

## **Evaluation von Schülervorstellungen zum Lösen von Zucker in Wasser mithilfe einer Animationssoftware**

### **Einleitung**

Die Tatsache, dass die Schüler Fehlvorstellungen zu chemischen Prozesse haben, ist bei Lehrern und Forschern durchaus bewusst. Im Unterricht müssen sie vom Lehrer erkannt und dann sorgfältig angesprochen und in tragfähige Konzepte umgewandelt werden (Barke, Harsch, & Schmid, 2012, S. 17 ff.). Während die meisten Studien zur Identifizierung von Schülerkonzepten mit schriftlichen Antworten, Zeichnungen oder Interviews arbeiten, sollen nun Computeranimationen verwendet werden, um die Vorstellungen der Schüler zu untersuchen. Animationen von chemischen Prozessen beinhalten einen zeitliche Ablauf eben dieser Prozesse, während statische Bilder diese Informationen nicht richtig darstellen können. Durch die Verwendung einer Computeranimation können die Schüler ihre eigenen Gedanken visualisieren. Eine mögliche Sprachbarriere, wie sie von Ebenezer und Erickson (1996) und Çalik und Ayas (2005) erwähnt wird, die einen Schüler daran hindert, sein Konzept eines chemischen Prozesses genau zu beschreiben, könnte durch diese Methode umgangen werden. Bisher wurden Computeranimationen nur für verschiedene Unterrichtszwecke genutzt (Kelly, Barrera, & Mohamed, 2010, Kelly & Jones, 2008, Tasker & Dalton, 2006). In keinem Fall entwickelten die Studenten eigene Animationen.

Gemäß den Vorgaben des Kerncurriculums in Niedersachsen wird das Thema der Löslichkeit und des Auflösungsprozesses an verschiedenen Stellen immer mal wieder gelehrt (Achtermann, Hildebrandt, Rebentisch & Witte-Ebel, 2015; Achtermann, Goldenstein, Gosemann, Hildebrandt, Rebentisch & Witte-Ebel, 2007). Zu Beginn wird die Löslichkeit von Stoffen nur als Stoffeigenschaft eingeführt. Sie ist stoffspezifisch und kann verwendet werden, um Stoffe voneinander zu unterscheiden. Die Schüler kennen bis zum Ende der siebten Klasse dann auch ein einfaches Teilchenmodell und damit auch den Unterschied zwischen Stoff- und Teilchenebene. Darauf aufbauend können sie mithilfe dieses Teilchenmodells chemische Prozesse beschreiben und erklären. Zudem kennen sie den Unterschied zwischen Reinstoffen und Gemischen, sowohl auf der Stoff- wie auch auf der Teilchenebene.

Der Löseprozess an sich ist ein dynamischer Prozess, der entlang einer Zeitleiste beschrieben werden kann. Ich stelle diesen hier einmal anhand des Beispiels vom Lösen von Zucker in Wasser vor. Die Zuckerteilchen sind hier als Sechsecke vereinfacht dargestellt.

Wenn ein Zuckerkristall in Wasser gegeben wird, ist er zunächst einfach umgeben von Wassermolekülen. Die Wassermoleküle lagern sich dann an die äußeren Schichten des Kristalls an und bilden mit den Hydroxidgruppen der Zuckermoleküle Wasserstoffbrückenbindungen aus. Die Anziehung mehrerer Wassermoleküle zu einem Zuckermolekül zieht dann letzteres aus dem Kristallgitter heraus. Nachdem die einzelnen Moleküle aus dem Kristall herausgelöst wurden, werden sie von Wassermolekülen umgeben und eine sogenannte Hydrathülle ausgebildet. Die so hydratisierten Moleküle diffundieren dann vom restlichen Kristall weg (McMurry, Castellion, Ballantine, Hoeger & Peterson, 2010, S. 258 f.).

Als geeigneter Prozess zur Untersuchung Schülervorstellungen mithilfe von Computeranimationen, wurde die Auflösung von Zucker in Wasser gewählt. Der Grund

dafür ist, dass der Löseprozess ein Prozess ist, der im Laufe der Zeit gut beobachtet werden kann und daher in einer Animation dargestellt werden kann (Kelly & Jones, 2007). Außerdem wurden zu diesem bereits viele Studien zu Schülervorstellungen durchgeführt und einige Vorstellungen sind bereits bekannt. So kann das Ergebnis des Prozesses als ein homogenes Gemisch aus Wasser und Zucker beschrieben werden (Çalik et al., 2005; Prieto, Blanco & Rodriguez, 1989). Dieses Gemisch wird teilweise auf der Teilchenebene, teilweise aber auch nur auf der Stoffebene beschrieben. Bei Studien die Zeichnungen enthielten konnten ebenfalls Zeichnungen von beiden Ebenen gefunden werden. Die Zuckerteilchen werden als gleichmäßig verteilt im Lösungsmittel Wasser dargestellt. Andere Beschreibungen des Löseprozesses beziehen sich direkt auf den zu lösenden Stoff. Er zerbricht in kleinere Teilchen (Prieto et al., 1989) (die Beschreibungen finden hier auf der Teilchen- und auf der Stoffebene statt) oder der zu lösende Stoff schmilzt (Çalik et al., 2005; Ebenezer et al., 1996; Longden, Black & Solomon, 1991; Piaget & Inhelder, 1974). Auch eine Übertragung von Eigenschaften des zu lösenden Stoffes auf das Lösungsmittel wurde bereits von Schülern als Beschreibung des Lösungsprozesses angeführt. Beispielsweise kann Wasser als Lösungsmittel seinen Geschmack, die Farbe oder den Geruch verändern. Andere Faktoren die beim Löseprozess eine Rolle spielen, wie Temperatur, das Rühren oder einfach die Stoffeigenschaften von Lösungsmittel und zu lösendem Stoff wurden bereits von Schülern angeführt (Blanco & Prieto 1997; Prieto et al., 1989).

Die Methoden, die bei diesen Befragungen verwendet wurden, waren Pen&Paper-Test und Interviews. Da der Löseprozess an sich aber ein dynamischer Prozess ist, entstand die Frage, ob sich dieser nicht besser darstellen ließe indem eine dynamische Methode verwendet wird. Daraus haben sich die folgenden Forschungsfragen ergeben: Können Schüler einen chemischen Prozess wie den Lösungsprozess mithilfe von Animationen darstellen? Auf welchem Aspekt des Löseprozesses liegt der Fokus der Animationen? Und vielleicht am wichtigsten: Kann mit Animationen mehr über die Konzepte der Schüler in Erfahrung gebracht werden als mit herkömmlichen papierbasierten Test?

### **Methode**

In dieser Studie haben 18 Schüler der 7. Klasse eines niedersächsischen Gymnasiums ihre eigene Animation geschaffen. Die Software, die für diese Studie verwendet wurde, ist die Freeware ChemSense Animator (SRI International, 2004). Bevor die Schüler anfangen ihre eigene Vorstellung zum Löseprozess zu erstellen, wurde den Schülern eine einführende Aufgabe gegeben, um sie mit dem Programm vertraut zu machen. Einfache Funktionen und die allgemeine Struktur des Programms wurden dabei erläutert. Danach wurde von den Schülern die Animation über das Auflösen von Zucker in Wasser erstellt. Dazu erhielten sie einen bereits vorbereiteten Startbildschirm, der auf der auf dem gegenwärtigen Wissensstand der Schüler beruhte. Jeder Schüler bekam das Angebot diesen Startbildschirm mit der Hilfe des Interviewers zu verändern, sollte dieser nicht den Vorstellungen entsprechen. Nach der Fertigstellung der Animation wurde ein kurzes Interview durchgeführt, in dem die Schüler ihre erstellten Animationen mit dem Forscher besprachen. In dem Interview wurden nachträglich noch Fragen zur Darstellung und der Bedeutung von manchen Darstellungen besprochen.

Sowohl die Animationen als auch die nachfolgende Diskussion werden anhand eines kategorialen Systems analysiert, das auf der Basis des Materials induktiv aufbaut (Mayring, 2010, 67 ff.). Das Kategoriesystem umfasst Kategorien für den Lösungsprozess selbst, die Verwendung von ChemSense Animator und die persönliche Meinung der Teilnehmer des verwendeten Programms. Der Kategoriekatalog wurde zusammen mit Kollegen überprüft und intensiv besprochen. Daher ist Verständlichkeit und Inter-Subjektivität gewährleistet (Kuckartz, 2016, 217 f.; Steinke, 2010, 187 f.).

### **Ergebnisse**

Konzepte, die in vorherigen Studien bereits gefunden wurden, konnten auch mithilfe dieser Methode bestätigt werden. So zerfällt der Kristall in kleine Teilchen. Auch die Größenänderungen und das Überlappen von Teilchen als Darstellung von gelösten Teilchen wurden von einigen Schülern verwendet. Das Ergebnis eines homogenen Gemisches von Zucker in Wasser war bei vielen Schülern zu sehen. Es gab aber auch Konzepte die bisher in der Literatur noch nicht beschrieben wurden. Drei der Schüler konnten nicht zwischen dem Auflösungsprozess und dem Verdampfungsprozess des Lösungsmittels unterscheiden. Selbst auf Nachfrage im Interview, bestätigten sie, dass dies ein Prozess sei und die Verdunstung ein Teil des Auflösungsprozesses sei. Ein Aspekt, der definitiv erwähnenswert ist, ist, dass fast alle Schüler den Auflösungsprozess damit beginnen, indem sie den Kristall in kleineren Teilchen zerfallen lassen und erst danach die Wasserteilchen in Aktion treten, um die resultierende Leere auszufüllen. Daher wirkt der Zucker als einziger Akteur in diesem Moment, während das Wasser nur reagiert, aber nicht aktiv am Auflösungsprozess beteiligt ist. In einem Fall hatte ein Schüler in Klasse 7 sogar eine Vorstellung von einer Hydrathülle. Er hatte die Zuckerteilchen inklusive der es umgebenden Wasserteilchen bewegt und dies mit der Bewegung eines Menschen in einem Auto verglichen. Der Mensch repräsentierte dabei das Zuckerteilchen und das Auto die Wasserteilchen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass alle Schüler in der Lage waren, Animationen zum Auflösen von Zucker in Wasser mit ChemSense Animator und einem gegebenen Startbildschirm zu erstellen. Die Länge der Animation war allerdings sehr unterschiedlich. Die letztendliche Bildanzahl der Animationen reichte von 5 bis zu 100 Frames und manche Animationen waren damit vergleichsweise sprunghaft. Die Erstellungszeit der Animation reichte von 10 bis hin zu 30 Minuten und schwankte damit auch von Schüler zu Schüler. Der Endzustand zeigte häufig Zuckerteilchen, die über den ganzen Bildschirm verteilt sind. Der Fokus der geschaffenen Animation liegt auf dem Auseinanderbrechen des Kristalls in kleinere Teilchen. Wie zuvor bereits beschrieben wurde, bestätigt die Methode der Erstellung von Animationen zuvor gefundene Ergebnisse aus anderen Studien, aber es zeigt auch andere Konzepte der Schüler in Bezug auf den Auflösungsprozess. Zeitabhängige Informationen wie die Reihenfolge, in der der Auflösungsprozess stattfindet, können mit dieser dynamischen Methode aufgezeichnet werden, während dies bei Zeichnungen des Endzustandes nicht möglich ist.

### **Ausblick**

In einem nächsten Schritt werden die Schülerinnen und Schüler der Klasse 10 und Chemie-Studierende des ersten Studienjahres befragt. Beide Gruppen haben in den vorangegangenen Jahren fortgeschrittene Modelle des submikroskopischen Aufbaus kennen gelernt. Ob dies die Qualität einer Animation beeinflusst oder mehr oder sogar andere Konzepte in diesen Gruppen gefunden werden können, sollte in diesen Umfragen herausgefunden werden. Der Aufbau der Befragung wird entsprechend ein wenig angepasst. Es wird kein Startbildschirm vorgegeben und anstelle von Zucker wird Natriumchlorid als zu lösenden Stoffe verwendet. Diese Änderung wurde vorgenommen, da vorangegangene Tests gezeigt haben, dass Schülerinnen und Schüler dieser Gruppen in der Lage sind einen Startbildschirm in einer angemessenen Zeit zu erstellen. Außerdem könnten einige Aspekte des Auflösungsprozesses von Natriumchlorid sonst noch nicht gesehen werden.

Zum Beispiel zeigen erste Ergebnisse von Animationen, die von Schüler der Klasse 10 gemacht wurden, dass die Schüler den Augenblick, in dem Natrium- und Chlorid-Ionen existieren oder gebildet werden an sehr verschiedenen Orten wählen.

**Literatur**

- Achtermann, K.; Hildebrandt, K.; Rebentisch, D. & Witte-Ebel, M. (2015) : Chemie. In: Niedersächsischen Kultusministerium (Editor): Kerncurriculum für das Gymnasium. Schuljahrgänge 5-10. Naturwissenschaften. Hannover. Online verfügbar: <http://www.cuvo.nibis.de>
- Achtermann, K.; Goldenstein, N.; Gosemann, U.; Hildebrandt, K.; Rebentisch, D. & Witte-Ebel, M. (2007): Chemie. In: Niedersächsischen Kultusministerium (Editor): Kerncurriculum für das Gymnasium. Schuljahrgänge 5-10. Naturwissenschaften. Hannover. Online verfügbar: <http://db2.nibis.de/1db/cuvo/ausgabe/>
- Barke, H.-D., Harsch, G., & Schmid, S. (2012). Essentials of chemical education. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Blanco, A. & Prieto, T. (1997): Pupils' views on how stirring and temperature affect the dissolution of a solid in a liquid: a cross- age study (12 to 18), *International Journal of Science Education*, 19 (3), 303-31. doi:10.1080/0950069970190304
- Çalik, M., & Ayas, A. (2005). A comparison of level of understanding of eighth-grade students and science student teachers related to selected chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(6), 638–667. doi:10.1002/tea.20076
- Ebenezer, J. V., & Erickson, G. L. (1996). Chemistry students' conceptions of solubility: A phenomenography. *Science Education*, 80(2), 181–201. doi:10.1002/(SICI)1098-237X(199604)80:2<181::AID-SCE4>3.0.CO;2-C
- Kelly, R. M., Barrera, J. H., & Mohamed, S. C. (2010). An Analysis of Undergraduate General Chemistry Students' Misconceptions of the Submicroscopic Level of Precipitation Reactions. *Journal of Chemical Education*, 87(1), 113–118.
- Kelly, R. M., & Jones, L. L. (2007). Exploring How Different Features of Animations of Sodium Chloride Dissolution Affect Students' Explanations. *Journal of Science Education and Technology*, 16(5), 413–429. doi:10.1007/s10956-007-9065-3
- Kelly, R. M., & Jones, L. L. (2008). Investigating Students' Ability To Transfer Ideas Learned from Molecular Animations of the Dissolution Process. *Journal of Chemical Education*, 85(2), 303.
- Kuckartz, U. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (3. überarbeitete Auflage). Weinheim, Basel: Beltz Juventa.
- Longden, K.; Black, P. & Solomon, J. (1991): Children's interpretation of dissolving, *International Journal of Science Education*, 3 (1), 59-68. doi:10.1080/0950069910130106
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (11., aktualisierte und überarbeitete Auflage). Weinheim, Basel: Beltz.
- McMurry, J.; Castellion, M.; Ballantine, D. S.; Hoeger, C. A. & Peterson, V. E. (2010): *Fundamentals of General, Organic, and Biological Chemistry* (6. Auflage). Upper Saddle River, NJ: Pearson.
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1974): *The Child's construction of Quantities. Conservation and Atomism*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Prieto, T.; Blanco, A. & Rodriguez, A. (1989): The ideas of 11 to 14- year- old students about the nature of solutions, *International Journal of Science Education*, 11 (4), 451-463, doi:10.1080/0950069890110409
- SRI International. (2004). *ChemSense: visualizing chemistry*. Retrieved from [www.chemsense.sri.com/index.html](http://www.chemsense.sri.com/index.html)
- Steinke, I. (2010). Quality Criteria in Qualitative Research. In U. Flick, E. von Kardorff, & I. Steinke (Hrsg.), *A companion to qualitative research* (S. 184–190). London: SAGE.
- Tasker, R., & Dalton, R. (2006). Research into practice: visualisation of the molecular world using animations. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(2), 141–159.