



Universität Stuttgart

Fest, flüssig, gasförmig

Arbeitsheft zum
Workshop

Klassenstufe: 4 – 6

SFB  716

Sonderforschungsbereich 716 | Dynamische
Simulation von Systemen mit großen Teilchenzahlen

Impressum

HERAUSGEBER

Universität Stuttgart
Sonderforschungsbereich 716
c/o Institut für Computerphysik
Allmandring 3
70569 Stuttgart

KONZEPT, REDAKTION

Tina Barthelmes, Irene Kreitmeir, Shervin Raafatnia, Florian Fahrenberger

LAYOUT

Tina Barthelmes

BILDER

Tina Barthelmes, SFB 716
weitere Bildnachweise auf Seite 27

Oktober 2015

Fest, flüssig, gasförmig

Universität Stuttgart
Sonderforschungsbereiches 716

Forschungsgebiet: „Dynamische Simulation
von Systemen mit großen Teilchenzahlen“

Inhalt

Teilchenmodell	7
Verhalten bei verschiedenen Temperaturen	
Wenn der Schnee schmilzt und Wasser kocht	7
Teilchenmodell für die 3 Zustände von Substanzen	
Wie verhalten sich die Teilchen?	8
Zusammenfassung	11
Selbst forschen und entdecken	
Kalte Luft - warme Luft	12
Selbst forschen und entdecken	
Wärmeausdehnung von Körpern	13
Selbst forschen und entdecken	
Es paddelt und knattert	14
Ein phänomenales Paar	
Druck und Temperatur	15
Selbst forschen und entdecken	
Luft erwärmen	16
Computer als Supermikroskop	17
Über die aktuelle Bedeutung	
Simulationen in der Forschung	17
Materie besteht aus vielen Teilchen	
Teilchen in der Simulation	18
Teilchensimulationen zum Anfassen	
Sehen, was passiert	19
Ohne große Rechner gehts nicht	
Viele Teilchen – große Rechner	20
Antworten zu den Fragen	22
Notizen	24
Literatur- und Bildnachweise	27

Wenn der Schnee schmilzt und Wasser kocht



Aktion

Wir haben Gläser, die gefüllt sind mit



Luft



Salat-
öl



Erde



Reis



Limo-
nade



Büro-
klammern



Jod-
dampf



Honig



Wie könntest du die Gläser sinnvoll sortieren?

.....

.....

.....

Fest, flüssig, gasförmig

Es gibt feste, flüssige und gasförmige Stoffe. Wasser ist der bekannteste Stoff, von dem wir alle drei Zustandsformen gut kennen.

Eis bzw. Schnee, flüssiges Wasser und Wasserdampf sind drei unterschiedliche Aggregatzustände des gleichen Stoffes Wasser.

Ein Blick auf die Teilchen

Die Aggregatzustände und ihre Änderungen kann man mit der Vorstellung erklären, dass Wasser aus unsichtbar kleinen Teilchen aufgebaut ist, zwischen denen Anziehungskräfte wirken und die sich ständig bewegen.

Die Idee vom Aufbau der Stoffe aus kleinsten Teilchen entstand lange, bevor man die Existenz von Teilchen beweisen konnte. Heute lässt sich durch Experimente sogar genau ermitteln, in welcher Weise die kleinsten Teilchen angeordnet sind.

In den Naturwissenschaften spricht man bei derartigen Vorstellungen von einem Modell. Das Teilchenmodell beschreibt den Aufbau der Stoffe aus kleinsten Teilchen.

Wie verhalten sich die Teilchen?

In unserer Umwelt nehmen wir Körper in den drei Zuständen fest, flüssig und gasförmig wahr. Man bezeichnet diese Zustände als die drei Aggregatzustände der Materie. Im Folgenden sind die wesentlichen Eigenschaften von festen, flüssigen und gasförmigen Stoffen gegenübergestellt.



Aktion

Ein Behälter mit Eis wird von einer Kerze erwärmt.



Beobachte, was passiert, und setze die folgenden Wörter in den Text ein:

Luftbläschen – flüssiges – Wasserdampf – Eis



Wir haben _____ geschmolzen und
es ist _____ Wasser entstanden.
Nachdem wir weiter erwärmt hatten, haben sich kleine
_____ gebildet und unser Wasser
ist als _____ verdampft.

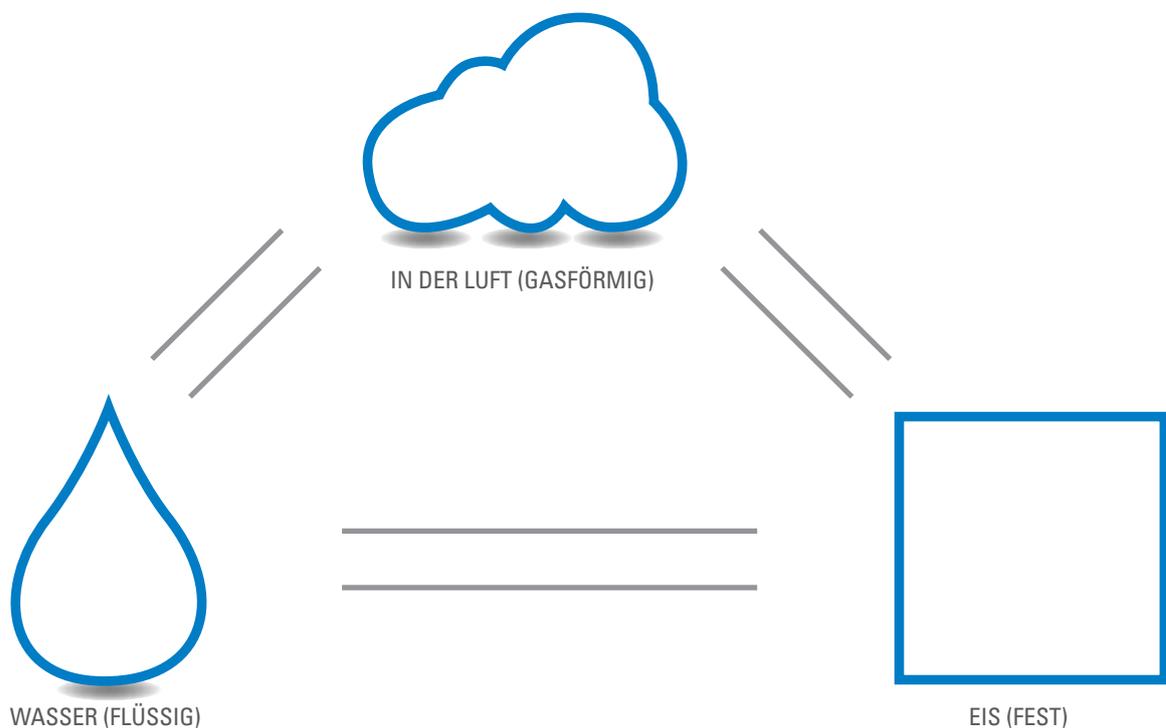


Beschreibe, wie sich Schnee bei Sonneneinstrahlung verhält!



In der Skizze siehst du die verschiedenen Zustände von Wasser. Zeichne für jeden Zustand die Teilchen ein, beschrifte die Pfeile und gebe ihnen Richtungen! Nutze dabei die folgenden Begriffe:

resublimieren – verdampfen – sublimieren – erstarren – kondensieren – schmelzen



Schmelzen und Sieden



Bei Raumtemperatur ist Wasser flüssig. Bei etwa welcher Temperatur wird es gasförmig? Bei welcher Temperatur fest? Trage die entsprechenden Werte in die Tabelle links ein!

In der Tabelle findest du Beispiele für Schmelz- und Siedetemperaturen einiger Stoffe:

STOFF	SCHMELZTEM- PERATUR IN °C	SIEDETEMPE- RATUR IN °C
Wasser		
Sauerstoff	-219	-183
Alkohol (Ethanol)	-117	78
Schwefel	119	444
Blei	327	1740
Eisen	1535	2750

Alle Schmelz- und Siedetemperaturen bei Normaldruck.



Überleg' mal!

Die Tabelle sortiert die unterschiedlichen Eigenschaften der Teilchen eines Stoffes in den jeweiligen Aggregatzuständen.



FEST



FLÜSSIG



GASFÖRMIG

ORDNUNG DER
TEILCHEN
ABSTAND
ZWISCHEN TEILCHEN
TEILCHEN-
BEWEGUNG

	unregelmäßig	
	Teilchen wechseln die Plätze	



Ergänze die fehlenden Eigenschaften in der Tabelle!
Nutze dabei die folgenden Begriffe:

Abstand sehr groß – regelmäßige Anordnung – sehr schnell,
ständige Zusammenstöße – Teilchen berühren sich – Teilchen
berühren sich – Teilchen schwingen auf ihren Plätzen – völlig
ungeordnet

Zusammenfassung

Materie besteht aus kleinsten Teilchen. Der Raum zwischen den Teilchen ist absolut leer. Die Teilchen verschiedener Stoffe unterscheiden sich in ihrer Größe und ihrer Masse. Zwischen den Teilchen, die ständig in Bewegung sind, wirken Anziehungskräfte. Mit steigender Temperatur bewegen sich die Teilchen heftiger.

In Feststoffen haben die Teilchen eine bestimmte Anordnung: Sie sind dabei dicht gepackt und schwingen um ihre Plätze.

Und natürlich kann nicht nur Wasser seinen Aggregatzustand ändern. Erwärmt man festes Wachs, schmilzt es zuerst, um nach weiterem Erhitzen zu verdampfen.

Auch Metalle schmelzen, etwa wenn Zinn gelötet wird. Nach dem Erkalten sind die Werkstücke dann fest miteinander verbunden.

Stoffe bestehen aus kleinsten Teilchen,

- die alle eine unterschiedliche Größe und Masse besitzen
- die sich ständig in Bewegung befinden
- zwischen denen Anziehungskräfte wirken
- die sich bei steigenden Temperaturen schneller bewegen

Kalte Luft - warme Luft



Plastikflaschen

Warme Luft dehnt sich aus, kalte Luft zieht sich zusammen. Möchtest du diesen Vorgang selbst beobachten? Dann probiere es mit Luft in einer Flasche!

Material

- Leere Plastikflasche mit Schraubverschluss
- warmes Wasser aus der Leitung
- Gefrierfach, Uhr

Durchführung

Fülle die Flasche mit warmem Wasser und warte ein wenig. Schüttele das Wasser in die Spüle. Ist die Flasche noch warm? Drehe den Schraubverschluss fest zu und lege die Flasche ins Gefrierfach. Nach etwa zwei Minuten holst du sie wieder heraus.

Ergebnis

Die Seitenwände der Flasche sind eingedrückt.



Hintergrund

Die Luft hat sich beim Abkühlen so stark zusammengezogen, dass die Seitenwände der Flasche nach innen eingedrückt sind!

Zurück zur alten Flasche

Jetzt hast du mehrere Möglichkeiten, die Flasche wieder in ihre ursprüngliche Form zu bringen:

1. Warte ein wenig, bis sich die Flasche und die Luft im Inneren wieder erwärmt haben und sich ausdehnen. Dadurch wird sich die Flasche nach und nach von selbst ausbeulen.
2. Lasse warmes Wasser über die Flasche laufen. Ruckzuck ist sie wieder in ihrer alten Form.
3. Schraube den Verschluss ab. Der Unterdruck, den die kühle Luft in der Flasche erzeugt hat, wird sofort ausgeglichen – mit einem Zischen strömt warme Luft in die Flasche.



Übrigens

Dasselbe Prinzip lässt auch einen mit heißer Luft gefüllten Benzinkanister beim schnellen Abkühlen schlagartig zusammenziehen.

Wenn es einen Knall gibt, nennt man das dann Implodieren.



Wärmeausdehnung von Körpern



Zauberhafte Haftgläser

Die Wärmeausdehnung von Körpern lässt sich für einen raffinierten Zaubertrick benutzen. Deine Zuschauer werden staunen, wenn Gläser plötzlich wie von Geisterhand gehalten in der Luft zusammenkleben.

Material

- 2 gleich große Gläser
- 1 Teelicht
- 1 Bogen Lösch-/Filterpapier
- Wasser, Streichhölzer, Schere

Durchführung

Setze das Teelicht in ein Glas und zünde die Kerze an. Schneide nun das Löschpapier kreisrund aus, feuchte es an und lege es auf das Glas mit dem brennenden Teelicht.

Nun setze das andere Glas umgekehrt auf das Papier, so dass beide Glasränder bündig abschließen. Die Flamme geht nach kurzer Zeit aus. Versuche nun, das obere Glas anzuheben.

Ergebnis

Es wird an dem anderen Glas „kleben“ bleiben, so dass du beide auf einmal hochheben kannst.

Hintergrund

Die Flamme ist nicht sofort erstickt, sondern hat erst noch den restlichen Sauerstoff in den Gläsern verbraucht. Durch die Poren im Löschpapier kann der Sauerstoff aus dem oberen Glas nach unten dringen und verbrennen. Gleichzeitig findet zwischen den beiden Gefäßen ein Austausch von Brenngasen statt.

Nach dem Erlöschen der Flamme kühlen die Gase ab und ziehen sich dabei zusammen. Auf diese Weise entsteht ein Unterdruck in dem Raum zwischen den Gläsern, der die beiden zusammenhält.



Es paddelt und knattert



Putt-Putt-Boot

... oder auch Knatterboot

Material

Als Motor eines Spielzeugbootes ein Stück gebogenes Kupferrohr. Der Treibstoff ist eine Kerze. Keine Kolben und Ventile, keine beweglichen Teile.

Durchführung



Das Rohr muss mit Wasser gefüllt und das Boot auf das Wasser gesetzt werden. Die beiden Enden des Rohres sind unter

Wasser, so dass das enthaltene Wasser nicht herauslaufen kann. Eine brennende Kerze unter der Heizwendel startet den Antrieb nach kurzer Zeit, und los geht's, bis die Kerze abgebrannt ist.

Hintergrund

Die Wärme der Flamme bringt das darüber befindliche Wasser zum Kochen. Der entstehende Wasserdampf (ca. 1300fache Volumenzunahme) treibt mit Überdruck einen Teil des übrigen Wassers schnell nach hinten durch die „Düsen“ heraus. Per Rückstoß bekommt das Boot einen Schubs in Fahrtrichtung.

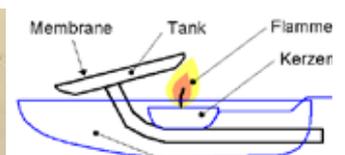
Der sich ausbreitende Dampf kommt mit den kühleren Rohrteilen in Berührung, wird abgekühlt, kondensiert und der jetzt vorhandene Unterdruck saugt Wasser durch die Düsen hinein. Jetzt ist alles wieder am Anfang und das Spiel beginnt von neuem, ungefähr 5-10 Mal pro Sekunde.

Allerdings: Der entstehende negative Rückstoß beim Einsaugen scheint nicht vorhanden, das Boot fährt vorwärts und wackelt nicht auf der Stelle. Des Rätsels Lösung: Verschiedene Strömungsrichtungen des Wassers.

Der Ausströmrückstoß ist größer, als der negative Einströmrückstoß, da ein Teil des einströmenden Wassers von der Seite und sogar von hinten (ein neuer Rückstoß) eingesogen wird.

Meist sind es zwei Düsen, die ein Boot antreiben, es genügt aber eine. Nur das anfängliche Einfüllen des Wassers wird schwieriger, und wer's nicht glaubt, kann ja eine Düse verstopfen.

Bei einem Membran-Typ-Boot wölbt sich die Membran nach oben und unten im Takt der Druckschwankungen. Wie bei einem Knackfrosch oder einem altertümlichen Ölkännchen entsteht ein liebliches Geräusch, was aber nichts zum Antrieb beiträgt.



Wo kommts her?

Das Putt-Putt-Boot ist mehr als 100 Jahre alt, seine Ursprünge liegen im Dunkeln. Im Jahr 1891 hat Thomas Piot eine „Water pulse engine“ in England patentieren lassen, mit einer spiralig gewundenen Röhre. Aber bereits 1880 soll in einem französischen Journal ein Putt Putt Boot abgebildet worden sein. Seit ca. 1900 wurden und werden diese Boote in vielen Ländern hergestellt und verkauft. 1916 ließ sich der Amerikaner Charles McHugh ein Spielzeugboot mit einer flexiblen Membran patentieren. Sie sorgte für ein lautes Geräusch und für noch mehr Spaß beim Spielen.

Druck und Temperatur



Fahrrad-Luftpumpe

Druck und Temperatur hängen zusammen – das beweisen z.B. die ortsabhängigen Siedetemperaturen von Wasser. Ein ganz anderes Kuriosum erlebst du bei der Fahrrad-Luftpumpe.



Nimm die Luftpumpe und schiebe den Kolben mehrmals ganz langsam ein und aus. Spürst du etwas?



Nun schiebe die Luftpumpe mehrmals heftig und schnell zusammen. Wie fühlt sich das an?

Warum ist das so?

Durch das Pumpen fließt die von uns geleistete Arbeit in das thermodynamische System Luft-Luftpumpe. Das Luftzusammendrücken nennt man in der Physik auch **Kompression**.

Da immer das physikalische Prinzip der Energieerhaltung gilt, muss die Energie aus dem Pumpvorgang irgendwo hin. Hier geht sie direkt auf die Teilchen der Luft in der Pumpe über. Diese

bewegen sich dann, durch die zugeführte Energie schneller. Wir wissen außerdem: Je schneller ein Teilchen, desto höher seine Temperatur. Überträgt man die Energie ganz langsam auf die Luft in der Pumpe, dann können die beschleunigten, wärmeren Teilchen in aller Ruhe die gewonnene Energie wieder als Wärme an die kalte Umgebung abgeben. Das System hat genug Zeit um wieder auf Zimmertemperatur abzukühlen – wir spüren praktisch nichts.

Pumpt man andererseits schnell, bleibt den Teilchen keine Zeit vor dem nächsten Pumpenhub, wieder langsam zu werden wie zu Beginn. Sie kühlen einfach nicht weit genug ab und mit jedem neuen Stoß erhalten sie noch mehr Energie. Sie werden immer schneller und ihre Temperatur steigt immer weiter. Man nennt diesen Vorgang **adiabatische Kompression**.

Sind wir mit Pumpen fertig, merken wir, wie die in die Luftmoleküle gepresste Energie schließlich von der Luftpumpenluft über die Kolbenwand an die Umgebung, z.B. unsere Hand (in Form von Wärme) abfließen kann.

Einen Prozess, bei dem keine Wärme an die Umgebung abfließt, bezeichnet man als **adiabat**. Das Gas ist dabei thermisch komplett nach außen hin isoliert. Diese Isolation erreicht man entweder, wenn man so schnell arbeitet, dass praktisch keine Wärme ausgetauscht werden kann (s. Luftpumpe) oder durch eine gute Isolation des Systems, z.B. mit einer Thermosflasche.



Übrigens

Es geht auch umgekehrt! Wenn sich ein Gas ausdehnt und dünner wird, lässt der Druck nach und die Temperatur sinkt. Vielleicht ist dir das schon einmal aufgefallen, wenn du im Sommer eine Flasche mit kohlenstoffhaltigem Mineralwasser öffnest.

Luft erwärmen



Die Feuerpumpe

Eine Feuerpumpe (auch pneumatisches Feuerzeug oder Luftfeuerzeug genannt) ist ein Apparat zur Feuererzeugung. Weil sich Luft beim sehr schnellen Zusammendrücken (Komprimieren) sehr stark erhitzt, kann sie einen Zünder im Gefäß zum Glühen bringen.

Der Aufbau einer Feuerpumpe ist simpel: In einem langen, dünnen Zylinder, der am Boden verschlossen ist, wird ein Zünder gelegt. Mit Hilfe eines Stabes wird dann von oben ein luftdicht schließender Kolben nach unten gestoßen. Geschieht das sehr schnell, dann entzündet sich der Zünder durch die von der Kompression erzeugte Wärme.



Das ist der Trick dabei!

Was dabei passiert, wenn man Luft zusammendrückt, kennt ihr vom Fahrrad. Denn wenn ihr mit der Luftpumpe heftig Luft in einen Reifen pumpt, wird die Luftpumpe warm. Dies liegt daran, dass sich Luft, die zusammengedrückt wird, erwärmt.

Wie bei der Fahrradpumpe auf S. 15 findet hier ebenfalls das Prinzip der adiabatischen Kompression eine „feurige“ Anwendung.“

Im Zylinder der Feuerpumpe wird die Luft sehr stark zusammengedrückt und erwärmt sich deshalb auf eine Temperatur von weit über 200°C.



Wissenswert

Das Prinzip der Feuerpumpe ist für Autos mit Dieselmotor wichtig. Dort wird ein Gemisch aus Diesel und Luft so schnell und heftig verdichtet, bis es zündet.

Aus der Geschichte



1770 hat ein Monsieur DuMontier aus Frankreich das pneumatische Feuerzeug erfunden. Weil es damals in Europa aber schon bessere Methoden zur Feuererzeugung gab, wurde die Feuerpumpe hier nie so richtig berühmt.

Die Naturvölker in Nordborneo und auf den Philippinen arbeiten allerdings bis heute mit einer Feuerpumpe aus Bambusrohr.

Simulationen in der Forschung

Simulationen der Wirklichkeit kennt man heute aus Computerspielen oder aus dem Kino. Warum und wann sie für die Wissenschaft von Bedeutung sind, erfährst du auf den folgenden Seiten.

Drittes Standbein der Wissenschaft

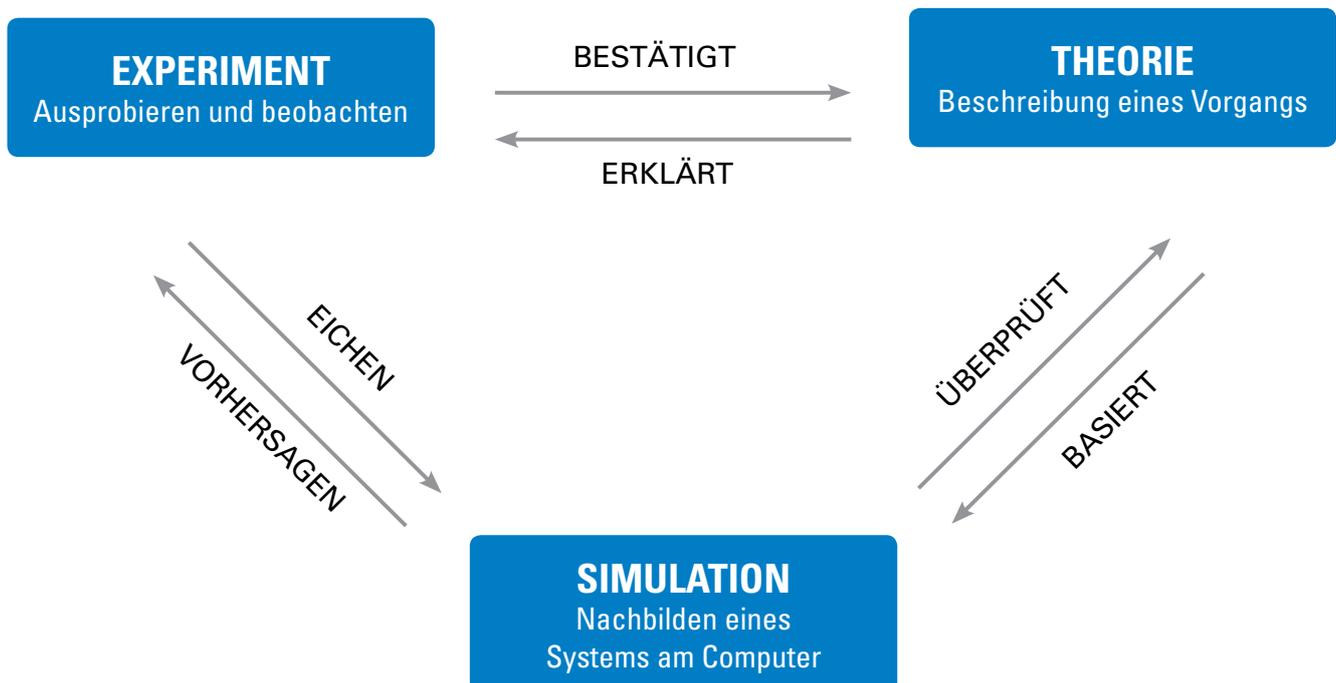
Ursprünglich bestand die wissenschaftliche Arbeit aus zwei Bereichen: aus Experiment und Theorie.

Dabei ist die Theorie dafür da, mit ihren physikalischen Gesetzen zu erklären, was im Experiment passiert. Experimente bestätigen wiederum neue Theorien. Eigentlich ein gutes System.

Im letzten Jahrhundert wurden aber die Theorien immer komplizierter und viele Experimente konnten einfach nicht mehr berechnet werden. Außerdem stießen Experimente an die Grenzen des Machbaren. Sehr kleine, extrem große, zu kalte oder zu heiße Prozesse ließen sich nicht in Versuchsaufbauten nachbilden.

Im gleichen Jahrhundert entwickelten sich immer schnellere Rechenmaschinen und boten neue Möglichkeiten, in dieses Zweigespann einzugreifen. Es wurde möglich, immer kompliziertere Experimente durch Simulationen zu erklären und die Auswirkungen neuer Theorien zu sehen. Inzwischen hat sich die Simulation als drittes Standbein der Wissenschaft etabliert.

Simulationen sind also nicht nur dazu da, um bereits Bekanntes in Computerspielen schön aussehen zu lassen. Vielmehr helfen sie uns, Einblicke in Phänomene zu gewinnen, die wir nicht direkt im Experiment beobachten oder die wir nicht mehr mathematisch beschreiben können.



Teilchen in der Simulation

Wie vorhin beobachtet, können Eis, Wasser und Wasserdampf unter bestimmten Bedingungen einfach ineinander übergehen. Das liegt daran, dass sie aus genau den gleichen Teilchen bestehen, die einfach nur unterschiedlich verteilt sind.

Was für Teilchen sind das?

Im oben untersuchten Fall handelt es sich um Wassermoleküle. Physiker haben schon seit langer Zeit untersucht, wie sich diese und andere Teilchen zueinander verhalten. Das Problem ist: Sie sind so klein, dass man sie nicht einfach unter dem Mikroskop beobachten kann. Hier schlägt also die Brücke zwischen Theorie und Experiment fehl und wir müssen uns auf Simulationen stützen.

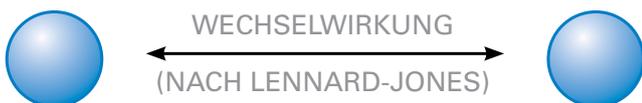
Man kann sich solche Teilchen vereinfacht als kleine weiche Kugeln vorstellen, die sich gegenseitig anziehen, aber natürlich nicht durchdringen können. Je weiter die Kugeln auseinander sind, desto geringer ist die Anziehungskraft.

Dieses Modell wurde zuerst von zwei Physikern mit dem Namen Lennard und Jones verwendet und ist deshalb als „Lennard-Jones-Potential“ bekannt. Dieses Modell ist sehr gut geeignet, um die verschiedenen Zustände von Materie (insbesondere den sogenannten Edelgasen) zu beschreiben.

Und wie simuliert man damit?

Mit dem Lennard-Jones-Potential ist uns bekannt, wie die Teilchen sich gegenseitig beeinflussen. In einer Simulation wird damit vom Computer in sehr kleinen Zeitschritten immer wieder neu der Einfluss auf jedes einzelne Teilchen durch jedes einzelne andere Teilchen ausgerechnet. Dieser Einfluss bewirkt dann eine neue, nur leicht veränderte Position aller Teilchen. Und dann geht das Spiel wieder von vorne los.

In unserer Simulation kann man noch zusätzlich die Temperatur (durch die Teilchengeschwindigkeit) und den Druck (durch die Größe der Kiste) des Systems einstellen. Damit kann man sehen, wie sich bei höherer Temperatur die Teilchen weit voneinander weg bewegen und damit ein dünnes Gas bilden. Oder wie sie sich bei sehr niedriger Temperatur in einer festen Struktur anordnen.



Sehen, was passiert

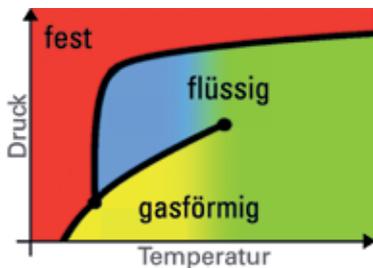
Unser Simulationsprogramm berechnen mit dem Lennard-Jones-Potential die Wechselwirkungen zwischen allen Teilchen und bilden diese dann in sehr kleinen Zeitschritten ab.



Experiment im Rechner

Ihr könnt mit Simulationsprogrammen viele Dinge ausprobieren. In unserem Simulationsprogramm könnt ihr Temperatur und Druck direkt anpassen oder euch einfach Punkte auf der sogenannten „Dampfdruckkurve“ aussuchen, indem ihr darauf klickt.

Dampfdruckkurve



Wenn man den ganzen Bereich für Druck und Temperatur anschaut, ergibt sich ein erstaunliches Bild.

Es gibt zusammenhängende Gebiete, in denen das System immer fest (solid), flüssig (liquid/fluid) oder gasförmig (vapor) zu sein scheint. Diese Gebiete heißen dann „Zustände“ und sie sind durch die Linien der links unten angezeigten Dampfdruckkurve unterteilt.

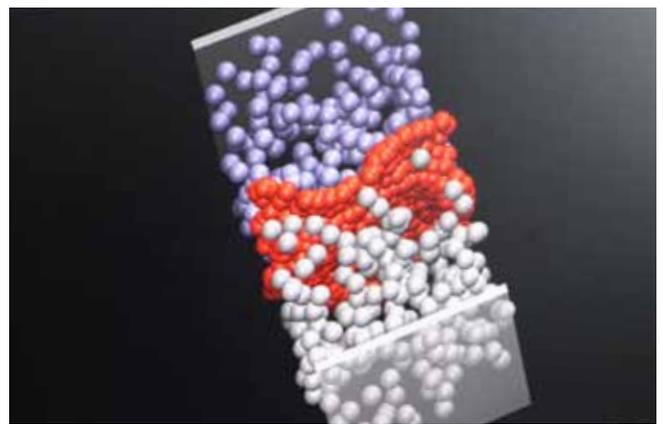
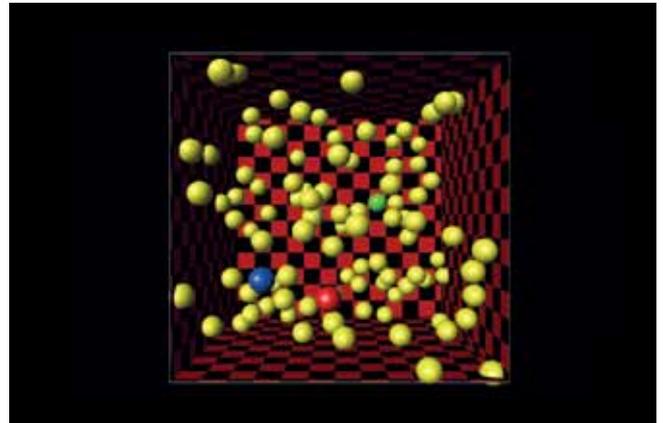


Wie sehen die verschiedenen Zustände aus?

.....

.....

.....



Was passiert, wenn ihr den Simulator mit 300 oder 1000 Teilchen verwendet?

.....

.....

.....

.....

Ohne große Rechner gehts nicht

Viele Teilchen – große Rechner

Die gezeigten vereinfachten Modelle aus Kugeln sind nicht ausreichend, um Fragen der Wissenschaft zu beantworten. Forscher müssen die Dinge viel genauer und exakter betrachten.



Ein Beispiel

Ein Tropfen Druckertinte enthält mehr als 1 Billionen (10^{14}) Atome. Nimmt man für jedes Atom ein Styroporkügelchen von 1 mm Durchmesser, würden diese mehr als 38 Mal die Cheops-Pyramide füllen.

Allein um die Positionen dieser großen Zahl an Atomen zu speichern, würde man mehrere Festplatten benötigen. Will man darüber hinaus betrachten, wie und wann der Tropfen auf dem Papier landet, müssen viele Zeitschritte und verschiedene physikalische Kräfte berechnet werden. Dafür wären weitere Rechner erforderlich.

In der Regel nutzen Forscher und Entwickler heute Großrechner. Dennoch lassen sich aufgrund der großen Datenmengen bislang nur sehr kleine Systeme mit Teilchensimulationen untersuchen.



Die Großrechner am Höchstleistungsrechenzentrum in Stuttgart.



Großrechner bestehen aus mehreren Rechnern, die gleichzeitig genutzt werden.



Wozu sind Simulationen gut?

Fallen euch ganz kleine, große, kalte oder heiße Systeme ein? Oder etwas ganz anderes, wozu man kein Experiment oder keine Theorie machen kann?

.....
.....
.....
.....
.....

Antworten zu den Fragen

? Wie könntest du die Gläser sinnvoll sortieren?
Seite 7

fest (Erde, Reis, Büroklammern)

flüssig (Honig, Öl, Limonade)

gasförmig (Luft, Joddampf)

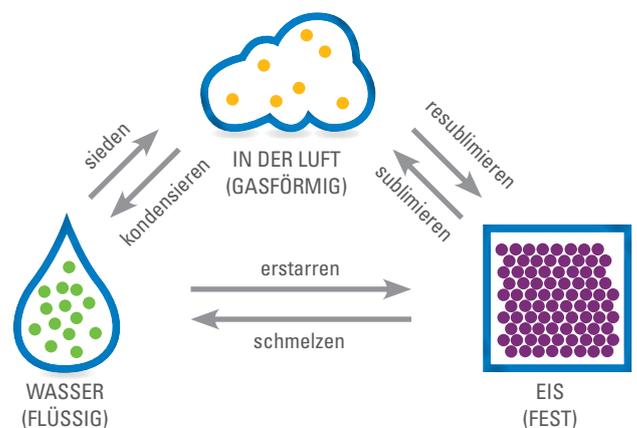
? Beobachte, was passiert, und setze die folgenden Wörter in den Text ein.
Seite 8

Wir haben Eis geschmolzen und es ist flüssiges Wasser entstanden. Nachdem wir weiter erwärmt hatten, haben sich kleine Luftbläschen gebildet und unser Wasser ist als Wasserdampf verdampft.

? Beschreibe, wie sich Schnee bei Sonneneinstrahlung verhält!
Seite 8

Schmelzvorgang – allmählicher Übergang von festem Schnee über eine Mischung aus Schnee und Wasser zu einer flüssigen Wasserpflütze.

? Zeichne nun für jeden Aggregatzustand das Teilchenmodell ein, beschrifte die Pfeile und gebe ihnen Richtungen!
Seite 9



? Bei etwa welcher Temperatur wird es gasförmig? Bei welcher Temperatur fest?
Seite 9

Wasser | 100 °C | 0 °C

? Ergänze die fehlenden Eigenschaften in der Tabelle!
Seite 10

Ordnung der Teilchen

regelmäßige Anordnung | unregelmäßig | völlig ungeordnet

Abstand zwischen den Teilchen

Teilchen berühren sich | Teilchen berühren sich | Abstand sehr groß

Teilchenbewegung

Teilchen schwingen auf ihren Plätzen | Teilchen wechseln Plätzen | sehr schnell, ständige Zusammenstöße



Langsames Pumpen mit der Luftpumpe. Spürst du etwas?
Seite 15

Man spürt nichts besonders Auffälliges.



Nun schiebe die Luftpumpe mehrmals heftig und schnell zusammen. Wie fühlt sich das an?
Seite 15

Die Luftpumpe erwärmt sich.



Wie sehen die verschiedenen Zustände aus?
Seite 19

Im gasförmigen Zustand haben die Teilchen großen Abstand voneinander und fliegen fast frei herum.

Im flüssigen Zustand sind die Teilchen dicht beieinander und umtänzeln sich in schnellen Bewegungen.

Im festen Zustand sind die Teilchen auch dicht gepackt, aber in einer Gitterstruktur angeordnet, so dass sie sich nur noch wenig bewegen können.



Was passiert, wenn ihr den Simulator mit 300 oder 1000 Teilchen verwendet?
Seite 19

Berücksichtigt man mehr Teilchen, wird die Simulation sehr viel langsamer (quadratisch!).



Wozu sind Simulationen gut?
Seite 21

Um Systeme zu untersuchen, die für die theoretische Physik zu kompliziert sind, oder die man experimentell nicht mehr untersuchen kann. Dazu zählen sehr große, kleine, heiße oder kalte Systeme, aber auch Alltägliches. Simulationen sind gut geeignet, um die aufklaffende Lücke zwischen Theorie und Experiment zu überbrücken.

A series of 20 horizontal dotted lines spanning the width of the page, providing a guide for handwriting practice.

Literatur- und Bildnachweise

Literatur

BdW-online zur Printausgabe,
1/2011, S. 87, Autor: Beutelspacher.

Blitzgescheit! Neue Experimente.
Für Kinder ab 8 Jahren Bosch, Gerald 2008,
Gondolino, Taschenbuch.

Chemie heute für SI, Schrödel-Verlag.

[http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/
temperatur-und-teilchenmodell#Teilchenmodell](http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/temperatur-und-teilchenmodell#Teilchenmodell).

[http://physik-in-schule-und-alltag.de/
ZT_Avogadrozahl_Physik_Unterricht_Atomphysik.pdf](http://physik-in-schule-und-alltag.de/ZT_Avogadrozahl_Physik_Unterricht_Atomphysik.pdf).

Bilder

Seite 14 | Membran-Knatterboot Foto
[http://www.leufke-spielwaren.de/Blechspielzeug/Fahrzeuge/auf-dem-Wasser/
Kerzenboot-Pop-Pop-Boot-Classic-Welby-Blech-Blechspielzeug.html](http://www.leufke-spielwaren.de/Blechspielzeug/Fahrzeuge/auf-dem-Wasser/Kerzenboot-Pop-Pop-Boot-Classic-Welby-Blech-Blechspielzeug.html) .

Seite 14 | Membran-Knatterboot Skizze
http://www.klangspiel.ch/boat_common.

Seite 16 | Feuerpumpe
http://survival-mediawiki.de/dewiki/index.php/Fire_Piston
aus „Naturkräfte und Naturgewalten“
Carl Gottfried Wilhelm Vollmer, Berlin 1857.

