

Angewandte Elektrorheologie

Inhaltsverzeichnis:

1. Kurzfassung
2. Einleitung
3. Elektrorheologische Flüssigkeiten
4. Stoßdämpfer
5. Kupplung
6. Hebel mit Gefühl
7. Form
8. Verpackungen für empfindliche Güter
9. Schutzweste
10. Selbst heilende Wände
11. Ausblick
12. Literatur- und Linkliste

1. Kurzfassung

Elektrorheologische Flüssigkeiten (ERF) haben die Eigenschaft, sich beim Anlegen einer Spannung sich zu verfestigen. Dieser Effekt eröffnet zahlreiche neue Anwendungsmöglichkeiten. So haben wir uns in unserer Arbeit mit Stoßdämpfern beschäftigt, deren Dämpfung man elektrisch regulieren kann. Weiterhin haben wir eine elektrorheologische Kupplung und einen „gefühlvollen“ Hebel entworfen. Elektrorheologische Formen, Verpackungen für empfindliche Güter, sowie neuartige Schutzwesten sind weitere sinnvolle Anwendungsmöglichkeiten für den Einsatz von elektrorheologischen Flüssigkeiten. Besonders stolz sind wir auf unsere Idee, zum Bau von selbst heilenden Wänden. Hierzu haben wir weder in der Literatur noch im Internet irgendwelche Informationen gefunden.

2. Einleitung

Nach den Herbstferien haben wir, Heiko Burau, Stefan Hück, Enrico Skoruppa und Matthias Turinsky gemeinsam die Idee gehabt, uns mit dem aktuellen Forschungsthema Elektrorheologie zu beschäftigen. Gemeinsam haben wir uns mit der Theorie auseinandergesetzt und auch erste Versuche durchgeführt. Als wir dann erfahren haben, dass man als Vierergruppe bei Jugend forscht nicht teilnehmen darf, wussten wir zuerst nicht so recht was wir machen sollten. Schließlich haben wir uns dafür entschieden, das Forschungsthema in zwei Bereiche aufzuteilen. Heiko und Stefan widmen sich der Grundlagenforschung. Ihr Thema lautet: „Elektrothologische Flüssigkeiten – Versuch einer Optimierung“. Wir dagegen suchten nach sinnvollen Anwendungsmöglichkeiten für den praktischen Einsatz von elektrorheologischen Flüssigkeiten. Für unsere Schüler-experimentieren Arbeit wählten wir das Thema „Angewandte Elektrorheologie“.

3. Elektrorheologische Flüssigkeit

Eine elektrorheologische Flüssigkeit ist eine Flüssigkeit, die ihren Zustand (fest, flüssig) in sekundenschnelle wechseln kann. Diese Flüssigkeiten bestehen aus zwei Bestandteilen: Öl und Staub (Mikropartikel). Im normalen Zustand sind die Flüssigkeiten „flüssig“. Erst wenn man diese Flüssigkeit in ein Gefäß gießt, in dem sich an zwei Seiten Elektroden befinden und an diesen Elektroden eine Hochspannung anlegt, wird die Flüssigkeit fest. Wichtig ist, dass sich die Kontakte nicht berühren, den sonst würde es zu einem Kurzschluss kommen. Die Elektronen in den Partikeln, oder besser in den Atomen der Partikel, ordnen sich in Richtung des positiv geladenen Kontaktes. Durch diese Anordnung der Ladungen ziehen sich die Partikel (Dipole) gegenseitig an. Diese Partikel bilden Ketten, die die Flüssigkeit verfestigen. Die Höhe der angelegten Spannung bestimmt dabei den Grad der Verfestigung. Je höher die angelegte Spannung, desto besser ist die elektrorheologische Wirkung. Als zweites spielt die Mischung eine Rolle. Zum Beispiel eignet sich ein Zeolith-Siliconöl-Gemisch besser für elektrorheologische Flüssigkeiten als ein Gieß-Rizinusöl-Gemisch. Natürlich hängt diese Wirkung auch von der Konzentration der Mischung ab. Auch von den Elektroden hängt es ab, wie gut die Wirkung ist. Je größer die Oberfläche der Kontakte ist, desto besser ist auch die Wirkung. Daher eignet sich eine raue Oberfläche der Kontakte besser als eine glatte. Um die elektrorheologische Wirkung noch zu verstärken kann man, die Kontakte mit Spitzen ausstatten, die die Wirkung steigern. Welche Staub-Öl-Mischung sich am besten für unsere jeweilige Apparatur eignet, hoffen wir von Heiko und Stefan zu erfahren.

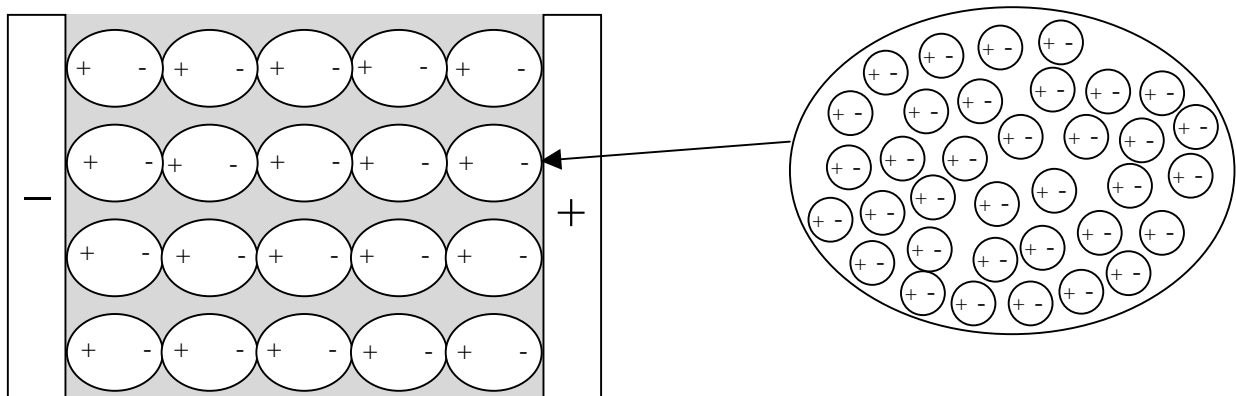


Abb. 3.1: Die polarisierten Staubkörner schweben in gut isolierendem Öl.

4. Stoßdämpfer

Als Ausgangsmaterial für unseren ersten Stoßdämpfer (Abb. 4.1) haben wir eine nicht leitende Dose mit Deckel genommen. In den Deckel haben wir ein so großes Loch gebohrt, dass eine Stange durch passt. Ebenfalls am Deckel ist eine Feder befestigt. An dem unteren Ende der Feder ist eine Platte angebracht. Die Elektroden befinden sich an den Innenwänden der Dose. Die Spannung wird mit kleinen Kabeln durch zwei weitere kleine Löcher zu den Kontakten geführt. Der Stoßdämpfer ist so gebaut, dass er sich individuell auf jede gewünschte Dämpfung einstellen lässt. Dies kann per Hand erfolgen oder über eine Automatik. Das funktioniert so, dass ein Sensor die Art der Schwingungen misst und über eine Elektronik die Zeitdauer und die Stärke der Verfestigung bestimmt. So wird eine perfekt angepasste Dämpfung erreicht.

Die oben beschriebene Form des Stoßdämpfers haben wir noch verbessert, in dem wir eine Metalldose verwendet haben und zusätzlich eine zweite Stange eingebaut haben. Die obere Stange muss hierbei innen hohl und dicker als die untere Stange sein. In die Platte muss ein Loch gebohrt werden, so dass die kleine Stange genau hindurch passt, aber die große nicht hindurch fällt. Wir haben die Platte an der oberen Stange befestigt. Die untere Stange haben wir über einem Isolationsgummi am Boden der Metalldose befestigt und eine Feder um die Stange herum angebracht. Bei diesem Stoßdämpfer sind die Wände der Metalldose eine Elektrode und die Platte mit der Außenstange die andere Elektrode. Dieser Stoßdämpfer hat im Gegensatz zu dem anderen den folgenden Vorteil: Dadurch, dass die Feder und eine Stange am Boden montiert ist, ist der Stoßdämpfer stabiler aufgebaut. Die elektrorheologische Wirkung wird wegen den geringeren Abständen zwischen Anode und Kathode verbessert.

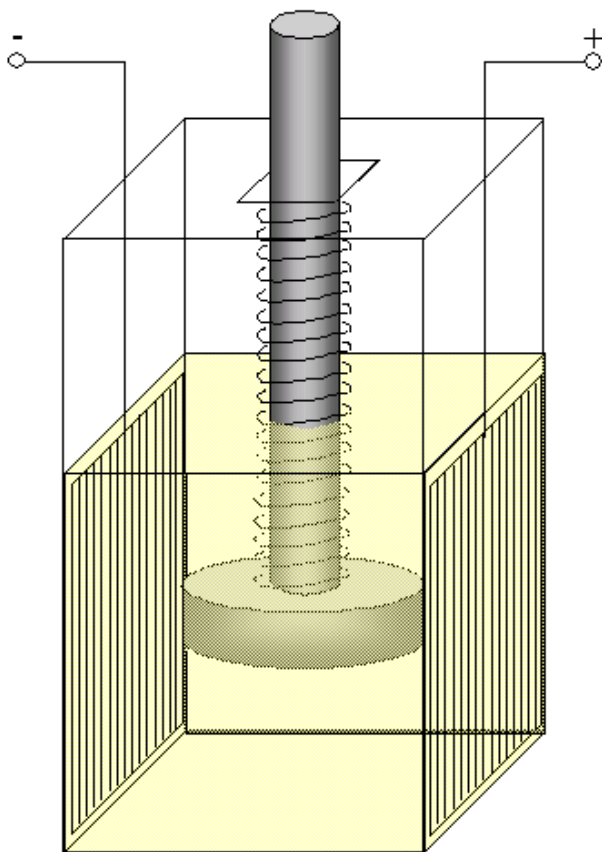


Abb. 4.1: Stoßdämpfermodell 1

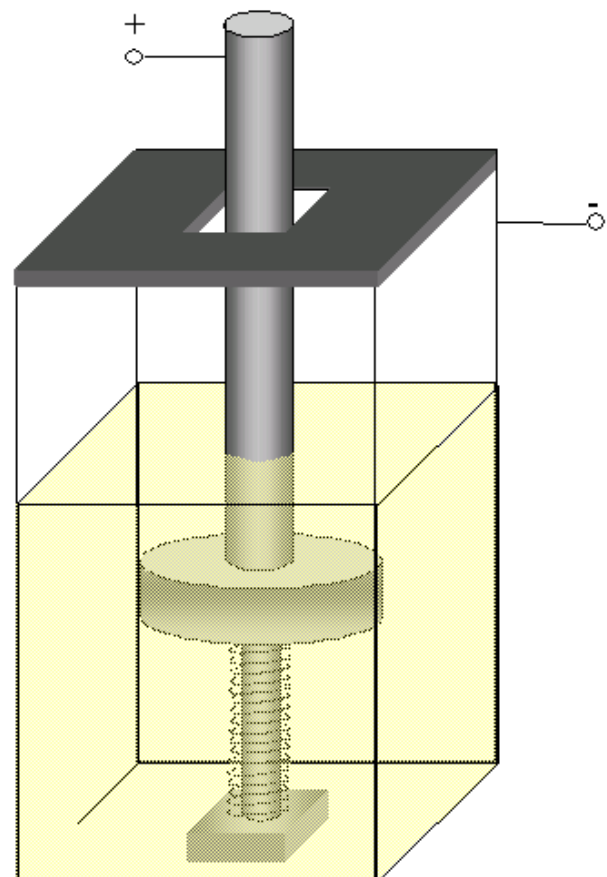


Abb. 4.2: Stoßdämpfermodell 2

5. Die Kupplung

Die Kupplung überträgt die Bewegung einer Achse auf eine gegenüberliegende zweite Achse. Der Aufbau ist in Abb. 5.1 dargestellt: Zwei Achsen sind drehbar gelagert und mit Kontakten versehen, an denen die Hochspannung angebracht wird. An den Enden der Achsen sind zwei Metallscheiben angebracht, die sich in einer ERF parallel gegenüberstehen. Wenn sich nun eine Achse bewegt, ohne dass eine Spannung an den Kontakten angelegt ist, wird die Bewegung nicht auf die andere Achse übertragen. Wenn aber eine Spannung angelegt ist, verfestigt sich die ERF und die zweite Scheibe wird somit von der ersten mitbewegt.

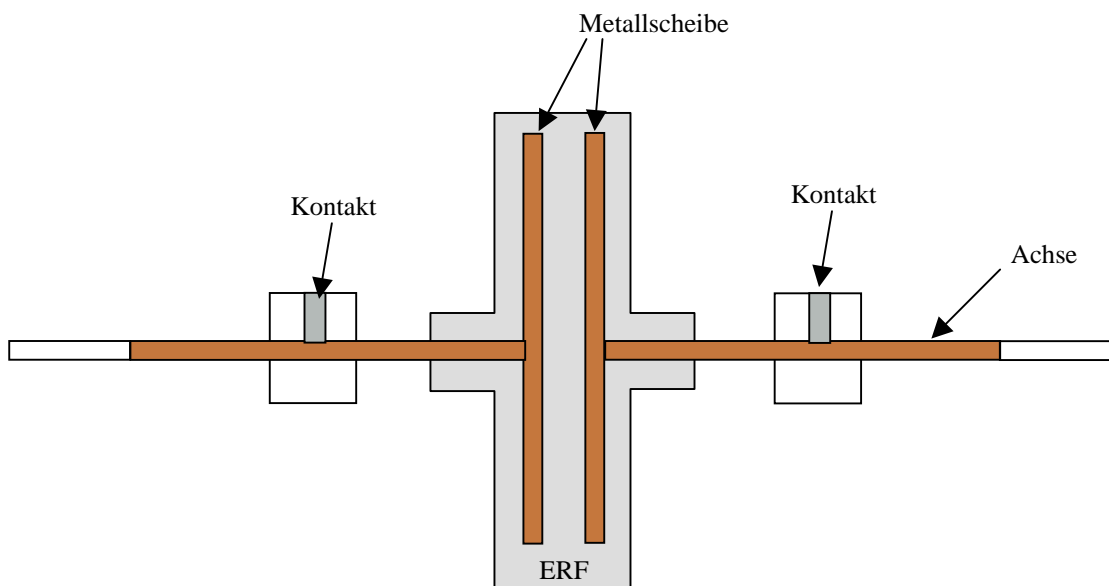


Abb. 5.1: Die elektrorheologische Kupplung

6. Hebel mit Gefühl

Ein Hebel mit Gefühl bedeutet, dass ein Hebel bei Bewegungen seinen mechanischen Widerstand ändern kann. Das funktioniert so, dass das untere Ende des Hebels in einem Behälter mit einer elektrorheologischen Flüssigkeit steckt (siehe Abb. 6.1). An den Seiten der Dose sind die Elektroden befestigt. Mit diesem Hebel kann man dann z.B. die Hand eines Roboters steuern, z.B. die Roboterhand auf und zu machen. Wenn man nun mit der Hand des Roboters etwas greifen will, z.B. ein Ei, so darf man ja nicht so stark zudrücken bis es nicht mehr geht, sondern nur so stark, dass die Schale nicht zerdrückt wird. Drucksensoren an den Greifern der Roboterhand steuern über eine Elektronik die Spannung an den Elektroden in der elektrorheologischen Flüssigkeit. Der Mensch, der über den Hebel den Roboter steuert, fühlt nun wie stark dessen Greifer zudrücken. So wird verhindert, dass das Ei kaputt gedrückt wird.

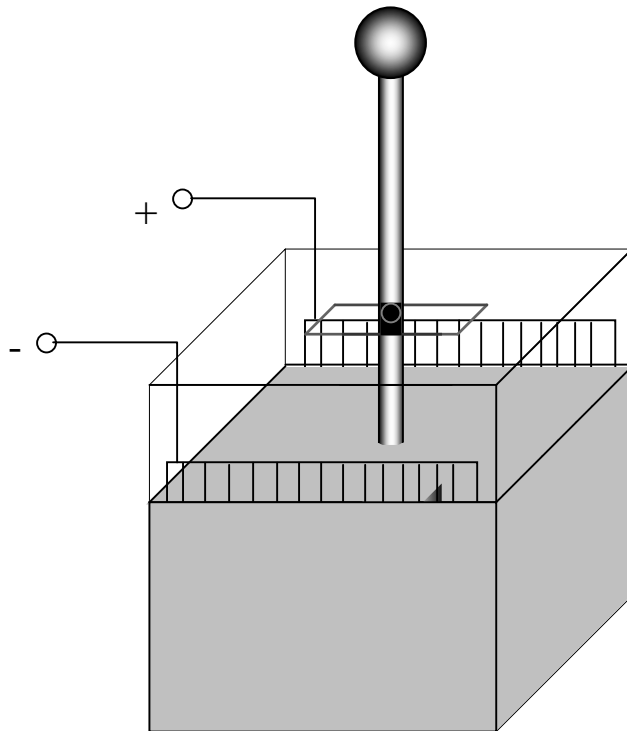


Abb. 6.1: Ein Hebel mit einstellbarem mechanischen Widerstand

7. Die Form

Unsere ERF – Form ist wie folgt aufgebaut: Die Form ist eine einfache Schachtel. In dieser Schachtel ist die ERF. Die Flüssigkeit ist im Ausgangszustand zähflüssig. Dann kann man, wenn man z.B. den Abdruck eines Gegenstandes haben will, den Gegenstand in die Schachtel drücken und dann Spannung an die Elektroden legen. Danach kann man den Gegenstand wieder wegnehmen, da sein Abdruck in der Flüssigkeit bleibt. Nun kann man die Hohlform ausgießen. Wenn man den Abdruck nicht mehr braucht, schaltet man die Spannung einfach ab und die Flüssigkeit fließt wieder in den Ausgangszustand zurück.

8. Verpackung für empfindliche Güter

Wir haben uns gedacht, dass wir ein Gefäß entwickeln, das sich für den Transport und die Aufbewahrung von besonders empfindlichen Gütern (z. B. von Eier) eignet. Dabei soll es sich um ein Gefäß handeln, das möglichst aus Kunststoff oder einem anderen elastischen Material besteht. In dem Gefäß befindet sich eine elektrorheologische Flüssigkeit mit zwei Elektroden. In dieses Gefäß hängt man den zu schützenden Gegenstand. Wenn man nun an die beiden Kontakte eine Hochspannung anlegt, verfestigt sich die elektrorheologische Flüssigkeit und der Gegenstand im Gefäß ist gegen Stöße gesichert.

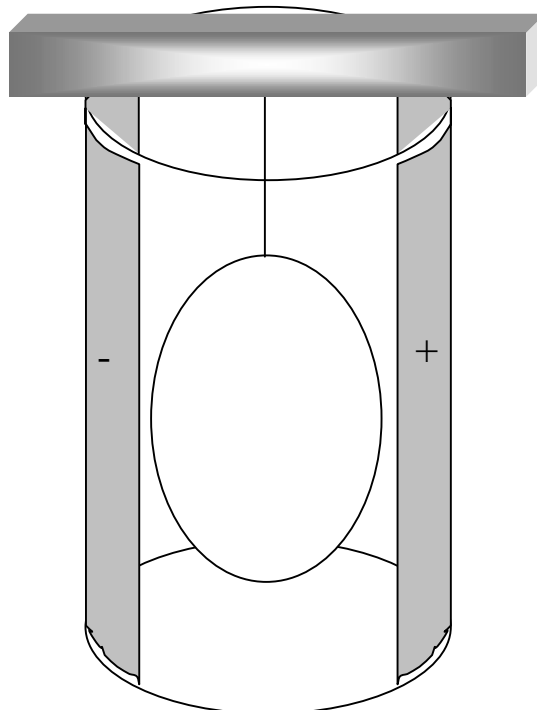


Abb. 8.1: Ein Ei in einer ERF

9. Schutzweste

Eine Schutzweste könnte wie folgt konstruiert sein. Das Futter in der Schutzweste ist eine elektrorheologische Flüssigkeit. An diese wird dann bei Bedarf, z.B. bei Schusswechsel, eine Spannung angelegt, so dass sich die Flüssigkeit verfestigt. So können die Kugeln nicht mehr zum Körper durchdringen. Wenn die Spannung aber nicht angelegt ist, kann man sich in der Weste frei bewegen, da die Flüssigkeit flüssig ist.

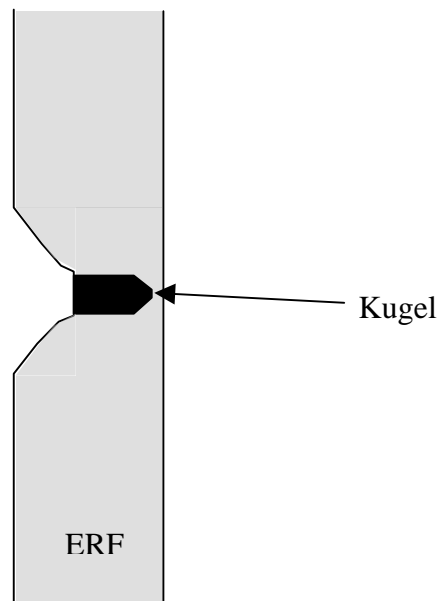


Abb. 9.1: Abgebremst Kugel in einer ERF-Schutzweste

10. Selbst heilende Wände

Veröffentlicht von RZ-Online am 06.01.2004 09:00

ISS-Raumstation verliert Druck

Moskau (dpa) - Ein seit Tagen anhaltender Druckverlust auf der Internationalen Raumstation ISS beunruhigt die beiden Astronauten an Bord. Sie hätten bislang vergeblich nach einem Leck gesucht, meldet die russische Agentur Itar-Tass unter Berufung auf die US-Flugleitzentrale. Der Druckverlust sei bislang nicht gefährlich, hieß es. Feuer und Druckverlust gelten als die gefährlichsten Probleme, die auf einer Raumstation auftreten können.

Als wir diese Nachricht gelesen hatten, kamen wir auf die Idee, mittels einer elektrorheologischen Flüssigkeit eine sich selbst heilende Wand zu bauen.

Diese Wand soll wie folgt aufgebaut sein:

Zwischen einer doppelten Metallwand befindet sich eine elektrorheologische Flüssigkeit. Wenn diese Wand beschädigt wird, bewegt sich die ERF mit Hilfe von Überdruck oder der Schwerkraft zum Loch. Nun wird an die Innenwand und an die Außenwand eine Spannung angelegt und die ERF verfestigt sich. Nun ist das Loch provisorisch geschlossen. Zu einem späteren Zeitpunkt kann es dann wieder richtig geschlossen werden. Dieses Verfahren kann z.B. bei Raumstationen, bei Schiffen, usw. genutzt werden. Diese Methode funktioniert jedoch nur bei kleinen Löchern und Rissen, da bei großen Löchern infolge der mitgeschädigten Kontakte auch die elektrorheologie Wirkung geschwächt ist.

11. Ausblick

Unsere oben beschriebenen Ideen haben wir bis jetzt nur an Hand von Prototypen erprobt. Da wir mit diesem Ergebnissen noch nicht wirklich zufrieden sind, haben wir sie in dieser Arbeit noch nicht vorgeführt. Wir sind jedoch optimistisch, dass wir Ihnen unsere Geräte auf dem Wettbewerb präsentieren können.

12. Literatur- und Linkliste

1. Schröder, Tim Flinke Flüssigkeiten
Spektrum der Wissenschaft, August 2003, Seite 74
2. Niesing, Birgit Fest oder flüssig auf Befehl
Fraunhofer Magazin 2.2003, Seite 64
3. Böse, H., u.a. Entwicklung eines haptischen Sensor-Aktor-Systems für Anwendungen
in der Virtuellen Realität
http://informatiksysteme.pt-it.de/vr-ar-2/projekte/hasasem/beitrag_HASASEM.pdf