ergebnis der zweiten Projektphase wurde eine Liste von 30 Fällen vorgelegt, bei denen mit hoher Wahrscheinlichkeit Dispersionsfarbstoffe die Hauterkrankung ausgelöst

haben. Die Reaktion der Probanden auf verschiedene Farbmittel wurde in einem Patch-Test geprüft und die Resultate mit Analysen der mutmaßlich die Sensibilisierung auslösenden Dispersionsfarbmittel nach Ökotex-Liste verglichen. Eine Reihe von Patch-Test-Ergebnissen ließ sich den Analyseergebnissen nicht zuordnen. Als möglicher Grund hierfür wurden Kreuzreaktionen, aber auch mögliche falsch-positive Ergebnisse diskutiert. Auffällig war die hohe Anzahl positiver Reaktionen bei Viskose-Fasern. Insgesamt ist die Frage offen, ob manche Faserarten, z. B. Elastan (Polyurethan) besonders leicht das Farbmittel abgeben. Bei sachgerechter Färbung sollte dies nicht der Fall sein, da die Farbmittel im Allgemeinen für einen speziellen Fasertyp entwickelt bzw. Anwendungsempfehlungen gegeben werden.

Es wurde auf die Schwierigkeiten hingewiesen, das die Sensibilisierung auslösende Textil zu identifizieren und den Fasertyp zu bestimmen. Entscheidend sei die Migration, die durch die Farbechtheiten bestimmt wird. Von erheblicher Bedeutung ist zudem eine mögliche „Vorsensibilisierung“ durch Farbstoffe oder Textilhilfsmittel, die als Kreuzallergene wirken.

In diesem Zusammenhang wurde der Vorschlag der ETAD, eine mit Hilfe des „Local Lymph Node Assays (LLNA)“ bestimmte „threshold concentration“ und einen „no observable effect level (NOEL)“ zu ermitteln, hinsichtlich der Schlüssigkeit des Ergebnisses in Frage gestellt.

Scharf kritisiert wurde die offensichtlich immer noch übliche Verwendung bekannter sensibilisierender Farbmittel wie Disperse Blue 106 und 124, die als Substanz bereits durch Warnhinweise (R 43) zu kennzeichnen sind. Seitens des IVDK wurde die Relevanz dieser beiden Farbstoffe bei der Entstehung und Auslösung textilbedingter Kontaktallergien noch einmal hervorgehoben. Von den anwesenden Industrievertretern wurde erneut versichert, dass namhafte europäische Produzenten diese Farbmittel nicht mehr verwenden. Vorstöße der zuständigen Behörden, ein rechtliches Verwendungsverbot in Deutschland bzw. in der Europäischen Union zu erreichen, waren bislang erfolglos. Im Arbeitskreis wurde deshalb nochmals angeregt, diesbezüglich aktiv zu werden und erneut ein Verbot bestimmter sensibilisierender Dispersionsfarbstoffe gefordert.

Dies wird auch von Seiten der Überwachungsbehörden unterstützt. In den Jahren 2004 und 2005 durchgeführte Prüfungen von Bekleidungen, Plüschtieren und anderen Bedarfsgegenständen mit Körperkontakt auf die acht Farbmittel, die gemäß einer früheren Empfehlung des Arbeitskreises nicht mehr verwendet werden sollen, ergaben eine Beanstandungsrate von 14 %. Die Prüfungen wurden nach DIN 54231 (Fassung November 2005) durchgeführt. Am häufigsten wurde von den genannten allergisierenden Farbstoffen Disperse Orange 37/76 nachgewiesen. Es wurde gefordert, von den im Öko-Tex-Standard 100 gelisteten weiteren allergisierenden Farbstoffen eine Prioritätenliste zu erstellen, um einige Kandidaten in weitere Prüfprogramme aufnehmen zu können. Auch sollte die vom Arbeitskreis erstellte Liste nicht mehr zu verwendender Dispersionsfarbstoffe aktualisiert werden.

Von Seiten der Epidemiologen wurden die durch Farbmittel verursachten Allergien zwar nur mit 1 % der jährlich neu auftretenden Sensibilisierungen, das entspricht etwa 4.000 Fällen, veranschlagt, in der Summe über die Jahre gerechnet addieren sich die Fälle jedoch, so dass ein nicht unerheblicher Anteil der Bevölkerung von Textilfarbstoff-Allergien betroffen ist. Zu berücksichtigen ist weiterhin, dass etwa ein Drittel der Erkrankungen nicht erfasst werden.

Aufgrund der Relevanz wurde die ETAD aufgefordert, das Untersuchungsprogramm fortzusetzen und insbesondere bei dem erfassten Patientenkollektiv zu klären, welche Substanzen aus den inkriminierten Bekleidungsstücken für die Allergien verantwortlich sind. Ein Patch-

Test mit aus den Textilien gewonnenen Eluaten könnte hier wichtige Erkenntnisse liefern. Der Arbeitskreis regte eine Zusammenarbeit mit dem IVDK an.

#### 4 Fluorierte Polymere

Fluorierte Polymere zeichnen sich insbesondere durch ihre wasser- und ölabweisenden Eigenschaften aus und werden deshalb auch zur Ausrüstung von Textilien, insbesondere für wetterfeste Bekleidung, eingesetzt. Wegen des möglichen Restgehalts an Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) und Perfluorooctansäure (PFOA) in Fluorierten Polymeren und aufgrund der Persistenz sowie des ubiquitären Vorkommens von PFOS und PFOA ist diese Verbindungsklasse jedoch in den Blickpunkt des öffentlichen Interesses geraten. Der Arbeitskreis informierte sich über die in der Textilveredlung eingesetzten Verbindungen, die Applikationstechnik, mögliche Migrationsraten und toxikologisch relevante Eigenschaften der Fluorierten Polymere und möglicher Verunreinigungen.

Von Seiten der Verbände wurde dargelegt, dass bei dem heute vorwiegend verwendeten Herstellungsverfahren, der Telomerisation, weder PFOS noch PFOA eingesetzt noch als Zwischen- oder Endprodukte auftreten und in der Textilveredlung keine fluorierten monomeren Substanzen, sondern Polymere mit einem MG >20.000 Dalton als so genannte Fluorierte Polymere oder Fluorcarbonharze zur Anwendung kommen.

Bei der Telomerisation werden perfluorierte C<sub>2</sub>- Grundkörper (Tetrafluorethylen) zu Perfluoralkyliodiden umgesetzt, die Kette durch Addition weiterer Tetrafluorethylen-Einheiten verlängert (telomerisiert) und schließlich mit Ethylen zu Perfluoralkylalkoholen, so genannten Telomeralkoholen (FTOH), umgewandelt. Dabei entstehen lineare Ketten, deren Länge sich nach der Zahl der addierten Grundkörper richtet und stets eine gerade Anzahl an C-Atomen aufweist. Üblich ist die Addition von drei bis sechs Grundkörpern, so dass die Zahl der fluorierten C-Atome in der Regel sechs bis zwölf beträgt. Die endständige, fluorfreie Ethylgruppe wird dann weiter zu verschiedenen reaktiven Zwischenprodukten derivatisiert, z.B. zu Acrylaten, Methacrylaten oder Polyurethanen.

Ein zweites Verfahren stellt die Elektrofluorierung dar. Bei diesem Verfahren werden organische Grundkörper in Flusssäure (HF) gelöst und die H-Atome der Substanz durch Anlegen einer elektrischen Spannung gegen Fluor ausgetauscht. Ausgangssubstanz sind C<sub>4</sub>-Grundkörper, die zu Perfluorbutansulfonsäure umgewandelt und dann für die Herstellung weiterer Fluortenside genutzt werden. Einzelheiten des Verfahrens sind nicht bekannt. (Ein Verfahren, bei dem C<sub>8</sub>-Grundkörper eingesetzt wurden und bei dem PFOS und PFOA entstehen, wurde vom Marktführer im Jahr 2000 freiwillig eingestellt.)

Die in der Textilindustrie verwendeten Fluorcarbonharze auf der Basis von FTOH bestehen aus einem reaktiven Grundgerüst mit Perfluoralkylmonomeren und Alkylmonomeren als Seitenketten. Das Polymer enthält i.d.R. 20-50 Gew.-% Fluor und wird als wässrige Dispersion mit einem Polymergehalt von 20-100 g/L angeboten. Die Dispersion wird, als letzter Schritt des Veredelungsprozesses, überwiegend mit Hilfe des Foulards auf das Textilgut aufgetragen. Die Fixierung durch kovalente Bindung (Crosslinking) an die Fasern erfolgt dann im Spanrahmen bei 120-180° C. Typische Auftragsmengen des Polymers auf die Fasern sind 0,2 %-0,5 Gew.-%, so dass das Gewebe dann 0,04-0,25 Gew.-% Fluor enthält.

Einvernehmlich wurde, gestützt durch vorgelegte toxikologische Daten, festgestellt, dass das Polymer zum einen aufgrund der festen Bindung an die Faser, zum anderen aufgrund des hohen Molekulargewichts aus dermatologischer Sicht wenig relevant ist. Bei oraler Aufnahme findet keine Metabolisierung statt.

Für PFOA wurden die in der Literatur veröffentlichten toxikologischen Daten sowie Expositionsberechnungen, die auf der Grundlage eines aus behandelten Textilien maximal extrahierbaren Gehalts (verschiedene Extraktionsmittel) der Substanz sowie einer für Perfluorooctanoat (PFO) bestimmten Haut-Penetrationsrate erstellt wurde, vorgelegt. Den Daten zufolge liegt die jährliche Aufnahme durch Textilien, für verschiedene Bevölkerungsgruppen berechnet, weit unter den Werten, die als Schwellenwerte für toxikologische Wirkungen angenommen werden. Dieser Abstand, angegeben als Margin of Exposure (MOE), beträgt  $10^6$ - $10^8$ .

Im Telomerisationsverfahren entsteht ein Gemisch von Fluorotelomer-Alkoholen unterschiedlicher Kettenlänge. Die am häufigsten vertretene Komponente besteht aus vier Tetrafluoroethyleneinheiten und wird entsprechend der Anzahl der fluorierten und nichtfluorierten C-Atome als 8:2 FTOH bezeichnet. Toxikologische Daten sowie aus imprägnierten Bekleidungstextilien extrahierbare Mengenangaben (Extraktionsmittel: Wasser oder Ethylacetat) liegen in der Literatur sowohl für die Gemische als auch für die Einzelkomponente 8:2 FTOH vor. Diese Daten stellten die Grundlage einer Expositionsberechnung („Conceptual Exposure Model“) und einer Risikoabschätzung dar, die in der Sitzung präsentiert wurden.

Das Rechenmodell geht von fabrikneuen Textilien aus, bei denen die mittleren mit Ethylacetat extrahierbaren Gehalte für FTOH-Gesamt bei  $27 \text{ ng/cm}^2$  und für 8:2 FTOH bei  $22 \text{ ng/cm}^2$  liegen, von denen veranschlagte 10 % auf die Haut gelangen können. Als Penetrationsrate werden  $0,14 \text{ %/h}$  angenommen. Bei einer Exposition von 12 h/Tag und einer Tragehäufigkeit von 365 Tagen im Jahr ergeben sich, für die gesamte Hautoberfläche (Kind, Jugendliche, Erwachsene) berechnet, für 8:2 FTOH aufgenommene Mengen von  $9 \times 10^{-6}$  bis  $10^{-5} \text{ mg/kg}$  und Tag und für FTOH-Gesamt etwa  $10^{-5} \text{ mg/kg}$  und Tag. Daraus ergeben sich Werte für den MOE in der Größenordnung von etwa  $10^5$ . Basiert die Berechnung auf Werten der wässrigen Extraktion, so sind die aufgenommenen Mengen erheblich geringer und es errechnet sich ein MOE von etwa  $10^7$ . Es wurde hervorgehoben, dass diesem Modell sehr konservative Annahmen zugrunde liegen.

Die Modellrechnung wurde auch genutzt, um mögliche Belastungen durch PFOA zu schätzen. Dabei wurde für die Umwandlung von FTOH zu PHOA eine Konversionsrate von 1 % zugrunde gelegt. Sowohl für kanzerogene als auch für nicht kanzerogene Effekte ergaben sich Werte für den MOE von mindestens  $4 \times 10^7$  bei Extraktion mit Ethylacetat und  $9 \times 10^8$  bei Extraktion mit Wasser.

Der Arbeitskreis konstatierte eine in der Größenordnung gute Übereinstimmung der vorgelegten Modellrechnung zur Exposition mit anderen publizierten Daten. Bei sachgerechter Durchführung der Imprägnierung scheint eine Gefährdung der Verbraucher aufgrund der niederen Migrationsraten nicht gegeben. Schwierigkeiten bestehen jedoch in der Umrechnung der allgemeinen Exposition auf Serumwerte und es besteht weiterhin Erklärungsbedarf hinsichtlich der in der Literatur beschriebenen relativ hohen PFOA-Werte im Serum. Eine mögliche überproportionale Anreicherung, insbesondere bei geringen Konzentrationen, wurde diskutiert. In diesem Zusammenhang wurde auf die Grenzen der Analytik hingewiesen. Ergänzend wurde mitgeteilt, dass die Europäische Kommission weitgehende Beschränkungen für das Inverkehrbringen und die Verwendung von PFOS anstrebt (1, 2, 3, 4, 5).

## 5 Biozide

Die in jüngster Zeit am Markt zu beobachtende Zunahme biozid ausgerüsteter Textilien gab Anlass, sich im Arbeitskreis mit diesem Themenkomplex zu befassen. Das Gremium infor-

mierte sich über die Wirkstoffe, die bei Textilien eingesetzt werden, Wirkungsspektren, Testverfahren, Applikationsarten, Permanenz, Zweckdienlichkeit und anstehende Entwicklungen.

Grundsätzlich ist bei Biozidausrüstungen zwischen Ausrüstungen zum Zwecke des Materialschutzes und der Ausrüstung aus hygienischen Gründen, wie sie bei medizinisch verwendeten Materialien, aber auch bei verbrauchernahen Produkten wie Heimtextilien, Hygieneartikeln und Bekleidung erfolgt, zu unterscheiden. Im Blickpunkt des Interesses standen dabei Bekleidungstextilien, insbesondere körpernah getragene Textilien.

Nach Erkenntnissen des Arbeitskreises werden als Materialschutz Triclosan (5-Chlor-2-(2,4-dichlor-phenoxy)phenol), Natrium- und Zinkpyrithione, Carbendiazim, Octylisothiazolinon (OIT) und Jodpropinylbutylcarbamat (IPBC) als Permanent-Ausrüstung, matrixabhängig gebunden durch Beschichtung, eingesetzt. Eine breitere Verwendung von Naturfasern, die antimikrobielle Eigenschaften aufweisen, wird in Betracht gezogen (Cocos, Chitosan).

Die Veredlung der Textilien in Nassverfahren („wet processing“) kann eine Konservierung der textilen Ware während des Herstellungsprozesses erfordern. Hierfür werden Orthophenylphenol, Silberprodukte, Benzisothiazolinone (BIT), Methyl/Chlormethylisothiazolone (MIT/CIT), Formaldehyd-Spender, quaternäre Ammoniumverbindungen und Siloxane oder PHMB (Poly(hexamethylenbiguanide)-hydrochlorid) im Aufziehverfahren auf die Textilien aufgebracht, aber im Laufe der Weiterverarbeitung wieder ausgewaschen, so dass der Verbraucher mit diesen vorwiegend antibakteriellen Wirkstoffen nicht in Berührung kommt.

Für die Endausrüstung von Bekleidung werden Triclosan, Silber als Metall oder Zeolith-Komplex, PHMB, Octadecyldimethyl[3-(trimethoxysilyl)-propyl]-ammoniumchlorid, n-Halamine (Chloramine) oder IPBC eingesetzt. Die weitaus größte Bedeutung von diesen Substanzen hat gegenwärtig noch Triclosan, der Einsatz von Silber zeigt jedoch stark steigende Tendenz. Es wurde darauf hingewiesen, dass aus Fernost importierte Textilien gelegentlich noch mit Naphthalin behandelt sein können.

Die Ausrüstung der Textilien erfolgt heute noch vorwiegend durch Imprägnieren, wenngleich vermehrt Synthesefasern angeboten werden, bei denen der Wirkstoff in das Fasermaterial, u.a. durch Nanopartikel, inkorporiert ist. Die Wirksamkeit der Mittel wird durch eine Reihe von Faktoren wie Konzentration, Migration (Diffusion, Auswaschverhalten) und Stabilität bestimmt. Unter hygienischen Gesichtspunkten sind insbesondere bakterizide Mittel von Interesse. Zu unterscheiden ist zwischen Mitteln, die fest an oder in der Faser gebunden bleiben und jenen, die diffundieren. Für die Wirksamkeitsprüfung stehen verschiedene Tests (Agardiffusionstest nach SN 195 920, Ausstrichtest nach AATCC 147, Inkubationstest nach JIS L 1902:2002 sowie mikroskopische Verfahren) zur Verfügung, die jedoch nur eine begrenzte Aussagekraft haben. Problematisch ist insbesondere, dass in der Regel nur diffundierende Wirkstoffe erfasst werden und eine quantitative Auswertung nicht möglich ist. Trend ist zudem, die bioziden Stoffe auf oder in der Faser zu immobilisieren.

Bekleidungstextilien werden überwiegend bakterizid ausgerüstet, um die aus Schweiß entstehende Bildung geruchsintensiver Substanzen, hervorgerufen durch den Stoffwechsel von Bakterien, zu verhindern. Festzustellen ist jedoch, dass, möglicherweise individuell bedingt, Körpergeruch nicht allein auf bakterielle Aktivität zurückzuführen ist.

Als künftige Entwicklungen und neue Strategien bei der Biozidausrüstung wurden insbesondere der Einsatz von natürlichen und synthetischen Polymeren (Chitosan, kationische Polymere), die Verwendung antimikrobieller Peptide und Bakterienfilm-zerstörender Enzyme, die Auflagerung antimikrobiell wirksamer Nanofasern sowie die Erprobung von Quorum-

Sensing-Inhibitoren genannt. Zu den ausrüstungstechnisch angestrebten Innovationen zählen insbesondere Systeme, die die Wirkstoffe verzögert abgeben („controlled release“). Dadurch soll eine längere Wirkungsdauer sowie eine geringere Belastung der Verbraucher erreicht werden.

Bakterizid ausgerüstete Bekleidungstextilien werden oft als förderlich für die allgemeine Hygiene sowie als wirksam zur Vermeidung von Geruchsbildung ausgelobt. Beide Effekte wurden vom Arbeitskreis kritisch hinterfragt. Da der Mensch täglich mit einer Vielzahl von Bakterien in Berührung kommt und das Immunsystem beim gesunden Menschen hierauf eingestellt ist, wird in der Minderung möglicher Bakterien auf den Textilien kein Vorteil gesehen. Die weite Verbreitung biozid ausgerüsteter (Bedarfs)-Gegenstände kann insbesondere bei Kindern sogar zu einer schwächeren Ausprägung des Immunsystems führen. Der massenhafte Einsatz der Wirkstoffe könnte zudem eine Resistenzentwicklung begünstigen. Weiterhin wurden Befürchtungen geäußert, dass die Verbraucher ein trügerisches Sicherheitsgefühl entwickeln und die allgemeine Hygiene (Waschen der Kleidungsstücke) vernachlässigen: Die biozide Wirkung lässt zudem naturgemäß bei längerem Gebrauch, z.B. durch Diffusion oder Abrasion der Wirkstoffe (bei Gebrauch und Wäschepflege) nach. Auch bei immobilisierten Wirkstoffen ist direkter Kontakt der Substanz mit den Bakterien erforderlich, jedoch bei (Schmutz)-Anhaftungen u.ä. nicht immer gegeben.

Neben möglichen humantoxikologischen Eigenschaften ist die Wirkung der Biozide auf die natürlicherweise vorhandene Hautflora von besonderem Interesse. Hierzu liegen bislang jedoch keine Untersuchungen vor.

## 6 Nano-Ausrüstung

Als eines der zukunftssträchtigen Anwendungsgebiete für die Nanotechnologie wird in Fachkreisen häufig die Textilherstellung und -veredlung genannt. Der Arbeitskreis informierte sich deshalb über technische Möglichkeiten des Einsatzes von Nano-Ausrüstungen sowie bereits am Markt befindliche Produkte. Mögliche gesundheitliche Risiken sowie die rechtlichen Rahmenbedingungen wurden diskutiert.

Unter dem Begriff „Nano“-Ausrüstung wird sowohl die Applikation von Partikeln (Größenordnung von 10 nm bis 100 nm) als auch der Auftrag von oligo- oder polymeren Substanzen, die weiter zu einer dünnen Schicht („web“) vernetzen, verstanden. Die Partikel können kompakt (kristallin oder amorph) sein oder Hohlkörper (Globuli (Kapseln) bzw. Tubuli) darstellen, die wiederum spezifische Wirkstoffe enthalten können.

Nanopartikel können in Synthesefasern eingebunden oder im Rahmen der Endausrüstung auf die Oberfläche der Fasern (frei oder gebunden) aufgelagert werden. Ebenso können die aufgelagerten Schichten die Fasern frei ummanteln oder kovalent mit den Fasermaterialien verbunden sein.

Die Nanotechnologie wird eingesetzt, um den Fasern neue funktionale Eigenschaften zu verleihen. Aus der Fülle möglicher Anwendungen sind bisher jedoch nur wenige in am Markt verfügbaren Textilprodukten realisiert. Beispiele für die Inkorporation von Nanopartikeln stellen die Biozidausrüstung von Fasern mit Hilfe von Silberpartikeln (in verschiedenen Konfigurationen) sowie die Sonnenschutz-ausrüstung mit  $\text{TiO}_2$  oder  $\text{ZnO}_2$  dar. Bei mehreren Produkten wird eine schmutzabweisende Wirkung durch Oberflächenstrukturierung (Lotus-Effekt) mit Hilfe von Silica bzw. eine hydro- und oleophobe Ausrüstung durch Bindung entsprechender Komponenten (gemischt oder bifunktional wie z.B. bei perfluorierten Verbindungen) er-

zielt. Insbesondere bei den letztgenannten Beispielen ergeben sich Abgrenzungsprobleme zwischen „nanotechnologischer“ und „normaler“ Endausrüstung (Frage der Definition).

Wachsende Marktanteile zeigen so genannte Kosmeto-Textilien, darunter insbesondere Damenstrumpfhosen. Üblicherweise handelt es sich dabei um Nanokapseln, die mit Kosmetika gefüllt sind und bei mechanischer und/oder thermischer Belastung ihren Inhalt freisetzen. Schwierigkeiten bereitet es, die Textilien so auszurüsten, dass die gewünschte Funktion längerfristig erhalten bleibt, also möglichst permanent ist und insbesondere die mechanische und thermische Beanspruchung der Wäschepflege übersteht (ähnliches gilt auch für Biozidausrüstungen, wenngleich hier der Abrieb im Vordergrund steht). Ein weiteres Problem bei nanotechnologischen Ausrüstungen ist der Erhalt der haptischen Eigenschaften (Griffigkeit, Biegsamkeit) des Textils. Zudem stellt die Nano-Ausrüstung einen nicht zu vernachlässigenden Kostenfaktor dar.

Im Hinblick auf ein mögliches Gefahrenpotenzial stehen bei Textilien der Abrieb der Nanopartikel und die inhalative oder orale Exposition im Vordergrund. Eine Aufnahme vom Textil über die Haut ist aufgrund der Größe der Partikel nicht anzunehmen.

Spezielle rechtliche Anforderungen an den Einsatz von Nanopartikeln bestehen derzeit nicht. Die Herstellung und Verwendung von Nanopartikeln unterliegt den allgemeinen chemikalienrechtlichen Anforderungen. Bei Textilien, die unter die Regelungen der Bedarfsgegenständeverordnung fallen, sind die dort getroffenen allgemeinen Vorgaben zu erfüllen. Bei den Kosmeto-Textilien gelten für die Wirkstoffe zusätzlich die Regelungen der Kosmetikverordnung.

## **7 Weitere Informationen**

1. [http://www.bfr.bund.de/cm/235/fortbildungsveranstaltung\\_oegd\\_2006\\_abstracts.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/235/fortbildungsveranstaltung_oegd_2006_abstracts.pdf)
2. [http://www.bfr.bund.de/cm/232/fluortelomere\\_unerkanntes\\_risiko.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/232/fluortelomere_unerkanntes_risiko.pdf)
3. [http://www.bfr.bund.de/cm/232/fluortelomere\\_segens\\_fuer\\_konsumenten\\_oder\\_unerkanntes\\_risiko.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/232/fluortelomere_segens_fuer_konsumenten_oder_unerkanntes_risiko.pdf)
4. [http://www.bfr.bund.de/cm/232/fluortelomer\\_behandelte\\_bekleidungstextilien.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/232/fluortelomer_behandelte_bekleidungstextilien.pdf)
5. [http://www.bfr.bund.de/cm/232/perfluorverbindungen\\_in\\_lebensmittelbedarfsgegenstaenden.pdf](http://www.bfr.bund.de/cm/232/perfluorverbindungen_in_lebensmittelbedarfsgegenstaenden.pdf)