Jugend forscht

Stärke - die neue Sicherheitsweste von morgen?

Fachgebiet: Arbeitswelt

Eine Arbeit von:
Shane Jost und Patrick Witthaus

Friedensburg-Oberschule

Berlin-Charlottenburg

Betreuer: Michael Böker

Inhaltsverzeichnis

1. Kurzfassung 3
2. Fragestellung 3
3. Nichtnewtonsche Flüssigkeiten 4
4. Aufbau der Sicherheitsweste von morgen und die Funktion 4
5. Ergebnisse unserer Versuche 7
6. Vergleich zu alternativen Sicherheitswesten 8
7. Vor- und Nachteile der Stärkeweste 8
8. Fazit 9
9. Danksagung 9
10. Literaturverzeichnis 9

1. Kurzfassung

Die Aufgabe von Sicherheitswesten bzw. kugelsicheren Westen ist, das Leben von Personen zu schützen. Dennoch bleibt man meist nicht unverletzt. Wenn man getroffen wird, wird die Kugel zwar stark abgebremst, aber dennoch dringt diese wenige Zentimeter in den Körper ein, auch wenn sie dabei keine lebenswichtigen Organe trifft. Diese wenigen Zentimeter verursachen aber dennoch zumeist noch erhebliche Verletzungen. Dieses Problem möchten wir mit einer Abänderung der bisherigen Westen durch den Einbau einer Stärkelösung beheben. Eine zähflüssig Stärkelösung wird blitzartig steinhart, sobald Gegenstände schnell und ruckartig auf die Lösung einwirken. Wir wollen versuchen, eine Stärkelösung in die Weste zu integrieren.

2. Fragestellung

Funktioniert es, eine verbesserte Sicherheitsweste auf Stärkebasis zu entwerfen und dabei auch auf die Umwelt und Nachhaltigkeit achten?

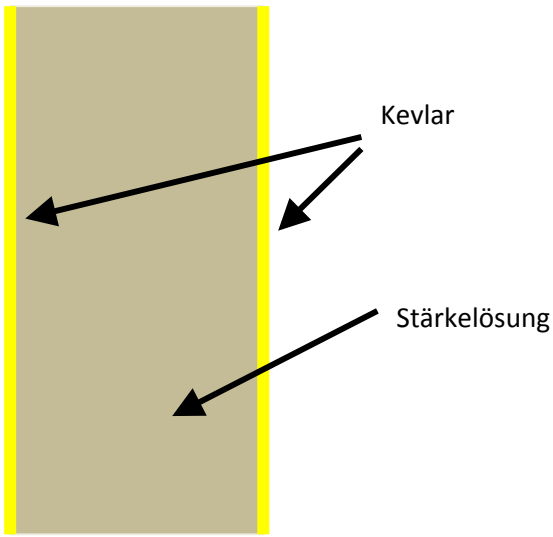
Bild 1: Stärkelösung im improvisierten Beutel (Gefrierbeutel) 19.01.13 ca. 11:30Uhr (BILD0279)

3. Nichtnewtonsche Flüssigkeiten

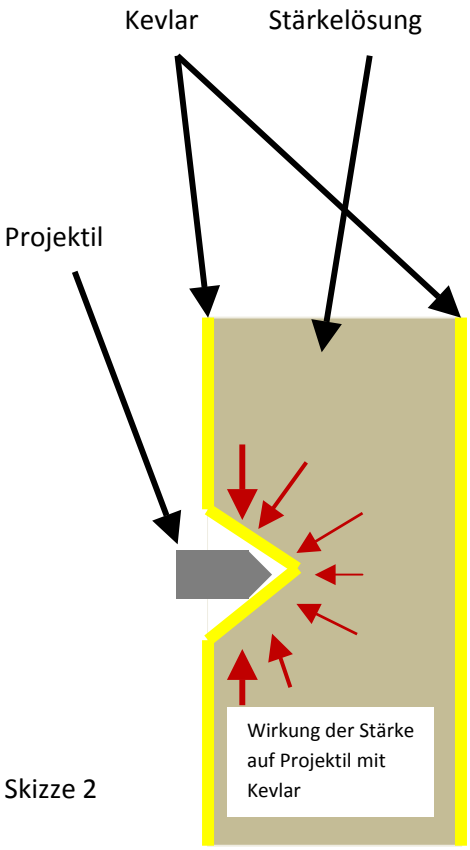
Nichtnewtonsche Fluide sind Flüssigkeiten, die bei Krafteinwirkung von außen ihren Zustand verändern. Das verwendete Fluid in der Sicherheitsweste basiert auf einer Stärkelösung. Die Lösung wechselt ihren Zustand von flüssig zu fest, sobald Kräfte auf sie plötzlich einwirken. Bei einer anderen nichtnewtonschen Flüssigkeit, Eisen(III)-chlorid und Calciumcarbonat in Wasser gelöst, hier ist es genau andersrum, sobald auf diese Lösung Kräfte einwirken wird aus dem Feststoff eine Flüssigkeit. Bekannt ist dieses Fluid auch unter dem Namen Blutwunder von Neapel (Quelle: http://de.wikipedia.org/wiki/Newtonsches_Fluid zuletzt angesehen am 08.03.2013).

4. Aufbau der Sicherheitsweste von morgen und die Funktion

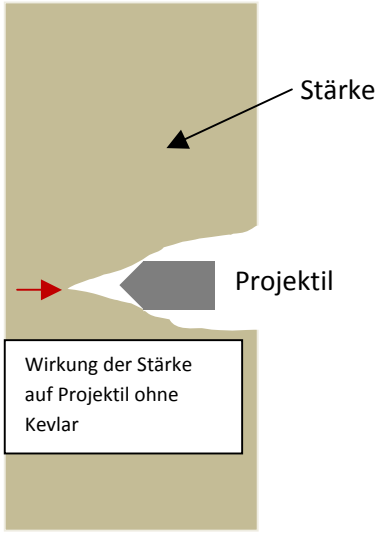
In der Kurzbeschreibung ist erwähnt worden, dass wir unsere Stärkelösung in einen Beutel aus Kevlar (Aramidfasern) einfüllen wollen. Wir haben uns aber inzwischen überlegt, dass wir das mit dem Einfüllen in Kevlar-Beutel nicht machen werden, sondern wir werden eine zusätzliche Schicht aus Kevlar in unsere Weste mit einbauen. Die Aufgabe des Kevlars ist es, langsame Attacken, wie Messer-Attacken, abzuwehren. Des weiteren soll die Aufprallfläche von Pistolenkugeln und von Messer-Attacken vergrößert werden, denn die Fläche einer Pistolenkugel ist nur wenige Quadratmikrometer groß. Wir haben herausgefunden: je kleiner die Aufprallfläche ist, desto kleiner ist die aufhaltende Wirkung der Stärkelösung. Dies geschieht, zum Beispiel bei dem Auftreffen eines Projektils, so dass das Kevlar mit in die Stärkelösung eingedrückt wird und dadurch agiert die Lösung nicht nur frontal auf das eindringende Projektil, sondern auch von den Seiten her, wodurch wir einen noch höheren Wirkungsgrad der Sicherheitsweste erzielen.



Skizze 1



Skizze 2



Skizze 3

In Skizze 1 sieht man, wie die Sicherheitsweste in einem Querschnitt aufgebaut ist. Die Dicke der Stärke sollte zwischen 5cm - 10cm variieren, hinzu kommt das Kevlar auf beiden Seiten, welches auch 0,5cm - 1cm pro Seite stark ist.

In Skizze 2 sieht man, wie es aussehen könnte, wenn ein Projektil auf die Weste trifft. Das Projektil dringt mit dem Kevlar in die Lösung ein. Durch das gemeinsame Eindringen haben wir eine größere Krafteinwirkung auf mehrere Seiten gleichzeitig, da durch das Kevlar eine größere Fläche ruckartig bewegt wird.

Während in Skizze 3 das Projektil mit einer kleineren krafteinwirkenden Fläche in die Lösung eindringt, da das Kevlar nicht zusätzlich als Verbundmaterial eingesetzt wurde (siehe Bild 3). Das Projektil drang ungehindert in die Stärke ein und durchdrang die Lösung aufgrund der kleineren Stoßfläche.

Jetzt stellt sich die Frage: Wie kann ein scheinbar flüssiger Stoff Pistolenschüsse und Messerattacken abwehren?
Dies kann wie folgt erklärt werden. Wie schon unter Punkt 3 erwähnt wurde, basiert diese Lösung auf einer nichtnewtonschen Flüssigkeit, in diesem Fall auf einer Stärkelösung. Um diesen Effekt hervorzurufen, muss man ein gewisses Verhältnis zwischen Stärke und Wasser finden, meist ist es ein 1,28:1 (w/w) Verhältnis (z.B. 640g Stärke auf 500 ml Leitungswasser → ergibt 0,966 l Stärkelösung) . Dabei wird die Stärke in hoher Konzentration in Wasser angerührt, bis eine sehr stark gesättigte und zäh flüssige Lösung entsteht.

Einschuss einer 7,2mm Sportpistole aus 25m Entfernung. Fazit: Schuss ging durch (ohne Kevlar)

Bild 2: Screenshot aus Videoaufnahme (Clip0281) vom 19.01.13 ca. 12Uhr

Bild 3: Stärkelösung in einem Gefrierbeutel, wie diese in der Weste mehrfach vorkommen. (BILD0318) am 06.03.13 20:58

Gefrierbeutel mit ~0,97 l Stärkelösung gefüllt (14cm lang, 23cm breit und 3cm stark).
Ungefähr so sehen unsere verwendeten Beutel des Prototypens aus. Wir wollen aber mehrere kleinere Beutel in die Weste einbauen, um zu verhindern, dass die Lösung hin- und herschwappt.

Strukturformel Stärkekorn | Stärkekorn in Wasser gelöst (1,28:1)

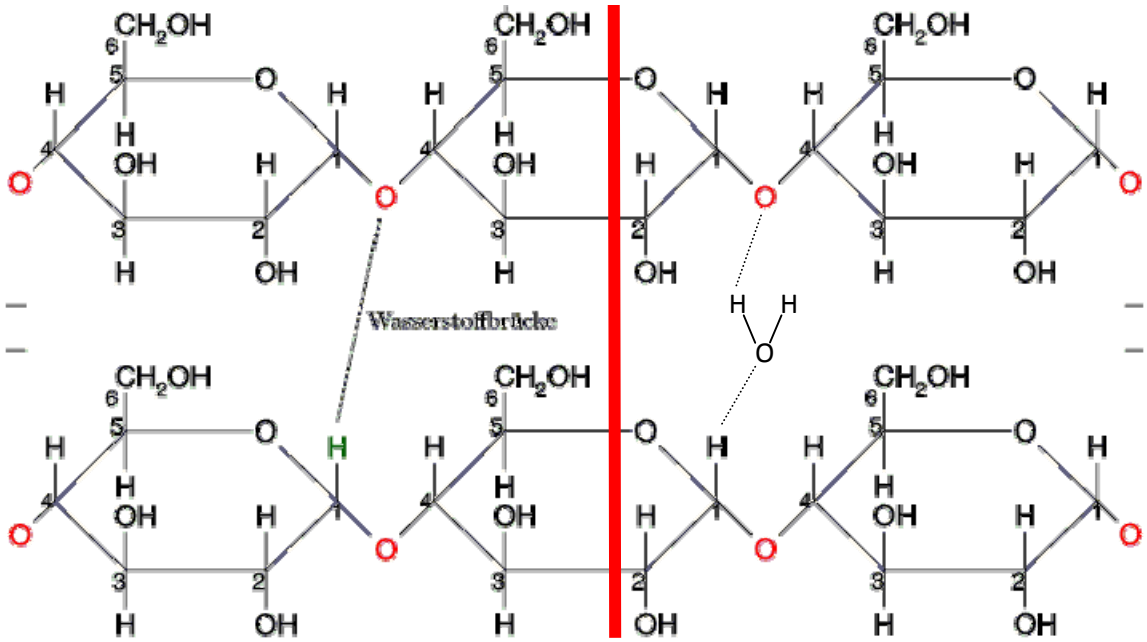


Bild 4: Strukturformel von Stärke $(C_6H_{10}O_5)_n$ verändert nach:
http://uni-ka.the-jens.de/html/chemieklasse12/saccharose/staerke.gif von der Seite
http://uni-ka.the-jens.de/html/chemieklasse12/saccharose/saccharose.htm

Bei dem Anrühren des breiähnlichen Stoffes bilden sich zwischen den Stärkekörner und den Wassermolekülen Wasserstoffbrückenbindungen, wodurch der zähflüssige Brei entsteht. Bei Druck werden die Stärkekörner samt den dazwischenliegenden Wasserteilchen zusammengedrückt und bildlich gesprochen liegen die „Enden“ der Wasserstoffbrücken dichter bei einander. Dadurch verhärtet sich die nichtnewtonsche Flüssigkeit so lange, bis der Druck wieder nachlässt (siehe Bild 4).

5. Ergebnisse unserer Versuche

Um die in Punkt vier genannten Hypothesen zu beweisen, haben wir Tests mit verschiedenen Geräten durchgeführt.
Die Theorie, dass auftreffende Gegenstände mit einer sehr kleinen Aufprallfläche dennoch verlangsamt werden, haben wir in einem Versuch, in dem wir Messer aus 1m bis 1,5m Höhe auf eine Stärkelösung fallengelassen haben, untersucht.

Bild 5: 2 Küchenmesse Messer 1 ist 220g schwer, Messer 2 ist 67g schwer (BILD0361) 31.01.13 17 16:43Uhr
Bild 6: Schüssel mit Stärke Lösung 5cm bis 5,5cm dick (Verhältnis 4:1) (BILD0281) 31.01.13 16:28Uhr

Messer eins wurde noch vor dem Boden abgebremst, auch wenn die Aufprallfläche sehr gering ist, da die Stärke auch von den Seiten her auf das Küchenmesser eingewirkt hat. Das Küchenmesser hatte eine Aufprallkraft von 4,77N, berechnet nach der Formel:

$$p = [g \cdot \left(\sqrt{\frac{g \cdot h}{2}}\right)] \cdot m$$

Das zweite Messer kam bei dem Aufprall mit einer Kraft von 1,45N an und stieß nur wenige cm in die Lösung ein.
Um die Theorie mit der Aufprallfläche weiter zu prüfen, nahmen wir einen Kartoffel-Stampfer (Bilder 7 und 8) und ließen den auch auf die Stärke fallen (aus einer Höhe von 1m und 1.5m). Die Grundfläche des Stampfers beträgt:

$$A = \pi r^2 = 56.7\text{cm}^2$$

Als der Stampfer mit einer Kraft von 4,45N aufgetroffen ist, blieb er für wenige Millisekunden auf der Oberflächen stehen und sank anschließend langsam ab.

Bild 7: Stampfer ∅8,5cm A=56,7cm² (BILD0290) 31.01.13 16:33Uhr
Bild 8: Stampfer beim Aufprall in die Stärkelösung (BILD0296) 31.01.13 16:58Uhr

6. Vergleich zu alternativen Sicherheitswesten

Alternative Sicherheitswesten oder Ballistikwesten bieten Schutz vor kleinkalibrigen Waffen. Dennoch ist die Gefahr groß, dass der Träger innere Verletzungen aufgrund des Übertragungsimpulses, der über die Weste an den Körper weiter geleitet wird, bekommt. Dies kann die Stärkeweste nicht verhindern, aber sie kann wahrscheinlich, in Kombination mit Aramidfasern, verhindern, dass Granatsplitter, Teile von der Weste oder sogar das Projektil in den Körper eindringen. Jetzige Sicherheitswesten können verschieden schwer sein, je nachdem, was sie für Aufgaben zu erfüllen haben. Die Sicherheitswesten werden in verschiedenen Klassen eingeteilt (SK 1 bzw. Level IIIA bis hin SK 4 bzw. Level IV), je höher die Kategorie, desto teurer und besser ist die Weste. Vom Gewicht her kann die Stärkeweste unterschiedlich sein, je nachdem, mit wie viel Stärke sie gefüllt ist.
Wir möchten jetzt nicht behaupten, dass die Stärkeweste die jetzigen Sicherheitswesten übertrifft, dennoch wird sie die Kollateralschäden vermindern.

7. Vor- und Nachteile der Stärkeweste

Vorteile:

- Stärke wird aus Kartoffeln oder Mais gewonnen und ist somit eine nachwachsende Ressource
- die Stärkelösung reagiert auf Körper und Umwelt nicht toxisch und sie stellt somit keine weitere Belastung dar
- im Gegensatz zu anderen Sicherheitswesten ist die Stärkeweste wiederverwendbar
- Kevlar ist ein Verbundmaterial (Aramidfasern) und ist somit „unzerstörbar“ und dadurch auch wiederverwendbar

Nachteile:

- nach einer bestimmten Zeit setzt sich die Stärke ab und verliert somit die Wirkung
- die Weste muss/sollte vor jedem Gebrauch durchgeknetet werden, um das abgesetzte Wasser wieder mit der Stärke zu mischen
- das Befüllen der Weste nimmt aufgrund des besonderen Verhaltens viel Zeit in Anspruch

8. Fazit

Wie schon unter Punkt vier angesprochen wurde: Je größer die Aufprallfläche ist, desto besser kann die Stärke agieren und die einwirkende Kraft aufnehmen. Einige Tests haben ergeben, dass Projektile von der Stärkeweste verlangsamt, aber nicht aufgehalten werden. Da wir zu diesem Zeitpunkt nicht im Besitz von Kevlar waren, konnte man bis jetzt noch nicht die Kombination von Stärke und Kevlar genauer untersuchen. Da wir das Kevlar jetzt (8.3.2013) zur Verfügung haben, könne wir ab sofort die Kombination von Kevlar und Stärke erforschen. Die Ergebnisse werden wir beim Landeswettbewerb vorstellen.

9. Danksagung

Unser Dank gilt Frau von Schwarzenberg, die sich – als wir nicht weiterkamen - bemüht hat, einen Kontakt mit der der Firma *Du Pont* herzustellen, damit wir Aramidfasern von der Firma bekommen könnten. Das hat leider trotz steten Mühens auch nicht geklappt. Daher haben wir mit der Hilfe von Dr. Noack auf unsere Kosten Aramidfasern (Kevlar) im Internet bestellt – wir hoffen, dass Jugend forscht uns (wenigstens einen Teil) die Kosten erstatten kann, da bereits kleine Mengen Kevlar sehr teuer sind – zum Schneiden benötigt man außerdem auch eine sehr teure Spezialschere.

Des weiteren danken wir den Lehrkräften des Fachbereiches Chemie der FOS, die uns für unsere Versuche Zugang ins Labor gewährten, sowie Herrn Böker, der uns stets unterstützte, wenn Problem auftauchten. Auch Herrn Siegfried Peronne gilt unser Dank, der für uns auf dem Schießplatz stand, um die Stärkelösung auf ihre Tauglichkeit zu testen.

10. Literatur- und Quellenverzeichnis

Bilder und Skizzen

Bild 1: Patrick W. 19.01.13 ca. 11:30Uhr (BILD0279)
Bild 2: Patrick W. (Clip0281) vom 19.01.13 ca. 12Uhr
Bild 3:Patrick W. (BILD0381) vom 06.03.13 20:58
Bild 4: http://uni-ka.the-jens.de/html/chemieklasse12/saccharose/staerke.gif von der Seite http://uni-ka.the-jens.de/html/chemieklasse12/saccharose/saccharose.htm beide zuletzt angesehen am 08.03.2013
Bild 5: Shane J. (BILD0361) 31.01.13 17 16:43Uhr
Bild 6: Shane J. (BILD0281) 31.01.13 16:28Uhr
Bild 7: Shane J. (BILD0290) 31.01.13 16:33Uhr
Bild 8: Shane J. (BILD0296) 31.01.13 16:58Uhr
Skizze 1: von Patrick W.
Skizze 2: von Patrick W.
Skizze 3: von Patrick W.

Informationen:

http://de.wikipedia.org/wiki/Newtonsches_Fluid zuletzt angesehen am 08.03.2013
http://de.wikipedia.org/wiki/Beschusshemmende_Weste zuletzt angesehen am 08.03.2013
http://de.rian.ru/video/20110615/259453544.html zuletzt angesehen am 08.03.2013
http://www.pm-magazin.de/r/natur/kugelsichere-weste-aus-fischschuppen zuletzt angesehen am 08.03.2013