



Ein an der Empa entwickeltes chemisches Verfahren macht aus Baumwolle ein schwer entflammables Gewebe, das trotzdem die hautfreundlichen Eigenschaften von Baumwolle behält.

Herkömmliche flammhemmende Baumwolltextilien enthalten oft Rückstände von Formaldehyd und sind zudem unangenehm auf der Haut. Empa-Wissenschaftlern ist es gelungen, dieses Problem zu umgehen, indem sie ein physikalisch und chemisch unabhängiges Netzwerk im Inneren der Fasern schufen. So bleiben die positiven Eigenschaften der Baumwollfaser erhalten, die drei Viertel des weltweiten Bedarfs an Naturfasern in Kleidung und Heimtextilien ausmachen: Baumwolle ist hautfreundlich, weil sie erhebliche Mengen an Wasser aufnehmen kann und ein günstiges Mikroklima auf der Haut gewährleistet.



© Empa

Preisgünstig: Sabyasachi Gaan nutzt Dampf aus einem handelsüblichen Schnellkochtopf, um Proben aus Baumwollstoff flammhemmend auszurüsten.



Fotos: Pixabay

Für Feuerwehrleute und andere Einsatzkräfte ist die Schutzkleidung die wichtigste Barriere. Für solche Zwecke wird hauptsächlich Baumwolle als innere Textilschicht verwendet, die jedoch zusätzliche Eigenschaften benötigt: Sie muss etwa feuerfest sein oder vor biologischen Schadstoffen schützen. Dennoch sollte sie nicht wasserabweisend sein, weil dies ein unangenehmes Mikroklima schaffen würde. Diese zusätzlichen Eigenschaften können durch geeignete chemische Modifikationen in die Baumwollfasern «eingebaut» werden.



Foto: Pixabay

### Dauerhaft aber toxisch

«Bislang war es immer ein Kompromiss, Baumwolle feuerfest zu machen», sagt der Chemiker und Polymerexperte Sabyasachi Gaan aus der Empa-Abteilung «Advanced Fibers». Waschbeständige, flammhemmende Baumwolle wird in der Industrie durch die Behandlung des Gewebes mit Flammschutzmitteln hergestellt, die sich chemisch mit der Zellulose in der Baumwolle verbinden. Derzeit hat die Textilindustrie keine andere Wahl, als auf Formaldehyd basierende Chemi-

kalien zu verwenden – und Formaldehyd gilt als krebserregend. Ein jahrzehntealtes Problem. Formaldehydbasierte Flammschutzmittel sind zwar langlebig, haben aber weitere Nachteile: Die OH-Gruppen der Zellulose werden chemisch blockiert, was die Fähigkeit der Baumwolle, Wasser aufzunehmen, erheblich mindert, und zu einem unangenehmen Tragegefühl der Textilien führt.

Gaan hat an der Empa viele Jahre lang Flammschutzmittel auf Basis der Phosphorchemie entwickelt, die bereits in vielen industriellen Anwendungen eingesetzt werden. 2021 ist es ihm gelungen, einen eleganten und einfachen Weg zu finden, Phosphor in Form eines unabhängigen Netzwerks in der Baumwolle zu verankern.



Foto: Pixabay

### **Chemisches Netzwerk zwischen den Baumwollfasern**

Gaan und seine Forscherkollegen Rashid Nazir, Dambarudhar Parida und Joel Borgstädt, nutzten eine trifunktionale Phosphorverbindung (Trivinylphosphinoxid), die die Fähigkeit besitzt, nur mit bestimmten zugesetzten Molekülen (Stickstoffverbindungen wie Piperazin) zu reagieren und ein eigenes Netzwerk im Inneren der Baumwolle zu bilden. Dadurch wird die Baumwolle dauerhaft feuerbeständig, ohne die günstigen OH-Gruppen zu blockieren. Darüber hinaus ist das physikalische Phosphinoxid-Netzwerk auch noch hydrophil und nimmt zusätzlich Feuchtigkeit auf. Diese flammhemmende Ausrüstung enthält kein krebserregendes Formaldehyd, das vor allem die Textilarbeiter bei der Herstellung gefährden würde, und die Phosphinoxid-Netzwerke waschen sich auch nicht aus: Nach 50 Wäschen sind noch 95 Prozent des Flammschutznetzwerks im Gewebe vorhanden.

Um der an der Empa entwickelten flammhemmenden Baumwolle zusätzliche Schutzfunktionen zu verleihen, brachten die Forscher Silber-Nanopartikel in das Gewebe ein. Dies funktioniert in einem einstufigen Prozess

zusammen mit der Erzeugung der Phosphinoxid-Netzwerke. Die Silber-Nanopartikel verleihen der Faser antimikrobielle Eigenschaften und überleben selbst 50 Waschgänge.

### **Eine Hightech-Lösung aus dem Schnellkochtopf**

«Wir haben einen einfachen Ansatz verwendet, um die Phosphinoxid-Netzwerke im Inneren der Zellulose zu fixieren», sagt Gaan. «Für unsere Laborexperimente haben wir die Baumwolle zunächst mit einer wässrigen Lösung von Phosphor- und Stickstoffverbindungen behandelt und anschliessend in einem handelsüblichen Schnellkochtopf gedämpft, um die Vernetzungsreaktion der Phosphor- und Stickstoffmoleküle zu erleichtern.» Der Anwendungsprozess ist mit den in der Textilindustrie bereits eingesetzten Behandlungsmaschinen kompatibel. «Das Dämpfen von Textilien nach dem Färben, Bedrucken und Veredeln ist ein normaler Schritt in der Textilindustrie. Es ist also keine zusätzliche Investition nötig, um unser Verfahren anzuwenden», so der Empa-Chemiker.



Foto: © Empa

Inzwischen sind diese neu entwickelte Phosphorchemie und ihre Anwendung durch eine Patentanmeldung geschützt. «Es bleiben noch zwei wichtige Hürden», so Gaan. «Für die zukünftige Kommerzialisierung müssen wir einen geeigneten Chemikalienhersteller finden, der Trivinylphosphinoxid herstellen und liefern kann. Außerdem muss Trivinylphosphinoxid noch in der EU-Chemikaliendatenbank REACH registriert werden, damit sie problemlos gehandelt und transportiert werden kann.»



Kontakt:

Dr. Sabyasachi Gaan

[Advanced Fibers](#)

Tel. +41 58 765 7611

[sabyasachi.gaan@empa.ch](mailto:sabyasachi.gaan@empa.ch)

Kontakt:

Prof. Dr. Manfred Heuberger

[Advanced Fibers](#)

Tel: +41 58 765 7878

[manfred.heuberger@empa.ch](mailto:manfred.heuberger@empa.ch)

### **Ein Gel, das Medikamente freisetzt**

Die neuartige Phosphorchemie kann auch für die Entwicklung anderer Materialien genutzt werden, etwa für die Herstellung von Hydrogelen, die bei wechselndem pH-Wert gezielt Medikamente freisetzen können. Solche Gele könnten Anwendung bei der Behandlung von Wunden finden, die nur langsam heilen. Bei solchen Wunden steigt der pH-Wert der Hautoberfläche an, und die neuen phosphorbasierten Gele können so getriggert werden, dass sie gezielt Medikamente auf die Wunde dosieren oder einen Farbstoff freisetzen, der Ärzte und Pflegepersonal auf das Problem aufmerksam macht. Die Empa hat auch die Herstellung solcher Hydrogele patentiert.

*Quelle: EMPA, Rainer Klose*