

Experimentelle Bestimmung der Konzentrationsänderung in Ferrofluidschichten infolge von Thermodiffusion

R. Mußbach, A. Lange, S. Odenbach

Ziele

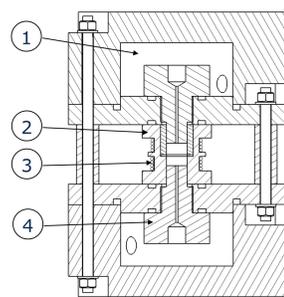
Aufgrund der vermehrten Anwendung von Ferrofluiden, gerade im Bereich der Wärmeübertragung, gewinnt die Kenntnis über deren thermomagnetisches Verhalten eine immer bedeutendere Rolle. Durch einen äußeren Temperaturgradienten kann es in diesen kolloidalen Systemen zu Entmischungserscheinungen, dem sogenannten Ludwig-Soret-Effekt kommen. Der Soret-Koeffizient S_T kann in diesem Zusammenhang als Maß für die thermische Diffusivität der suspendierten Nanoteilchen bezeichnet werden.

$$\frac{dc}{dt} = \text{div}(D\nabla c) + \text{div}(DS_T c(1-c)\nabla T)$$

Im Allgemeinen setzt sich die Konzentrationsänderung in kolloidalen Fluiden somit aus der **Thermodiffusion** und einer ihr entgegenwirkenden, **konzentrations-getriebenen Diffusion** zusammen.

Im Rahmen dieser Arbeit sollen Möglichkeiten zur messtechnischen Erfassung ebendieser Konzentrationsänderungen, hinsichtlich ihrer technischen Handhabung und der erzielbaren Genauigkeit untersucht werden. Anschließend sollen Konzentrationsmessungen mit diversen Ferrofluiden, bei unterschiedlichen Ausgangskonzentrationen beziehungsweise mit und ohne Magnetfeldeinfluss durchgeführt werden. Die so gewonnenen Daten sollen weiterhin mit bereits bestehenden Messungen verglichen werden.

Versuchsvorbereitung



Für die Versuche im Rahmen dieser Arbeit wurde eine sogenannte Thermodiffusionsmesszelle verwendet, welche im Wesentlichen aus zwei Wasserspeichern (1), dem Grundkörper (2) und zwei Sensorspulen (3) besteht. Die beiden Wasserreservoirs werden einerseits mit warmem Wasser (oben) und andererseits mit kaltem Wasser (unten) durchströmt. Mithilfe der beiden Verschlusschrauben (4) wird der Temperaturgradient dem Probenraum aufgeprägt und somit die Thermodiffusion hervorgerufen. Da in der Thermodiffusionsmesszelle sowohl die thermomagnetische als auch die reine (thermische) Konvektion unterbunden sind, können die gemessenen Konzentrationsänderungen direkt auf den Ludwig-Soret-Effekt zurückgeführt werden.

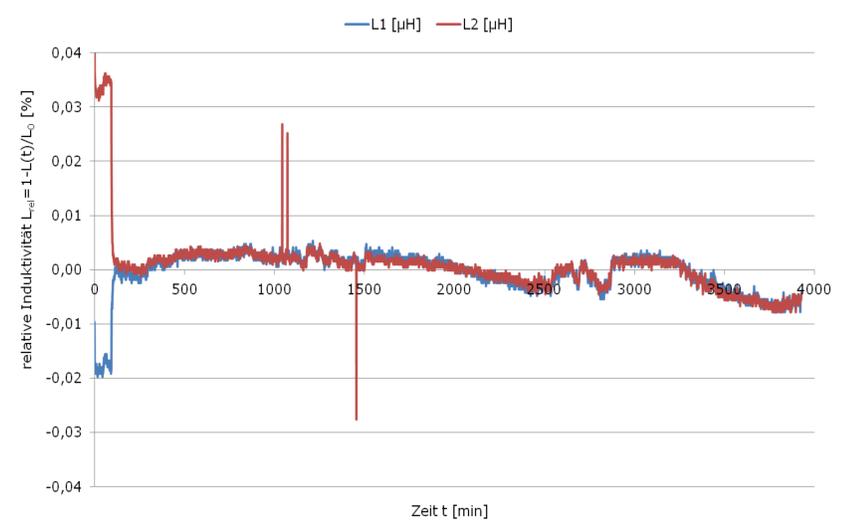
Zusammenfassung und Ausblick

Ziel der Versuche war es, die Möglichkeiten zur messtechnischen Erfassung der Konzentrationsveränderung in Ferrofluiden durch die Thermodiffusion zu untersuchen. Aus den gewonnenen Daten sollte der Soret-Koeffizient ermittelt werden und mit bestehenden Werten verglichen werden. Dabei wurde festgestellt, dass mit der gegebenen Messzelle die Separation der Nanoteilchen nicht nachgewiesen werden kann. Durch gezielte Messungen konnten folgende Fehlerquellen ausgeschlossen werden:

- 1) zu geringe Anfangskonzentration des Fluides
 - Separationsversuche mit verschiedenen konzentrierten Ferrofluiden ($c=2...8\%$)
- 2) Veränderungen der Zusammensetzung der Fluide
 - VSM-Messungen und rheometrische Fließkurven

Versuchsdurchführung

Im untenstehenden Diagramm ist eine der typischen Messkurven dargestellt, wobei die relative Induktivität L_{rel} für beide Sensorspulen (L_1 und L_2) über einen Zeitraum von etwa drei Tagen aufgetragen ist.



Nach einer Homogenisierungsphase, bei der die Messanordnung auf eine mittlere Temperatur von $T=25^\circ\text{C}$ gebracht wurde, wird der Temperaturgradient aktiviert und somit die Thermodiffusion forciert. Während der Aufprägung des Gradienten kommt es zu einem thermisch bedingten Sprung der Messsignale. Danach wird erwartet, dass sich aufgrund der Teilchenbewegung im Fluid die Induktivitäten der beiden Sensorspulen nahezu symmetrisch voneinander entfernen. Wie im Diagramm ersichtlich, konnte ein solches Verhalten nicht nachgewiesen werden.

Durch eine individuelle Versuchsführung konnten mehrere mögliche Fehlerquellen ausgeschlossen werden. So wurde zum einen die Anfangskonzentration der Ferrofluide variiert, des Weiteren wurde der aufgeprägte Temperaturgradient verändert und mit verschiedenen Brückenschaltungen versucht das Messsignal zu verstärken. Auch die Beeinflussung der Messanordnung mithilfe eines äußeren Magnetfeldes führte nicht zur erwarteten Änderung des Messsignales. Nach Ausschluss der genannten Parameter kann der vorliegende Fehler nur noch die Konstruktion der Thermodiffusionsmesszelle – speziell die Auslegung der Sensorspulen – betreffen.

- 3) nicht existenter oder fehlerhafter Temperaturgradient
 - Temperaturmessungen in der Messzelle
- 4) zu geringes Messsignal durch falschen Arbeitspunkt
 - Separationsversuche bei variierten Frequenzen
- 5) generell zu geringes Messsignal
 - Verstärkung des Messeffektes durch ein starkes, parallel zum Temperaturgradienten ausgerichtetes Magnetfeld

Somit ist davon auszugehen, dass eine Veränderung der Spulenparameter, also Durchmesser, Höhe, Drahtquerschnitt und Windungszahl zu den erwarteten Ergebnissen führt. In folgenden Versuchen kann mit den erarbeiteten Messketten der Ludwig-Soret-Effekt weiter untersucht werden.