

Richtig in die universitäre Physikochemie einsteigen mit BIRC

Ausgangslage

Besonders in den MINT-Fächern scheitern viele Studienanfänger*Innen an hohen Anforderungen zu Studienbeginn (Heublein et al. 2017). Erstsemesterstudierende der Chemie an der Universität Bielefeld fühlen sich laut einer aktuellen Studie beim Verstehen und häuslichen Selbstlernen in den abstrakten Fächern Mathematik und Physikalische Chemie oft überfordert (Schwedler 2017). Diese Überforderung entzündet sich häufig an elaborierten mathematischen Werkzeugen, die zur Beschreibung komplexer thermodynamischer und kinetischer Prozesse notwendig sind (Tsaparlis und Finlayson 2014). Doch nicht nur die mathematische Modellierung, auch das Konzeptverständnis dieser Prozesse selbst bereitet den Studierenden große Schwierigkeiten. Selbst Studierende weiterführender Veranstaltungen sind häufig nicht in der Lage, physikochemische Phänomene in ein angemessenes Konzeptverständnis einzubetten, auch wenn die algorithmische Problemlösung gelingt (Bain et al. 2014; Becker und Towns 2012).

Einen Aspekt, der diesen Mangel an Konzeptverständnis mitverursacht, stellt die Vernachlässigung der submikroskopischen Ebene in der universitären Physikochemie dar. Darauf weisen neben Lehrbuchanalysen (Nyachwaya and Wood 2014) auch weitere Erfahrungsberichte aus den Fachdidaktiken hin (Becker et al. 2015; Goedhart and Kaper 2002). Im Gegensatz zur derzeit üblichen, einseitigen Betonung der abstrakt-symbolischen Ebene ist eine verständnis-orientierte, holistische Vermittlung im Sinne Johnstones (1991) notwendig, die die makroskopische, submikroskopische und symbolische Betrachtung komplexer physikochemischer Kernkonzepte sinnstiftend verknüpft. Neben der geforderten Stärkung der Teilchenvorstellung allgemein, sind laut Becker et al. zudem explizite Lernsettings und Instruktionmethoden zur besseren Verknüpfung zwischen submikroskopischer und makroskopischer Ebene in der universitären Physikochemie notwendig (Becker et al. 2015; Hernández et al. 2014). In dieser Arbeit liegt der Fokus auf einer Stärkung submikroskopischer Vorstellungen und der Verknüpfung mit den häufig ungeliebten, abstrakt-mathematischen Repräsentationen (Formeln und Diagramme) auf der symbolischen Ebene.

Konzept der BIRC-Lerneinheiten

Es ist die Grundidee des Konzepts BIRC, (Bridging Imagination and Representation in Chemistry, vgl. Schwedler 2018) die Studierenden beim Selbstlernen bedarfsgerecht zu unterstützen, indem ihre molekularen Vorstellungen gezielt gestärkt und mit mathematischen Repräsentationen verknüpft werden.

Jede BIRC-Lerneinheit basiert daher auf einer mit „*molecular workbench next generation*“ (Concord Consortium, Tinker and Xie 2008) maßgeschneiderten Moleküldynamiksimulation, anhand derer die Lernenden nach dem Prinzip des *simulation learning* (Landriscina 2009) ihre eigenen Vorstellungen auf der Teilchenebene überprüfen und weiterentwickeln können.

In der ersten Phase (Imagine) werden die Studierenden zunächst mit einem physikochemischen Phänomen auf der Teilchenebene konfrontiert, eine ikonische Darstellung (siehe Abbildung 1) dient dabei als Imaginationshilfe. Die Studierenden sollen ihre eigenen Vorstellungen aktivieren, mögliche Verläufe und Verhaltensweisen antizipieren und sich selber positionieren. In der zweiten Phase (Try) können die eigenen Vorstellungen und Vermutungen anhand einer oder mehrerer interaktiver Moleküldynamiksimulationen überprüft werden. Erst in der dritten und letzten Phase (Bridge) erfolgt die Verknüpfung und Auseinandersetzung mit abstrakten mathematischen Repräsentationen.

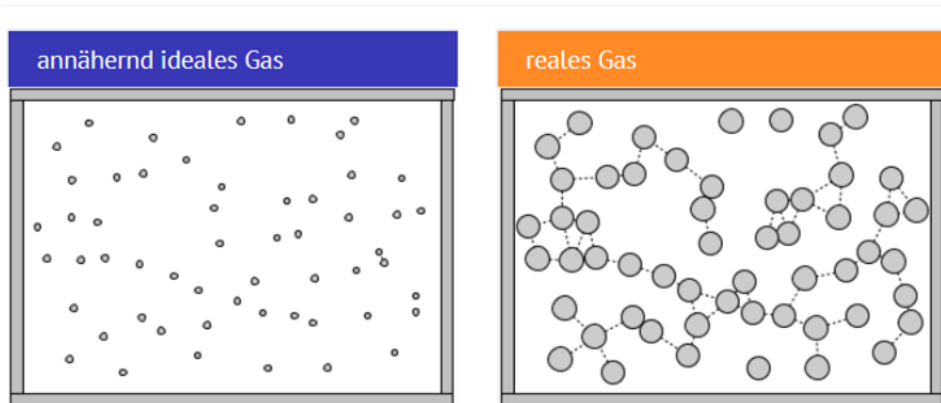


Abb. 1: Imaginationshilfe der Lerneinheit „Reale Gase“. Fragestellung: Welchen Einfluss haben Eigenvolumen und Van-der-Waals-Kräfte auf den Druck im Behälter?

Ziel der Studie

Die Unterstützungswirkung einzelner Lerneinheiten wurde bereits in Einzelfallstudien evaluiert. Allerdings ist bislang unklar, ob der Einsatz mehrerer BIRC-Lerneinheiten im Feld die Studierenden in der Breite unterstützen kann. Daher wurden sechs Lerneinheiten im WS 17/18 als optionale Selbstlernmaterialien in der regulären Erstsemesterveranstaltung „Physikalische Chemie Basis“ der Universität Bielefeld eingesetzt und evaluiert. Ziel der Studie ist es, die Nutzung, Akzeptanz und den Lernerfolg der Studierenden zu eruieren. Dazu wurde auch untersucht, inwieweit BIRC die Entwicklung mentaler Modelle, das konzeptuelle Verständnis und die Verknüpfung submikroskopischer Sachverhalte mit abstrakt-mathematischer Repräsentation fördert.

Forschungsmethoden

Das triangulierende Forschungsdesign ermöglicht sowohl genaue Betrachtungen der Lernervorstellungen im Einzelfall als auch die Erhebung der Unterstützungswirkung in der Breite der Studierendenkohorte. Durch *concurrent think-aloud*-Erhebungen (Van Den Haak et al. 2003; van Someren et al. 1994, N = 30) direkt im Anschluss an die zugehörige Vorlesung konnten Denkprozesse und Vorstellungsveränderungen während der Bearbeitung im Einzelfall analysiert werden. Leitfadengestützte, episodisch-problemzentrierte Interviews (N = 24) in der jeweiligen Folgewoche erfassten Akzeptanz und Lernerfolg im Rahmen der häuslichen Bearbeitung retrospektiv und zeitnah. Durch Online-Fragebögen zum Abschluss der häuslichen Bearbeitung (x = 126) sowie zwei *paper&pencil*-Fragebögen im Pre-Post-Design in der ersten und letzten Lehrveranstaltung (N = 102) wurden triangulierend Nutzung, Akzeptanz und Lernerfolg einer größeren, anonymen Stichprobe erhoben.

Ergebnisse

Die Ergebnisse des Posttests zeigen, dass die Lerneinheiten von den Studierenden in der Breite genutzt werden, obwohl quantitative Überforderung zu Studienbeginn durchaus häufig auftritt (Schwedler 2017) und die Bearbeitung der Lerneinheiten freiwillig ist. Zudem belegen Einzelfallstudien und die Erhebungen der größeren Stichprobe das adressatengerechte Niveau der Lerneinheiten. Auch retrospektiv betonen die Probanden des Posttests überwiegend unterstützende Effekte, insbesondere beim Verstehen, der Veranschaulichung der Inhalte und der Vor- und Nachbereitung der Lehrveranstaltungen.

In den *think-aloud*-Studien treten zu Beginn der Lerneinheit häufig fehlerhafte oder unzureichende Vorstellungen physikochemischer Konzepte zutage. Kompetenzbezogene

Selbsteinschätzungen aus den anonymen Online-Fragebögen belegen, dass die Probanden bezüglich der molekularen Vorstellungen und der Interpretation von Formeln und Diagrammen mit Hilfe dieser Vorstellungen durch die Bearbeitung der Lerneinheiten einen signifikanten Kompetenzzuwachs erleben (siehe Abbildung 2). Die Formulierung der allgemeinen Kompetenzen K1 und K2 wurden in der Erhebung passend auf die in den sechs Lerneinheiten thematisierten, physikochemischen Kernkonzepte zugeschnitten.

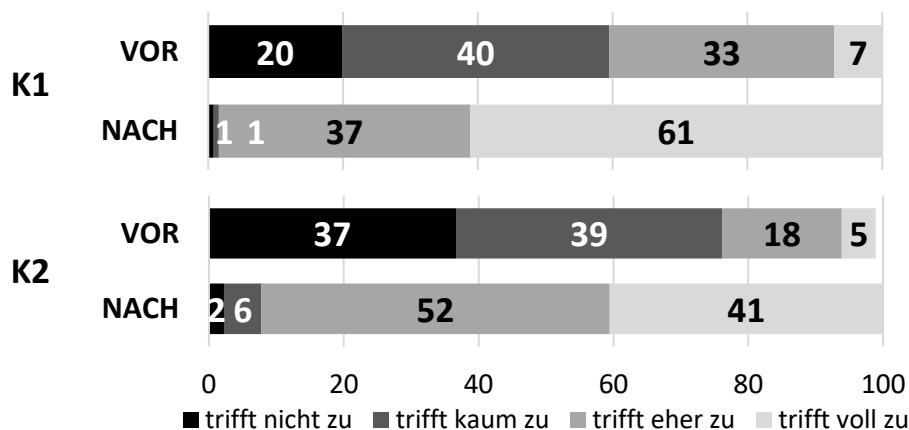


Abb. 2: Selbsteinschätzung der Online-Probanden zur molekularen Vorstellung (K1) und deren Verknüpfung mit Formeln und Diagrammen (K2) vor und nach der Bearbeitung der Lerneinheit.

K1: Ich kann mir das Verhalten der Gasteilchen bei dem Prozess/Phänomen vorstellen.

K2: Ich kann die Formel / das Diagramm interpretieren, indem ich sie / es mit dem Verhalten der Gasteilchen verknüpfe.

Um zu untersuchen, inwieweit sich die Bearbeitung der Lerneinheiten nachhaltig auf das Konzeptverständnis der Studierenden zum Ende des Semesters auswirkt, wurde ein Test auf Konzeptverständnis im Rahmen des Posttests eingesetzt. Der im Februar durchgeführte Test besteht im Wesentlichen aus selbst konzipierten, offenen *two-tier*-Fragen und bezieht sich auf drei Lerneinheiten, die bereits im November und Dezember von den Studierenden bearbeitet wurden. Es zeigt sich, dass eine signifikante Korrelation zwischen der Zahl der bearbeiteten, testrelevanten Lerneinheiten und dem Abschneiden im Test auf Konzeptverständnis vorliegt. Ausführliche Ergebnisse zum erlebten Kompetenzzuwachs und zum verbesserten Konzeptverständnis werden an anderer Stelle publiziert.

Ausblick

In Zukunft sollen weitere Lerneinheiten, insbesondere zum Themenkomplex Arbeit und Wärme, entwickelt und im Feld eingesetzt werden. Darüber hinaus sollen die bisher in Papierform vorliegenden Übungsaufgaben mit Lernhilfen versehen und in das Konzept integriert werden. Dies soll nicht nur zu einer verbesserten Vernetzung von Konzeptverständnis und Anwendung im Rahmen von Rechenaufgaben führen, sondern auch die Möglichkeiten zur individuellen Förderung beim studentischen Selbstlernen stärken.

Literatur

- Bain, K., Moon, A., Mack, M. R., & Towns, M. H. (2014). A review of research on the teaching and learning of thermodynamics at the university level. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(3), 320–335.
- Becker, N., Stanford, C., Towns, M., & Cole, R. (2015). Translating across macroscopic, submicroscopic, and symbolic levels: the role of instructor facilitation in an inquiry-oriented physical chemistry class. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(4), 769–785.
- Becker, N., & Towns, M. (2012). Students' understanding of mathematical expressions in physical chemistry contexts: An analysis using Sherin's symbolic forms. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(3), 209–220.
- Goedhart, M. J., & Kaper, W. (2002). From Chemical Energetics to Chemical Thermodynamics. In *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (pp. 339–362). Dordrecht, Boston, London: Kluwer.
- Hernández, G. E., Criswell, B. A., Kirk, N. J., Sauder, D. G., & Rushton, G. T. (2014). Pushing for particulate level models of adiabatic and isothermal processes in upper-level chemistry courses: a qualitative study. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(3), 354–365.
- Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J., et al. (2017). Zwischen Studierenerwartungen und Studienwirklichkeit. *Forum Hochschule*. Hannover.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of computer assisted learning*, 7(2), 75–83.
- Landriscina, F. (2009). Simulation and learning: the role of mental models. *Journal of e-Learning and Knowledge Society*, 5(2), 23–32.
- Nyachwaya, J. M., & Wood, N. B. (2014). Evaluation of chemical representations in physical chemistry textbooks. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 720–728.
- Schwedler, S. (2017). Was überfordert Chemiestudierende zu Studienbeginn? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23, 165–179.
- Schwedler, S. (2018). Wie schnell sind die Teilchen denn jetzt ? Studienanfänger des Fachs Chemie entwickeln dynamische Vorstellungen zur Maxwellverteilung mit BIRC, *Chemie Konkret*, DOI 10.1002/ckon.201800019.
- Tinker, R. F., & Xie, Q. (2008). Applying computational science to education the molecular workbench paradigm. *Computing in Science and Engineering*, 10(5), 24–27.
- Tsaparlis, G., & Finlayson, O. E. (2014). Physical chemistry education: its multiple facets and aspects. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(3), 257–265.
- Van Den Haak, M. J., De Jong, M. D. T., & Schellens, P. J. (2003). Retrospective vs. concurrent think-aloud protocols: Testing the usability of an online library catalogue. *Behaviour and Information Technology*, 22(5), 339–351.
- van Someren, M. W., Barnard, Y. F., & Sandberg, J. (1994). *The Think Aloud Method: A Practical Guide to Modelling Cognitive Processes*. London: Academic Press.