

Teilchenmodell

Didaktische Analyse von OStR Ernst Hollweck und StD Rainer Hoff

Zusammenfassung

Dieser Artikel zeigt, wie das in Physik und Chemie zu behandelnde Themengebiet „Teilchenmodell“ in einer fächerübergreifenden Einheit behandelt werden kann. Dabei simulieren die Schülerinnen und Schüler am PC die Aggregatzustände im Teilchenmodell, danach führen sie Versuche zur Vermischung eines Stoffs mit Wasser durch und erklären die Ergebnisse anhand von Kugeln und dokumentieren ihre Ergebnisse.

Schlagwörter: Teilchenmodell, Aggregatzustände, Simulation am PC, Teilchenbewegung

Sachanalyse

Viele Phänomene der Natur, wie z.B. stoffliche Eigenschaften, die Aggregatzustände, einfache dynamische Prozesse der Wärmelehre u.v.m. lassen sich mit einem einfachen Modell gut beschreiben und erklären. Dies ist das Teilchenmodell, das sowohl in der Chemie als auch in der Physik der 8. Jahrgangsstufe behandelt wird.

Als erstes, schlichtes Modell schlägt das Teilchenmodell die Brücke von den direkt zugänglichen Beobachtungen der physikalischen und chemischen Versuche zu den komplexen und symbolischen Modellvorstellungen moderner Chemie und Physik, ohne dabei die dabei zugrunde liegenden elektrochemischen oder quantenmechanischen Vorgänge zu benötigen.

Das Ziel dieser Unterrichtssequenz ist, einige Beobachtungen der stofflichen Ebene mit den Erklärungsmöglichkeiten der Teilchenebene zu verknüpfen. Dabei soll auch der abstrakte Begriff der inneren Energie als besondere Form der schon bekannten mechanischen Energien wiedererkannt werden.

Der thematische Aufhänger der „Mission2Mars“ bietet die Möglichkeit einerseits motivierender Aufgabenstellungen und andererseits die Möglichkeit das Teilchenmodell auch an extremeren äußeren Bedingungen in seiner Gültigkeit zu überprüfen.

Hinweis zur Verwendung des Begriffs *Diffusion*

Der Begriff der Diffusion als ungerichtete, zufällige Teilchenbewegung aufgrund der thermischen Energie der Teilchen wird oft bei Erklärungen verschiedener Phänomene verwendet. Auch bei dem in dieser Unterrichtssequenz beobachteten teilweisen Durchmischung des roten Teefarbstoffes und Wasser scheint auf den ersten Blick die Diffusion eine mögliche Erklärung der Versuchsergebnisse zu liefern. Tatsächlich zeigen aber Modellrechnungen, wie sie z.B. von Albert Einstein 1905 durchgeführt wurden [3], dass die in einer Minute erzielte Diffusionsstrecke nur einige Mikrometer ausmacht.

Der beobachtete Transportmechanismus dürfte also eher die Konvektion in der Flüssigkeit und nie ganz abzustellende „großräumige“ Flüssigkeitsbewegungen sein (gerade bei fast Siedetemperatur). Zwischen 0°C und 30°C müsste die Konvektion in Wasser fast gleich groß sein, so dass hier zusätzlich unterschiedliche Lösungsgeschwindigkeiten aufgrund der Temperatur ausschlaggebend sein dürften.

Die in dieser Unterrichtssequenz vorgeschlagene Modellierung durch Teilchenbewegung reduziert den doch sehr komplexen wissenschaftlichen Hintergrund didaktisch ganz bewusst, um den Schülerinnen und Schülern einen ersten Zugang zum Teilchenmodell in einem anschaulichen Experiment zu ermöglichen. Fasst man den Begriff Teilchenbewegung etwas weiter, so sind auch unterschiedliche Konvektionsströmungen damit „erklärbar“, wohl wissend, dass die Zufälligkeit deutlich reduziert ist. Weitere gute Hinweise findet man auch unter [4].

In der Variante 2 des 2. Arbeitsblattes wird den guten Schülerinnen und Schülern eine Aufgabe gestellt, in der sie die Originalrechnung von Albert Einstein nachvollziehen sollen und das Ergebnis mit ihren Beobachtungen vergleichen können.

Didaktische Analyse

Lehrplanbezug

Die Lehrpläne der 8. Jahrgangsstufe in Physik und in Chemie (NTG) sehen beide das Teilchenmodell explizit vor:

Chemie:

Bereits in der Präambel des Chemielehrplans wird beim zu erwerbenden Grundwissen ausdrücklich auf wichtige Aussagen des Teilchenmodells verwiesen. Im Kapitel „8.1 Stoffe und Reaktionen“ wird implizit auf das Teilchenmodell im allgemeinen Teil (Unterscheidung Stoff- und Teilchenebene) und bei den Einzelpunkten bei Stoffeigenschaften eingegangen. Hier wird ein Thema aus dem Lehrplan Natur und Technik der 5. Jahrgangsstufe des (Naturwissenschaftliches Arbeiten) wieder aufgegriffen.

Physik:

Nahezu alle Inhalte des Kapitels „8.2 Aufbau der Materie und Wärmelehre“ beruhen in ihren Erklärungsansätzen auf dem Teilchenmodell. Daher ist dieses auch als erster Inhalt des Kapitels explizit vorgesehen. Anknüpfungspunkte bietet es dann bei den Inhalten Aggregatzustände und ihre Veränderungen, Temperatur, Innere Energie und Volumenänderungen, zudem noch bei den Inhalten des Themas Druck des Profilbereichs.

Lernziele

Die geplante Unterrichtseinheit verfolgt folgende Lernziele.

Projektbezogene Lernziele

Die Schüler sollen erstmals die äußeren Bedingungen der Marsatmosphäre (Temperatur, Druck, Zusammensetzung) kennen lernen. Dabei sehen sie, dass eine direkte Bewohnbarkeit des Mars für höher entwickelte Lebensformen so nicht gegeben ist. Erst ein langwieriger „Terraforming“-Prozess könnte die Bedingungen verbessern helfen. Gleichzeitig erkennen die Schüler, welche technischen Herausforderungen der Aufbau einer Marsstation hätte.

Fachspezifische Lernziele

Die Schüler sollen ...

- ... die drei grundlegenden Aggregatzustände kennen und im Teilchenmodell beschreiben können,
- ... die Übergänge zwischen den Aggregatzuständen namentlich benennen können und erklären können, welche Vorgänge im Teilchenmodell zu diesen Veränderungen führen,
- ... die Veränderung der Temperatur und der Aggregatzustände mit veränderten Kräften zwischen den Teilchen und veränderten Energien der Teilchen beschreiben können.
- ... die hier relevante, innere Energie als Summe von kinetischer und potenzieller Energie der Teilchen wiedererkennen.

Überfachliche Lernziele

Die Schüler sollen ...

- ... mit einer Simulationssoftware, Situationen des Teilchenmodells nachstellen und Informationen über das System entnehmen können,
- ... ein vorgegebenes Experiment durchführen, auswerten und dokumentieren können,
- ... mithilfe verschiedener Kugeln die Beobachtungen der Experimente im Teilchenmodell nachstellen und erklären können,
- ... das Teilchenmodell zur Erklärung eines Demonstrationsversuchs heranziehen und schriftlich ausformulieren.

Kompetenzen



Materialbedarf

Für die Unterrichtseinheit 1:

- Unterrichtsraum mit mindestens 1 PC pro zwei Schüler
- kostenlose Simulationssoftware „Aggregatzustände“ von PhET:
<http://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics> (benötigt Java)
- Arbeitsblatt 1 für die Schüler
- Ein foliertes und ausgefülltes Arbeitsblatt 1 zur Kontrolle

Für die Unterrichtseinheit 2:

- Arbeitsblatt 2 für die Schüler
- Chemie-Übungs-Raum mit Schutzmänteln und Schutzbrillen,
- Heizplatten, Bechergläser, Schutzunterlagen,
- Hagebutten-Teebeutel, Eiswürfel, Wasser
- Thermometer, Stoppuhren,
- je 50 Metallkugeln ($d = 20$ mm) und je 30 rote Holzkugeln ($d = 40$ mm) pro Arbeitsgruppe,
- ca. DinA4 großes Stück Fleece-Stoff o.ä. als Unterlage für die Kugeln,
- Digitalkameras bzw. Handykameras für die Dokumentation,
- Laptop o.ä. mit Bluetooth und angeschlossenem Farbdrucker,
- DinA3- oder DinA2-Papier für die Dokumentation

Vorbereitende Arbeiten

Vor den beiden Unterrichtseinheiten müssen die jeweiligen Materialien (vgl. oben) hergerichtet werden und die jeweiligen Arbeitsblätter kopiert werden.

Unterrichtssequenz

Die beiden Unterrichtseinheiten waren ursprünglich auf eine Einfach- (Unterrichtseinheit 1) und eine Doppelstunde (Unterrichtseinheit 2) ausgelegt, die jeweils von der Physik- und der Chemielehrkraft gemeinsam betreut werden. Während der Erprobung dieser Einheit hat sich herausgestellt, dass die Schüler für die Gestaltung der Auswertung auf den Plakaten deutlich mehr Zeit brauchen, wodurch die zweite Einheit auf eine weitere Einfachstunde ausgeweitet wurde.

In beiden Unterrichtseinheiten arbeiten die Schüler, von kurzen lehrerzentrierten Einführungen abgesehen, in Zweiergruppen zusammen. Bei zu wenig vorhandenem Arbeitsmaterial kann die Gruppenstärke problemlos auf vier erhöht werden. Der Einsatz der Simulationssoftware bezüglich des Gases Argon ist empfehlenswert, da zum einen Argon im Gegensatz zu dem beliebten Versuchsobjekt Wasser keine Dichteanomalie aufweist und zum anderen die Molekularbewegung so am besten simuliert werden kann [7].

Unterrichtseinheit 1

Einführung (5 Minuten)

Die Lehrkraft gibt einen Themenimpuls im Hinblick auf die Marsmission und weist die Klasse kurz in die Bedienung des Computerprogramms „States of matter“ ein. Die Lehrkraft ist nach dem Impulsvortrag lediglich beobachtend im Hinblick auf die Arbeitsprozesse der SuS tätig.



Arbeitsphase (30 Minuten)

Die Schülerinnen und Schüler (SuS) erhalten die Unterlagen des Arbeitsblattes 1, bilden Zweierteams und arbeiten partnerschaftlich die Arbeitsaufträge ab. Hierbei bringen sie sich selbst anhand des Infomaterials und der Computersimulation die Fachinhalte und Kompetenzen bei.



Diskussionsphase (10 Minuten)

In dem finalen Teil der Stunde können sich die SuS einen folierten Lösungsvorschlag am Lehrerpult zum Gegenlesen abholen. Das Team diskutiert seine Ergebnisse, v.a. im Hinblick auf die offene Fragenstellung bezüglich des Lebens auf dem Mars.

Unterrichtseinheit 2

Doppelstunde

Einführung:

Zu Beginn der Doppelstunde wiederholen die Schüler gemeinsam die Inhalte in der ersten Einheit und sehen sie in der vorgeführten kurzen Präsentation kurz zusammengefasst. Aufbauend auf den schon simulierten Teilchenvorstellungen erklärt die Lehrkraft den Zusammenhang zwischen Aggregatzuständen bzw. Temperatur und den Teilchenkräften bzw. den Energien.

Experiment:

Die Schüler erhalten nun das Arbeitsblatt, welches sie sich zuerst durchlesen. Anschließend können sie sich die nötigen Materialien holen und mit den Experimenten beginnen: Bei drei verschiedenen Temperaturen (ca. 0°C, 30°C und ca. 100°C) lassen die Schüler einen Hagebuttenteebeutel eine Minute in 150ml Wasser ziehen.



Ab diesem Zeitpunkt ist die Verwendung von Handykameras zu Dokumentationszwecken erlaubt. Die Schüler halten Teilergebnisse auf der Rückseite des Arbeitsblattes fest, welches sie später zu ihren Unterlagen heften und somit eine dauerhafte Dokumentation behalten.

Modellierung:

Nach Beendigung der Versuche erhalten die Schüler im Austausch für die aufgeräumten Materialien die Kugeln und ein Stück Stoff als Unterlage. Der Stoff ermöglicht es den Schülern, die Kugeln auf den Tischen so zu platzieren, dass sie nicht ständig wegrollen. Zur Sicherheit legen sie auf allen vier Seiten Schulbücher um den Stoff, um den unerwünschten Verlust der Kugeln zu verhindern.

Mithilfe der Metallkugeln (Wasser) und der roten Holzperlen (Hagebuttentee) legen die Schüler die beobachtete Situation im Teilchenmodell nach und dokumentieren dies auch mit ihren Handykameras.

Dokumentation:

Die Schüler fassen ihre Ergebnisse in Form einer Auswertung auf einem DinA3- oder DinA2-Plakat zusammen. Dabei können sie auf die ihnen schon aus anderen Übungen aus der Physik und der Chemie bekannte Gliederung *Thema-Beschreibung-Aufbau-Durchführung-Ergebnisse-Auswertung-Ausblick* zurückgreifen.

Während ein Teil der Gruppe zeichnet bzw. schreibt kann sich der andere Teil beim Lehrer die aufgenommenen Bilder über Bluetooth auf einem Farbdrucker ausdrucken lassen, so dass die Versuchs- und Simulationsergebnisse unmittelbar zur Verfügung stehen.

Einfachstunde

Fortsetzung Dokumentation:

Die Schüler vervollständigen in der nächsten Stunde ihre Dokumentationen. Für schnell arbeitende Schüler bietet sich noch die Möglichkeit eine Zusatzaufgabe auf dem Arbeitsblatt zu beantworten. Die Dokumentationen werden für die Leistungsmessung abgegeben.

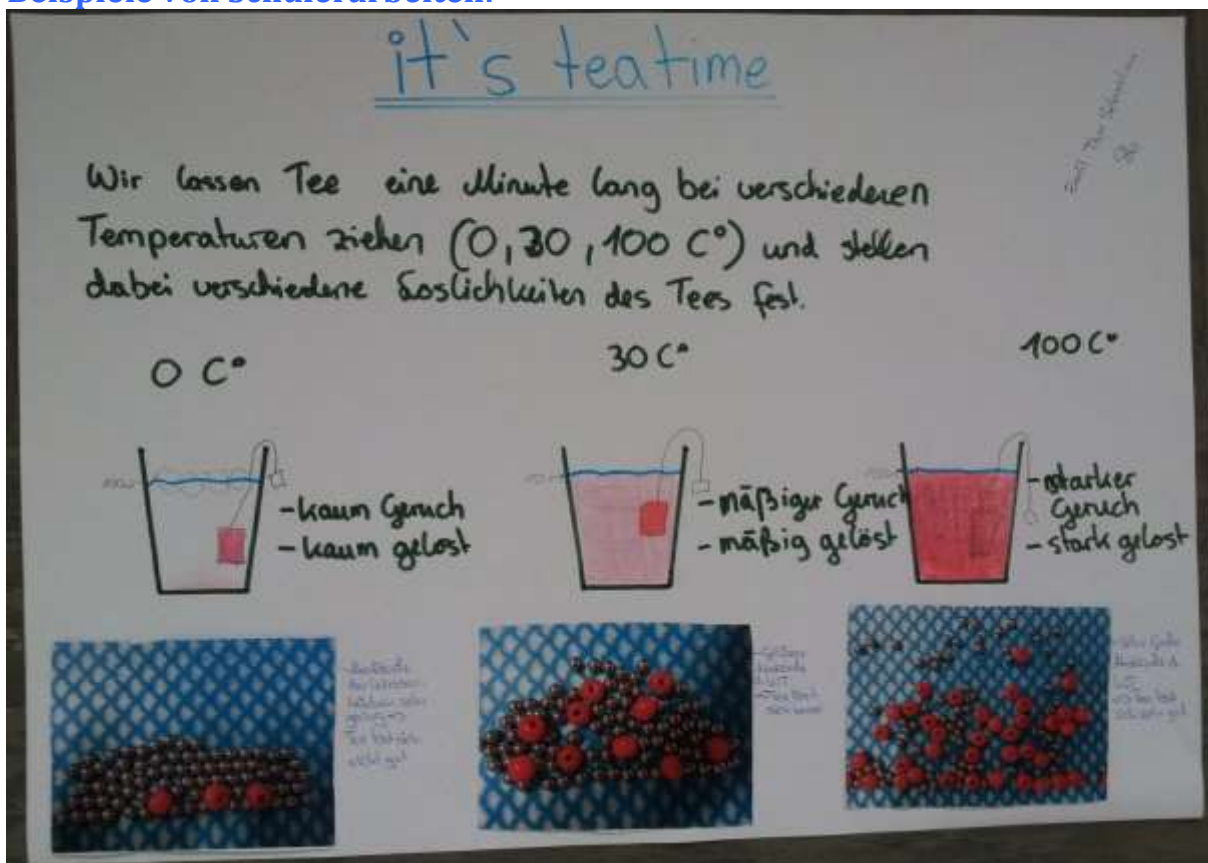
Abschlussversuch:

Zum Ende der Einheit werden von der Lehrkraft für ein Demonstrationsexperiment in einer leeren Getränkedose zwei Milliliter Leitungswasser mittels Tiegelzange und Gasbrenner verdampft. Dann wird die Getränkedose schnell kopfüber in einen mit Wasser gefüllten Aquariumsbehälter gegeben. Die SuS können ein ruckartiges Zusammenziehen der Getränkedose beobachten. In ihrem Team stellen nun die SuS diese Beobachtung auf der Stoffebene in Beziehung mit ihrem erlangten Wissen bezüglich der Teilchenebene. Sie können in einem abschließenden Unterrichtsgespräch den Verlauf des Versuches erklären.

Möglichkeiten zur Evaluation/Leistungsmessung


Das Lehrerteam sortiert die erstellten Plakate grob nach fachlichem Inhalt, fachlicher Korrektheit und Design in drei Qualitätsgruppen. Anschließend wird jede Dokumentation genau analysiert und im Binnenvergleich die Benotung durchgeführt. Hierbei ergab sich in der Versuchsklasse ein Notenspektrum von sehr gut bis gerade noch befriedigend.

Beispiele von Schülerarbeiten:



TEE-EXPERIMENT

0°C




1. Beschreibung

- Wasser ist mit 0°C im Kühlschrank
- Teebeutel mit Wasser in 0°C
- Wasser ist im Kühlschrank
- kein Zucker

2. Ergebnisse


- Tee ist sehr weißlich
- Teebeutel ist sehr schwer
- Tee ist sehr süßlich



Kupferblech

- keine Veränderung
- kein Zucker
- Tee ist süßlich

30°C




1. Beschreibung

- Wasser ist mit 30°C im Kühlschrank
- Teebeutel mit Wasser in 30°C
- Wasser ist im Kühlschrank
- kein Zucker

2. Ergebnisse


- Tee ist sehr weißlich
- Teebeutel ist sehr schwer
- Tee ist sehr süßlich



Kupferblech

- keine Veränderung
- kein Zucker
- Tee ist süßlich

100°C




1. Beschreibung

- Wasser ist mit 100°C im Kühlschrank
- Teebeutel mit Wasser in 100°C
- Wasser ist im Kühlschrank
- kein Zucker

2. Ergebnisse

- Tee ist sehr weißlich
- Teebeutel ist sehr schwer
- Tee ist sehr süßlich



Kupferblech

- keine Veränderung
- kein Zucker
- Tee ist süßlich

von: Hannah Schäfer, Doreen Winkler, Julia Probst

TEE EXPERIMENT

1. Beschreibung:

In dem Experiment wird Kupferblech in Wasser bei verschiedenen Temperaturen untersucht.

2. Durchführung:


Wir haben je 60ml Wasser in 3 Bechergläser gefüllt und eins auf 0°C, eins auf 30°C und eins auf 100°C erhitzt bzw. abgekühlt, dann die Bechergläser mit dem Teebeutel gefüllt lassen.

3. Ergebnis

Tee schmeckt nur mit heißem Wasser.


0°C

- Tee ist weißlich
- Teebeutel ist sehr schwer
- Tee ist sehr süßlich
- Teebeutel ist sehr schwer
- Tee ist sehr süßlich




30°C




- Tee ist weißlich
- Teebeutel ist sehr schwer
- Tee ist sehr süßlich
- Teebeutel ist sehr schwer
- Tee ist sehr süßlich



100°C

- Tee ist weißlich
- Teebeutel ist sehr schwer
- Tee ist sehr süßlich
- Teebeutel ist sehr schwer
- Tee ist sehr süßlich



David Herrmann, Kayra Baur

Literaturverzeichnis

- [1] ISB Bayern: Physik Jgst. 8 - Lehrplan für das Gymnasium in Bayern. Bayrisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus. München (2009).
- [2] Simulationssoftware der Universität of Colorado:
<http://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics>
- [3] Albert Einstein: „Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen“ 1905:
http://www.physik.uni-augsburg.de/annalen/history/einstein-papers/1905_17_549-560.pdf
- [4] Lehrerfortbildung zum Thema „Brown’sche Bewegung und Diffusion“:
<http://www.mevis-research.de/~richard/lehrerakademie2012/slides-richard.pdf>
- [5] ISB Bayern: Chemie Jgst. 8 - Lehrplan für das Gymnasium in Bayern. Bayrisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus. München (2009).
- [6] ISB Bayern: NuT Jgst. 5 - Lehrplan für das Gymnasium in Bayern. Bayrisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus. München (2009).
- [7] Pfeifer et al., Konkrete Fachdidaktik Chemie, Oldenbourg Verlag, 1992, pp. 328

Anschrift der Verfasser:

OStR Ernst Hollweck
Fachbetreuer Chemie
Ludwig-Thoma-Gymnasium
Seestraße 25
83209 Prien

StD Rainer Hoff
Mitarbeiter in der Schulleitung
Ludwig-Thoma-Gymnasium
Seestraße 25
83209 Prien