Hilda Scheuermann IPN Kiel
Mathias Ropohl

Inwiefern fördern Rückmeldungen die Kompetenz Experimente zu planen?

Es wird international gefordert, dass Schülerinnen und Schüler naturwissenschaftliche Arbeitsweisen anwenden können (KMK, 2004; NGSS, 2013). Das Unterrichtskonzept des forschenden Lernens zeichnet den naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg auf eine schülergerechte Weise nach. Schülerinnen und Schüler sollen beispielsweise naturwissenschaftliche Fragestellungen formulieren, Hypothesen aufstellen und Experimente zur Überprüfung der Hypothesen planen (z.B. Ropohl, Rönnebeck & Scheuermann, 2015). Es zeigt sich jedoch, dass Schülerinnen und Schüler beim selbstständigen Planen und Durchführen von Experimenten häufig unsystematisch vorgehen und die Variablenkontroll-strategie nicht berücksichtigen (z. B. Hammann, Phan, Ehmer & Grimm, 2006, Wahser & Sumfleth, 2008). Die Variablenkontrollstrategie beinhaltet, dass die unabhängige Variable unter Konstanthalten von Störvariablen variiert wird, um die abhängige Variable unter kontrollierten Bedingungen messen zu können (z. B. Chen & Klahr, 1999). Schülerinnen und Schüler haben hierbei insbesondere Schwierigkeiten in der Benennung der Variablen sowie in der Variierung der unabhängigen Variablen und in der Berücksichtigung von Störvariablen (z.B. Arnold, Kremer & Mayer, 2014).

Schülerinnen und Schüler benötigen eine gezielte Förderung der Kompetenz der Experimentplanung unter Anwendung der Variablenkontrollstrategie. Eine Möglichkeit bietet die formative Diagnose und Bewertung (vgl. Black & Wiliam, 1998). Zu Beginn der formativen Diagnose und Bewertung wird mit den Lernenden ein Lernziel definiert. Es folgt eine Schüleraktivität, mit deren Hilfe der Lernstand der Schülerinnen und der Schüler erfasst wird. Dieser Lernstand wird bewertet und schließlich den Schülerinnen und Schülern individuell rückgemeldet. Nach einer Reflexion der Rückmeldung folgt eine weitere Schüleraktivität. Auf diese Weise wird den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit gegeben, ihre Kompetenzen während des Lernprozesses zu verbessern.

Im Rahmen des Projekts ASSIST-ME, an welches das Dissertationsvorhaben inhaltlich anknüpft, wurde der internationale Forschungsstand bezüglich Diagnosemethoden von Kompetenzen des naturwissenschaftlichen Arbeitens recherchiert. Es wurden kaum Veröffentlichungen identifiziert, die formative Diagnose und Bewertung in Hinblick auf die Kompetenzen des naturwissenschaftlichen Arbeitens untersuchen (Bernholt, Rönnebeck, Ropohl, Köller & Parchmann, 2013). In Anbetracht der Schwierigkeiten, die Schülerinnen und Schüler beim Planen von Experimenten haben, ist es notwendig hier Forschung anzusetzen, die die Lernwirksamkeit formativer Diagnose und Bewertung auf das Planen von Experimenten untersucht.

Bezüglich der Lernwirksamkeit formativer Diagnose und Bewertung zeigen sich in Abhängigkeit von den Aufgabenbedingungen und der Fachdomäne unterschiedliche Effekte. In den Naturwissenschaften ist die Lernwirksamkeit am geringsten (Kingston & Nash, 2011). In Zusammenhang mit formativer Diagnose gelten Rückmeldungen als eine wichtige Komponente. Eine generelle Lernwirksamkeit von Rückmeldungen wird in Meta-Analysen bestätigt (z. B. Kluger & DeNisi, 1996). Allerdings ist auch die Lernwirksamkeit von Rückmeldungen von mehreren Faktoren abhängig. So beeinflusst die jeweilige Rückmeldeform die Lernwirksamkeit. Studien zeigen, dass Rückmeldungen einerseits lernwirksam sind, wenn sie den Schülerinnen und Schülern das Lernziel, den Lernstand und Verbesserungsmöglichkeiten aufzeigen (Harks, Rakoczy, Hattie, Besser & Klieme, 2013; Wollenschläger, Möller & Harms, 2012), und andererseits, wenn sie den Schülerinnen und Schülern lediglich Lernziel und Lernstand aufzeigen (Jaehnig & Miller, 2007; Rheinberg &

Vollmeyer, 2005). Weiterhin ist die Lernwirksamkeit davon abhängig, wie hilfreich die Rückmeldungen von den Schülerinnen und Schülern wahrgenommen werden. Die wahrgenommene Kompetenzunterstützung hat ebenfalls einen Einfluss auf das Interesse, während kein Einfluss auf die Motivation und das Selbstkonzept beobachtet wird (Harks, Rakoczy, Hattie, Besser & Klieme, 2013; Rheinberg & Vollmeyer, 2005).

Aus dem aktuellen Forschungsstand können folgende Forschungsfragen abgeleitet werden:

- Welche Form von formativer Rückmeldung ist lernwirksam im Hinblick auf das Planen von Experimenten im Fach Chemie?
- Inwiefern beeinflusst die wahrgenommene Kompetenzunterstützung das Planen von Experimenten, das Interesse, die Motivation, die Selbstwirksamkeit und das Selbstkonzept der Schülerinnen und Schüler?

Zur Untersuchung der beiden Fragestellungen wurden drei Formen von Rückmeldungen in einer Interventionsstudie kontrastiert. Die drei Interventionsgruppen unterscheiden sich wie folgt: Den Schülerinnen und Schülern der Experimentalgruppe wurden auf einem individuellen Rückmeldebogen das Lernziel, der Lernstand sowie nächste Lernschritte zur Erreichung des Lernziels aufgezeigt. Den Schülerinnen und Schülern der Vergleichsgruppe 1 wurden das Lernziel und der Lernstand aufgezeigt. Sie haben die nächsten Lernschritte selbst eingeschätzt. Den Schülerinnen und Schülern der Vergleichsgruppe 2 wurde lediglich das Lernziel aufgezeigt. Sie haben durch einen Vergleich ihrer Planung mit den Lernzielkriterien ihren Lernstand und nächste Lernschritte selbst eingeschätzt.

Gruppe	Experimentalgruppe	Vergleichsgruppe 1	Vergleichsgruppe 2
Form der Rückmeldung	Aufzeigen von - Lernziel - Lernstand - Nächste Lernschritte	Aufzeigen von - Lernziel - Lernstand	Aufzeigen vom - Lernziel

Tab 1 Form der Rückmeldung in den Interventionsgruppen

Die vierstündige Intervention wurde in achten Klassen an Gymnasien in Schleswig-Holstein durchgeführt ($N = 214$; $M_{Alter} = 13.6$; 51,2 % weiblich). In der ersten Unterrichtsstunde wurde gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern das Lernziel festgelegt. Hierzu erarbeiteten die Schülerinnen und Schüler die Kriterien für eine Experimentplanung wie die Benennung abhängiger und unabhängiger Variablen, das kontrollierte Variieren unabhängiger Variablen und das Berücksichtigen von Störvariablen. In den nächsten drei Unterrichtsstunden planten die Schülerinnen und Schüler jeweils ein Experiment zur Überprüfung einer vorgegebenen Hypothese. Die Experimentplanungen haben die Schülerinnen und Schüler auf einem Forscherbogen verschriftlicht. Die Planungen wurden mit Hilfe eines Manuals bewertet. Die Schülerinnen und Schüler erhielten in der nächsten Stunde einen individuellen Rückmeldebogen zu ihren Experimentplanungen. Je nach Interventionsgruppe fiel die Form der Rückmeldungen unterschiedlich aus (s. Tab. 1). Nach einer Reflexion planten die Schülerinnen und Schüler ein neues Experiment bezüglich einer weiteren Hypothese. Für die Durchführung wurden entsprechend der Untersuchungsziele spezielle Materialien entwickelt (vgl. Ropohl, Scheuermann & Rönnebeck, 2015).
Die beiden Forschungsfragen wurden anhand eines Prä-Post-Follow Up-Designs untersucht. Die Kompetenzen des naturwissenschaftlichen Arbeitens der Schülerinnen und Schüler wurden mit einer offenen Aufgabe zur Experimentplanung sowie adaptierten Tests zu naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen erhoben. Weiterhin wurden das Interesse am Fach Chemie, die Motivation, die Selbstwirksamkeit und das Selbstkonzept sowie die wahrgenommene Kompetenzunterstützung gemessen. Als Kontrollvariablen wurden die

kognitiven Fähigkeiten und das Fachwissen zum Thema Metalle erhoben.
Bezüglich der Lernwirksamkeit der unterschiedlichen Rückmeldeformen auf das Planen von Experimenten zeigen die Ergebnisse, dass die Rückmeldeform, die Informationen zum Lernziel, Lernstand und nächsten Lernschritten aufweist, am lernwirksamsten im Hinblick auf das Planen von Experimenten ist. Die Rückmeldeformen aus den Vergleichsgruppen 1 und 2, die Informationen zum Lernziel und Lernstand bzw. lediglich zum Lernziel gegeben haben, bewirken einen geringeren Lernzuwachs. Weiterhin nehmen die Schülerinnen und Schüler der Experimentalgruppe und der Vergleichsgruppe 1 die Rückmeldungen hilfreicher wahr als die Vergleichsgruppe 2. Demnach lässt sich schlussfolgern, dass Rückmeldungen Informationen zum Lernziel, Lernstand und nächsten Lernschritten aufweisen sollten.
In einer zweiten Interventionsstudie wird im Schuljahr 2015/16 untersucht, inwiefern formative Diagnose und Bewertung in weniger angeleiteten Lernumgebungen des forschenden Lernens Schülerinnen und Schüler beim Erwerb von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen unterstützen kann. Der derzeitige Forschungsstand zeigt, dass Schülerinnen und Schüler in weniger angeleiteten Lerngelegenheiten tendenziell überfordert sind und daher einen geringen Lernzuwachs erfahren. Inwiefern formative Diagnose und Bewertung dem entgegenwirken kann, wird im Rahmen der Studie in achten Klassen an Gymnasien anhand eines Prä-Post-Follow Up-Designs untersucht.

Literatur

Arnold, J., Kremer, K., Mayer, J. (2014). Understanding Students' Experiments - What kind of support do they need in inquiry tasks?. *International Journal of Science Education*, 36(16), 2719-2749.

Bernholt, S., Rönnebeck, S., Ropohl, M., Köller, O., & Parchmann, I. (2013). Report on current state of the art in formative and summative assessment of IBE in STM - Part 1. Verfügbar unter http://assistme.ku.dk/project/workpackages/wp2/131015_del_2_4_IPN_PEI.pdf [10.8.2014].

Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 5 (1), 7-75.

Chen, Z. & Klahr, D. (1999). All Other Things Being Equal: Acquisition and Transfer of the Control of Variables Strategy. *Child Development*, 70(5), 1098 – 1120.

Hammann, M., Phan, Thi T. H., Ehmer, M., & Grimm, T. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 59 (2), 292-299.

Harks, B., Rakoczya, K., Hattie, J., Besser, M., & Klieme, E. (2013). The effects of feedback on achievement, interest and selfevaluation: the role of feedback's perceived usefulness. *Educational Psychology: An international Journal of Experimental Educational Psychology*, 33 (1), 1-22.

Jaehnig, W. & Miller, M.L. (2007). Feedback types in programmed instruction: a systematical review. *The Psychological Record* 57, 219-232.

Kingston,N. & Nash, B. (2011). Formative Assessment: A meta-analysis and a call for research. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 30 (4), 28-37.

Kluger, A. N., & DeNisi, A. (1996). The effects of Feedback Interventions on Performance: A historical review, a meta-analysis, and a preliminary feedback intervention theory. *Psychological Bulletin*, 119 (2), 254-284.

KMK (2005). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. München: Luchterhand.

NGSS (2013). Next Generation Science Standards: For States, By States. Washington, DC: The National Academies Press.

Rheinberg, F. & Vollmeyer, R. (2005). A surprising effect of feedback on learning. *Learning and Instruction* 15, 589-602.

Ropohl, M., Rönnebeck, S., Scheuermann, H. (2015). Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung im Chemieunterricht. Das Konzept des forschenden Lernens. *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie im Unterricht*, 64(6), S. 5-8.

Ropohl, M., Scheuermann, H., & Rönnebeck, S. (2015). Diagnostizieren und Bewerten mit dem Forscherbogen. Formative Diagnose beim forschenden Lernen. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie* 149, 40 – 44.

Wahser, I., Sumfleth, E. (2008). Training experimenteller Arbeitsweisen zur Unterstützung kooperativer Kleingruppenarbeit im Fach Chemie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, 219-241.

Wollenschläger, M., Möller, J., & Harms, U. (2012). Ist kompetenzielles Fremdfeedback überlegen, weil es als effektiver wahrgenommen wird?. *Unterrichtswissenschaft*, 40 (3), 197-212.