

# Augmentierte Kristalle – Visualisierung von Strukturen auf Teilchenebene mithilfe von 3D-Modellen

Melanie Ripsam, Stefan Witzke und Claudia Nerdel

Technische Universität München

## Überblick

Schwierigkeitsgrad	für Fortgeschrittene
Vorbereitungsaufwand	mittel
Fächer	Chemie
Durchführungsduer/Zeitaufwand	1 Unterrichtsstunde, 1 Doppelstunde, Projektarbeit, Projektwoche, unterrichtsbegleitend
Zielgruppe	ab Klassenstufe 9
Themengebiet	themenunabhängig (hier: Darstellung von Kristallstrukturen; Ionen- vs. Molekülgitter)
Ziele	<ul style="list-style-type: none"><li>◆ Lehrkräfte erstellen Lernumgebungen mit augmentierten 3D-Modellen, um den Zusammenhang von Stoff- und Teilchenebene am Beispiel kristalliner Feststoffe zu erklären.</li><li>◆ Schülerinnen und Schüler vergleichen mithilfe augmentierter 3D-Modelle die Strukturen von kristallinen Feststoffen am Beispiel Kochsalz und Haushaltszucker auf Stoff- und Teilchenebene.</li></ul>
Kompetenzbereiche	Problemlösen und Handeln: 5.2.1, 5.2.4, 5.4.1, 5.5.1

- **Worum geht es?** Bei Augmented Reality (AR) werden die virtuelle und die reale Welt verknüpft. Damit erlauben AR-Lernumgebungen die zeitliche und räumliche Integration von Informationen der Stoff- und Teilchenebene und verhindern so einen Split-Attention-Effekt, der häufig bei analogen oder anderen instruktional genutzten digitalen Medien in Kombination mit der Realität vorkommt. Demnach können die Informationen im semantischen Zusammenhang dargelegt werden. Die kognitiven Verarbeitungsprozesse können selbstreguliert gesteuert werden, um den Wechsel von Stoff- auf Teilchenebene beim Beobachten erfahrbar zu machen. Dies sollte nach dem Kohärenz- und Kontiguitätsprinzip von Mayer (2014) positive Lerneffekte erzielen. Im hier vorgestellten Beispiel führen die Schülerinnen und Schüler Versuche auf Stoffebene durch (Kristalle züchten) und nutzen eine von der Lehrkraft erstellte AR-Lernumgebung, um chemische Phänomene (hier: Kristalle) mithilfe von 3D-Modellen auf Teilchenebene darzustellen. Die Stoffeigenschaften werden beobachtet und dann mit dem virtuellen 3D-Strukturmodellen auf Teilchenebene erklärt. Dabei fungiert die Lehrkraft als Moderator und Berater.

## Vorwissen

- ▶ **Technisches Vorwissen** Bedienung des iPads oder Tablets und relevanter Betriebssysteme, Grundkenntnisse zur Bedienung von Apps; die Funktionen der Zappar-App werden vor der Nutzung von der Lehrkraft erläutert.
- ▶ **Fachliches Vorwissen** Grundlagenwissen zu Stoffgemischen sowie chemischen Verbindungen wie Ionen- und Atombindungen

## Ausstattung

▶ <b>Geräte und Materialien</b>	<b>Geräteanzahl</b>	<b>Betriebssystem</b>	<b>Gerätetyp</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ nur Lehrkraft</li> <li>✓ 1 Gerät pro Gruppe</li> <li>✓ 1:1-Ausstattung</li> </ul>	<p>Für die Zappar-App:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ iOS</li> <li>✓ Android</li> </ul> <p>Für die Erstellung mit ZapWorks:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Windows</li> <li>✓ macOS</li> <li>✗ Linux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Smartphone</li> <li>✓ Tablet</li> <li>✓ Notebook</li> <li>✓ Desktop-PC</li> </ul> <p>Smartphone oder Tablet für die Schüler und Schülerinnen</p> <p>Notebook/Desktop-PC zum Erstellen der AR-Lernumgebung für die Lehrkraft</p>

**Zusätzlich** werden für den Versuch auf Stoffebene folgende Geräte und Chemikalien benötigt: Bechergläser (alternativ für zu Hause: Trinkgläser oder Marmeladengläser), eventuell Uhrengläser, Feststoffe wie Haushaltszucker (Saccharose) und Salz (Natriumchlorid) sowie Wasser.

Die Modelle auf Teilchenebene werden von der Lehrkraft erstellt. Für den Einsatz im Unterricht werden iPads mit der installierten Zappar-App, iPad-Stifte (beliebig), gegebenenfalls Stativ und zwei Zapcodes auf Papier für den jeweiligen Kristall benötigt.

▶ <b>Software</b>	<b>App bzw. Programm</b>	<b>Kosten</b>	<b>Kompatibilität</b>	<b>Funktion</b>	<b>Internet benötigt?</b>
	<b>ZapWorks (Studio)</b>	kostenpflichtig (30-tägige Testversion kostenlos)	iOS, Android, Windows, macOS	Zapcode zum Scannen generieren	partiell
	<b>Zappar</b>	kostenlos	iOS, Android	Scannen des Zapcodes zum Einblenden der AR-3D-Modelle	partiell
	<b>Blender</b>	kostenlos	iOS, Android, Windows, macOS, Linux	Konvertierung der 3D-Modell-Dateien (s. Anhang)	nein

- ▶ **Web-Ressourcen** Webseite „The Cambridge Crystallographic Data Centre (CCDC)“, Seite für die Suche und das Abspeichern von 3D-Modellen (v. a. Kristallstrukturen)  
<https://www.ccdc.cam.ac.uk/>

## Einsatz im Unterricht

### ► Wie geht das?

Während sich der Betrachter bei Virtual Reality (VR) in einer simulierten Umgebung bewegt, verknüpft AR virtuelle und reale Welt. Im Chemieunterricht kann diese Technologie beispielsweise genutzt werden, um mithilfe von AR atomare und molekulare Strukturen auf der Teilchenebene darzustellen und mit der realen Umgebung visuell zu verbinden. In der hier vorgestellten Unterrichtssequenz wird die geometrische Form der Kristalle auf Stoffebene anhand der Packungen der Ionen bzw. Moleküle auf Teilchenebene beschrieben. Dazu züchten die Lernenden Kristalle (Versuch auf der Stoffebene) und nutzen 3D-Modelle (via AR) für die Auswertung und Interpretation der Ergebnisse auf Teilchenebene. Durch die Unterscheidung zwischen der realen Untersuchung auf Stoffebene und der virtuellen Modellierung auf Teilchenebene werden die beiden Ebenen klar voneinander getrennt, damit diese bei Erklärungen nicht miteinander vermischt werden.

Starten Sie als Lehrkraft die Zappar-App und führen Sie die Schülerinnen und Schüler in die Bedienelemente der App ein (Display duplizieren z. B. per Apple TV). Geben Sie an, dass die App lediglich zum Scannen der Codes dient. Demonstrieren Sie den Scan-Vorgang an Ihrem eigenen iPad oder Tablet, indem Sie in der Funktionsleiste auf „Scan-Code“ klicken und einen Zapcode vor das iPad halten. Mithilfe des großen Zap-Symbols lässt sich in der App der Code scannen und exemplarisch eine virtuelle AR-Lernumgebung öffnen. Anschließend erhalten die Schülerinnen und Schüler für die Auswertung ihres Versuchs je einen Zapcode für das jeweilige Kristall.

So gehen Ihre Schülerinnen und Schüler vor:

#### Schritt 1:

Die Kristalle befinden sich zum Beispiel auf Uhrgläsern, neben denen der jeweilige Zapcode liegt.

#### Schritt 2:

Mithilfe der Zappar-App können die Schülerinnen und Schüler nacheinander den jeweiligen Code des Kristalls scannen, sodass virtuell das Molekül oder Salzkristall eingeblendet wird. Hierfür wird, sobald „Scan Zapcode“ in der linken Menüleiste angeklickt wurde, in den Scan-Modus umgeschaltet. Das Zap-Symbol muss dann den Zapcode anvisieren, und das erste 3D-Modell erscheint virtuell.

#### Schritt 3:

Die Schülerinnen und Schüler betrachten die chemische Struktur und vergleichen diese mit dem realen Kristall.

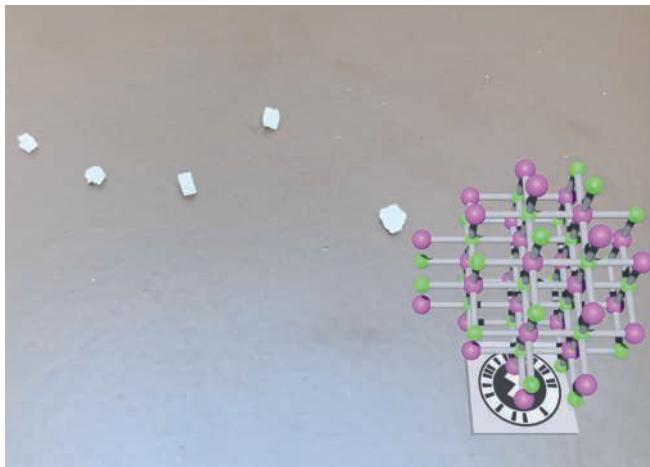
#### Schritt 4:

Um den zweiten Code zu scannen, muss erneut auf der linken Menüleiste „Scan Zapcode“ angeklickt werden. Das Vorgehen für den zweiten Kristall erfolgt analog.

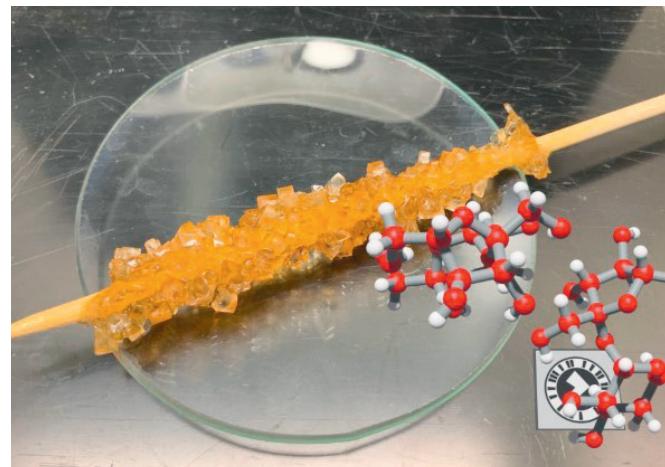
Die Schritte 2 bis 4 können beliebig oft wiederholt werden, sodass die Schülerinnen und Schüler auch (kurzzeitig) die App schließen, die Arbeitsaufträge erneut betrachten, sich Notizen in einer anderen App machen und die 3D-Modelle wiederholt aufrufen können.

### ► Wie kann ich das in meinen Unterricht übertragen?

Der Einsatz einer Lernumgebung mit augmentierten 3D-Modellen bietet sich für eine Vielzahl an (experimentellen) Unterrichtseinheiten im Rahmen von Einzel- oder Doppelstunden sowie für eine Projektwoche an. Die hier vorgestellte Unterrichtskonzeption folgt dem forschenden Lernen und eignet sich für die Auswertungsphase des Versuchs „Kristalle züchten“ und unterstützt durch die Visualisierung der 3D-Kristalle auf Teilchenebene den Prozess der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung. Die Schülerinnen und Schüler können mithilfe der augmentierten 3D-Modelle selbstreguliert, in Einzel- oder Partnerarbeit unterschiedliche Kristallstrukturen erkunden und Zusammenhänge zwischen Stoff - und Teilchenebene ableiten. Da die augmentierten 3D-Modelle mit dem iPad oder Tablet eingeblendet werden, sollte die Versuchsanleitung für die Kristallbildung und deren Interpretation (einschließlich der Arbeitsaufträge) über ein digitales Format auf dem iPad (z. B. kurzes Video) angeboten werden. Die Schülerinnen und Schüler benötigen eine zusätzliche Anleitung, in der deutlich wird, dass die 3D-Modelle ergänzend eingesetzt werden, um die Unterschiede und Gemeinsamkeiten der Kristallgitter besser erklären zu können.



▲ Abb.1 Reale Salzkristalle mit virtuellem Natriumchlorid-Ionengitter als augmentiertes 3D-Modell über dem zugehörigen Zapcode (mithilfe der Zappar-App)



▲ Abb.2 Realer Zuckerkristall (hier: braun) mit virtueller Anordnung der Saccharosemoleküle in der Kristallstruktur als augmentiertes 3D-Molekülmodell über dem zugehörigen Zapcode (mithilfe der Zappar-App)

► **Was muss ich beachten?**

Um für Sie als Lehrkraft den zeitlichen Aufwand zu reduzieren und Vertauschungen der Zapcodes zu vermeiden, können Sie den Zapcode bereits vor dem Unterricht auf ein Blatt mit der jeweiligen Kristallzuordnung drucken und später im Klassenzimmer verteilen.

Führen Sie Ihre Schülerinnen und Schüler im Plenum in die Bedienung der Zappar-App ein.

Da die AR-Lernumgebung lediglich die 3D-Modelle ohne weitere Nutzungshinweise beinhaltet, müssen Sie eine Versuchsanleitung mit den Arbeitsaufträgen und des Einsatzes der 3D-Modelle aushändigen. Das Züchten der Kristalle wird einige Tage bis Wochen (je nach Kristall) in Anspruch nehmen. Teilen Sie die Zapcodes erst dann aus, wenn die Versuchsdurchführung abgeschlossen ist und sich Ihre Schülerinnen und Schüler in der Auswertungsphase befinden.

Generell sollten Sie wie im klassischen Versuchsprotokoll die Ergebnisse des Versuchs ausführlich mit den Schülerinnen und Schüler besprechen und reflektieren.

**Tipp:** Ein Stativ hilft bei der Betrachtung der 3D-Modelle.

## Material für den Unterricht

► **Weiterführende Materialien**

**ZapWorks-Anleitung und Skript zum Kristalle züchten:**

Die Anleitung zur Erstellung einer Lernumgebung mit augmentierten 3D-Modellen mittels ZapWorks und Blender sowie das Skript zum Kristalle züchten finden sich unter folgender URL:  
<https://www.edu.tum.de/fdis/Toolbox2.0>



### Weiterführende Literatur

Mayer, R. E. (2014). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2. Aufl.). New York: Cambridge University Press.

Weitere Informationen und Materialien finden Sie unter: [www.mint-digital.de/unterrichtsidee](http://www.mint-digital.de/unterrichtsidee)