

## Die Bausteine der Materie

### Ein Unterrichtskonzept für die Sekundarstufe I

Handreichung für Lehrkräfte

#### Einleitung

Das Teilchenmodell zählt im neuen Lehrplan Physik für die Sekundarstufe I zu den zentralen fachlichen Konzepten. Dabei wird betont, dass sich unter der Annahme „Alles besteht aus Teilchen“, das Verhalten von physikalischen Systemen voraussagen lässt. Betrachtet man die im Lehrplan verankerten Kompetenzbereiche genauer, so findet sich das Teilchenmodell vor allem im Bereich „Wetter und Klima“ in der vierten Klasse. Das vorliegende Unterrichtskonzept ist daher als grundlegendes Teilchenmodell für die Thermodynamik im Bereich von „Wetter und Klima“ gedacht.

Ausgehend von der Beobachtung natürlicher Phänomene, anhand des konkreten Beispiels der Kristallstrukturen, werden Schüler:innen mit der Idee des diskreten Aufbaus der Materie vertraut gemacht. Entsprechend der Vorgaben des Lehrplans wird dabei besonders darauf fokussiert, welche Eigenschaften eines physikalischen Systems sich aus dem Verhalten der Teilchen ableiten lässt. Schüler:innen fällt es tendenziell sehr schwer, diese Verbindung herzustellen, weshalb das im Unterricht besonders betont und öfters wiederholt werden muss.

Das Unterrichtskonzept ist das Ergebnis eines mehrjährigen Forschungsprozesses. Anhand von Erkenntnissen aus der Fachdidaktik wurden dabei die zentralen Konzeptideen entwickelt und in insgesamt 60 Einzelinterviews getestet. Durch eine mehrfache Überarbeitung konnte das Konzept schrittweise verbessert und auf Lernschwierigkeiten gezielt eingegangen werden. Als abschließender Schritt wird nun überprüft, ob die Ergebnisse aus den Einzelinterviews sich auch im Unterricht mit einer Klasse reproduzieren lassen.

Für die Mithilfe bei dieser letzten Phase des Forschungsprozesses möchte ich mich sehr herzlich bedanken. Ich wünsche viel Erfolg bei der Umsetzung der Unterrichtsstunden und freue mich über eine kurze Rückmeldung zu den Erfahrungen mit dem Unterrichtskonzept.

Florian Budimaier

## Das Wichtigste auf einen Blick

### Besonderheiten des Unterrichtskonzepts

Das Unterrichtskonzept orientiert sich an Erkenntnissen aus der Physikdidaktik, welche beispielsweise in Schulbüchern bisher kaum berücksichtigt werden. Daraus ergeben sich Unterschiede zum „klassischen“ Unterricht über das Teilchenmodell. Den folgenden vier Aspekten wurde bei der Entwicklung des Unterrichtskonzept besondere Aufmerksamkeit geschenkt:

1. Kristallstrukturen dienen als Ausgangspunkt für den Einstieg in das Teilchenmodell
2. Es wird der Begriff „Bausteine“ statt „Teilchen“ verwendet
3. Betonung der Unterschiede zwischen Eigenschaften der Bausteine und der Gegenstände
4. Bausteine werden nicht mit Kugeln sondern mit Buchstaben dargestellt

### Zentrale Konzeptideen (KI)

Unter Berücksichtigung der soeben genannten besonderen Aspekte, wurde die Struktur der Unterrichtskonzept erarbeitet. Diese ist in sieben zentralen Konzeptideen zusammengefasst. Das Verständnis dieser Konzeptideen stellt die Lernziele für die Schüler:innen dar. Wichtig ist dabei die vorgegebene Reihenfolge, welche anhand der Ergebnisse aus der Interviewstudie festgelegt wurde, beizubehalten.

1. Alles, das man angreifen kann, stellt man sich aus sehr vielen, kleinen, nicht-sichtbaren Bausteinen zusammengesetzt vor.
2. Die Eigenschaften eines Bausteins sind nicht die Eigenschaften des Gegenstands.
3. Die Bindung der Bausteine bestimmt die Eigenschaften des Gegenstands.
4. Die Bewegung der Bausteine bestimmt die Temperatur eines Gegenstands.
5. Am Schmelzpunkt wird die Bindung flexibel und die Struktur der Plätze löst sich auf.
6. Zwischen den Bausteinen ist nichts.
7. Am Siedepunkt trennt sich die Bindung der Bausteine auf und sie entfernen sich voneinander.

### Ablauf

Um das Stundenausmaß auf lediglich vier Unterrichtsstunden zu beschränken, wurden die zentralen Konzeptideen in einer möglichst kompakten Form aufbereitet. Darüber hinaus wird noch jeweils ein Teil einer Unterrichtsstunde vor und nach dem Unterrichtskonzept für einen Fragebogen benötigt. Sämtliche für den Unterricht benötigten Materialien werden zur Verfügung gestellt.



## Besonderheiten des Unterrichtskonzepts

### 1. Kristallstrukturen als Ausgangspunkt für den Einstieg in das Teilchenmodell

Die Ergebnisse der Studie legen nahe, dass Schüler:innen häufig verwendete Experimente zum Teilchenmodell, wie die Beobachtung der Brownschen Molekularbewegung unter dem Mikroskop nicht verstehen. Schüler:innen gelingt es dabei auch in der Sekundarstufe II noch nicht die Beobachtungen aus dem Experiment mit der Vorstellung, dass alles aus Atomen aufgebaut ist zu verknüpfen.

Als Alternative wird daher in diesem Unterrichtskonzept die **Beobachtung von Kristallstrukturen** als Einstieg in das Teilchenmodell verwendet. Die Suche nach einer Erklärung für das Phänomen, dass Kristalle von Natur aus regelmäßige Formen haben wird dabei genutzt, um die Existenz der Bausteine der Materie zu motivieren.

### 2. Bausteine statt Teilchen

Anknüpfend an frühere Forschung wird auf den Begriff „Teilchen“ verzichtet. Dies liegt einerseits an der Mehrdeutigkeit des Begriffs: Teilchen kann auch nur einen kleinen Teil von etwas bezeichnen. Zum Beispiel wäre im alltäglichen Sprachgebrauch auch ein Staub- oder Salzkorn ein Teilchen. Des Weiteren legt der Begriff die Idee des Atoms als „letztes Teilungsstück“ nahe. Dies führt aber eher zu Lernendenvorstellungen, wie der Übertragung von makroskopischen Eigenschaften auf Atome und Moleküle. Daher wird vom Atom als „ersten Aufbaustein“ ausgegangen und Atome, Moleküle und Ionen gleichermaßen als Bausteine bezeichnet.

### 3. Betonung der Unterschiede zwischen Eigenschaften der Bausteine und der Gegenstände

Eine der häufigsten Vorstellungen von Schüler:innen zum Teilchenmodell ist, dass die Bausteine der Materie dieselben Eigenschaften haben, wie die Gegenstände, die aus ihnen aufgebaut werden. Daher werden die unterschiedlichen Eigenschaften der Bausteine und der Gegenstände besonders in den Fokus gestellt und durchgehend betont. Dabei ist es auch wichtig, sprachlich konsistent zu sein. Es sollte nie von Bausteinen höherer Temperatur oder wärmeren Bausteinen gesprochen werden, sondern nur von schnelleren Bausteinen. Auch verdampfen die Bausteine nicht. Sondern: sie lösen die Bindungen zu anderen Bausteinen aufgrund ihrer schnelleren Bewegung.

### 4. Darstellung der Bausteine mit Buchstaben

Wie bereits erwähnt tendieren Schüler:innen dazu den Bausteinen Eigenschaften wie Farbe, Temperatur oder Form zu verleihen. Dies wird häufig noch durch die Art der Darstellungen von Bausteinen in Lehrbüchern verstärkt. Meistens werden diese als verschiedenfarbige Kugeln dargestellt, wobei die Farbe beispielsweise das Element oder auch die Temperatur angibt. Um derartige Vorstellungen nicht weiter zu fördern, wird in diesem Unterrichtskonzept auf typografische Darstellungen zurückgegriffen, die bereits aus der Elementarteilchenphysik bekannt sind. Atome werden durch das Elementsymbol (z.B. Fe für Eisen), Moleküle durch ihre Summenformel (z.B.  $H_2O$  für Wasser) dargestellt. Diese Darstellung wurde auch bei der Herstellung von 3D-gedruckten Modellen genutzt.

## Übersicht der zentralen Konzeptideen

1. **Alles, das man angreifen kann, stellt man sich aus sehr vielen, kleinen, nicht-sichtbaren Bausteinen zusammengesetzt vor.**

Ausgangspunkt für das Unterrichtskonzept ist die Beobachtung, dass die meisten Dinge in der Natur eher unregelmäßige Formen haben, es aber auch vereinzelt Dinge mit einer sehr regelmäßigen Form gibt. Kristalle sind Materialien mit sehr regelmäßigen Formen, die in der Natur vorkommen. So sind die Salzkristalle beispielsweise rechteckig und Schneekristalle haben immer eine sechseckige Form bzw. bilden sechs Zacken aus.

**Beispiel 1:** <https://www.youtube.com/watch?v=ZTG8FCJZL3M> (00:00 – 00:50)

Salzwasser wird unter ein Mikroskop gegeben und gewartet, bis das Wasser verdunstet ist. Betrachtet man die Videoaufnahme im Zeitraffer, so erkennt man, dass sich scheinbar von selbst rechteckige Salzkristalle bilden.

**Beispiel 2:** <http://www.snowcrystals.com/videos/1aMonoMovie.mp4>

Dieses Video zeigt die Entstehung eines Schneekristalls im Labor. Am Rand der Aufnahme sind kleine Wassertropfen zu erkennen, die nach und nach gefrieren. Das Video ist wiederum im Zeitraffer abgespielt. Man erkennt, dass sich scheinbar von selbst die sechs Zacken des Schneekristalls ausbilden.

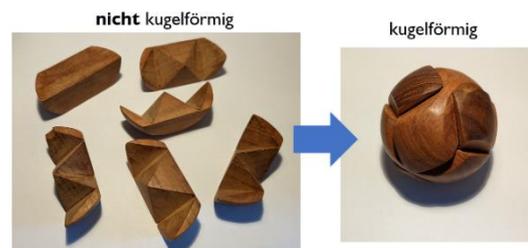
Anhand der Videos wird die Frage aufgegriffen, wie es möglich ist, dass Dinge scheinbar „von selbst“ entstehen. Auch die Form der Kristalle kann auf grundlegende Prinzipien zurückgeführt werden, den nicht-sichtbaren Bausteinen. Nicht-sichtbar bedeutet, dass die Bausteine zu klein sind, um selbst mit einem Mikroskop gesehen zu werden. Klein bedeutet, dass 10 000 000 Bausteine aufgereiht nur 1 mm lang sind. Da diese so klein sind, setzt sich schon ein einziger Wassertropfen aus 100 Trilliarden Bausteinen zusammen.

2. **Die Eigenschaften eines Bausteins sind nicht die Eigenschaften des Gegenstands.**

Aus dem Verhalten der Bausteine können Eigenschaften der Gegenstände, die sich aus diesen Bausteinen zusammen setzen abgeleitet werden. Jedoch machen Schüler:innen dabei oft den Fehler die Eigenschaften der makroskopischen Ebene direkt auf die submikroskopische Ebene zu übertragen. Um dem vorzubeugen, sollte anhand einige Beispiele darauf eingegangen werden, dass die Eigenschaften der Bausteine nicht die Eigenschaften der Gegenstände sind.

**Beispiel 1:**

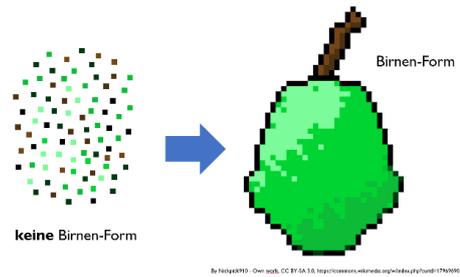
Wenn man dieses Holzpuzzle richtig zusammensetzt ergibt sich die Form einer Kugel. Jedoch sind die einzelnen Bausteine des Puzzles nicht kugelförmig, sondern haben eine ganz andere Form.



2. Unterrichtsstunde

**Beispiel 2:**

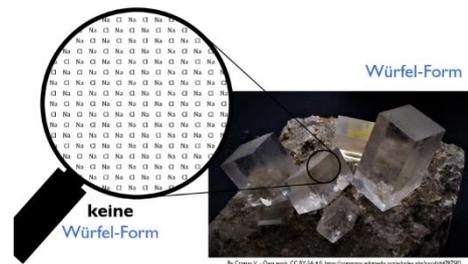
Ein Bild auf einem Display setzt sich aus lauter farbigen Punkten, den Pixeln, zusammen. Wenn man die Pixel richtig zusammen setzt, ergeben sich alle möglichen Formen, wie hier zum Beispiel eine Birne. Ein einzelnes Pixel hat aber nicht die Form einer Birne, sondern ist quadratisch.



Im Anschluss wird die Idee „die Eigenschaften der Bestandteile sind nicht die Eigenschaften des Ganzen“ auf die Bausteine übertragen.

**Beispiel 3:**

Ein Salzkristall setzt sich aus Natrium und Chlor-Bausteinen zusammen. Der Salzkristall ist würfelförmig. Die Bausteine des Salzkristalls sind jedoch nicht würfelförmig. Die Würfelform des Salzkristalls ergibt sich durch die Bindung der Bausteine.



**3. Die Bindung der Bausteine bestimmt die Eigenschaften des Gegenstands.**

Die Bausteine haben andere Eigenschaften als die Gegenstände, die aus ihnen zusammengesetzt sind. Trotzdem bestimmt die Bindung der Bausteine Eigenschaften der Gegenstände. So kann man zum Beispiel die regelmäßige Form von Kristallen oder ihre Festigkeit mit der Bindung der Bausteine erklären.

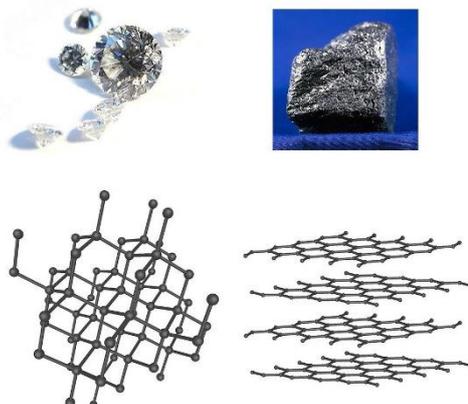
**Beispiel 1:**

Dieses Modell zeigt die Struktur der Bausteine von Salz. Dabei bindet sich immer ein Baustein von Natrium an Bausteine von Chlor. Dadurch dass sie sich sehr regelmäßig aneinander binden entsteht ein würfelförmiges Gitter.



**Beispiel 2:**

Durch unterschiedliche Strukturen bei der Bindung der Bausteine können aus einem Typ von Baustein ganz verschiedene Dinge entstehen. Zum Beispiel entsteht sowohl Diamant als auch Graphit aus Kohlenstoff-Bausteinen. Während Graphit ein weiches Material ist, das man zum Beispiel für Bleistiftminen verwendet, ist Diamant das härteste Material in der Natur. Diese unterschiedlichen Eigenschaften kommen nur durch die Bindung der Bausteine zustande.



2. Unterrichtsstunde

Von User:Itub - Self-made derivative work (see below), CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1755521>

#### 4. Die Bewegung der Bausteine bestimmt die Temperatur eines Gegenstands.

Eine weitere Eigenschaft, die sich auf das Verhalten der Bausteine zurückführen lässt ist die Temperatur. Schüler:innen gehen häufig davon aus, dass sich die Bausteine in einem Festkörper nicht bewegen. Daher ist es wichtig zu betonen, dass auch wenn die Bausteine aneinander gebunden sind, sie sich ständig an ihrem Platz hin- und herbewegen. Die Stärke der Bewegung der Bausteine bestimmt die Temperatur eines Gegenstands.

##### Beispiel:

Auch wenn wir die stärkere Bewegung der Bausteine nicht sehen können, so können wir ihre Auswirkung beobachten. Denn wenn sich die Bausteine mehr bewegen, dann brauchen sie auch mehr Platz. Dazu wird folgender Versuch gezeigt: eine Eisenkugel passt genau durch einen Eisenring. Erhitzt man die Kugel passt sie jedoch nicht mehr durch den Ring. Die Kugel hat sich ausgedehnt, weil die Bausteine sich schneller bewegen und mehr Platz brauchen.

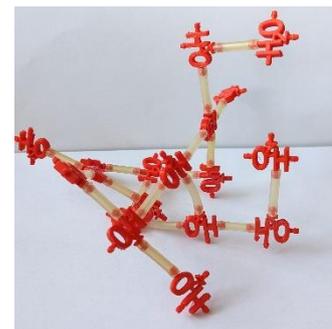


#### 5. Am Schmelzpunkt wird die Bindung flexibel und die Struktur der Plätze löst sich auf.

Bringt man nun die zwei zuvor besprochenen Eigenschaften der Bausteine, nämlich ihre Bindung und ihre Bewegung zusammen, dann kann man damit wieder neue Phänomene erklären. Übersteigt nämlich die Bewegung der Bausteine einen bestimmten Wert, dann beginnt sich ihre regelmäßige Struktur aufzulösen. Entgegen der Vorstellung vieler Schüler:innen ändern sich die Abstände zwischen den Bausteinen dabei aber kaum, sie sind noch immer aneinander gebunden. Die Bindung ist aber flexibler, sodass sich die Bausteine mehr bewegen können.

##### Beispiel:

Zur Demonstration der Unterschiede zwischen Festkörper und Flüssigkeiten gibt es wiederum zwei Modelle. Das erste zeigt die Struktur von Eis, das zweite von flüssigem Wasser. Während im festen Zustand die hexagonale Geometrie des Eises zu erkennen ist, gibt es im flüssigen Zustand keine bestimmte Struktur mehr. Die Bindung im Modell wird hier nicht durch feste Rohre sondern durch Schlauchstücke realisiert, um die Flexibilität der Struktur zu erhöhen.



Den Vorgang, dass sich die starre Struktur auflöst, nennt man Schmelzen. Die Temperatur, bei der das passiert heißt Schmelzpunkt. Je stärker die Bausteine aneinander gebunden sind, desto höher ist der Schmelzpunkt. Zum Beispiel schmilzt Eis bei 0 °C aber Eisen erst bei 1535 °C. Das liegt daran, dass die Bausteine im Eisen viel stärker aneinander gebunden sind als im Eis.

## 6. Zwischen den Bausteinen ist nichts.

Die bisher betrachteten Modelle und Darstellungen zeigen, dass zwischen den Bausteinen immer noch Platz ist. In der Vorstellung vieler Schüler:innen befindet sich Luft<sup>1</sup> zwischen den Bausteinen. Sie argumentieren häufig, dass ja nicht „Nichts“ zwischen den Bausteinen sein kann. Daher wird anhand von zwei Beispielen demonstriert, dass sich das Volumen bei gleichbleibender Anzahl an Bausteinen verändern kann<sup>2</sup>.

### Beispiel 1:

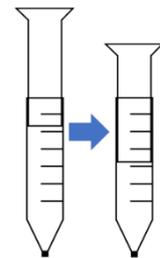
In ein Becherglas werden 200 ml Wasser gefüllt. In einem kleineren Gefäß werden 40 ml Salz abgemessen. Löst man die 40 ml Salz in den 200 ml Wasser auf, ergeben sich nicht 240 ml Wasser, sondern nur etwa 220 ml. Das liegt daran, dass die Bindungen im Salz getrennt werden und sich die Wasserbausteine um die Natrium- und Chlorbausteine herum anlagern. Dabei ist der Abstand zwischen den Bausteinen kleiner, als wenn Salz und Wasser getrennt voneinander vorhanden sind.<sup>3</sup>



4. Unterrichtsstunde

### Beispiel 2:

Eine mit Luft gefüllte Spritze wird vorne fest verschlossen, sodass keine Luft mehr herauskommt. Trotzdem lässt sich die Luft in der Spritze auf circa die Hälfte zusammendrücken. Dabei verringert sich der Abstand zwischen den Luft-Bausteinen solange bis die Abstoßung zwischen den Bausteinen überwiegt und die Luft nicht mehr weiter komprimiert werden kann.



Anhand der beiden Beispiele sollte gezeigt werden, dass es möglich ist, dass die Bausteine unterschiedlich viel Abstand voneinander haben und daher unterschiedlich viel Platz einnehmen. Das ist umso mehr der Fall, je weiter die Bausteine voneinander entfernt sind. Deshalb lassen sich Gase gut komprimieren, Festkörper und Flüssigkeiten dagegen nur wenig. Die Vorstellung des leeren Raums zwischen den Bausteinen ist auch eine wichtige Voraussetzung für die nächste Konzeptidee.

<sup>1</sup> Manchmal wird auch Sauerstoff genannt, wobei beide Begriffe als synonym betrachtet werden.

<sup>2</sup> Möchte man dabei auf die Dichte eingehen, sollte erwähnt werden, dass neben dem Abstand zwischen den Bausteinen auch die Masse eines einzelnen Bausteins relevant ist.

<sup>3</sup> Oft wird argumentiert, die Natrium- und Chlor-Ionen füllen Lücken zwischen den Wassermolekülen aus. Das ist aber nicht korrekt, da die Verringerung des Abstands durch die Anziehung zwischen Ladungen zustande kommt. Der partiell positiv geladene Wasserstoff im H<sub>2</sub>O-Molekül und die negativ geladenen Chlor-Ionen ziehen sich dabei gegenseitig an, ebenso der partiell negativ geladene Sauerstoff im H<sub>2</sub>O-Molekül mit den positiv geladenen Natrium-Ionen.

7. Am Siedepunkt trennt sich die Bindung der Bausteine auf und sie entfernen sich voneinander. Übersteigt die Bewegung der Bausteine einen anderen bestimmten Wert, dann können sie ihre Bindung sogar trennen und sich frei herumbewegen. Der Abstand zwischen zwei Bausteinen steigt dabei durchschnittlich auf das Zehnfache an. Über alle drei Raumrichtungen summiert ergibt sich dabei eine Volumenzunahme um circa das Tausendfache.

Beispiel:

Das Verhalten der Bausteine beim Verdampfen und im gasförmigen Zustand wird mit einem Modellexperiment verdeutlicht. Dieses besteht aus einem Plastiksack, in dem sich kleine H<sub>2</sub>O-Symbole befinden, welche die Bausteine von Wasser darstellen. Das Modell zeigt millionenfach vergrößert und näherungsweise maßstabsgetreu den Abstand zwischen den Bausteinen. Wichtig ist dabei erneut zu betonen, dass sich zwischen den Bausteinen nichts befindet, also auch keine Luft! Durch schütteln des Modells lässt sich die Bewegung der Bausteine simulieren.



4. Unterrichtsstunde

Der Vorgang, bei dem die Bausteine ihre Bindung trennen und sich voneinander entfernen nennt man Verdampfen. Die Temperatur, bei der das passiert ist der Siedepunkt. Je stärker die Bausteine aneinander gebunden sind, desto größer ist der Siedepunkt. Wasser siedet zum Beispiel bei 100 °C, Eisen bei 3000 °C. Das liegt daran, dass die Bausteine im Eisen stärker aneinander gebunden sind.

## Übersicht zu den Unterrichtsstunden

Die folgende Übersicht zeigt den ungefähren Ablauf der einzelnen Unterrichtsstunden. Dieser dient als Orientierung und kann gerne auch entsprechend eigener Vorlieben und den Anforderungen der jeweiligen Klasse adaptiert werden. Wichtig ist nur, dass die Besonderheiten des Unterrichtskonzepts beachtet und alle sieben zentralen Konzeptideen in der vorgegebenen Reihenfolge unterrichtet werden. Auch die Arbeitsblätter und PowerPoint-Präsentationen können gerne abgeändert werden. Bitte Änderungen dokumentieren, damit am Ende klar ist, was wie unterrichtet wurde. Den Überlegungen von Lehrkräften sowie den Rückmeldungen von Schüler:innen kommt für die Evaluation des Unterrichtskonzepts eine große Bedeutung zu.

## 1. Stunde

### Zentrale Konzeptidee

1. Alles, das man angreifen kann, stellt man sich aus sehr vielen, kleinen, nicht-sichtbaren Bausteinen zusammengesetzt vor.

	Lehrperson	Schüler:innen	Material
1.	Stellt das Thema des Unterrichtskonzepts vor: Woraus besteht alles? – Zeigt Folie mit Bildern von Dingen aus der Natur. Fragt SuS nach Besonderheiten. <i>Teilchen/Bausteine sollten zu diesem Zeitpunkt noch nicht erwähnt werden</i>	Überlegen zuerst kurz alleine wie sie die Frage beantworten. Teilen dann die Überlegungen mit der/dem Sitznachbar:in und der Klasse	PowerPoint 1 - Folie 1
2.	Sammelt Ergebnisse der Schüler:innen. Erklärt die Besonderheit von Kristallstrukturen und zeigt einige Beispiele	Beschreiben kurz ihre Beobachtungen vor der Klasse	PowerPoint 1 - Folie 2
3.	Erklärt Aufgabenstellung; gibt Arbeitsblätter aus, wobei in jeder Bank immer zwei verschiedene Arbeitsblätter vorhanden sein sollten Gibt Hilfestellungen <i>Alternativ können die Videos von der Lehrperson gezeigt werden</i>	Bearbeiten zuerst ein Beispiel (Salzkristalle, Schneekristalle) am Arbeitsblatt alleine und erklären sich die Schlussfolgerungen dann gegenseitig	AB <i>Wie entstehen Kristalle?</i> Smartphone/Tablet
4.	Geht darauf ein, dass zum Verständnis des Aufbaus von Kristallen die Vorstellung notwendig ist, dass alles aus Bausteinen aufgebaut ist. Ruft Fragen in der PowerPoint oder direkt auf Mentimeter auf <a href="https://www.mentimeter.com/app/presentation/alzk3hrk9ewchox75uxpis8apw7irjds">https://www.mentimeter.com/app/presentation/alzk3hrk9ewchox75uxpis8apw7irjds</a> erklärt Aufgabenstellung kommentiert die Antworten der Schüler:innen	Melden sich mit ihrem Smartphone oder Tablet bei Mentimeter an und nennen drei Begriffe, die sie mit „Bausteine der Materie“ verbinden	PowerPoint 1 – Folie 5 & 6  Smartphone/Tablet
5.	Fasst die Antworten der Schüler:innen zusammen. Erklärt mit Hilfe der PowerPoint (Folie 7 & 8) die Vorstellung dass „alles, das man angreifen kann, aus sehr vielen kleinen, nicht-sichtbaren Bausteinen zusammengesetzt ist“.	Stellen Fragen bei Unklarheiten  <i>Optional: schreiben den Merksatz von PowerPoint 1 - Folie 7 ins Heft</i>	PowerPoint 1 – Folien 7 & 8

## 2. Stunde

### Zentrale Konzeptideen

2. Die Eigenschaften eines Bausteins sind nicht die Eigenschaften des Gegenstands.
3. Die Bindung der Bausteine bestimmt die Eigenschaften des Gegenstands.

	Lehrperson	Schüler:innen	Material
1.	Erklärt das Prinzip „die Eigenschaften der Bestandteile sind anders als die Eigenschaften des Ganzen“ anhand von zwei Beispielen. Wendet dieses Prinzip dann auf die Bausteine am Beispiel Salzkristall an.	Stellen Fragen bei Unklarheiten	PowerPoint 2 – Folie 2 - 4
2.	Erklärt Aufgabenstellung, gibt Hilfestellungen <i>Bei Bedarf bzw. wenn noch Zeit ist können die Concept Cartoons auch im Plenum nachbesprochen werden</i>	Entscheiden sich für eine Aussage im Concept Cartoon und begründen ihre Wahl vergleichen dann mit der Nachbarin/dem Nachbarn	AB Concept Cartoons PowerPoint 2 – Folien 5 & 6
3.	Erklärt am Beispiel Salzkristall, wie die Bindung der Bausteine die Eigenschaften des Gegenstands bestimmt.	Stellen Fragen bei Unklarheiten  <i>Optional: schreiben Merksatz von PowerPoint 2 - Folie 7 ins Heft</i>	3D-Modell Salzkristall  PowerPoint 2 – Folie 7
4.	Erklärt Aufgabenstellung; gibt Arbeitsblätter aus, wobei in jeder Bank immer zwei verschiedene Arbeitsblätter vorhanden sein sollten Gibt Hilfestellungen	Erklären sich gegenseitig wie die Festigkeit von Diamant und Graphit entsteht	3D-Modelle AB <i>Wie entstehen die Eigenschaften der Dinge?</i>
5.	Sammelt Ergebnisse und erklärt noch einmal kurz, wie die unterschiedlichen Eigenschaften der Bausteine zustande kommen	stellen die Ergebnisse ihrer Überlegung kurz im Plenum vor	PowerPoint 2 – Folien 8 & 9
<b>Vorbereitung für 3. Stunde:</b> Eiswürfelform mit Wasser füllen und einfrieren			

### 3. Stunde

#### Zentrale Konzeptidee

4. Die Bewegung der Bausteine bestimmt die Temperatur eines Gegenstands
5. Am Schmelzpunkt wird die Bindung flexibel und die Struktur der Plätze löst sich auf.

	Lehrperson	Schüler:innen	Material
1.	<p>Erklärt, dass die Bewegung der Bausteine die Temperatur eines Gegenstands bestimmt</p> <p>Zeigt Experiment mit der Kugel (<i>alternativ kann ein <a href="#">Video</a> des Experiments gezeigt werden; siehe PP 3 – Folie 2</i>)</p> <p>fasst Zusammenhang zwischen Temperatur, Bewegung der Bausteine und Volumen des Gegenstands zusammen</p>	<p>Beobachten Experiment, stellen Vermutung an, was passiert, wenn die Kugel erhitzt wird.</p> <p><i>Optional: schreiben Merksatz von PowerPoint 3 - Folie 4 ins Heft</i></p>	<p>Metallkugel, Metallring, Gasbrenner;</p> <p>PowerPoint 3 – Folien 2 - 4</p>
2.	<p>Gibt Hilfestellungen</p> <p>wenn Zeit ist können die Aufgaben mit Hilfe der PowerPoint im Plenum nachbesprochen werde</p>	<p>Bearbeiten Arbeitsblatt in Einzelarbeit</p>	<p>AB <i>Temperatur</i></p> <p>PowerPoint 3 – Folien 5 &amp; 6</p>
3.	<p>Erklärt Schmelzvorgang und verwendet dazu die 3D-Modelle und die PowerPoint</p> <p>geht auf den unterschiedlichen Schmelzpunkt der Stoffe ein und erklärt die Ursache mit den Bausteinen</p>	<p>Stellen Fragen bei Unklarheiten</p>	<p>3D Modelle Wasser und Eis</p> <p>PowerPoint 3 - Folien 7 &amp; 8</p>
4.	<p>Erklärt Aufgabenstellung, teil Gruppen ein; gibt Materialien aus</p> <p>gibt Hilfestellungen</p> <p>wenn Zeit: Fragen im Plenum nachbesprechen</p>	<p>Führen Experiment in Gruppen von 3-4 Personen durch und beantworten Fragen</p>	<p>Aluminium-Becher, Eiswürfel, Teelichter</p> <p>AB <i>Experiment: Schmelzen von Eis</i></p>

## 4. Stunde

## Zentrale Konzeptideen

6. Zwischen den Bausteinen ist nichts.
7. Am Siedepunkt hört die Bindung der Bausteine auf und sie entfernen sich voneinander.

	Lehrperson	Schüler:innen	Material
1.	Zeigt Experiment (alternativ kann in der PP ein Video des Experiments gezeigt werden) und geht auf den leeren Raum zwischen den Bausteinen ein	Beobachten Experiment  Stellen Vermutung auf, wie sich der Füllstand im Becherglas verändert, nachdem das Salz aufgelöst wurde	Becherglas, Salz, kleiner Messbecher, Löffel  (Video: PowerPoint 4 – Folien 2 & 3) PowerPoint 4 – Folien 4 & 5
2.	Erklärt Aufgabenstellung Stellt Spritzen zur Entnahme bereit Gibt Hilfestellungen	Führen Experiment alleine oder zu zweit durch  Beantworten Fragen auf dem AB	Spritzen <i>AB Experiment: Zusammendrücken von Luft in einer Spritze</i>
3.	Erklärt Verdampfen und Siedepunkt  Erklärt mit Hilfe des Modellexperiments, was auf der Ebene der Bausteine passiert	Stellen Fragen bei Unklarheiten	PowerPoint 4 – Folie 7-9  Modell Wasser 6 l Plastiksack + 38 H <sub>2</sub> O Modelle
4.	Erhitzt Wasser im Wasserkocher Gibt Materialien aus Das Einfüllen des heißen Wassers sollte am besten von der Lehrperson gemacht werden, da Verbrühungsgefahr besteht <i>Alternativ kann der Versuch als Video (in PP) gezeigt werden</i>	Führen in Gruppen von 3-4 Personen Versuch mit dem Quetschbeutel durch und beantworten Fragen	Becherglas 600 ml, Wasserkocher, Brennspritze, leerer Quetschbeutel, Spritzen (als Pipette)  Video: PowerPoint 4 – Folie 10
5.	Fasst Ergebnisse des Experiments zusammen, demonstriert die Bewegung der Bausteine beim Eintauchen/Herausziehen des Quetschbeutels in das heiße Wasser mit dem Modellexperiment	Stellen Fragen bei Unklarheiten	6 l Plastiksack + 38 H <sub>2</sub> O Modelle  Video: PowerPoint 4 – Folie 10