

SELBSTSTRUKTURIERUNG EINER PULVERSCHICHT AUF EINER HOMOGEN SCHWINGENDEN PLATTE

F. Dinkelacker, A. Hübler^{*}, E. Lüscher

Physik-Department, Technische Universität München, D - 8046 Garching

Überblick: Dissipative Strukturen aus feinem Pulver auf einer homogen schwingenden Platte werden experimentell untersucht. Mit Hilfe einer dichteabhängigen Diffusionskonstante bzw. dem Prinzip extremer Ankopplung wird versucht, die entstehenden Strukturen zu erklären.

1. Einleitung

H. Jenny /1/ beobachtete 1967, daß Pulver sich auf einer schwingenden Platte zu hügelartigen Gebilden zusammenzieht. Wir haben dieses Phänomen der Selbstverstärkung quantitativ untersucht.

2. Experimente

Eine horizontal aufgestellte Plexiglasplatte ist auf einem Lautsprecher befestigt und schwingt mit 50 bis 300 Hz homogen auf und ab. Es können Maximalbeschleunigungen bis zu 10 g erzeugt werden. Streut man 0.5 mm dick Lykpodiumpulver auf die Platte und erhöht langsam die Schwingungsamplitude, so sind zwei Phasenübergänge zu beobachten (Abb. 1). Bei 5 g entstehen aus der homogenen Anfangsverteilung scharf berandete Gebiete. Bei 8 g Maximalbeschleunigung ziehen sich die Gebiete zu Hügeln mit starker Konvektion zusammen.

Abb. 2 zeigt die Entwicklung, ausgehend von einer kegelförmigen Anfangsverteilung.

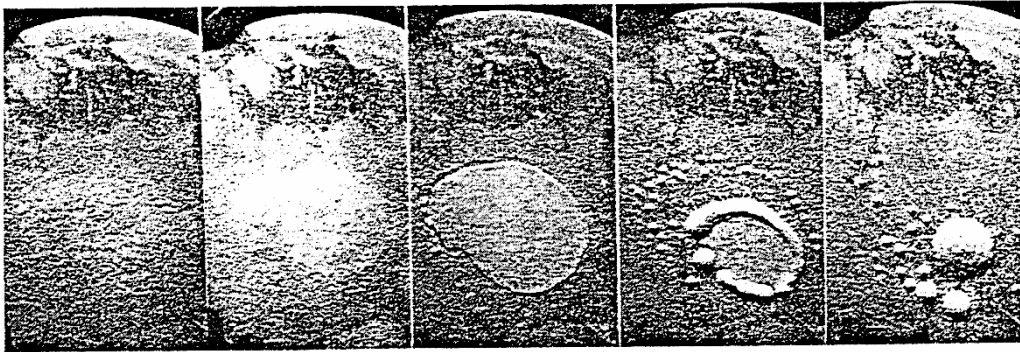


Abb. 1 a) b) c) d) $\leftarrow 1\text{cm}$ e)
 Strukturentstehung bei steigender Schwingungsstärke, $f = 85\text{ Hz}$, a) Lycopodium aufgestreut $a=3\text{g}$, b) $a=5\text{g}$, c) $a=8\text{g}$, scharfer Rand, d) $a=10\text{g}$ Phasenübergang zum Konvektionshügel, e) $a=10\text{g}$, 7 sek. später, stationäre Konvektionshügel.

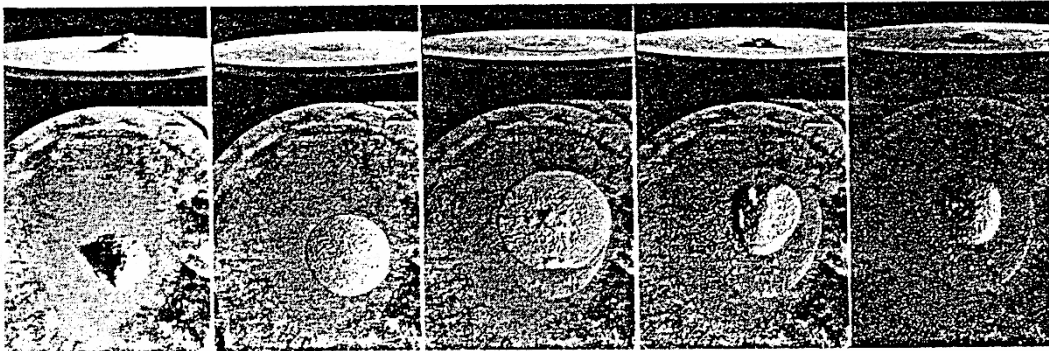


Abb. 2 a) b) c) d) e)
 Auseinandergehen und Zusammenziehen, $f = 85\text{ Hz}$, a) $a=0\text{g}$, Schüttkegel, b) $a=3\text{g}$, c) $a=8\text{g}$, d) $a=8\text{g}$, 10 sek. später, e) $a=8\text{g}$ 20 sek. später.

3. Modelle

3.1 Dichteabhängige Diffusionskonstante

Nimmt man teilelastische Stöße zwischen den Teilchen an, so nimmt der Impulsübertrag auf das oberste (diffundierende) Teilchen mit der Schichtdicke ab. Interpretiert man die Schichtdicke in einem zweidimensionalen Modell als Teilchendichte, so erhält man ein System mit dichteabhängiger Diffusionskonstante /2/. Diese Diffusionskonstante sinkt mit steigender Dichte. Dies führt zur Clusterbildung.

3.2 Prinzip extremaler Ankopplung

Wir nehmen ein System an, das durch die Lagrangegleichung

$$\delta S = \int (L_1(h_i) + L_2(h_i, h_j, t)) dt = 0$$

und Reibungskräfte beschrieben werden kann. Hierbei sind h_i die inneren Freiheitsgrade und h_j die äußeren Freiheitsgrade. Wenn ein Zustand stationär ist, d.h. wenn für alle inneren Freiheitsgrade h_i die Variation der Lagrangefunktion L_1 verschwindet, L_1 nicht explizit von der Zeit abhängt und somit Erhaltungsgrößen existieren und die Dissipation sich als substantielle Ableitung der Funktion L_3 darstellen läßt, dann ist das Wechselwirkungspotential $L_2 + L_3$ extremal, d.h. die substantielle Ableitung nach h_i verschwindet.

Je größer die Schichtdicke ist, umso geringer ist die Ankopplung der Teilchen an die schwingende Platte, falls die Stöße zwischen den Teilchen inelastisch sind. Dementgegen wirkt die Ankopplung an das Schwerfeld. Stationäre Zustände sind dadurch gekennzeichnet, daß die Gesamtankopplung extremal wird.

Wir danken O. Wohofsky und die Firma MBB für Unterstützung.

* Teil der Promotionsarbeit von A. Hübler.

Literatur

- /1/ Hans Jenny, Kymatik, Basilius Presse, Basel, 1967
- /2/ F. Dinkelacker, A. Hübler, E. Lüscher, Pattern Formation of Powder on a Vibrating Disc, erscheint in Biological Cybernetics.