

Mathe ist überall

Forschendes Lernen in Mathematik-Didaktik

Beatrix Hauer¹

Zusammenfassung

„Mathe ist überall“, zu dieser Erkenntnis kamen Schüler/innen, nachdem sie Forschendes Lernen nach dem siebenstufigen AuRELIA-Konzept (Authentic Reflective Exploratory Learning and Interaction Arrangement-Konzept) im Mathematikunterricht durchgeführt hatten. Inhalt dieses Beitrages ist es vorzustellen, wie Mathematik-Lehramtsstudierende Forschendes Lernen im Studium erproben und reflektieren, um es anschließend in der Schule anzuwenden. Empirische Untersuchungen belegen, dass durch die Erprobung des AuRELIA-Konzeptes in der Ausbildung die vier Kriterien Forschenden Lernens („Erfahrungsbasiertes Hypothesieren“, „Authentische Explorieren“, „Kritischer Diskurs“ und „Conclusiobasierter Transfer“) in hohem Maß erfüllt werden und die Implementierung des Konzeptes in den Schulunterricht gelingt.

1 Einleitung

Dieser Beitrag setzt sich mit der Erprobung des, von Reitinger (2011, S. 107) entwickelten AuRELIA-Konzeptes zum selbstbestimmt-forschenden Lernen, das unter dem Akronym AuRELIA (Authentic Reflective Exploratory Learning and Interaction Arrangement) vorgestellt wird, in der Lehrer/innenbildung auseinander. Ziel dieses Beitrages ist es zu zeigen, dass dieses Lernarrangement das Entwickeln, Bearbeiten und Beantworten von Fragen zu mathematischen Inhalten und zu Themenstellungen, die mit Hilfe der Mathematik beantwortet werden können, geeignet ist. Dabei wird im Rahmen der Mathematik-Fachdidaktik für die Sekundarstufe 1 das Lernarrangement zum selbstbestimmt-forschenden Lernen vorgestellt, erprobt und evaluiert und in weiterer Folge von einzelnen Studierenden im Rahmen der Pädagogisch Praktischen Studien durchgeführt. Grundlegende Überlegungen zum Forschenden Lernen, zur Gestaltung von Lernarrangements nach dem AuRELIA-Konzept und Erkenntnisse, die durch die Durchführung des Arrangements gewonnen werden konnten, werden in diesem Beitrag dargelegt.

2 Forschendes Lernen

2.1 Theoretisches Konzept

Forschen zeigt sich, so Messner (2009, S. 22), „in einer bestimmten Haltung. Neugierde gehört dazu. Wissenwollen, die Bereitschaft, den Dingen auf den Grund zu gehen.“ Forschendes Lernen zeichnet sich nach Ulm (2009, S. 90) dadurch aus, dass Lernende ein zunächst unbekanntes, subjektiv als komplex wahrgenommenes Themenfeld durch eigenständige kognitive Aktivität zumindest partiell erschließen.

Das in diesem Beitrag zum Einsatz kommende siebenstufige AuRELIA-Konzept für Forschendes Lernen wurde von Reitinger (2013, S. 78) in Anlehnung an die Handlungsstufen des Lernens von Reich (2008) und dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozess nach Demuth et al. (zit. nach Parchmann in Messner 2009, S. 81) konzipiert und orientiert sich an den Prinzipien des selbstbestimmten, vertrauensbasierten, strukturierten und individualisierten Lernens. Es erhebt den Anspruch, sowohl lernprozessbezogene Offenheit als auch forschungsprozessorientierte Strukturiertheit zuzulassen. Forschendes Lernen nach dem AuRELIA-Konzept lässt individuelles selbstständiges Fragen, Recherchieren und methodisches Vorgehen zu (Hauer, 2014, S. 231).

¹ Pädagogische Hochschule der Diözese Linz, Salesianumweg 3, 4020 Linz
Korrespondierende Autorin. E-Mail: beatrix.hauer@ph-linz.at

Forschendes Lernen nach dem AuRELIA-Konzept beginnt grundsätzlich mit dem Vorhandensein eines allgemeinen Entdeckungsinteresses. Ein solches kann im Unterricht durchaus von selbst entstehen. Es gibt aber auch Möglichkeiten der bewussten Förderung und Provokation. Ein gutes Gespräch, eindrucksvolle Experimente, Rätselhaftes, Unerwartetes oder Widersprüchliches können Erkundungsbedürfnisse wecken, so Reitinger (2013, S. 24). Die Bildung eines allgemeinen Erkundungsinteresses und der Methodenkonsens bilden dabei die erste Stufe (Emergenz), der siebenstufigen forschungsprozessualen Struktur des AuRELIA-Konzeptes. Daneben bilden das „Erfahrungsbasierte Hypothesisieren“, das „Authentische Explorieren“, der „Kritische Diskurs“ und der „Conclusiobasierte Transfer“ die Kriterien Forschenden Lernens nach Reitinger (2013, S. 88), die in dem siebenstufigen AuRELIA-Konzept zur Entfaltung kommen.

Stufe	Kriterien
Emergenz	Entstehung eines persönlich bedeutsamen Erkundungsinteresses; Konsensbildung bezüglich des zu durchwandernden Forschungsprozesses
Vermutung	Verbindung der Bedeutungen und Fragen aus der ersten Phase mit vorhandenem Wissen und bestehenden kognitiven Modellen; Formierung von eigenen Hypothesen
Konzeption	Gemeinsame Untersuchungsplanung
Untersuchung	Umsetzung der Konzeption
Entdeckung	Analyse der gewonnenen Daten und Erkenntnisse; Überprüfung der Vermutung
Kritische Phase	Zusammenschau und Bewertung des Ergebnisses; Zusammenschau und Bewertung des Prozesses; Entwicklung persönlicher Bedeutungskontexte
Transfer	Anwendung; Veröffentlichung (sich nach außen öffnender Diskurs)

Tabelle 1: Forschungsprozessuale Struktur des AuRELIA-Konzeptes (Reitinger, 2013, S. 193)

Zusätzlich orientiert sich das AuRELIA-Konzept an sechs Prinzipien. Diese Prinzipien sind: Vertrauen, Selbstbestimmung, Veranschaulichung, Sicherheit, Strukturierung und Personalisierung (Reitinger, 2013, S. 61). Diese Orientierung des AuRELIA-Konzeptes an den Kriterien bzw. Prinzipien Forschenden Lernens stellt, eine „theoretisch begründete prozessförderliche und damit handlungsleitende Konzeptdimension, die auch unmittelbare Praxisrelevanz aufweist“ (Reitinger, 2013, S. 88) dar.

3 Praktische Umsetzung

An dieser Stelle werden, entsprechend der Workshop-Gestaltung, praktische Hinweise für die Durchführung Forschenden Lernens in Gruppen mit Studierenden und Schüler/innen angeführt.

3.1 Hinweis zur Gestaltung der Stufen des AuRELIA-Konzeptes

In Mathematik-Fachdidaktik-Seminar und auch im Mathematikunterricht in der Sekundarstufe 1 wurden Bildvignetten, ein Rundgang im Schularreal bzw. Kurzvideos erfolgreich zur Bildung eines allgemeinen Erkundungsinteresses eingesetzt. Bildvignetten können beispielsweise passend zu mathematischen Themenbereich wie: „Alles rund um π “, Statistik, Flächeninhaltsberechnungen, Funktionen, Gleitkommadarstellungen großer Zahlen uvm. gewählt werden. Ebenso eignen sich Bildvignetten, um Fragestellungen aus den Interessens- und Erfahrungsgebieten der Studierenden und Schüler/innen zum Modellieren im Mathematikunterricht zu entwickeln. Ein Rundgang im Schulgelände hat Schüler/innen dazu angeregt, die Liftgeschwindigkeit im Schulgebäude zu berechnen. Positive Erfahrungen wurden auch mit dem Einsatz eines Kurzvideos und Bildvignetten zum Thema Ökologie und Nachhaltigkeit gemacht. In diesem Zusammenhang kann Modellieren im Mathematikunterricht an Fragestellungen zum Thema Müllmengen und Müllvermeidung, Ökologischer Fußabdruck, Kosten bei der Nutzung unterschiedlicher Verkehrsmittel, uvm. zur Anwendung kommen. Genaue Beschreibungen zur Gestaltung dieser Phase finden sich auch in Hauer (2016a, S. 105f): „Das Finden von Fragen im Mathematikunterricht nach dem AuRELIA-Konzept“ und in Hauer (2017, S. 149f) „Auf dem Weg zum Forschenden Lernen“.

Die so gefundenen Fragestellungen werden in selbst gebildeten Kleingruppen bearbeitet. Günstig ist es, für das Durchlaufen der Stufen einen „Forscherplan“ und eine „Forschermappe“ zur Verfügung zu stellen.

Untersuchungen haben gezeigt, dass die Offenheit des Prozesses und die Vorgabe von Strukturen keinen Widerspruch darstellen. Im Gegenteil, die Hilfestellungen (Forscherplan) für einen forschungsprozeduralen Durchlauf der Stufen, haben sich als sehr hilfreich erwiesen (Hauer, 2014, S. 231). Dieser zweiseitige Forscherplan (Tabelle 2) enthält folgende Punkte, hier mit schülergerechten Ergänzungen: Platz für das Einkleben der Bildvignette oder Ähnliches, Namen der Teammitglieder, Entdeckungsinteresse, Hypothese, Konzept, Untersuchungsverlauf, Ergebnisse und Entdeckungen, Begleitendes Material.

Forscherplan Seite 1	Forscherplan Seite 2
Platz für Bildvignette; Zeitungsartikel, Widersprüchliche Aussage, ...	Konzept - So wird der Verlauf unserer Untersuchung aussehen
Teammitglieder	Untersuchung
Entdeckungsinteresse - Das möchten wir herausfinden	Ergebnisse und Entdeckungen
Hypothese – Annahme	Begleitendes Material

Tabelle 2: Forscherplan in schülergerechter Sprache

Günstig für die Ausprägung der beiden Kriterien Forschenden Lernens „Erfahrungsbasiertes Hypothesieren“ und „Authentische Explorieren“ ist es, nach der Erstellung des Konzeptes, dieses in der Klasse bzw. Gruppe kurz vorstellen zu lassen (Think Tank), da Schüler/innen und Studierende von den Herangehensweisen der anderen profitieren. Der „Kritische Diskurs“ kann gut durch die Reflexion der Ergebnisse (wie plausibel, erwartet, überraschend diese sind), die Reflexion des Prozesses (herausfordernd, anspornend, spannend) und die Reflexion des persönlichen Bedeutungsgehaltes (wie das Lernen in dieser Art gelingt), begleitet werden. Bei der selbstbestimmt forschenden Ausarbeitung von Inhalten entsteht ein natürliches Mitteilungsbedürfnis. Im abschließenden „Transfer“ erfolgt die Präsentation von Ergebnissen und Erkenntnissen in der Klasse bzw. Seminargruppe, bei Schulveranstaltungen, in Schülerzeitungen oder auf der Homepage. Untersuchungen (Hauer, 2014, S. 211) zeigen auch, dass gesammelte Erfahrungen bezüglich der Herangehensweise und Durchführung von AuRELIA-Projekten sowohl bei Schüler/innen als auch bei Studierenden gut auf darauf folgende AuRELIA-Projekte übertragen werden können.

4 Evaluation und Erhebungsinstrument

Um den Prozess des Forschenden Lernens genauer zu evaluieren und die Entfaltung der Kriterien Forschenden Lernens messbar zu machen, kann das von Reitinger (2016, S. 56) entwickelte englischsprachige, siebenstufig skalierte Inventar CILI (Criteria of Inquiry Learning Inventory) zum Einsatz kommen. Mit zwölf Items werden die Kriterien „Erfahrungsbasiertes Hypothesieren“ (exhy), „Authentisches Explorieren“ (auex), „Kritischer Diskurs“ (crdi) und „Conclusiobasierter Transfer“ (cotr) erhoben. Items lauten beispielsweise: „This learning activity encourages me to discover open questions.“; „I remember many interesting conversations during this learning activity.“; „This learning activity led me to suppositions about possible solutions.“; „This learning activity gave me ideas for interesting further activity.“ Das Inventar CILI dient im vorliegenden Bericht zur Klärung der Hypothese: *Studierende, die das AuRELIA-Konzept im Unterricht selbst erlebten, schätzen das Ausmaß in dem sie Forschendes Lernen erlebt haben höher ein als Studierende eines traditionellen Seminarsettings* (Hauer, 2016b, S. 135). Hierfür wurden die Stichprobenmittelwerte von zwei Seminargruppen der Mathematik Fachdidaktik (N = 49) im Studienjahr 2019 nach der Durchführung des Unterrichts nach dem AuRELIA-Konzeptes im Ausmaß von sechs Wochenstunden mittels eines one-sample t-test bezüglich der Ausprägung der Kriterien Forschenden Lernens hinsichtlich der Teilkonstrukte des Forschenden Lernens auex, crdi, exhy und cotr im Vergleich mit den von Reitinger (2016, S. 49f) berechneten gemittelten Referenzwerten untersucht.

Die Auswertung zeigt, dass neben den hochsignifikanten bzw. signifikanten Mittelwertunterschieden ($p < 0,01$ bzw. $p < 0,05$) der Untersuchungsgruppe (N= 49) im Vergleich zur Referenzgruppe (N= 544) ein mittlerer bzw. sehr große Effekte bei den vier Teilkonstrukten nachgewiesen werden kann. Womit die Hypothese als erwiesen angesehen werden kann.

	Referenzgruppe (N = 544)	M und SD (N = 49)	Sig.	Effektstärke r_{Field}	Effektstärke
Authentisches Explorieren (auex)	M = 4,47 SD \pm 1,27	M = 5,62 SD \pm 0,77	$p < 0,01$	$r_{Field} = 0,83$	Sehr großer Effekt
Kritischer Diskurs (crdi)	M = 4,73 SD \pm 1,41	M = 5,65 SD \pm 0,89	$p < 0,01$	$r_{Field} = 0,73$	Sehr großer Effekt
Erfahrungsbasiertes Hypothesisieren (exhy)	M = 4,49 SD \pm 1,24	M = 5,86 SD \pm 0,66	$p < 0,01$	$r_{Field} = 0,90$	Sehr großer Effekt
Conclusiobasierter Transfer (cotr)	M = 4,81 SD \pm 1,40	M = 5,22 SD \pm 1,16	$p < 0,05$ ($p = 0,016$)	$r_{Field} = 0,34$	Mittlerer Effekt

Tabelle 3: Vergleich der Mathematikgruppen (N = 49) mit der Referenzgruppe (Mittelwert M und Standardabweichung SD)

Weiterführende quantitative und qualitative Untersuchungsergebnisse zur Umsetzungsbereitschaft, Akzeptanz und Kompetenzentwicklung bei Studierenden im Hinblick auf die Durchführung von Forschenden Lernarrangements im Unterricht, können in Hauer 2014 und 2016b nachgelesen werden.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Studierende des Lehramtes Mathematik lernen Forschendes Lernen im Rahmen des Fachdidaktik-Seminars zur Klärung mathematischer und fachdidaktischer Fragestellungen kennen. Dabei erleben sie, dass die Kriterien Forschenden Lernens deutlich zur Ausprägung kommen. Zusätzlich erweitern sie ihr Repertoire, um Unterrichtssequenzen zum Forschenden Lernen initiieren und begleiten zu können.

Aktuell erproben einzelne Studierende Forschendes Lernen in den Pädagogisch Praktischen Studien und verfassen Bachelorarbeiten zu dem Themenschwerpunkt, sodass Forschendes Lernen sowohl in der Hochschule als auch im Unterricht der Sekundarstufe 1 zum Einsatz kommt.

Literatur

- Hauer, B. (2014). Entwicklung didaktischer Kompetenzen durch forschendes Lernen. Der Einsatz des AuRELIA-Konzeptes in der Lehrer/-innenbildung. Aachen. Shaker.
- Hauer, B. (2016a). Das Finden von Fragen im Mathematikunterricht nach dem AuRELIA-Konzept. In I. Beneschek, R. Beer, A. Forstner-Eberhart, H. Schwetz. *Lesen, Verstehen und Lösen von Mathematikaufgaben*. (S. 105 - 113). Wien. bvl Lemberger.
- Hauer, B. (2016b). AuRELIA meets Mathematic Didactics: Inquiry Learning in Student Teacher Training. In J. Reitingner, C. Haberfellner, E. Brewster & M. Kramer (Eds.). *Theory of Inquiry Learning Arrangements. Research, Reflection, and Implementation*. (S. 121-136). Kassel. University Press.
- Hauer, B. (2017). Auf dem Weg zum Forschenden Lernen. In R. Beer, I. Beneschek, A. Forstner-Eberhart & H. Schwetz (Hrsg.). *Lernen erfolgreich gestalten. Modelle und Fakten für wirksames Lehren und Lernen*. Band 2. (S. 149-164). Wien. bvl.
- Messner, R. (Hrsg.) (2009). *Schule forscht. Ansätze und Methoden zum forschenden Lernen*. Hamburg. Körber.
- Reich, K. (2008). *Konstruktivistische Didaktik. Lehr- und Studienbuch mit Methodenpool*. 4. Auflage. Weinheim und Basel. Beltz.
- Reitingner, J. (2011). Das AuRELIA-Konzept. Interessensförderung durch methodisch-strukturierte Öffnung des naturwissenschaftlichen Unterrichts. In A. Fächer & K. Moegling (Hrsg.). *Diagnostik und Förderung. Beispiele aus der Unterrichtspraxis*. Band 2, (S. 107-120). Kassel. Prolog.
- Reitingner, J. (2013). Forschendes Lernen. Theorie, Evaluierung und Praxis in naturwissenschaftlichen Lernarrangements. *Reihe: Theorie und Praxis der Schulpädagogik (Band 12)*. Immenhausen bei Kassel. Prolog.
- Reitingner, J. (2016). On the Nature and Empirical Accessibility of Inquiry Learning. The Criteria of Inquiry Learning Inventory (CILI). In J. Reitingner, C. Haberfellner, E. Brewster & M. Kramer (Eds.). *Theory of Inquiry Learning Arrangements. Research, Reflection, and Implementation*. (S. 121-136). Kassel. University Press.
- Ulm, V. (2009). Eine natürliche Beziehung. Forschendes Lernen im Mathematikunterricht. In R. Messner (Hrsg.), *Schule forscht. Ansätze und Methoden zum forschenden Lernen*. (S. 89-105). Hamburg. Körber.