

Unterrichtskonzept zum Themenbereich Wasser (NT 5.1.2)

Lehrplanbezug

Beim Themenbereich „Wasser“ sollen die Schülerinnen und Schüler die drei Aggregatzustände von Wasser kennen lernen und eine Vorstellung verinnerlichen, die mit dem Teilchenmodell verträglich ist. Auch die Vorgänge des Schmelzens und Siedens sollen auf einfachem Niveau mit dem Teilchenmodell erklärt werden können. Die Vorstellung, dass eine Temperaturerhöhung einen Zuwachs an Bewegungsenergie der beteiligten Teilchen bedeutet, soll angelegt werden. Da der Begriff Bewegungsenergie für die Kinder zu abstrakt ist, können – da es sich stets um Wasserteilchen handelt – die Begriffe „langsame Teilchen“ und „schnelle Teilchen“ verwendet werden. Um bei einer einfachen Beschreibung der Verhältnisse bleiben zu können, werden bei den im Folgenden verwendeten Modellen die Teilchen als kugelsymmetrische Objekte dargestellt, was bei Wassermolekülen in Wirklichkeit nicht zutrifft.

1 Fester Aggregatzustand

Die Wasserteilchen haben in einem Gitter einen festen Platz; sie bilden einen Kristall und sind stark aneinander gebunden. Diese Anziehungskräfte werden oft durch Federn zwischen den Teilchen dargestellt. Das Modell veranschaulicht auch, dass die Teilchen innerhalb bestimmter Grenzen hin und her schwingen können. Je wärmer das Eis (oder jeder andere Kristall) ist, desto stärker schwingen die Teilchen – in unserem Fall die Wasserteilchen – hin und her.

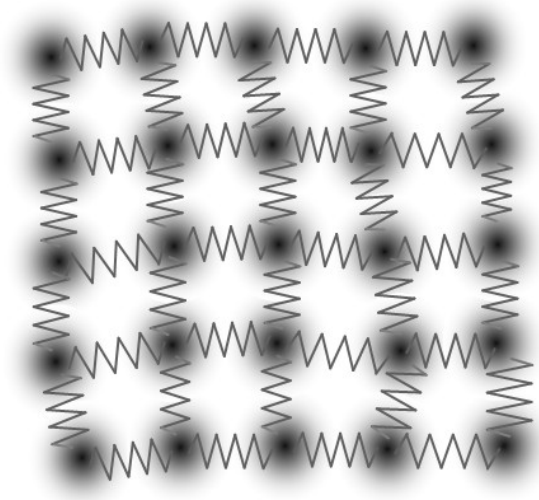


Abb. 1: fester Aggregatzustand

2 Flüssiger Aggregatzustand

Wird Eis erwärmt, so beginnen die Teilchen stärker und stärker zu schwingen, bis an manchen Stellen die Anziehungskräfte überwunden werden. In unserem Modell bedeutet dies, dass die Federn reißen. An diesen Stellen findet sich dann nur eine deutlich schwächere Anziehungskraft, die die Wasserteilchen zwar noch aneinander bindet, doch sind die Teilchen jetzt gegeneinander verschiebbar. Das Wasser ist flüssig.

Der flüssige Aggregatzustand ist durch Bilder nur schwer darzustellen, denn die Teilchen sind zwar einerseits unmittelbar benachbart, was sich in der Inkompressibilität von Flüssigkeiten äußert, andererseits lassen sich die Teilchen leicht gegeneinander verschieben, d. h. sie tauschen ihre Plätze.

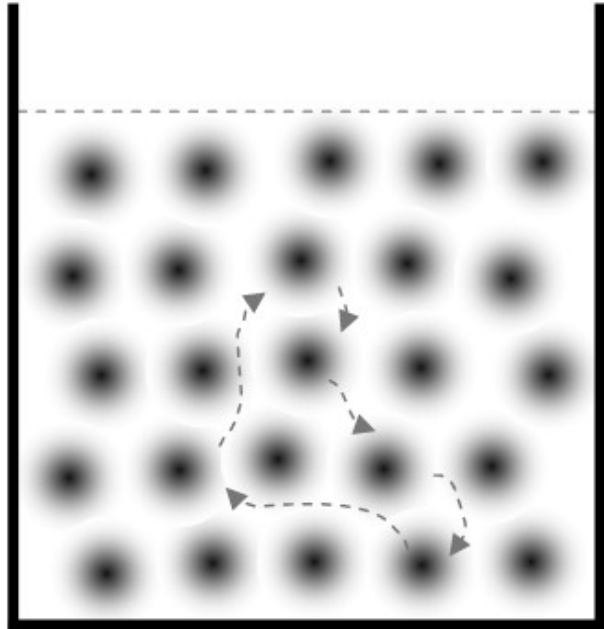


Abb. 2: flüssiger Aggregatzustand

3 Gasförmiger Aggregatzustand

Bei noch stärkerer Erwärmung werden auch die schwächeren Bindungen aufgebrochen und die Teilchen nehmen einen sehr großen Abstand zu ihren Nachbarn ein. Sie können sich nun frei bewegen – das Wasser ist gasförmig. Ein sehr geeignetes Modell für diesen Aggregatzustand ist das „Mückenschwarmmodell“, in dem sich die Teilchen im Wesentlichen ohne Wechselwirkung bewegen – nur selten kommt es zu einem Stoß.

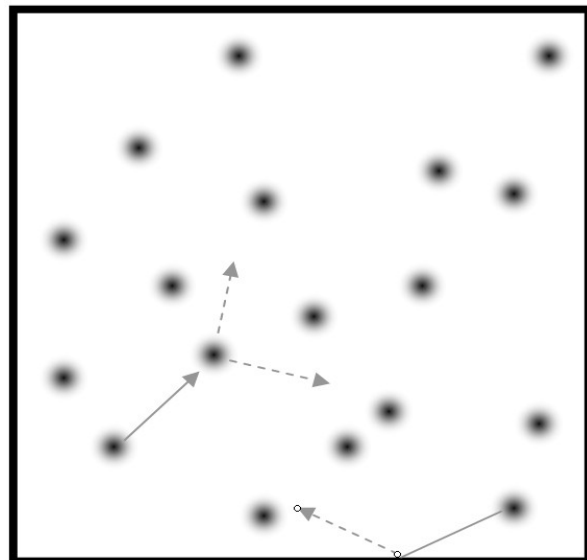


Abb. 3: gasförmiger Aggregatzustand

Versuch: Temperaturverlauf bei der Erwärmung von Eiswasser

Material: Herdplatte
Becherglas oder Topf
Thermometer
Löffel
Eiswürfel
Wasser

Aufbau:

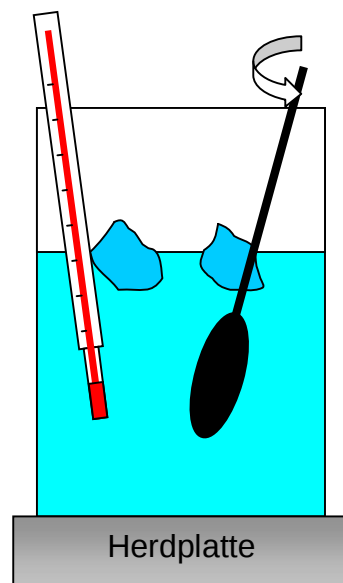


Abb. 4: Erwärmung von Eiswasser

Versuchsablauf:

Es werden so viele Eiswürfel in kaltes Wasser gegeben, bis das Eiswasser eine Temperatur von $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ hat und noch Eis im Wasser schwimmt. Das Gemisch kann mithilfe einer Herdplatte, eines Tauchsieders oder eines Gasbrenners erwärmt werden. Soll das Experiment als Schülerexperiment durchgeführt werden, ist auf eine strikte Einhaltung der Sicherheitsrichtlinien zu achten (Verbrennungsgefahr bzw. Verbrühungsgefahr!). Wichtig ist, dass während des gesamten Versuchs das (Eis-) Wasser sorgfältig gerührt wird und die Messung nicht direkt am Gefäßboden stattfindet.

Beobachtung:

Wird dem Eiswasser Wärme zugeführt, so erhöht sich die Temperatur zunächst nicht. Die **Schmelztemperatur** wird erst überschritten, wenn (im Idealfall) das letzte Eisstückchen geschmolzen ist. Erst danach steigt die Temperatur an. Hat das Wasser schließlich eine Temperatur von ca. $97\text{ }^{\circ}\text{C}$ erreicht (ein Hinweis, dass die Siedetemperatur druckabhängig ist und nur bei einem Umgebungsdruck von 1013 hPa bei

100 °C liegt, kann hier gegeben werden), so erfolgt abermals keine Temperaturerhöhung, bis das gesamte Wasser verdampft ist – die **Siedetemperatur** ist erreicht. Ein zugehöriges Zeit-Temperatur-Diagramm könnte so aussehen:

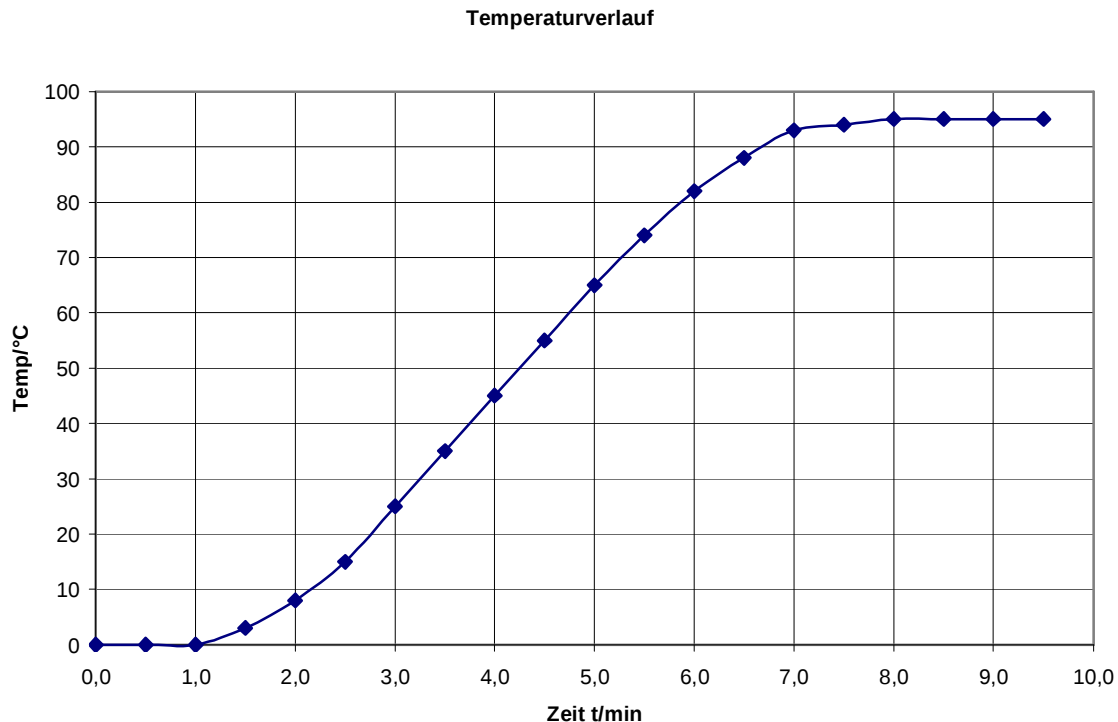


Abb. 5: Zeit-Temperatur-Diagramm für die Erwärmung von Eiswasser

Die während des Schmelzens zugeführte Wärme führt nicht zu einer Temperaturerhöhung, sondern dazu, dass Eis von 0 °C in Wasser von 0 °C verwandelt wird. Dabei werden in unserem Modell die Wasserteilchen zu so starken Schwingungen angeregt, dass die Federn reißen. Ebenso wird während des Siedens flüssiges Wasser ohne Temperaturerhöhung in Wasserdampf verwandelt.

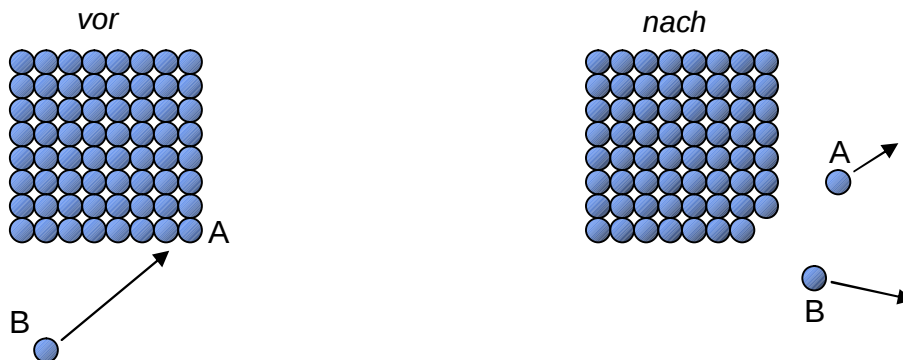
Eine weiterführende Erklärung im Teilchenmodell, auf die in der 5. Jahrgangsstufe verzichtet werden kann, erfolgt über die Bewegung der beteiligten Teilchen.

Schmelzen:

Die Teilchen A und B haben auf Grund der gleichen Temperatur von Festkörper und Flüssigkeit im Mittel die gleiche Geschwindigkeit. Wird das im Festkörper gebundene Teilchen A durch das Teilchen B des flüssigen Aggregatzustands herausgeschlagen, so wird dabei ein Teil der vorhandenen Bewegungsenergie verwendet, um Teilchen A vom Kristall abzulösen, so dass die beiden Teilchen nach dem Stoß im Mittel eine geringere kinetische Energie haben, als vor dem Stoß. Durch das Herausschlagen sinkt demnach die Temperatur lokal, was aber durch Heizen wieder ausgeglichen wird. Die Teilchen der Flüssigkeit werden im Mittel wieder schneller, bis sie abermals Teilchen aus dem Festkörper heraus schlagen können, wodurch sie im Mittel wieder langsamer werden. Wird immer gut umgerührt, wiederholt sich dieser Vorgang bis alle Teilchen im flüssigen Aggregatzustand vorliegen. Damit erhöht sich die Tempe-

ratur des Gemischs trotz der Zufuhr von Wärme während des gesamten Schmelzvorgangs nicht.

Bei den angegebenen kinetischen Energien handelt es sich stets um Mittelwerte



$$E_{\text{kin A, vor}} = E_{\text{kin B, vor}}, \text{ da } T_{\text{flüssig, vor}} = T_{\text{fest, vor}}$$

$$E_{\text{kin A, vor}} + E_{\text{kin B, vor}} = E_{\text{kin A, nach}} + E_{\text{kin B, nach}} + E_{\text{Bindung}}$$

$$\rightarrow E_{\text{kin A, vor}} + E_{\text{kin B, vor}} > E_{\text{kin A, nach}} + E_{\text{kin B, nach}}$$

die mittlere kinetische Energie sinkt → die Temperatur sinkt

Abb. 6: Schmelzen im Teilchenbild

Sieden:

Wird einer Flüssigkeit Wärme zugeführt, steigt zunächst die Temperatur an. Ab einem bestimmten Punkt bilden sich innerhalb der Flüssigkeit Gasblasen, die nach oben steigen – der Siedepunkt ist erreicht.

Beim Erwärmen werden die Teilchen im Mittel schneller, d. h. der Anteil der schnelleren Teilchen wächst, der der langsameren sinkt. Trotzdem sind nach wie vor langsame Teilchen vorhanden. Teilchen deren Geschwindigkeit groß genug ist, um die Anziehungskraft zwischen den Molekülen zu überwinden, gehen in die gasförmige Phase über. In den Gasblasen sammeln sich demnach besonders schnelle Teilchen. Durch das Aufsteigen der Gasblasen werden die schnelleren Teilchen der Flüssigkeit entzogen, die im Durchschnitt langsameren Teilchen bleiben zurück, weshalb sich die Temperatur der Flüssigkeit nicht erhöht. Durch weitere Wärmezufuhr wird dieser Prozess aufrechterhalten, so dass die durchschnittliche Geschwindigkeit der Teilchen in der Flüssigkeit nicht ansteigt. Dies bedeutet, dass die Temperatur der Flüssigkeit gleich bleibt, bis das Wasser vollständig verdampft ist.

Zu diesem Themenbereich eignet sich als Visualisierung und Zusammenfassung die folgende Seite im Internet:

http://www.physik.uni-muenchen.de/leifiphysik/web_ph09/grundwissen/07teilchenmodell/teilchenmodell.htm