

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit hat den Einfluss der elektrischen Ladung auf granulare Systeme untersucht. Hierzu wurde im ersten Kapitel eine kurze Einführung in die Natur der granularen Materie gegeben und der Begriff der Kollisionskühlung erläutert. Weiterhin fand hier eine Diskussion über die Herkunft der Ladung granularer Teilchen statt und eine Übersicht der Ladungsverteilungen in granularen Systemen wurde gegeben.

Im zweiten Kapitel stellte die Arbeit das verwendete Modell vor. Hier fand eine Diskussion der Probleme statt, die ein nicht elektrisch neutrales System bereitet. Im dritten Kapitel wurde diese Diskussion vertieft, indem dargestellt wurde, unter welchen Bedingungen dennoch eine Dynamik des Systems wohldefiniert ist und die Simulationsergebnisse unabhängig von der Systemgröße sind, obwohl das Modell keinen thermodynamischen Limes besitzt. Hierzu wurde gezeigt, dass die Coulombwechselwirkungen, welche die oben erwähnten Probleme verursachen, für den Bereich hoher Temperaturen äquivalent sind zu denen des One Component Plasma, welches einen thermodynamischen Limes besitzt. Das dritte Kapitel stellte auch den verwendeten Algorithmus vor, der es ermöglicht sowohl die elektrostatische Wechselwirkung als auch die Teilchenstöße effizient zu simulieren.

Die Kollisionskühlung elektrisch geladener granularer Materie in drei Dimensionen war Thema des vierten Kapitels. Hier wurde zunächst eine kinetische Theorie entwickelt und gezeigt, dass die Dissipationsrate des geladenen granularen Systems sich von der des ungeladenen Systems durch einen Boltzmannfaktor unterscheidet. Der Vergleich mit Computersimulationen bestätigte diese Voraussage und zeigte zusätzlich, dass die elektrostatische Abstoßung zweier kollidierender Teilchen durch die Wechselwirkung mit den restlichen Systemteilchen effektiv reduziert wird. Die Abhängigkeit der Reduktion von der Packungsdichte konnte erklärt und quantitativ formuliert werden. Im Anschluss wurde noch das Abkühlen eines geladenen granularen Systems betrachtet.

Für ein tieferes Verständnis der effektiven Reduktion der elektrostatischen Abstoßung kollidierender Teilchen wurden im fünften Kapitel die radialen Verteilungsfunktionen von Systemen unterschiedlicher Packungsdichten gemessen. Es konnten die zwei wichtigsten Annahmen für die effektive Coulombwechselwirkung zweier Teilchen bestätigt werden. Einerseits, dass die Reduktion in guter Nähe-

rung nur von der Packungsdichte des Systems abhängt und weiterhin, dass der Abstand der stoßenden Teilchen linear in das Molekularfeldpotential eingeht.

Das sechste Kapitel übertrug die Ergebnisse auf zweidimensionale Systeme und untersuchte die Dissipationsraten für Systeme mit nicht singulären Ladungsverteilungen. Es wurde entdeckt, dass eine Verbreiterung der Ladungsverteilung den Einfluss der Gesamtladung auf das System schmälert.

Im letzten Kapitel wurde mit der Rohrgeometrie ein geladenes System unter realen Randbedingungen betrachtet. Es konnte gezeigt werden, dass die in den vorherigen Kapiteln bestimmten Dissipationsraten räumlich homogener Systeme sich lokal auf inhomogene Systeme gut übertragen lassen. Anschließend wurde ein kurzer Ausblick auf den Rohrfluss elektrisch geladener granularer Materie gegeben.

Ausblick

Die Arbeit hat die vielfältigen Aspekte der Physik geladener granularer Materie beleuchtet. Auf einige Punkte fiel mehr Licht, auf andere weniger. So bleiben noch viele Fragen offen, die hier nur angeschnitten wurden und weiterer Erforschung bedürfen. Es konnte die Bedeutung der Ladung für den Rohrfluss nur im Ansatz diskutiert werden. Hier scheint aber gerade ihr Einfluss auf solche Phänomene wie die Dichtewellen interessant, da die langreichweitigen Wechselwirkungen Inhomogenitäten wie den Dichtewellen entgegenwirken.

Auch wurde das metallische Rohr nur ansatzweise besprochen. Hier wird sich die Physik grundlegend von der des Isolatorrohres unterscheiden: Die Bildladungen auf der Rohrinnenfläche werden die geladenen Teilchen an den Rohrwänden konzentrieren. Dieser Mechanismus dürfte entscheidend für die oft beobachtete Verstopfung von Rohren beim Transport granularer Materie unter geringer Luftfeuchtigkeit sein [3].

Ein großes unerforschtes Gebiet tut sich auf, wenn man nach der Physik bipolar geladener granularer Materie fragt. Hier werden sich ganz neue Phänomene zeigen, die sich grundlegend von dem Verhalten monopolar geladener Systeme unterscheiden. Im Besonderen sei hier die Vermutung geäußert, dass die Coulombwechselwirkung, welche im monopolen System Inhomogenitäten verhindert, für das bipolare System gerade den umgekehrten Effekt erzeugen wird. Durch die gegenseitige Anziehung unterschiedlich geladener Teilchen dürfte die bereits im ungeladenen granularen Gas beobachtete Clusterbildung noch verstärkt werden.

Am Schluss kann festgestellt werden, dass die Physik elektrisch geladener granularer Materie unendlich reich ist und man gerade erst am Anfang steht. Vieles gibt es hier noch zu entdecken und manche Überraschungen dürften noch auf den Forscher warten. Aber das macht ein Thema erst interessant und — um auf das einleitende Heine Zitat zurückzukommen — *essbar*.