

ARBEITSKREIS BAYERISCHER PHYSIKDIDAKTIKER

BEITRAG AUS DER REIHE:

Werner B. Schneider (Hrsg.)

Wege in der Physikdidaktik

Band 2

Anregungen für Unterricht und Lehre

ISBN 3 - 7896 - 0100 - 4

Verlag Palm & Enke, Erlangen 1991

Anmerkung:

Die Bände 1 bis 5 sind (Ausnahme Band 5) im Buchhandel vergriffen.
Die einzelnen Beiträge stehen jedoch auf der Homepage

<http://www.solstice.de>

zum freien Herunterladen zur Verfügung.
Das Copyright liegt bei den Autoren und Herausgebern.
Zum privaten Gebrauch dürfen die Beiträge unter Angabe der Quelle
genutzt werden. Auf der Homepage
www.solstice.de
werden noch weitere Materialien zur Verfügung gestellt.

Treibsand und Stärkemehl

Meist wird auf die Frage, wie denn die bremsende (Reibungs)-Kraft auf einen Körper, der sich in einer Flüssigkeit bewegt, von dessen Geschwindigkeit abhängt, das Stoke'sche Gesetz als Antwort dienen. In vielen Fällen liefert dieser lineare Zusammenhang zwischen Reibungskraft und Geschwindigkeit auch eine korrekte Beschreibung der Verhältnisse. Es gibt jedoch Fälle,

in denen eine lineare Beschreibung nicht zum Ziel führt. Abbildung 1 zeigt drei denkbare und tatsächlich auftretende Situationen. Es gibt Medien, bei denen die Scherbelastung linear mit der Scherrate zusammenhängt (Newton'sche Fluide, Kurve a), andere Medien werden umso dünnflüssiger, je größer die auf sie wirkende Scherbelastung ist (pseudoplastische oder strukturviskose Fluide, Kurve b); letztere spielen in der Technik als Lösungen und Schmelzen hochpolymerer Stoffe oder als Suspensionen mit länglichen Partikeln

eine Rolle. Die dritte Klasse, die dilatanten Flüssigkeiten (Kurve c) sollen im folgenden näher behandelt werden. Bei dilatanten Fluiden nimmt mit steigender Scherbelastung der (Scher)-Widerstand zu, d.h. also, daß mit steigender Scherbelastung die Scherrate nicht im selben Maße sondern entsprechend weniger steigt. Ein besonders einfaches Beispiel hierfür ist nasser Sand.

Eine mögliche Erklärung für dieses Verhalten wurde bereits 1885 von Osborne Reynolds gegeben [1,2]. Im Ruhezustand wird angenommen, daß die Sandkörner dicht gepackt vorliegen und das Wasser die Zwischenräume ausfüllt. Wird dieses Gemenge einer Scherbelastung ausge-

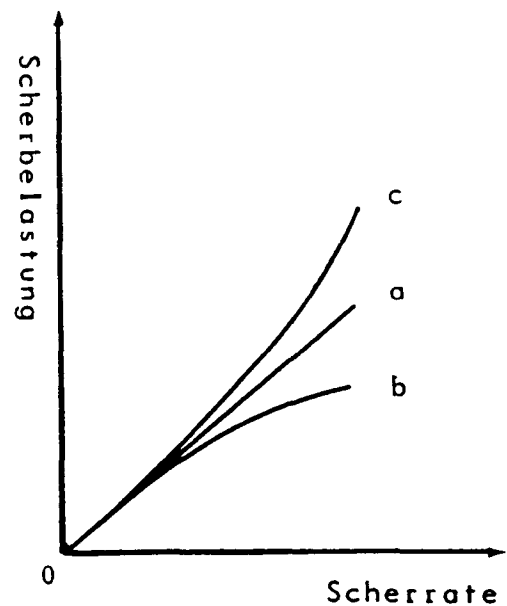


Abb. 1: Scherbelastung als Funktion der Scherrate für verschiedene Arten von Fluiden

setzt, so gleiten die Sandkörner aneinander vorbei und das Wasser zwischen ihnen wirkt als Schmiermittel. Bei höherer Scherbelastung wird der Abstand zwischen den Partikeln größer und der Wasserfilm reißt, die Schmierwirkung geht verloren und der Widerstand steigt an. Für Demonstrationsexperimente sind zwar Stoffe mit dilatanten Eigenschaften im (Lehrmittel)-Handel erhältlich. es läßt sich jedoch eine dilatante Flüssigkeit, bei der die Dilatanz besonders schön zu Tage tritt aus Stärkemehl leicht selbst herstellen. Dazu wird mit etwas Wasser nach und nach Stärkemehl verquirlt. Wenn genügend Stärkemehl aufgeschlämmt ist, zeigt die Mischung bei langsamen Rührbewegungen das Verhalten eines mehr oder weniger zähen Breies, während sie bei schnellem Rühren der Bewegung einen unverhältnismäßig großen Widerstand entgegensetzt. Dabei verhärtet sich die Mischung spürbar und bekommt unter Umständen sogar Risse. Nach dem Wegfall der Belastung verschwinden die Sprünge wieder und der flüssige Zustand stellt sich erneut ein. Fällt ein Klecks dieser Flüssigkeit aus hinreichender Höhe auf die Tischplatte, so zerbricht er in kleine Brösel, die dann sofort wieder flüssig werden. Bei genauer Betrachtung der Bruchstücke sind an diesen unmittelbar nach dem Zerschlagen sogar Bruchflächen zu beobachten. Es handelt sich also tatsächlich um ein Zerschlagen und nicht um ein für eine Flüssigkeit eigentlich zu erwartendes Zerspritzen des Tropfens. Mit einer derartigen Stärkeaufschlämmung lassen sich noch viele andere Experimente anstellen. Diese nehmen meist einen, zumindest auf Anhieb, verblüffenden Ausgang, da sich das dilatante Medium anders verhält, als der nach seiner täglichen Erfahrung urteilende Beobachter eigentlich erwartet.

Neben der Durchführung reizvoller Experimente hat die Dilatanz von "Flüssigkeiten" aber auch konkrete Bedeutung. So trägt sie beispielsweise wesentlich zum Verhängnis eines im Treibsand Untergehenden bei. Wie oben bereits erwähnt stellt dieser nasse Sand ein dilatantes Medium dar. Auf den Körper im Sand wirkt die Schwerkraft, der sich dadurch in den Sand einsinkt. Dabei entsteht eine Scherbelastung im Sand die an der Grenzfläche Sand-Körper eine bestimmte Scherrate und damit eine bestimmte Einsinkgeschwindigkeit zur Folge hat. Versucht der Verunglückte sich nun zu befreien, so wird er dabei versuchen die Arme oder Beine nach oben zu bewegen, um sie anschließend wieder nach unten zu drücken um dabei den Körper aus dem Sand zu heben. Der

Versuch die Extremitäten schnell nach oben zu bewegen entspricht jedoch einer großen Scherrate, zu der aber ein unverhältnismäßig großer Scherwiderstand gehört. Der Betroffene hat das Gefühl, als ob der Treibsand seine Arme und Beine umklammerte. Als zusätzlicher, unerwünschter Effekt wird durch die Hebelwirkung bei der Kraftanstrengung, wegen der festsitzenden Extremitäten, der restliche Körper noch tiefer in den Sand gedrückt. Derartige Befreiungsversuche verschlimmern also die Situation des Betroffenen nur noch.

Diese Ausführungen sollen zeigen, daß es auch in der Mechanik möglich ist Experimente durchzuführen, die einerseits interessant und überraschend sein können, andererseits aber auf Effekten beruhen, die durchaus auch praktische Bedeutung haben (z.B. bei dem Versuch eine nicht newton'sche Flüssigkeit durch Rohre zu pumpen).

Weitergehende Ausführungen zu nicht-newton'schen Medien finden sich in einer Arbeit von Walker [2]. Dort werden auch Rezepte zur Herstellung von schubverdünnenden Flüssigkeiten angegeben und Experimente mit derartigen Substanzen beschrieben.

Literatur

- [1] R.I.Tanner, "Engineering Rheology"
The Oxford Engineering Sciences Series Vol. 14
Clarendon Press, Oxford 1985

- [2] J.Walker, "Experiment des Monats"
Spektrum der Wissenschaft 1,1979 (78 ff)