

■ Schlagartig hart

Scherverdickende Materialien schützen Sportler und elektronische Geräte vor den Folgen eines Sturzes. Auch Soldaten und Polizisten könnten davon profitieren.

Bei Sportarten wie Motocross, American Football oder Downhill-Radrennen besteht für Sportler eine erhöhte Verletzungsgefahr. Deshalb ist Schutzkleidung Pflicht, insbesondere bei Wettkämpfen. Für einen Downhill-Fahrer heißt das zum Beispiel: Integralhelm, Schutzbrille, Oberkörperprotektor, Nackenstütze, Handschuhe, Ellbogen-, Knie- und Schienbeinschoner. Da kann also einiges an Gewicht zusammenkommen. Aus Sicht des Sportlers ist der ideale Schutz möglichst wirkungsvoll im Fall der Fälle und erlaubt trotzdem eine hohe Bewegungsfreiheit. Dabei kommt es zwangsläufig zu Kompromissen, denn ein wesentliches Element jedes Schutzes ist ein relativ starres, womöglich auch schweres Material. Protektoren, die auf scherverdickenden Materialien beruhen, bieten dagegen bei gleicher Schutzwirkung mehr Bewegungsfreiheit. Solche Materialien werden beim schnellen Einwirken starker äußerer Kräfte extrem zäh. Stürzt also ein Sportler, so führen die mit dem Sturz einhergehenden Scherkräfte im Protektormaterial dazu, dass dieses schlagartig steif wird – und ihn schützt.

Die Viskosität ist ein Maß dafür, wie zäh ein Fluid fließt, wenn eine externe Kraft auf es einwirkt. Solange die innere Reibung im Fluid linear von der Scherrate abhängt, die Schergeschwindigkeit also proportional zur Scherspannung ist, handelt es sich um ein Newtonsches Fluid. In einem solchen Material spielen sich Störungen durch eine mechanisch einwirkende Kraft sehr viel langsamer ab als die vorhandenen thermischen Fluktuationen. Dagegen ist es bei nicht-Newtonschen Fluiden gerade umgekehrt: Die Zeitskala der mechanisch einwirkenden Kraft liegt in einer ähnlichen Größenordnung wie die der relevanten thermischen Fluktuationen. Das hat zur Folge, dass die Bestandteile eines solchen Materials schneller getrieben wer-



Fotoimpressionen / Fotolia.com

Risikosportarten erfordern eine wirksame Schutzkleidung. Inzwischen gibt es Protektoren, eingearbeitet in die Kleidung, die elastisch und flexibel bleiben, solange nichts passiert. Im Fall eines Sturzes werden sie aber schlagartig steif.

Möglich wird das durch scherverdickende Materialien. Vorteil für den Sportler: Die Protektoren können oft leichter sein und beeinträchtigen weniger die Bewegungsfreiheit.

den, als sich die Störung wieder abbauen kann. Eine nichtlineare Antwort auf die Störung, in Form einer Viskositätsänderung, ist die Folge. Nicht-Newtonsche Flüssigkeiten gehören zu unserem Alltag. Ketchup, Zahncreme oder Wandfarbe sind Beispiele dafür. Bei ihnen macht man sich technisch die sinkende Viskosität infolge der wirkenden Kraft – durch Druck oder die Bewegung des Pinsels – zunutze. Bei den energieabsorbierenden Materialien für Sportler führen die einwirkenden Kräfte dagegen zu einer Viskositätssteigerung.

Lange Molekülketten vernetzen
Anschaulich, wenn auch etwas schematisch, lässt sich der zugrunde liegende Effekt anhand einer Dispersion erklären – einem heterogenen Stoffgemisch, dessen Bestandteile nicht ineinander löslich sind und nicht aneinander chemisch binden. Besteht eine solche Dispersion zum Beispiel aus einer Flüssigkeit und langkettigen Molekülen, so werden die Moleküle im Gleichgewichtszustand gleichmäßig in der Flüssigkeit verteilt

sein. Neben der Wärmebewegung sorgen die unterschiedlichen lokalen elektrostatischen Ladungen entlang der Molekülketten für diese Gleichverteilung. Wirkt nun eine geringe Kraft langsam auf die Dispersion ein, haben die langkettigen Moleküle genügend Zeit, um aneinander vorbeizufließen, ohne einander zu nahe zu kommen, bis sie den neuen Gleichgewichtszustand erreicht haben. Eine solche Dispersion lässt sich also einfach verformen. Wirkt dagegen auf die Dispersion ein hoher Kraftstoß, haben die langkettigen Moleküle keine Zeit mehr, um sich angemessen umzuordnen. Vielmehr kommen sie einander so nahe, dass sie aufgrund der unterschiedlichen lokalen elektrostatischen Ladungen an verschiedenen Stellen miteinander vernetzen. Die Dispersion wird nun schlagartig steif. Wirkt keine äußere Kraft mehr ein, genügen bereits die thermischen Fluktuationen, damit sich die Vernetzungen wieder lösen. Die Dispersion nimmt dann erneut ihren ursprünglichen Zustand an, in dem sie leicht verformbar ist.



In solchen Motorradjacken befinden sich an den Ellbogen Protektoren aus scherverdickenden Materialien. Bei einem Sturz auf den Ellbogen wird der Protektor steif, während er ansonsten elastisch und dadurch kaum zu spüren ist.

Diese Veranschaulichung zeigt aber auch bereits ein weiteres Problem, das sich bei der technischen Realisierung von Protektoren ergibt: Das nicht-Newtonsche Material braucht die passende „Darreichungsform“. Wenn es keine selbsttragende Struktur besitzt, muss es mit einer geeigneten Hülle ummantelt werden – das geht zu Lasten der Elastizität und zieht einen recht komplexen, und damit teuren Herstellungsprozess nach sich. Insgesamt keine gute Ausgangslage für ein Material, das letztlich mit Protektoren aus mehr oder minder gewöhnlichen Kunststoffen konkurrieren muss. Protektoren mit scherverdickenden Eigenschaften

bestehen daher aus einem Materialsystem, das sich im Wesentlichen aus zwei Komponenten zusammensetzt: aus einem elastomeren Träger und einem scherverdickenden Material. Beim Träger handelt es sich um einen Kunststoff, der sich unter Zug- oder Druckbelastung verformt und nach Verschwinden der Kraft wieder seine ursprüngliche Gestalt annimmt, ein so genanntes elastomeres Polymer. Oft handelt es sich dabei um einen geschäumten Kunststoff. Dieser Kunststoff dient als Matrix, in der sich das eigentliche scherverdickende Material befindet, das sich aus einem weiteren Polymer und einem dazu passenden Fluid zusammensetzt. Die Kunst besteht darin, die

Teilchen des Elastomers und des scherverdickenden Materials so zu vermischen, dass sie nicht miteinander verklumpen. Die genaue Rezeptur ist das streng gehütete geistige Eigentum des jeweiligen Herstellers.

Scherverdickenden Polymer-systeme finden sich heute auch zur Stoßdämpfung in Laufschuhen, in speziellen Ballettschuhen für den Spitzentanz oder als Fallschutz in Hüllen für Smartphones. Bei den Materialien gibt es aber noch andere Ansätze, die nicht auf Polymeren, sondern auf Oxiden oder Metallen beruhen. Ernsthaft für den praktischen Einsatz geprüft werden derzeit z. B. Schutzwesten für Soldaten oder Polizisten. Sie bestehen heute aus vielen Lagen des Kunststoffs Kevlar, damit sie etwa ein Messer oder eine Kugel abhalten und die kinetische Energie auf eine möglichst große Fläche verteilen können. Mit einer scherverdickenden Flüssigkeit auf der Basis von Siliziumdioxid in Dispersion sind deutlich weniger Kevlarlagen erforderlich. Imprägniert man das Kevlar mit der scherverdickenden Flüssigkeit, so werden die Schutzwesten deutlich leichter. Entsprechende Westen sind jedoch noch in der Prüfung und Zertifizierung.⁺⁾

Michael Vogel

+) Ich danke Thomas Voigtmann vom Institut für Materialphysik des DLR, Köln, für hilfreiche Hinweise.

Phänomene im Weltraum

WILEY-VCH



HERMANN-JOSEF RÖSER, WERNER TSCHARNUTER und HANS-HEINRICH VOIGT (Hrsg.)

Abriss der Astronomie

6., wesentlich überarb. u. erw. Aufl.

ISBN: 978-3-527-40736-1
März 2012 1170 S. mit 519 Abb. und 85 Tab.
Broschur € 89,-

ISBN: 978-3-527-41123-8
März 2012 1170 S. mit 519 Abb. und 85 Tab.
Gebunden € 149,-

Die neue Auflage des bekannten und populären Standardwerks ist aktualisiert mit den neuesten Themen und Erkenntnissen der As-

trophysik: Extrasolare Planeten, Kosmologie, Dunkle Materie. Sie ist auch hervorragend für Amateurastronomen geeignet.

Besuchen Sie uns unter www.wiley-vch.de

Wiley-VCH • Postfach 10 11 61 • D-69451 Weinheim
Tel. +49 (0) 62 01-60 64 00 • Fax +49 (0) 62 01-60 61 84 • E-mail: service@wiley-vch.de
Irrtum und Preisänderungen vorbehalten. Stand der Daten: November 2012