

Jürgen ROTH, Landau, Hans-Georg WEIGAND, Würzburg

Forschendes Lernen im Mathematikunterricht

Interesse für Neues zu entwickeln ist eine menschliche Grundhaltung bzw. Grundfähigkeit. Dazu gehören Neugier und das Bedürfnis, den Dingen auf den Grund zu gehen und diese zu hinterfragen. Es gibt viele Bücher, die den Weg einer Entdeckung oder Erfindung in der Mathematik allgemein verständlich beschreiben, wie etwa die Lösung des Problems der Fermatschen Vermutung (Singh 2000) oder die autobiographische Skizze „Das lebendige Theorem“ von Cédric Villani (2013). Hierin beschreibt der französische Mathematiker und Fields-Medaillen-Träger auf spannende Art und Weise den Weg eines Forschers in der Mathematik bzw. seinen Weg des Entdeckens eines mathematischen Theorems, für das er letztlich die Fields Medaille erhalten hat. Er beschreibt die Suche eines Forschers, der „weit davon entfernt (ist), eine geradlinige Bahn zu verfolgen“, und für den die Entdeckung „wie so oft im Leben ein langer Weg voller Rückwärtsbewegungen und Windungen“ ist (S. 5).

In dem 1937 erschienenen Buch „Logic – The Theory of Inquiry“ (zu deutsch „Logik – die Theorie der Forschung“) hat sich John Dewey mit der Frage nach den Grundlagen der Forschung auseinandergesetzt, um sie insbesondere auch für Lernprozesse zugänglich zu machen. Für ihn besteht das Zentrale der Forschung darin, eine unbestimmte Situation mit wenigen oder keinen Zusammenhängen zwischen vorhandenen einzelnen Komponenten in eine geordnete Situation überzuführen, also insbesondere Zusammenhänge und Verknüpfungen zwischen den Komponenten der Situation zu erkennen und herzustellen (vgl. Roth & Weigand 2014).

„Forschung ist die gesteuerte oder gelenkte Umformung einer unbestimmten Situation in eine Situation, die in ihren konstitutiven Merkmalen und Beziehungen so bestimmt ist, daß die Elemente der ursprünglichen Situation in ein einheitliches Ganzes umgewandelt werden.“ (Dewey 1937, dt. 2008, S. 131)

1. Kann man Forschen lernen?

Am bayerischen Gymnasium gibt es in der Oberstufe das „Wissenschaftspropädeutische Seminar“, in dem „an exemplarisch vertieften Fachinhalten das wissenschaftliche Arbeiten erlernt ... werden soll“ (ISB 2008²). „Das W-Seminar ermöglicht forschendes Lernen und leitet im Kontext eines übergreifenden Seminarthemas zu selbständigem wissenschaftlichem Arbeiten an.“ (S. 9) Mögliche Themen in dem mathematischen „W-Seminar“ waren etwa „Landvermessung“, „Geheimcodes“, „Komplexe Zahlen“, In J. Roth & J. Ames (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2014* (S. 999–1002). Münster: WTM-Verlag

„Kombinatorische Optimierung“ oder „Mathematik in den Naturwissenschaften“

„Forschen“ in der Schule kann natürlich im Wesentlichen „nur“ das Entdecken und Erkunden eines *für Schüler subjektiv neuen Bereichs* sein. Der Erziehungswissenschaftler Rudolf Messner drückt das folgendermaßen aus: „Als forschendes Lernen können schulische Arbeitsformen dann bezeichnet werden, wenn sie dem Suchen und Finden von Erkenntnissen dienen, die für die Lernenden neu sind, und in Haltung und Methode analog den Einstellungen und dem systematischen Vorgehen erfolgen, wie es für wissenschaftliches Arbeiten charakteristisch ist.“ (Messner 2009, S. 23)

John Hattie (2009, dt. 2013) charakterisiert das „Forschende Lernen“ im Unterricht durch „herausfordernde Situationen (...) die Lernende auffordern Phänomene zu beobachten und zu hinterfragen; (...) Experimente auszudenken, (...) Daten zu analysieren; (...) Modelle zu entwerfen“. (Hattie 2013, S. 247)

Aufgrund seiner Metaanalysen kommt er zu dem Ergebnis: „Insgesamt zeigt sich, dass forschendes Lernen übertragbare Fähigkeiten des kritischen Denkens erzeugt, ebenso wie bedeutsame Vorteile im Wissensgebiet, eine verbesserte Leistung und eine verbesserte Einstellung gegenüber dem Unterrichtsfach.“ (Hattie 2013, S. 248). Mit einer Effektstärke $d = 0,31$ und Rang 86 (von 138 möglichen Rangplätzen) gehört das forschende Lernen allerdings zu den weniger einflussreichen Faktoren bzgl. der Wirksamkeit des Lernerfolgs.

2. Ziele des forschenden Lernens

Die Ziele des forschenden Lernens beziehen sich auf

- die *Inhalte des Unterrichts*: Aneignen und Wiederholen von Fachwissen im Hinblick auf ein besseres Verstehen von Lerninhalten;
- die *Prozessziele*: Entwickeln und Unterstützen zentraler allgemeiner Kompetenzen wie Begründen und Argumentieren Modellieren Kommunizieren;
- das *Entwickeln einer wissenschaftlichen* (oder wissenschaftspropädeutischen) *Einstellung*, die sich darin ausdrückt aus Bekanntem Neues zu erschließen.

3. Elemente der forschenden Lernens

Für den – möglichen – Ablauf forschenden Lernens im Unterricht gibt es verschiedene Vorschläge, etwa PRIMA, IMST oder FIBONACCI. Ge-

meinsam ist vielen Vorschlägen, dass forschendes Lernen in verschiedenen Phasen abläuft, die sich untergliedern lassen in:

- Untersuchung eines Themenfeldes und Entwickeln von Fragen
- Strukturierung des Themenfeldes: Einordnen in ein Wissensnetz
- Festhalten, Präsentieren der Ergebnisse
- Reflektieren, Weiterfragen

4. Ein Modell des forschenden Lernens

Aus dieser Vielfalt der Zugänge zum Begriff lässt sich forschendes Lernen zusammenfassend als Prozess bestehend aus drei untereinander vernetzten Phasen beschreiben (vgl. Roth & Weigand 2014), der in Abbildung 1 modellhaft dargestellt ist. Dieser Prozess wird durch die Konfrontation von Lernenden mit einem für sie subjektiv neuen mathematischen Phänomen angestoßen. Dazu ist es notwendig, dass sich Lernende bzgl. der Durchdringung dieses Phänomens Ziele setzen und Fragestellungen entwickeln oder sich zumindest auf von außen gesetzte Ziele und Fragestellungen einlassen. Auch während des Arbeitens werden sie sich immer wieder kleinere Zwischenziele setzen und auf neue Fragestellungen stoßen.

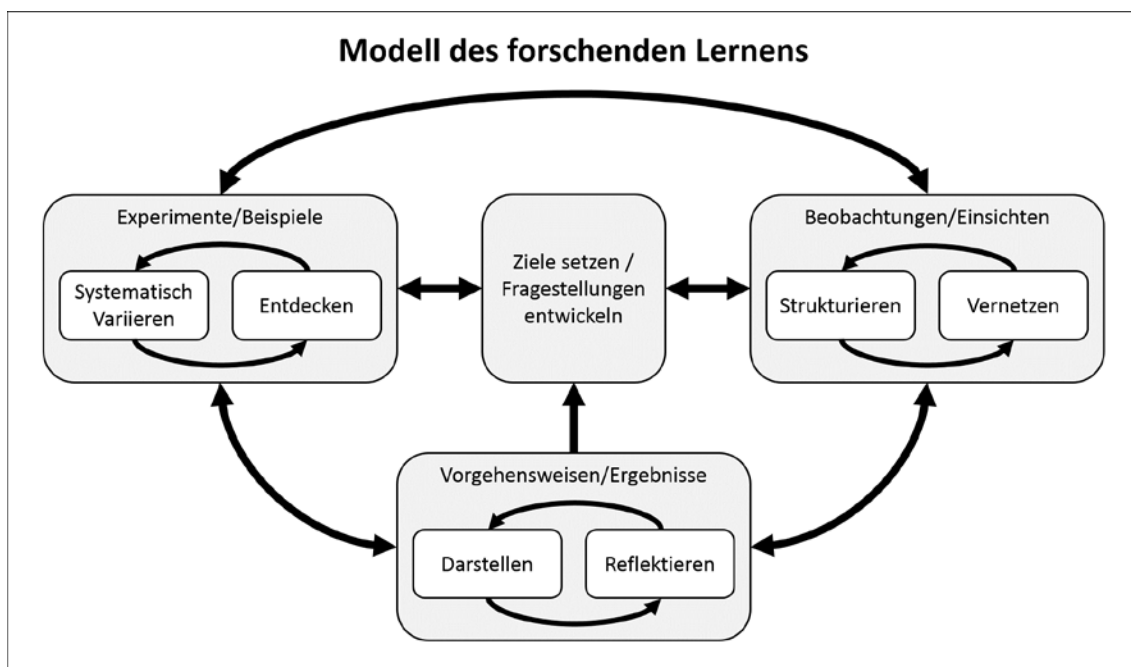


Abbildung 1: Modell des Forschenden Lernens aus Roth & Weigand (2014)

Es gibt verschiedene Möglichkeiten den Prozess des forschenden Lernens – ausgehend von (selbst-)gesetzten Zielen und Fragestellungen – zu initiieren. Zum einen kann forschendes Lernen mit Experimenten bzw. Beispielen beginnen, die systematisch variiert werden. Dadurch wird es für Schü-

ler/innen möglich, Zusammenhänge oder Details zu entdecken und Vermutungen anzustellen, die wieder zu systematischem Variieren ihres Experiments oder Beispiels führen können usw. Hier ergibt sich im Allgemeinen ein Wechselspiel zwischen systematischem Variieren und Entdecken, bei dem sich beide Aspekte gegenseitig bedingen.

Forschendes Lernen kann andererseits aber auch damit beginnen, dass Schüler/innen Beobachtungen bzw. Einsichten zu einem Phänomen strukturieren und damit untereinander in Beziehung setzen. Das Strukturieren wird in der Regel dazu führen, dass die neuen Beobachtungen und Einsichten mit bereits vorhandenem Wissen vernetzt werden. Dies kann wieder Anlass für ergänzende oder auch neue Strukturierungen der Beobachtungen und Einsichten zum betrachteten Phänomen sein. Unabhängig davon, mit welcher Phase das forschende Lernen einsetzt, werden sich stets vielfältige Vernetzungen mit den anderen Phasen dieses Prozesses ergeben.

Die dritte Phase im Prozess des forschenden Lernens ist das Darstellen von Vorgehensweisen und Ergebnissen. Dies kann in eigens gestalteten Forscherheften, aber auch im verwendeten Schulheft erfolgen. Nur auf der Grundlage von Skizzen, Tabellen, Graphen, Diagrammen oder verbalen Beschreibungen lassen sich erhaltene Ergebnisse adäquat reflektieren. Dies kann zur Optimierung der Darstellung führen, aber auch zu neuen systematischen Variationen an Experimenten und Beispielen anregen. Daraus resultierende Entdeckungen bzw. das Strukturieren von Beobachtungen und Einsichten kann dann wieder deren Vernetzung mit dem Vorwissen neu anstoßen. So lässt sich die Optimierung der Darstellung initiieren und damit die Reflektion der Vorgehensweisen und Ergebnisse vertiefen.

Literatur

- Dewey, J. (2008): *Logik – die Theorie der Forschung*. Suhrkamp, Frankfurt
- Hattie, J. (2013). *Lernen sichtbar machen*. Schneider: Hohengehren u. Baltmannsweiler ISB (2008²). Die Seminare in der gymnasialen Oberstufe. Kastner: Wolznach
- Messner, R. (2009): Forschendes Lernen aus pädagogischer Sicht. – In: Messner, R. (Hrsg.): *Schule forscht. Ansätze und Methoden zum forschenden Lernen*. Edition Körber-Stiftung, S. 15-30
- Roth, J., Weigand, H.-G. (2014). Forschendes Lernen – Eine Annäherung an wissenschaftliches Arbeiten. Erscheint in: *Mathematik lehren 184*, S. 2-10
- Singh, S. (2000). *Fermats letzter Satz*. dtv: München (engl. Original 1997)
- Ulm, V. (2011). Forschendes Lernen – ein Konzept für individuelle Förderung im Mathematikunterricht. In: Füchter, A. & Moegling, K. (Hrsg.): *Diagnostik und Förderung. Teil II: Beispiele aus der Unterrichtspraxis*; Prolog-Verlag. Immenhausen bei Kassel, S. 40-55
- Villani, C. (2013). *Das lebendige Theorem*. S. Fischer: Frankfurt (Franz. Original 2012)