

1. Einleitung

Textilien und ihre mögliche schädigende Wirkung auf den Menschen sind in letzter Zeit zum häufigen Diskussionsthema geworden [^{1,2,3}]. Belastete Textilien werden als Umweltgifte in bezug auf den Menschen angesehen. Dabei stellt sich die Frage: Was sind und wie wirken solche Umweltgifte? Die Schadwirkungen einer oder mehrerer chemischer Substanzen werden von einer ganzen Reihe von Faktoren bestimmt. Die Struktur, die chemische Zusammensetzung und die davon abhängenden physikalisch-chemischen Eigenschaften einer Substanz sind entscheidend für die Aufnahme, den Wirkungsort und –mechanismus im Körper.

Aber auch die Dosis und die Frage nach Dauer und Häufigkeit des Kontaktes mit einer Substanz spielen für die Toxizitätsbestimmung eine große Rolle. Ebenso wichtig für die Risikoabschätzung sind die Art und Weise der Aufnahme eines Umweltgiftes. Am häufigsten geschieht dies durch Inhalation oder dermale Resorption. Über die Atemwege aufgenommene Substanzen können bei guter Löslichkeit im Blut über die große Oberfläche der Lungen sehr schnell im Körper verteilt werden. Dadurch ist zu erklären, daß in einigen Fällen die akute Dosis bei einer toxischen Wirkung durch Inhalation kleiner ist als die bei dermalen Resorption. Andererseits gibt es Substanzen, die z. B. durch einen Lösungsvermittler dermal so schnell resorbiert werden, daß die toxische Wirkung über die Haut schneller erreicht wird als über die Atemwege.

Ein weiterer, für die Auslösung von Giftwirkungen wichtiger Faktor ist die Disposition eines Menschen. Nicht nur das Alter, das Körpergewicht, die Rasse und das Geschlecht spielen bei der Bestimmung der toxischen Dosis einer Substanz eine entscheidende Rolle, sondern auch der Zustand des Immunsystems, die genetische Veranlagung und weitere zum Teil noch unbekannt Faktoren.

Die Substanzen, die als Umweltgifte wirken können, treten nicht nur allein auf, sondern meist gleichzeitig als Kombination. Dadurch kann es zu Wechselwirkungen kommen, die zu einer Potenzierung aber auch zu einer Abschwächung bestimmter toxischer Wirkungen führen können.

Die vom Gesetzgeber angegebenen akut tödlichen Dosen bzw. Konzentrationen beruhen auf Erfahrungswerten und Schätzungen der aus Tierversuchen bekannten

Daten. Diese gelten für einzelne Substanzen und können keine eventuell auftretenden synergistischen oder antagonistischen Effekte erklären.

Der Großteil der Schadwirkungen unterteilt sich vor allem in drei Gruppen. Sie können allergieauslösend, erbgutverändernd und allgemein zelltoxisch wirken. Zur Erfassung dieser unterschiedlichen Wirkungsebenen sind für jede dieser Schädigungswirkungen verschiedene Biotests nötig.

Eine allergieauslösende Textilie wirkt nicht bei allen Menschen gleich schädigend. Nur bestimmte sensibilisierte Personen reagieren auf die in der Textilie enthaltene Substanz oder Substanzkombination. Die Sensibilisierung geschieht durch Inhalation oder Hautkontakt. Unabhängig von der Häufigkeit des Kontaktes mit der chemischen Substanz kommt es zur Bildung von Antikörpern gegen dieses Antigen. Ebenfalls können Unterschiede im Ausmaß der Reaktion von allergischen Menschen auftreten, beispielsweise Hautausschläge und -reizungen, Ödeme, Heuschnupfen, Asthma, im Extremfall ein anaphylaktischen Schock. Ein gängiges Verfahren zur Feststellung einer allergischen Reaktion, ist der Epikutantest.

Die erbgutverändernden Wirkungen von Textilinhalts- und Textilbegleitstoffen lassen sich noch einmal unterteilen in die Kanzerogenität, die Mutagenität und die Teratogenität (CMT-Wirkungen). Da die Untersuchungen der CMT-Wirkungen sich nicht direkt am Menschen durchführen lassen, schränkt dies die Beurteilung der Ergebnisse ein. Die Mutagenität ist durch mikrobiologische Testverfahren, beispielsweise durch den AMES-Test, nachweisbar. Die Kanzerogenität und die Teratogenität werden durch Tierexperimente bestimmt.

Die häufigsten Textilunverträglichkeiten sind wahrscheinlich die allgemein zelltoxischen Schädigungen. Die Untersuchungen an einzelnen Zellen lassen jedoch nur eingeschränkte Rückschlüsse auf das gesamte Gewebe bzw. den Gesamtorganismus zu.

Das Problem, das sich dabei stellt, ist die Erfassung dieser möglichen schädigenden Wirkungen. Bisher war die Prüfung der Textilien lediglich auf chemisch-analytische Methoden beschränkt. Jetzt werden Forderungen nach Biotestverfahren erhoben, da eine Vielzahl von Substanzen bei der Verarbeitung und Veredlung von Textilien eingesetzt wird.

Die Biotestverfahren geben Informationen über die Gesamtwirkung der eingesetzten Chemikalien, Fasern und Hilfsstoffe. Deshalb sind die Ergebnisse dieser Verfahren aussagekräftiger und unbedingt zu berücksichtigen, um eine umfassende Risikoabschätzung von Textilien vornehmen zu können.

Seit vielen Jahren werden zur Toxizitätsprüfung und Risikoabschätzung Tierversuche eingesetzt. Einerseits sind die Beurteilungen der akuten Toxizität und der Risikoabschätzung chemischer Verbindungen notwendig, andererseits ist die Übertragbarkeit der gewonnenen Ergebnisse vom Tier zum Menschen, ebenso wie die ethische Vertretbarkeit von Tierversuchen umstritten.

Zu den traditionell und häufig angewendeten biologischen Tests zählt der DRAIZE-Test. Dieser Test wird als Hautreizungstest am Kaninchenauge vor allem zur Prüfung von Kosmetika verwendet. Das Verfahren ist ethisch nicht unbedenklich.

Zur Erfassung von Umweltgiften existieren eine ganze Reihe etablierter Testverfahren, die nicht auf Tiermodellen basieren. Ein Beispiel dafür ist der DMS-Test, dabei wird der Einfluß durch Umweltgifte auf einen bestimmten Stoffwechselvorgang des Bakterienstammes gemessen. Mittels AMES-Test wird die Mutagenität von Substanzen bzw. Extrakten bestimmt. Als Testobjekt dienen hierbei Salmonellen-Bakterienstämme. Im Leuchtbakterientest wird die Fähigkeit der Bakterien Licht zu produzieren ausgenutzt. Eine toxische Wirkung auf diese Bakterien wird durch eine Verminderung der Leuchtintensität erfaßt. Ein weiteres Beispiel für Umwelttoxizitätsmessung ist der Daphnientest. Daphnien sind Kleinkrebse, deren Fähigkeit zu Schwimmbewegungen als Maß für die toxische Wirkung eines Umweltgiftes dient.

Aber auch Zelllinien werden für solche biologischen Tests verwendet, zum Beispiel kultivierte Fibroblasten beim MTT-Test. Diese Zellen können unbelastet bei Farbstoffzugabe eine Farbreaktion zeigen, deren Veränderung als Maß für die Toxizität der zugegebenen Substanz bzw. des Extraktes dient.

Ein einzelner Biotest ist nicht ausreichend, um das gesamte Spektrum der verschiedenen Schädigungsarten durch Textilien zu erfassen. Deshalb sollte eine ganze Serie unterschiedlichster Biotests zur Erfassung von möglichen schädigenden Wirkungen der Textilinhalts- und -begleitstoffe eingesetzt werden. Der

Keratinocytenatmungstest ist einer von ihnen. Dies wird durch die vorliegenden Untersuchungen gezeigt.

Die Haut ist unmittelbare Kontaktstelle zu den Textilien und damit der Ort, an dem die in Textilien enthaltenen Substanzen wirken können. 95 % der in der Epidermis befindlichen Zellen sind Keratinocyten. Gegenstand dieser Untersuchungen ist deshalb die mögliche Schädigung der Keratinocyten durch die Einwirkung der Substanzen, die in den Textilien enthalten sind. Aus diesem Grund wurde für die vorliegende Arbeit die HaCaT-Zelllinie ausgewählt.

Ein Maß für Vitalität bzw. Schädigung einer Zelle ist die Atmung, weil der Gewinn von Energie eine grundlegende Voraussetzung für die Lebensfähigkeit der Zelle darstellt. Die Atmung findet in den Mitochondrien statt. Dabei wird in mehreren Teilschritten Energie in Form von ATP gewonnen.

Textilinhaltstoffe können die Mitochondrien schädigen, was die Lebensfähigkeit der Zelle einschränkt und behindert. Das Kriterium für die Atmung ist der Sauerstoffverbrauch, der mit Hilfe der Clark-Elektrode gemessen wird.

Die Aufnahme von Substanzen über die Haut geschieht in gelöster Form. Dazu werden sogenannte Schweißsimulate verwendet, bei denen Textilien mit synthetischen Schweißlösungen extrahiert werden. Diese Textilschweißextrakte werden dann zu den Zellen gegeben und die Wirkung auf die Atmung der Keratinocyten durch die Änderung des Sauerstoffverbrauchs gemessen.

Parallel dazu werden die Textilschweißextrakte chemisch analysiert. Damit lassen sich Rückschlüsse auf die Toxizität dieser Substanzen oder Substanzklassen ziehen. Voruntersuchungen zeigten jedoch, daß die Textilinhaltstoffe im Vergleich zur einzelnen Substanz in ihrer Gesamtheit ein größeres Schädigungspotential besitzen.

Ebenso wie für die Untersuchung von Textilien kann dieser Biotest auch für andere Umwelttoxine, beispielsweise Kosmetik-, Boden- und Gewässerproben genutzt werden.

Im Mittelpunkt dieser Arbeit stehen jedoch Untersuchungen an Textilien bzw. Substanzen, die in ihnen enthalten sind.

Künstliche Hautmodelle lassen sich sowohl zur Toxizitätsbestimmung als auch zur Erfassung von Hautreizungen anwenden. Solche Modellsysteme können die Tragesituation von Textilien sehr gut simulieren.

Auch der Epikutantest, mit dem Menschen selbst als Testobjekt, sollte in der Reihe der Biotests zur Erfassung von dermal aufgenommenen Umweltgiften genannt werden. Dieser Test kann jedoch nicht uneingeschränkt für alle Substanzen verwendet werden.

Die aufgezählten Testverfahren sind Beispiele für die bisher mehr oder weniger etablierten Biotests, die sich zur Erfassung von Schadstoffen in Textilien eignen könnten.

1.1. Zielstellung

In den letzten Jahren wird verstärkt nach tierversuchsfreien Biotests gesucht, mit deren Hilfe sich konkrete Aussagen über die Toxizität von Textilien bzw. deren Inhaltsstoffe treffen lassen. Dabei stehen vor allem Untersuchungen auf zellulärer Ebene, an Mikroorganismen und Gewebekulturen im Mittelpunkt. Diese Arbeit stellt eine Methode vor, um mit Hilfe des Keratinozytenatmungstests auf zellulärer Ebene zu einer Risikoabschätzung von Textilien und deren Inhaltsstoffen zu gelangen.

Ziel dieser Arbeit ist es, den Keratinozytenatmungstest zu etablieren, d. h. verschiedene Textilien zu untersuchen und die Schadwirkungen anhand der ermittelten IC_{50} -Werte zu ermitteln. Weiterhin werden Zusammenhänge der Toxizität von Textilien mit deren Inhaltsstoffen untersucht.

Die Textilproben wurden von den Firmen Klaus Steilmann GmbH & Co. KG (Wattenscheid), Lenzing AG (Österreich), Jurichem GmbH (Hamburg) und ecb ONLINE Analysentechnik GmbH (Schwerin) zur Verfügung gestellt.

Eine ganze Reihe chemischer Verbindungen, die bei der Textilverarbeitung und Textilveredlung Verwendung finden, aber auch atextile Proben, beispielsweise Kosmetikinhaltsstoffe, Bäderzusätze und Gewässerproben gelangen zur Untersuchung. Bei Substanzen mit ähnlicher chemischer Struktur werden die Struktur-Wirkungs-Beziehungen überprüft. Außerdem werden Gemeinsamkeiten und Unterschiede dieses Tests zu anderen Biotests aufgezeigt. Es wird ein Vergleich von IC_{50} -Werten des Keratinozytenatmungstests mit den entsprechenden Werten des Daphnientests und des Leuchtbakterientests durchgeführt.

Ebenso werden Aussagen über die Reproduzierbarkeit des Keratinozytenatmungstests getroffen, sowie eine DIN-Vorschrift zur Standardisierung dieses Testverfahrens entworfen.