

Gesundheit und Sicherheit

Ferrofluid sollte mit Vorsicht behandelt und nicht geschüttelt werden.

Das Röhrchen darf nicht geöffnet werden. Sollte das Röhrchen zerbrechen, muss das Ferrofluid als Altöl entsorgt werden.

Bei Hautkontakt das Ferrofluid umgehend mit viel Wasser und Seife abgespülen.

Ferrofluid ist entzündlich.

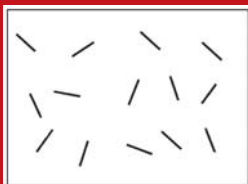
Was passiert in diesem Experiment?

Dieses Experiment soll zeigen, wie die Eigenschaften eines Festkörpers sich auf der Nanoskala verändern.

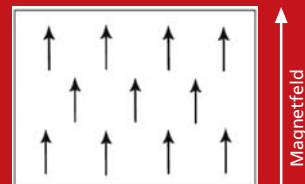
Ferrofluid ist eine Suspension von Magnetitnanokristallen in Öl. Die Nanokristalle, die einen Durchmesser von etwa 10 nm haben, lassen sich durch Magnetfelder beeinflussen. Die Oberfläche der Kristalle ist speziell beschichtet um ein Verklumpen der Teilchen zu verhindern. In der Suspension kann nun die Oberfläche jedes einzelnen Nanokristalls vom Öl benetzt werden. Die extrem große Gesamtoberfläche der vielen Partikel ermöglicht den im Ferrofluid gegebenen Fall, dass das gesamte Öl auf Partikeloberflächen verteilt ist. Wenn man nun durch ein Magnetfeld die Partikel beeinflusst, wird automatisch das Öl und damit die ganze Flüssigkeit mit beeinflusst.

Ohne Einwirkung eines Magneten bewegen sich Ferrofluidpartikel frei in der Flüssigkeit. Bei Einwirkung eines Magneten werden die Partikel vorübergehend magnetisiert und das Ferrofluid verhält sich ähnlich wie ein Festkörper. Wenn der Magnet wieder entfernt wird, verlieren die Partikel ihre Magnetisierung und das Ferrofluid verhält sich wieder wie eine nicht-magnetische Flüssigkeit. Dieses Verhalten wird als **Superparamagnetismus** bezeichnet.

Wenn ein äußeres Magnetfeld angelegt wird, ändert sich die ursprünglich willkürliche Verteilung der Nanopartikel. Sie richten sich im Magnetfeld aus und werden dabei selbst magnetisch. Ferrofluid ist somit ein flüssiges Material, das Eigenschaften ähnlich eines Festkörpers aufweist, wenn es einem magnetischen Feld ausgesetzt wird. Aber: Ferrofluid ist kein flüssiger Magnet! Hierin liegt der Unterschied zum Magnetitsand, der stets magnetisch ist.



Bei Fehlen eines magnetischen Feldes ist Ferrofluid eine nicht-magnetische Flüssigkeit, da alle Nanopartikel nicht magnetisch und zufällig ausgerichtet sind.



In einem Magnetfeld werden alle Nanopartikel selbst magnetisch und richten sich entlang des magnetischen Feldes aus.

Anwendungen

Ein Ferrofluid herzustellen ist weit schwieriger als nur winzige Partikel in eine Flüssigkeit zu geben. Die Partikel müssen derart klein sein, dass es nicht möglich ist, sie durch das Mahlen oder das Abkratzen eines magnetischen Materials herzustellen. Vielmehr müssen sie aus einer Lösung ausgefällt werden.

Ferrofluide wurden ursprünglich in den 1960er Jahren im NASA Forschungszentrum entwickelt, wo Wissenschaftler unterschiedliche Möglichkeiten erforschten, Flüssigkeiten, insbesondere Treibstoffe, in der Schwerelosigkeit kontrollieren zu können. Aufgrund der nicht vorhandenen Anziehungskraft verharren flüssige Materialien im Weltraum nicht in Behältnissen und können nicht einfach von einem Behälter in einen anderen umgefüllt werden. Durch die Erfindung von Ferrofluiden waren die Wissenschaftler nun in der Lage neue Arten von Flüssigkeiten herzustellen, die durch den Einsatz von magnetischen Feldern kontrolliert werden können.

Die einzigartigen Eigenschaften des Ferrofluids ermöglichen eine Anwendbarkeit in vielen unterschiedlichen Bereichen. Es wird beispielsweise in den Dichtungen von Computerfestplatten genutzt. In Lautsprechern dämpft Ferrofluid ungewollte Vibrationen. Ferrofluid wird im medizinischen Bereich zur Krebsbehandlung verwendet. Direkt in einen Tumor eingebrachte Nanopartikel werden durch ein äußeres Magnetfeld angeregt. Dadurch wird im Tumor Hitze erzeugt, die die Tumorzellen abtötet, ohne das umliegende Gewebe zu schädigen.

Durch den Einsatz von Elektromagneten und Sensoren kann die Dicke des Ferrofluids dynamisch kontrolliert werden. Einige Sportwagen nutzen diesen Effekt für aktive Fahrwerke oder Motoraufhängungen.

Einige lebende Organismen nutzen Nanokristalle aus Magnetit. Forellen können sich während ihrer Wanderungen durch Magnetitkristalle in speziellen Zellen, die mit ihrem Zentralnervensystem in Kontakt stehen und als eine Art Kompass fungieren, orientieren. Das Bakterium *Magnetotacticum bavaricum* ist in der Lage Magnetitkristalle herzustellen und sich dadurch im Erdmagnetfeld zu orientieren.

Anregungen für das Experiment oder die Diskussion

- Frage die Teilnehmer, was ihrer Meinung nach ein Ferrofluid ist und was der Unterschied zwischen Magnetitsand und Ferrofluid ist.
- Frage die Teilnehmer nach möglichen Anwendungen des Ferrofluids.

Lehrinhalte

- Einführung in das Phänomen Magnetismus.
- Verständnis für die unterschiedlichen Eigenschaften von Materie auf der makroskopischen und der nanoskopischen Skala.
- Ein Eindruck davon, wie Wissenschaftler und Ingenieure dazu in der Lage sind, Materie auf der Nanoskala zu manipulieren.