

Eine Fallstudie zur Entwicklung domänenspezifischer Expertise

Einleitung

Um aktuellen gesellschaftlichen und wissenschaftlichen Herausforderungen begegnen zu können, ist das Problemlösen eine der zentralen Fähigkeiten des 21. Jahrhunderts (Griffin and Care, 2014). Allerdings wissen wir aufgrund verschiedener hochschuldidaktischer Studien, dass Studierende und Experten sich in ihrem Problemlöseverhalten unterscheiden (Airey and Linder, 2009; DiSessa, 1993; Felder and Brent, 2016; Lemke, 1998). Experten haben ein hohes Bewusstsein für domänenspezifische Ressourcen und nutzen diese effizient und erfolgreich, um verschiedenste Probleme zu lösen (Airey and Linder, 2017; Ericsson, Hoffman, Kozbelt, & Williams, 2018). Studierende hingegen verwenden Formeln, Geräte oder Messmethoden meist algorithmisch, ohne ein Bewusstsein dafür zu entwickeln, ob und warum die verwendeten Ressourcen angemessen sind, um ein domänenspezifisches Problem zu lösen (Gulacar, Eilks, & Bowman, 2014; Nyachwaya, Warfa, Roehrig, & Schneider, 2014; Yuriev, Basal, & Vo, 2019; Yuriev, Naidu, Schembri, & Short, 2017).

Als möglichen Grund für das unterschiedliche Problemlöseverhalten von Studierenden und Experten, nennen Eriksson et al. (2017) den für Studierende unzureichenden Zugang zu offensichtlichen Dingen einer Domäne. Das inkludiert z. B. den Umgang mit typischen Ressourcen (*Werkzeugen, Repräsentationen und Aktivitäten*), die essentiell sind, um ein domänenspezifisches Problem zu lösen. Dieses verborgene Expertenwissen und die daraus resultierenden Schwierigkeiten für Studierende beobachten wir insbesondere in angewandten Studiengängen, wie z. B. der Materialwissenschaft. Die Kombination mehrerer Disziplinen (hier Chemie und Physik) erschwert es den Studierenden zusätzlich zu erkennen, welche Ressourcen essentiell sind und wie diese effizient und erfolgreich zur Lösung eines domänenspezifischen Problems genutzt werden können.

Ziel und Forschungsdesign

Da das Bewusstsein für verschiedene domänenspezifische *Werkzeuge, Repräsentationen und Aktivitäten* und deren reflektierte Nutzung beim Lösen von Problemen grundlegend für die Entwicklung von Expertise innerhalb einer Domäne ist, war es das Ziel des Projektes, Studierenden der Materialwissenschaft Zugang zu dem für sie nicht offensichtlichen Wissen zu verschaffen und somit deren domänenspezifische Expertise zu fördern. Passend dazu wurde in einem Kooperationsprojekt zwischen der Chemiedidaktik und der Physikalischen Chemie eine projektorientierte Lernumgebung entwickelt, implementiert und im Hinblick auf die Entwicklung der domänenspezifischen Expertise der Studierenden evaluiert.

Innerhalb der Lernumgebung lernen die Studierenden zunächst typische Ressourcen und deren Anwendung in materialwissenschaftlichen Kontexten kennen. Danach bearbeiten sie selbstständig, in Zweiergruppen, ein aktuelles und authentisches Forschungsprojekt und verwenden dabei typische Ressourcen, wie z. B. die Software FullProf, Modelle von Kristallstrukturen und ein Röntgendiffraktometer. Das Besondere an den Projekten ist, dass die Studierenden lediglich die Forschungsfrage vorgegeben bekommen und die weiteren Forschungsschritte selbstgestalten. Hilfe vom Experten gibt es nur auf Anfrage.

Im Wintersemester 17/18 wurde die Lernumgebung erstmals in einem Bachelormodul mit 6 Studierenden der Materialwissenschaft durchgeführt. Der Fokus der Evaluation lag insbesondere auf der selbstständigen Projektarbeit der Studierenden. Um möglichst tiefe Einblicke in die Entwicklung der domänenspezifischen Expertise der Studierenden zu

bekommen, erfolgte die Evaluation im Rahmen eines qualitativen Fallstudiendesigns (Yin, 2017). Die Daten wurden mittels Audio-Diaries (Worth, 2009) begleitend über die gesamte Zeit und Think-Aloud Interviews (Fonteyn, Kuipers, & Grobe, 1993) in der Mitte und am Ende der Projekte erhoben (siehe Abb. 1).

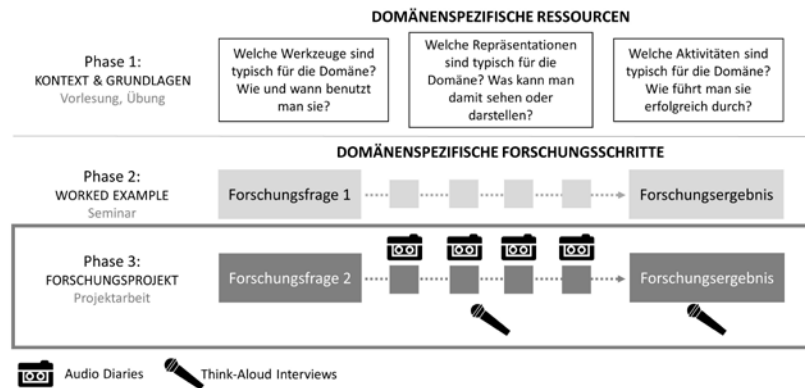


Abb. 1 Die Lernumgebung inklusive Datenerhebung

Datenanalyse und Ergebnisse

Zur Untersuchung der Entwicklung der domänenspezifischen Expertise der Studierenden innerhalb der Lernumgebung haben wir sowohl die Veränderung des Bewusstseins der Studierenden für die verwendeten Ressourcen, als auch „produktive Momente“ im Problemlöseprozess der Studierenden, qualitativ analysiert. Als Grundlage für diese Analyse dienten die in den Audio-Diaries und Think-Aloud Interviews erhobenen Daten, die zunächst transkribiert und danach mithilfe von MAXQDA kodiert wurden (Saldaña, 2015).

Die Analyse des Bewusstseins der Studierenden, für die in den Projekten verwendeten Ressourcen, erfolgte mithilfe eines Kategoriensystems, welches basierend auf Literatur von Airey & Linder (2009) und Eriksson et al. (2017) entwickelt wurde. Zunächst wurden die verwendeten Ressourcen in den drei Kategorien *Werkzeuge*, *Repräsentationen* und *Aktivitäten* kodiert (Airey & Linder, 2009). Anschließend wurden die unterschiedlichen Ressourcen mit einem der fünf Bewusstseinslevel (*1. Nicht-domänen-spezifisches Bewusstsein*, *2. Identifikation*, *3. Erklärung*, *4. Wertschätzung*, *5. Evaluation*) kodiert, wobei 1. dem niedrigsten und 5. dem höchsten Level an Bewusstsein entspricht (Eriksson, Linder, Airey, & Redfors, 2017).

Das Ergebnis der qualitativen Analyse der Daten zeigte, dass alle Studierenden mit einem niedrigen oder mittleren Bewusstsein (*1.*, *2.*, oder *3.* Level) für die unterschiedlichen Ressourcen in die Projekte starten. Im Laufe der Projekte nimmt das Bewusstsein deutlich zu, sodass die Studierenden am Ende der Projekte ein mittleres oder hohes Bewusstseinslevel für die verwendeten Ressourcen erreichen (*3.*, *4.*, oder *5.* Level). Allerdings hat sich das Bewusstsein in den drei analysierten Gruppen unterschiedlich entwickelt. Durch diese unterschiedliche Entwicklung ergab sich die Frage, was genau die Entwicklung des Bewusstseins für die Ressourcen im Problemlöseprozess der Studierenden beeinflusst.

Für eine detaillierte Analyse haben wir deren gesamten Problemlöseprozess mithilfe der Daten aus den Audio-Diaries und den Think-Aloud Interviews (siehe Abb. 1) Schritt für Schritt auf „produktive Momente“ analysiert, Momente im Problemlöseprozess der Studierenden, in denen wir einen hohen Anstieg des Bewusstseins feststellen konnten. Die Analyse ergab schließlich, dass in den meisten Fällen *Unsicherheit* oder *Misserfolg* im Problemlöseprozess

der Studierenden zu einer Steigerung des Bewusstseins für die verwendeten Ressourcen geführt haben.

Exemplarisch ergab sich zu Beginn des Projektes (die Daten stammen aus dem ersten Audio Diarie) für Gruppe 3 die folgende Situation:

„Die erste Herausforderung war, dass es nicht ganz eindeutig war, was durchzuführen ist. (nachdenklich) unklar war (...) an dieser Stelle, es wurde gefragt nach einem Profil-fit (...) unklar war, was dieser Profil-fit sein soll, da wir eigentlich davon ausgegangen sind, dass wir keinen Gesamt-fit über die (...) über das Spektrum machen sollten, [...].“

Da die Studierenden die Ressource *Profil-fit* (das ist eine typische Aktivität, bei der zuvor gemessene Daten für die weitere Analyse mithilfe einer geeigneten Software aufbereitet werden) zwar erkennen aber unsicher sind, was sie tatsächlich tun sollen, wurden sie auf das Level 1. *Nicht-domänen-spezifisches Bewusstsein* eingestuft. Aufgrund des mangelnden Bewusstseins wählen die Studierenden dann die falsche Software zu Aufbereitung der gemessenen Daten und die Datenauswertung läuft in die falsche Richtung. Schließlich muss der Experte eingreifen und die Studierenden auf ihren Fehler hinweisen. Von diesem holprigen Start berichten die Studierenden auch im ersten Interview:

„[...] wir [haben] die Messdaten bekommen und die dazugehörige cif-Datei. Hatten da halt etwas Probleme mit den Messdaten, wie wir die auswerten sollen, (...) wir dachten, wir sollen die nur indizieren (lacht). Und (...) sind dann auch nicht so ganz auf Full-Prof draufgekommen, sondern haben das ja alles sehr umständlich über Origin gemacht. [...] Ja und dann kamen wir auch direkt auf den nächsten Schritt, wo uns dann gesagt wurde, dass wir alles mit Full-Prof machen sollen.“

Im abschließenden Interview sprechen die Studierenden erneut über diese Situation und darüber, dass insbesondere dieser Moment der *Unsicherheit* und der daraus resultierende *Misserfolg* dazu geführt hat, dass sie sich im weiteren Verlauf des Projektes reflektierter und bewusster mit auftretenden Problemen und den zur Lösung verwendeten Ressourcen auseinandergesetzt haben.

„Manchmal ist es hilfreich (...), dass man vielleicht nochmal (...) über eine Sache, auch wenn man sie gemacht hat, zwei, drei Mal überlegt, um dann vielleicht nochmal sich zu denken: Hm (nachdenklich) das könnte doch eigentlich noch anders gehen.“

Fazit

Die detaillierte Analyse der Entwicklung domänenspezifischer Expertise in einem Bachelormodul der Materialwissenschaft hat gezeigt, dass sich Expertise nicht zwangsläufig durch die angeleitete und wiederholte Nutzung domänenspezifischer Ressourcen in verschiedensten Kontexten entwickelt. Entgegen der traditionellen Hochschullehre kann es förderlich sein, bereits Bachelorstudierende eigene Forschungsprojekte durchführen zu lassen. Denn insbesondere Momente der *Unsicherheit* oder *Misserfolge* im Problemlöseprozess der Studierenden, die durch solche Lernumgebungen entstehen können, sind essentiell für die Entwicklung eines experten-ähnlichen Problemlöseverhaltens. Um Frustration sowohl auf Seiten der Studierenden als auch bei den Lehrenden zu vermeiden, ist es wichtig, dass die Studierenden mindestens das Level 2. *Identifikation* erreicht haben, bevor sie sich ihren Herausforderungen alleine stellen müssen. Außerdem bietet es sich an den Problemlöseprozess der Studierenden, z. B. mit Hilfe von Audio Diaries, kontinuierlich zu begleiten, um eingreifen zu können, falls es nötig ist.

Literatur

- Airey, J., & Linder, C. (2009). A disciplinary discourse perspective on university science learning: Achieving fluency in a critical constellation of modes. *Journal of research in science teaching*, 46(1), pp. 27-49.
- Airey, J., & Linder, C. (2017). Social semiotics in university physics education. In D. F. Treagust, R. Duit & H. E. Fischer (Eds.), *Multiple Representations in Physics Education* (pp. 95-122): Springer.
- DiSessa, A. A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and instruction*, 10(2-3), pp. 105-225.
- Ericsson, K. A., Hoffman, R. R., Kozbelt, A., & Williams, A. M. (2018). *The Cambridge handbook of expertise and expert performance* Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Eriksson, U., Linder, C., Airey, J., & Redfors, A. (2017). Introducing the anatomy of disciplinary discernment: an example from astronomy. *arXiv preprint arXiv:1703.00269*
- Felder, R. M., & Brent, R. (2016). *Teaching and learning STEM: A practical guide*: John Wiley & Sons.
- Fonteyn, M. E., Kuipers, B., & Grobe, S. J. (1993). A description of think aloud method and protocol analysis. *Qualitative health research*, 3(4), pp. 430-441.
- Griffin, P., & Care, E. (2014). *Assessment and teaching of 21st century skills: Methods and approach*: Springer.
- Gulacar, O., Eilks, I., & Bowman, C. R. (2014). Differences in general cognitive abilities and domain-specific skills of higher-and lower-achieving students in stoichiometry. *Journal of Chemical Education*, 91(7), pp. 961-968.
- Lemke, J. L. (1998). *Teaching all the languages of science: Words, symbols, images, and actions*. Conference on science education in Barcelona.
- Nyachwaya, J. M., Warfa, A.-R. M., Roehrig, G. H., & Schneider, J. L. (2014). College chemistry students' use of memorized algorithms in chemical reactions. *Chemistry Education Research Practice*, 15(1), pp. 81-93. doi:10.1039/c3rp00114h
- Saldaña, J. (2015). *The coding manual for qualitative researchers* Thousand Oaks, California, USA: Sage Publications Inc.
- Worth, N. (2009). Making use of audio diaries in research with young people: Examining narrative, participation and audience. *Sociological Research Online*, 14(4), pp. 1-11.
- Yin, R. K. (2017). *Case study research and applications: Design and methods*: Sage publications.
- Yuriev, E., Basal, S., & Vo, K. (2019). Developing problem-solving skills in physical chemistry. In M. K. M. D. C. Seery (Ed.), *Teaching Chemistry in Higher Education: A Festschrift in Honour of Professor Tina Overton* (pp. 55-76). Dublin: Creathach Press.
- Yuriev, E., Naidu, S., Schembri, L. S., & Short, J. L. (2017). Scaffolding the development of problem-solving skills in chemistry: guiding novice students out of dead ends and false starts. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(3), pp. 486-504. doi:10.1039/c7rp00009j