

Authentisches Forschendes Lernen zu Themen der Meeresbiologie aus der Perspektive einer Lehrerin

Modellierung und Implementierung einer kompetenzorientierten Lernaufgabe durch Aktionsforschung an einer berufsbildenden höheren Schule

Elisabeth Inschlag^a, Franz Radits^b

Zusammenfassung

Forschendes Lernen (*Inquiry Learning*) gilt als wirkungsvolle Lernumgebung für den Erwerb von Fachwissen und von wissenschaftsmethodischen Kompetenzen. Die Implementierung in konkrete Curricula gilt hingegen als schwierig, da Forschendes Lernen zeitintensiv ist. In der Literatur werden u.a. zwei Typen von *Inquiry* Lernumgebungen beschrieben. Der Typus *Open Inquiry* übergibt den ganzen Prozess des forschenden Problemlösens den Schülerinnen und Schülern. Die Autonomie gilt als interessens- und lernfördernd. *Guided Inquiry*-Lernumgebungen schränken die Autonomie der Lernenden ein und übergeben die Problemfindung und -definition den Lehrenden. Diese Aktionsforschungsstudie befasst sich mit der theoriegeleiteten Entwicklung, Durchführung und Evaluation von beiden Typen einer *Inquiry*-Lernumgebung mit dem Ziel, die geeignetere in das laufende Curriculum am Schulstandort zu implementieren. Die Studie wurde mit zwei dritten Jahrgängen (11. Schulstufe; Alter der Schülerinnen und Schüler: 16-17 Jahre) an der Höheren Lehranstalt für wirtschaftliche Berufe in Wiener Neustadt durchgeführt, im Unterrichtsfach Umweltökonomie. Die Evaluation erfolgte auf Basis qualitativer Daten, die durch konsequente Prozessbeobachtung und -dokumentation, durch Gruppeninterviews und Reflexionsgespräche gewonnen wurden. Die Daten wurden inhaltlich analysiert. Die Ergebnisse weisen in beiden Fällen positive Lernerfahrungen der Schülerinnen und Schüler in den Bereichen Fachwissen und Wissenschaftsverständnis nach. Der Vergleich beider Lernumgebungen gibt keine Hinweise auf signifikante Unterschiede bei Lerneffekten und Motivation und verweist auf die Bedeutung authentischer Problemstellungen und einer gediegenen Klärung der Fachinhalte als Voraussetzung für das Formulieren viabler forschungsleitender Fragestellungen.

Abstract

Inquiry learning is an effective learning environment for acquisition of professional knowledge and methodical scientific competences. On the other hand the implementation in concrete curricula is deemed to be difficult, because inquiry learning is time-consuming. There are two types of inquiry learning environments described in literature. The type of Open-Inquiry transfers the whole process of problem solving to the pupils. This autonomy is deemed to promote interests and the learning process. Guided-Inquiry reduces the students' autonomy and transfers the definition and the solving of a scientific question to the teacher. This action research study deals with the theoretical development, transaction and evaluation of both types of inquiry settings, with the aim of implementing the more practical one in the actual curriculum at school. This study was done with two classes of the third grade (students aged between 16-17) at the "Höhere Lehranstalt für

^a Pädagogische Hochschule Niederösterreich, Mühlgasse 67, 2500 Baden.

Autorin. E-Mail: elisabeth.inschlag@ph-noe.ac.at

^b Universität Wien, Universitätsring 1, 1010 Wien.

Korrespondierender Autor. E-Mail: franz.radits@univie.ac.at

wirtschaftliche Berufe“ in Wiener Neustadt, in “Umweltökonomie” (environmental economy). The study was integrated in the regular lessons. The evaluation was based on qualitative data, gathered through consequent observation of the teaching and learning process, group-interviews and reflective discussions. Data have been analysed in regard to the contents. The results of both settings show positive effects on scientific knowledge and knowledge about the nature of science by the students. Comparing the settings, there are no significant differences concerning learning effects and motivation. This refers to the importance of an authentic view of problems and a solid clarification of scientific topics which is a requirement for the phrasing of viable questions able to forward the research.

Schlüsselwörter:

Aktionsforschung
 Forschendes Lernen
 Biologische Erkenntnisgewinnung
 Positive Lernerfahrungen

Keywords:

Action research
 Inquiry learning
 Biological knowledge acquisition
 Positive learning effects

*Wohin Denken ohne Experimentieren führt, hat uns das Mittelalter gezeigt;
 aber dieses Jahrhundert lässt uns sehen, wohin Experimentieren ohne
 Denken führt*

Arthur Schopenhauer (1788 - 1860)

1 Einleitung

Die vorliegende Aktionsforschungsstudie wurde im Rahmen des Projekts *Kids Participation in Research* (KiP3, Radits 2013 <http://aecbio.univie.ac.at/sparkling-science>) an der HLW Wiener Neustadt durchgeführt. In diesem Projekt werden unterschiedliche Lernumgebungen zum Authentischen Forschenden Lernen entwickelt (Radits et al., 2010). Authentisches Forschendes Lernen – in der Folge auch als (*Authentic*) *Inquiry Learning* bezeichnet – fordert Schülerinnen und Schüler auf, über fachliche Probleme selbst nachzudenken, diese zu definieren und Lösungen mit den Mitteln naturwissenschaftlicher Erkenntnismethoden zu finden. Aber was motiviert die Lernenden, diese Strapazen auf sich zu nehmen, wenn doch die Lehrperson die Antwort ohnehin schon kennt und es viel bequemer und zeitsparender ist, wenn sie die Lösung gleich selbst verkündet und zum Lernen aufgibt? Was macht ein zoologisches Problem, wie das Verhalten eines kleinen Seesterns, für Lernende attraktiv genug, um Gedanken daran zu „verschwenden“ und zu untersuchen, wie oder warum ein Lebewesen gerade so und nicht anders agiert? Rückmeldungen zu bereits abgeschlossenen *Inquiry Learning*-Projekten an unserer Schule zeigen, dass sich Schülerinnen und Schüler besonders dann engagieren, wenn das Forschungsobjekt für sie attraktiv (“lebende Tiere“) ist, wenn „vielleicht etwas herauszufinden ist, was zuvor noch keiner herausgefunden hat“ oder wenn sie „wie ein Wissenschaftler“ authentisch und nicht an künstlich konstruierten Problemen arbeiten.

Von einer Integration des Authentischen Forschenden Lernens in den Unterricht erwarte ich mir als Biologielehrerin neben der oben angeführten Förderung des Interesses am Problemlösen die Eröffnung eines neuen Erfahrungsraums für Schülerinnen und Schüler: das wissenschaftliche Arbeiten. Eine vertiefende Reflexion über diese Erfahrungen soll ihnen helfen, das Besondere einer biologischen wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung besser zu verstehen, die naturwissenschaftliche Fachsprache zu üben und so fit für die Teilhabe an einer Welt zu werden, in der Wissenschaft und Technik den gesellschaftlichen Alltag stark prägen. Solche Ziele sind Konzept einer *Scientific Literacy* (Bybee, 2002) und wurden zielgebend für die naturwissenschaftliche Bildung an den berufsbildenden höheren Schulen Österreichs verbindlich als Kompetenzmodell modelliert (Weiglhofer & Venus-Wagner, 2010).

Die Gestaltung solcher *Inquiry*-Lernumgebungen ist jedoch, wie eine Reihe empirischer Arbeiten belegen, für Lehrerinnen und Lehrer ziemlich herausfordernd (Crawford, 2000; Chinn & Malhotra, 2002). Denn der Druck, in der kurz bemessenen Unterrichtszeit möglichst viel Biologiestoff unterzubringen, um die verordneten Bildungsstandards zu erreichen, ist für mich als Lehrerin enorm. Daher experimentiere ich mit dieser Methode und suche nach Lösungen dieses Konflikts. In der vorliegenden Studie stehen zwei Typen von

Inquiry-Lernumgebungen zur Diskussion: *Open Inquiry* oder *Guided Inquiry* (u.a. Blanchard et al., 2010). *Open Inquiry*-Lernumgebungen legen, wie später ausgeführt werden wird, den gesamten Forschungsprozess, von der Entwicklung der Forschungsfrage bis zur Interpretation der Ergebnisse, in die Hände der Schülerinnen und Schüler. Die Lehrerin oder der Lehrer unterstützt und reflektiert die Ausführenden. In Lernumgebungen, die sich am Konzept einer *Guided Inquiry* orientieren, schränkt die Lehrperson diese weitgehende Autonomie der Schülerinnen und Schüler ein und gibt etwa die Problemstellung oder die Methoden vor.

Es ist das Ziel der vorliegenden Arbeit, diese Varianten vor Ort in meinem eigenen Unterricht auszuprobieren, zu evaluieren und weiter zu entwickeln, um solche *Inquiry*-Lernumgebungen in das bestehende Curriculum meiner berufsbildenden höheren Schule zu implementieren.

2 Theoretischer Hintergrund: Formen einer *Inquiry Based Biology Education* (ISBE)

Lernumgebungen, die sich an naturwissenschaftlichen Erkenntnisverfahren orientieren, wie sie in dieser Arbeit dargestellt und untersucht werden, werden mit unterschiedlichen Begriffsbezeichnungen diskutiert. Das verwirrt und verlangt vorab eine Klärung: Unter dem deutschen Begriffsnamen „Forschendes Lernen“ wird häufig Problemlösendes Lernen, Forschend-Entdeckendes Lernen in Zusammenhang mit reform-pädagogischen Ideen verstanden (vgl. Radits & Rauch, 2008). Die Begrifflichkeit der vorliegenden Arbeit schließt hingegen mehr an die Tradition einer *Inquiry Based Science Education* (ISBE) an. In dieser wird Forschendes Lernen unter den Bezeichnungen *Inquiry Learning* oder *Classroom Inquiry* (u.a. Abrams et al., 2007) verhandelt. In dieser Tradition meint Forschendes Lernen das Ausrichten des Lernprozesses an den Phasen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung, wie Fragestellung, Hypothese, Experiment, Datensammlung, Analyse und Interpretation der Daten, sowie Diskussion der Ergebnisse. Man erwartet von dieser Form des Forschenden Lernens, dass sich Schülerinnen und Schüler nicht nur Inhalte, sondern auch Kenntnisse über wissenschaftliche Methoden aneignen (vgl. Huber, 2009; Hof, 2010). Nach Schwab (1962) und Colburn (2000b), geht es dabei um drei Schlüsselprozesse: Fragen, Daten sammeln und Daten interpretieren.

Unter *Authentic Inquiry Learning* (Authentisches Forschendes Lernen) wird eine an realistischen Forschungsproblemen orientierte Spielart des Forschenden Lernens verstanden. Diese Problemstellungen kommen entweder aus der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler, der Gesellschaft oder der Wissenschaft und werden mit an Bio-Wissenschaften orientierten Methoden bearbeitet (Roth et al. 2008, Gelbart & Yarden, 2006). Diese Idee liegt dem Arbeitsmodell des Rahmenprojekts *Kids Participation in Research* (Radits, 2010; Heidinger & Radits, 2012) und somit auch dieser Arbeit zugrunde.

Die Autoren Schwab (1962), Mayer & Ziemek (2006), Furtak (2006) sowie Blanchard et al. (2010) differenzieren in Bezug auf Forschendes Lernen unterschiedliche Offenheitsgrade. Beim sogenannten „Offenen Forschenden Lernen“ (*Open Inquiry*) nimmt die Lehrperson die Instruktion weitgehend bis vollständig zurück. Schülerinnen und Schüler planen ihre eigenen Experimente, führen sie aus und formulieren ihre eigenen Erkenntnisse. *Guided Inquiry* beschreibt Settings, in denen Schülerinnen und Schüler in manchen Bereichen der Erkenntnisgewinnung selbstständig arbeiten, während sie in anderen instruiert werden.

Tabelle 1: *Inquiry* Levels nach Blanchard et al. (2010, S. 581).

	Source of	Data Collection Methods	Interpretation of Results
Level 0: Verification	Given by teacher	Given by teacher	Given by teacher
Level 1: Structured	Given by teacher	Given by teacher	Open to student
Level 2: Guided	Given by teacher	Open to student	Open to student
Level 3: Open	Open to student	Open to student	Open to student

Die vorliegende Arbeit orientiert sich vor allem an Blanchard et al. (2010). Die Autorinnen und Autoren unterscheiden vier Levels beim Forschenden Lernen (s. Tab. 1). Auf Level 0, „*Verification*“, arbeiten Schülerinnen und Schüler nach einer Art „Rezeptur“ der Lehrperson. Auf Level 1, der „*Structured Inquiry*“,

folgen die Schülerinnen und Schüler ähnlich dem Level 0 weitgehend den Instruktionen der Lehrperson. Die Forschungsfrage und die Untersuchungsmethode sind vorgegeben. Danach allerdings sind es die Lernenden, die den Daten Sinn geben und diese interpretieren. Auf Level 2, „*Guided Inquiry*“, wählen Schülerinnen und Schüler nach einer instruktivistisch orientierten Auseinandersetzung mit der Problemstellung und Forschungsfrage die Untersuchungsmethode aus. Die größte Autonomie erhalten sie auf Level 3, „*Open Inquiry*“. Sie definieren autonom Problemstellung, Fragestellung, Methodik und Interpretation. Die Instruktionen der Lehrperson beschränken sich auf unterstützende, den Prozess begleitende Maßnahmen, in der englischsprachigen Literatur als „*Scaffolding*“ (Holbrook & Kolodner, 2000) beschrieben und diskutiert. Für die Lehrperson, die den Unterricht plant, ist der Verlauf, der Ausgang und der Zeitbedarf schwer abschätzbar. Folgt man den Befunden der Motivations- und Interessensforschung in der Biologiedidaktik, so ist zu erwarten, dass dieser hohe Grad an Autonomie motivierend für Schülerinnen und Schüler wirkt (Gebhard, 2013).

3 *Open Inquiry* oder *Guided Inquiry*: Theoretische Überlegungen zum Forschenden Lernen mit Seesternen

Die evidenzbasierte Entwicklung (Modellierung) einer in das Curriculum meiner Schule passenden Form des Authentischen Forschenden Lernens zu Themen der Verhaltensbiologie des Seesterns (*Asterina gibbosa* sp.) orientiert sich am *Double Loop Learning* der Aktionsforschung. Die Idee dahinter ist, vor Ort für die spezifischen Bedingungen der Schule die Lösung des Problems „*viables Inquiry Learning* in der Biologie“ durch eine enge Zusammenführung von theoriegeleiteter Planung, Aktion, Reflexion voranzutreiben. Ziel dieses Prozesses ist die Formulierung einer stabilen, lokalen Theorie (Elden & Levin, 1991) für *Inquiry Learning* mit lebenden Tieren im Fach Biologie an der HLW Wiener Neustadt zu generieren (Elliot, 1991).

Gestartet wurde mit *Open Inquiry Learning*. Schülerinnen und Schüler gestalteten alle Phasen des Forschungsprozesses weitgehend autonom bei ihren Untersuchungen zum Seestern *Asterina gibbosa* sp., wie weiter unten beschrieben. Die Durchführbarkeit der Untersuchung an der Schule (Zeitaufwand und Labormaterial) war die einzige, ihre Autonomie limitierende Vorgabe. Während der Durchführung und danach wurden systematisch Beobachtungs- und Feedback-Daten gesichert, analysiert und reflektiert. Ziel dieser Reflexion war es, Klarheit über die Motivationen und die Interessenslagen der Schülerinnen und Schüler bei ihrer autonomen, lange dauernden Forschungsarbeit zu erhalten. Die Erkenntnisse wurden danach zur Modellierung einer, zum gleichen Fachinhalt gestalteten, Lernumgebung im Modus einer *Guided Inquiry* genutzt. Eine vergleichenden Sichtung von *Inquiry*-Projekten durch Blanchard et al. (2010) stützt diesen Ansatz: *Guided Inquiry*-Lernumgebungen erscheinen in diesem Vergleich effektiver und zeitsparender als *Open Inquiry*-Settings. Dieser zweite Durchgang sollte demnach nur die halbe Unterrichtszeit benötigen und trotzdem die eingangs dargelegten positiven Effekte des Forschenden Lernens beibehalten. Motivation und Interesse der Schülerinnen und Schüler sollten in beiden Modellen vergleichbar hoch bleiben.

Eine Sichtung der Literatur ergab zwei Varianten zur Modellierung einer *Guided Inquiry*-Lernumgebung. Nach Furtak (2009) wechseln lehrerzentrierte, fragend-entwickelnde Unterrichtsverfahren mit autonomen Arbeitsphasen der Schülerinnen und Schüler. Es bleibt jedoch offen, welche Bereiche beim *Guided Inquiry* autonom und welche angeleitet sind. Blanchard et al. (2010) gehen davon aus, dass Problemstellung und Forschungsfrage von der Lehrperson vorgegeben werden, die Wahl der Untersuchungsmethode und die Interpretation der Ergebnisse jedoch Domäne der Schülerinnen und Schüler bleiben.

Das hier beschriebene Modell folgt dem Ansatz von Furtak (2009). Fragend-entwickelnde Unterrichtsverfahren helfen den Forschungsprozess zu fokussieren und sparen Zeit. Die Möglichkeiten für Schülerinnen und Schüler, mit dem wissenschaftlich-methodischen Ansatz autonom zu forschen, also zu „arbeiten wie ein Wissenschaftler/eine Wissenschaftlerin“, bleiben jedoch erhalten. Das Erarbeiten der Forschungsfragen und Hypothesen, das Planen des Versuchsdesigns und die Darstellung und Diskussion der Ergebnisse beruhen auf Ideen und Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler. Fragend-entwickelnde Unterrichtsverfahren unterstützen die Auswahl der für das Forschende Lernen in der Klasse am besten geeigneten Fragen und helfen den Prozess zu straffen.

Wir gehen bei unserer Konzeption der *Guided Inquiry*-Lernumgebung davon aus, dass das reflexive Moment des unterstützenden, fragend-entwickelnden Unterrichtsverfahrens auch grundlegendes Wissenschaftsverständnis (Mayer, 2007) fördert. Denn wie Gropengießer & Kattmann (2008) feststellen, sollte das unterrichtliche Vorgehen, entsprechend dem hypothetisch-deduktiven Charakter biologischer Forschung bei der Lösung eines biologischen Problems, mit der Hypothesenbildung beginnen, die die theoretischen

Vorannahmen der Schülerinnen und Schüler während der dynamischen Forschungsaktivitäten offenlegt und zur Diskussion stellt.

Steuerungsstrategien, wie die eben beschriebenen, sollen helfen die Motivation der Schülerinnen und Schüler, an ihrer Frage „dran“ zu bleiben, zu stabilisieren. Denn in *Open Inquiry*-Lernumgebungen, in denen von Schülerinnen und Schülern autonom generierte Forschungsideen untersucht werden, müssen die jungen Forschenden häufig feststellen, dass ihre Forschungsfrage gar nicht mit herkömmlichen biologischen Methoden untersuchbar ist. Dies vermag die Motivation der Schülerinnen und Schüler, sich in die Inhalte und die Praxis des Forschenden Lernens zu vertiefen, reduzieren (Radits, 2010).

4 Einige Überlegungen zum Fachinhalt

Der Vorschlag, über Seestern *Asterina gibbosa sp.* zu forschen, kam von der Meeresbiologin Univ.Prof. Mag. Dr. Monika Bright, wissenschaftliche Projektpartnerin in KiP. Sie betonte, dass man zwar viel über Seesterne im Allgemeinen und einiges zu einzelnen Species wisse, zu *Asterina gibbosa sp.* allerdings sei bislang noch wenig Forschungswissen verfügbar. Dieser Sachverhalt macht den kleinen Seestern zu einem interessanten Objekt für Authentisches Forschendes Lernen. *Asterina gibbosa sp.* ist eine kleine Seesternart aus dem Mittelmeer, maximal drei cm groß. Die Tiere vermehren sich in Großaquarien derart erfolgreich, dass sie regelmäßig abgefischt werden müssen. Somit ist die Beschaffung nicht schwierig (Das „Haus des Meeres“ in Wien – www.haus-des-meeres.at – stellte uns die Tiere freundlicherweise zur Verfügung). Auch die langfristige Haltung in der Schule in einem kleinen Meerwasseraquarium bereitete keine Probleme. Für das Experimentieren im Unterricht ist auch die Tatsache nützlich, dass diese Seesterne einige Tage in einer flachen Schale überleben und sie kurze Zeit (1-2 Minuten) an der Luft betrachtet werden können, ohne zu verenden.



Abbildung 1: *Asterina gibbosa sp.*



Abbildung 2: Meerwasser-Aquarium an der HLW Wiener Neustadt.

Seesterne sind aus der Perspektive der Lernenden exotisch, weil sie wenige Gemeinsamkeiten in Bau und Biologie mit Menschen oder Säugetieren haben. Sie sind radiär gebaut, haben ein außergewöhnliches Fressverhalten (Außenverdauung), ein einzigartiges Fortbewegungssystem (Ambulakralgefäß-System), dessen genaue Funktion nicht durch Analogie mit dem Menschen erschlossen werden kann.

Es ist aus der Perspektive der Lehrerinnen und Lehrer zu erwarten, dass diese Tiere spontanes Interesse bei Schülerinnen und Schülern wecken und dass die Möglichkeit, im Unterricht mit solchen lebenden Organismen zu arbeiten, dieses Interesse zusätzlich steigert. *Asterina gibbosa sp.* eröffnet ein umfassendes Forschungsfeld, insbesondere für Fragen über die Funktionen der zunächst fremdartig anmutenden biologischen Strukturen oder über die Strategien der Fortbewegung und Ernährung.

5 Klasse und Lehrplan






Die Module zum „wissenschaftlichen Arbeiten mit Mittelmeerseesternen“ wurden im Rahmen des normalen Unterrichts im dritten Jahrgang der Höheren Lehranstalt für wirtschaftliche Berufe (HLW) Wiener Neustadt entwickelt und durchgeführt. Vierzehn Schülerinnen und ein Schüler waren eingebunden. Die HLW Wiener Neustadt ist eine berufsbildende höhere Schule (BHS), mit dem Ausbildungsschwerpunkt Umweltökonomie (seit 2014 neu: Vertiefung in Naturwissenschaften). Das Unterrichtsfach Umweltökonomie im dritten Jahrgang schafft sehr gute zeitliche Rahmenbedingungen für Forschendes Lernen, weil die Lehreinheiten mit etwa 90 Minuten festgelegt sind. Die Vermittlung ökologischer Inhalte zu lokalen und globalen Lebensräume sind im Lehrplan vorgesehen, und parallel dazu findet im dritten Jahrgang auch Biologie-Unterricht mit zoologischen Inhalten, wie vergleichende Organsysteme im Tierreich, statt. Das biologische Vorwissen der Schülerinnen und Schüler stammt aus der Unterstufe, und zwar in diesem Fall vorwiegend aus den Neuen Mittelschulen, seltener aus der allgemein bildenden höheren Schule (AHS). Chemie im ersten Jahrgang und Physik im zweiten Jahrgang der HLW stellen weitere naturwissenschaftliche Vorkenntnisse bereit. Die Methode wissenschaftlichen Arbeitens ist eines der Physikthemen laut Lehrplan.

Die Voraussetzungen für die nachhaltige Implementierung von Modellen des Authentischen Forschenden Lernens mit lebenden Tieren im Unterricht sind demnach sehr gut. Projektablaufe und Zeitplan kann man folgender Tabelle entnehmen.

6 Modellierung einer *Open Inquiry Learning*-Unterrichtssequenz zum Seestern *Asterina gibbosa sp.* (Projektverlauf)

Open Inquiry Learning bietet, wie oben ausgeführt, die Möglichkeit, Schülerinnen und Schüler ohne Instruktionen der Lehrerin oder des Lehrers an einem Problem arbeiten zu lassen. Besonderen Stellenwert haben in den Modulen die Fokussierung auf den Prozess des wissenschaftlichen Arbeitens, der Blick hinter die Kulissen naturwissenschaftlicher Forschung, das Erleben der Gedanken- und Gefühlswelt beim Forschen und weniger die Ergebnisse der unterschiedlichen Untersuchungen. Dazu wurden insgesamt sechs Module entwickelt und ein „Präludium“ – die Installation des Meerwasseraquariums – vorangestellt.

Tabelle 2: Aktionsplan im Projekt.

		2012	2013											2104	
		Nov/Dez	Jän	Feb	März	Apr	Mai	Juni	Juli/Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jän-März	
Open Inquiry	Theoriegeleitete Planung														
	Unterrichtsaktivitäten														
	Evaluation & Reflexion														
Guided Inquiry	Evidenzbasierte Planung														
	Unterrichtsaktivitäten														

und versuchen diese zu beseitigen. Einwände sind in der Naturwissenschaft daher wichtiger als Wissensbehauptungen.“ (2010, 26)

8 Forschungsinteresse

Die vorliegende Studie fragt zunächst nach den Erfahrungen von Schülerinnen und Schülern beim Forschenden Lernen in den beiden *Inquiry*-Lernumgebungen. Konkret interessieren die Perspektiven der Schülerinnen und Schüler auf wissenschafts-methodische Fragen, die Beurteilung fördernder und hemmender Elemente der Lernumgebung, bestimmte Erfahrungen bei ihrer Forschungsarbeit mit dem Forschungsobjekt und ihre persönlichen Lernerfahrungen. Ein Vergleich der Erfahrungen beider Protagonisten der Lehrenden und Lernenden sucht nach Evidenzen, die für die Implementierung eines der beiden Modelle bedeutsam sein könnten.

9 Methoden

Zur Erhebung der spezifischen Sichtweisen der Schülerinnen und Schüler, ihrer Interessen, Motivationslagen, Emotionen und Lernerfahrungen wurden nach Abschluss der beiden *Inquiry*-Sequenzen Gruppendiskussionen durchgeführt, audiografiert und transkribiert (Altrichter & Posch, 2007; Moser, 2012). Es wurden zwei Diskussionsgruppen zu sieben und acht Personen gebildet. Es zeigte sich, dass Schülerinnen und Schüler in vielen Bereichen sehr einig waren. Das erschwerte das Gespräch unter ihnen, sodass ich als Moderatorin mehr und mehr zur Methode eines Gruppeninterviews (Flick, 2002) wechselte. Die Leitthemen der Datenaufnahme waren Motivation, Highlights und Schwierigkeiten, Transfer des Gelernten und allgemeine Bewertung der Methode des Forschenden Lernens. Die Fragen waren offen, aber fokussiert formuliert (Altrichter & Posch, 2007).

Diese Gesprächsdaten wurden mit Daten aus der teilnehmenden Beobachtung (Bortz & Döring, 2006), mit den dokumentierten Stimmungsbildern, den Transkripten der audioaufgezeichneten Schülerinnen- und Schülerpräsentationen und denen der Diskussionen des Forschermeetings trianguliert (Altrichter & Posch, 2007). Artefakte beider Unterrichtssequenzen wie Protokolle, Zeichnungen und Fotos wurden ebenfalls in die Analyse miteinbezogen.

Die Datenanalyse folgte dem Muster einer qualitativen Inhaltsanalyse. Die Kategorien wurden teilweise aus der Literatur abgeleitet und teilweise induktiv aus dem Datenmaterial entwickelt (Altrichter & Posch, 2007).

Ein weiterer Schwerpunkt des Forschermeetings war die fachdidaktische Reflexion über die Unterrichtsmethode des Authentischen Forschenden Lernens. Die Schülerinnen und Schüler wurden eingeladen, schriftlich die Vor- und Nachteile des Forschenden Lernens aus ihrer Perspektive festzuhalten. Mittels einer Gruppendiskussion zu Fragen nach Motivation, Interesse, Interessensentwicklung und negativen Erfahrungen wurde die Sequenz zur Guided Inquiry evaluiert.

10 Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 3: Zitiercodes.

B1	Eigene Beobachtungen, Aufzeichnungen während der Unterrichtszeit etc. aus Projekt 1 (Open Inquiry) und Projekt 2 (Guided Inquiry)
B2	
GD1	Gruppendiskussion Projekt 1 (Open Inquiry) und 2 (Guided Inquiry)
GD2	
R1	Reflexion Projekt 1 (Open Inquiry) und 2 (Guided Inquiry)
R2	
F	Forschermeeting

Wörtliche Zitate werden mit „*kursiv*“ gekennzeichnet. Paraphrasen sind *kursiv* gesetzt.

10.1 Fachliche Interessen, Forschungsinteressen der Schülerinnen und Schüler

Bei den Forschungsfragen der Schülerinnen und Schüler dominieren Fragen nach Gefühlen des Seesterns („*Sind sie frustriert?*“ B1), dem Fortpflanzungsverhalten, dem Alter und der Lebensdauer, dem Gehirn oder dem Gehör der Seesterne, ihrer Verdauung. Darüber hinaus faszinieren besondere Eigenschaften der Seesterne, wie deren hohe Regenerationsfähigkeit: „... *dass aus einem Arm wieder ein ganzer Seestern wird...*“ (GD1).

10.2 Forschungsmethodische Vorstellungen und Interessen der Schülerinnen und Schüler

Diese Interessen korrelieren mit den Forschungsinteressen der Schülerinnen und Schüler. Diese ergeben sich aus der direkt kaum vergleichbaren Organisation des Versuchstieres „Seestern“ mit den theoretischen Bezugspunkten für die Analogiebildungen der Schülerinnen und Schülern, den Säugetieren und den Menschen: „*Ein Versuch ist nicht so einfach zu beschreiben, ein Seestern ist ja keine Katze, da könnte man leichter Versuche machen, die Katze versteht, was ich von ihr will.*“ (B1).

Als Ausweg aus solchen Problemlagen schlug eine Schülerin vor, die Umdrehgeschwindigkeit ihrer Versuchstiere mit dem Alter des Tieres in Beziehung zu setzen. Forschungsfragen, die mehrere Variable beinhalten, wurden häufig gestellt (B1). Eine andere Schülerin hatte die Idee, zu messen, wie schnell Seesterne wachsen und wie groß sie werden, bis sie sich teilen.

Viele Forschungsfragen stießen an methodische Grenzen, weil sie jeden schulisch umsetzbaren Zeitrahmen sprengten, wie aus den eben gebrachten Beispielen ersichtlich wird.

10.3 Positive Interessensäußerungen zum Authentischen Forschenden Lernen

In der abschließenden Gruppendiskussion dominieren Äußerungen wie „*es hat Spaß gemacht*“, „*es war abwechslungsreich*“ oder „*könnte man öfter machen*“ (GD2). Die Ursachen für dieses positive *Feedback* sind der Datenlage folgend unterschiedlich: Generell betonen Schülerinnen und Schüler ihr besonderes Interesse, seltener Desinteresse (s. nächster Punkt) am Forschungsgegenstand, dem Seestern *Asterina gibbosa sp.* selbst, an der gemeinsamen Arbeit in der Klasse, an der eigenständigen Forschungstätigkeit und an einigen der erzielten Versuchsergebnisse: Selbstständiges Forschen wird mit „*cool und spannend Asterina untersucht zu haben und diese Forschung selber live mitzuerleben*“ beschrieben (GD1). Ein deutlicher Hinweis auf interessierte Auseinandersetzung mit den gestellten Aufgaben zeigt sich im Forschermeeting, wo eine Gruppe für die Präsentation erklärende Informationen aus eigenständigen Internetrecherchen einbaut, was nicht dem Standard der Klasse entspricht (F). Die Schülerinnen und Schüler erwähnen auch mehrfach die Arbeit in der Gruppe, im Team, als positiven Faktor (GD2, R).

Einige Schülerinnen finden die Arbeit mit den Seesternen so interessant, dass sie zu Hause davon erzählen und Bilder herzeigen, eine Schülerin wollte selbst Seesterne zu Hause halten und hat es bedauert, dass ihrem Wunsch nicht nachgegeben wurde.

Konkret interessiert hat die Schülerinnen und Schüler die Durchführung der Versuche mit lebenden Tieren und das „praktische“ Arbeiten mit dem Mikroskop (B, GD2). Diese positiven Interessensäußerungen korrelieren mit den Daten aus der Prozessbeobachtung (B1, B2) und den Aufzeichnungen aus dem Forschermeeting.

In meinen Aufzeichnungen habe ich mir mehrfach Begeisterung der Schülerinnen und Schüler bei der Arbeit notiert. Die Motivation ist auch im Forschermeeting bzw. bei den Schülerinnen- und Schülerpräsentationen am Ende beider Projekte deutlich bemerkbar.

10.4 Negative Interessensäußerungen der Schülerinnen und Schüler

Zur Interessantheit des Forschungsgegenstands gibt es auch Gegenstimmen: In der Gruppendiskussion äußert eine Schülerin: „*Seesterne haben nicht sooo beeindruckt*“ und eine andere meint auf die Zwischenfrage, ob sie sich, abgesehen vom Erstellen der Präsentation, auch außerhalb des Unterrichts mit dem Thema des Projektes auseinandergesetzt hätten: „*Nein, nicht so interessant*“ (GD2).

Häufig wird auch ein nicht den Erwartungen entsprechender Versuchsverlauf zur Ursache für Enttäuschungen: „*Sie haben beim Versuch nicht das gemacht, was wir wollten, und haben sich nicht bewegt*“ (B1) oder „*sie wollten nicht fressen*“ (GD1). Die Prozessbeobachtung zeigt jedoch, dass die Enttäuschungen gleichzeitig die Neugierde wecken und Schülerinnen und Schüler motiviert haben könnte, die Versuche abzuwandeln, um doch an ein Ergebnis zu kommen (B1).

10.5 Wissens- und Kompetenzerwerb

Wissen über biologische Erkenntnisgewinnung

Die Schülerinnen und Schüler können in den zusammenfassenden Gesprächen sehr genau beschreiben, wie man einen Versuch plant und worauf man dabei achten muss (B 1 und 2). Sie erwähnen den Erwerb praktischer Fähigkeiten beim Umgang mit dem Mikroskop („*Mikroskopieren kann ich jetzt besser*“ GD1) und betonen, bei dieser und anderen praktischen Arbeiten Genauigkeit benötigt zu haben (GD1, GD2). Eine Schülerin berichtet von einem Zuwachs an Wissen über biologische Erkenntnisgewinnung: „*Ich weiß jetzt, wie das mit der Forschungsfrage und Hypothese funktioniert und wie man einen Versuch plant*“ (GD2). Andere Schülerinnen erklären, wie man zu einer bearbeitbaren Forschungsfrage kommt, und erzählen detailliert, *wie wichtig es ist, den Versuch so zu planen, dass man diesen auch durchführen kann und Ergebnisse bekommt* (B2). Geduld und Kreativität beim Finden unterschiedlicher Lösungswege sind einigen Schülerinnen und Schülern ebenfalls wichtig (GD2).

Ethische Kompetenzen

Das Lernen eines sorgsamem Umgangs mit lebenden Tieren und das Übernehmen von Verantwortung für die Tiere beim biologischen Experimentieren ist in der Gruppendiskussion und in der Reflexion ein wichtiges Thema für Schülerinnen und Schüler.

Fachwissen

Nach den Erfahrungen mit Forschendem Lernen nach dem Muster einer *Guided Inquiry* geben Schülerinnen und Schüler an, dass sie nun einige neue Details über Seesterne, wie zum Beispiel Fortbewegung, Verdauung, Lichtwahrnehmung und Sauerstoffbedarf, wissen (GD2). Einige Schülerinnen aus Projekt 2 sind auch durchaus in der Lage, naturwissenschaftliche Fachsprache anzuwenden (B2).

10.6 Lernen in authentischen *Inquiry*-Lernumgebungen aus Sicht der Schülerinnen und Schüler

In den Gesprächen über positive und negative Erlebnisse beim Forschenden Lernen erwähnen die Schülerinnen und Schüler die Highlights zuerst, wohingegen Negatives erst nachgefragt werden muss. Sie finden es „*spannend, mit lebenden Tieren zu arbeiten und selbstständig zu forschen*“ (GD2) und begrüßen die „*Abwechslung zum normalen Theorieunterricht*“ (GD2). Als Nachteil des Forschenden Lernens bezeichnen Schülerinnen und Schüler allerdings den aus ihrer Sicht zu geringen Stoffumfang: „*Wenn man den ganzen Stoff unterbringen soll, kann man nicht so viel praktisch machen*“ (GD2), und eine andere betont sehr konkret, dass „*Wissen nicht nur über forschendes Lernen erarbeitet werden kann, weil sich das nicht ausgeht*“ (GD2).

Die Schülerinnen und Schüler formulieren in ihren Reflexionen ihre Konzepte zum *Inquiry*-Lernen bei ihren Untersuchungen zum Seestern *Asterina gibbosa sp.* vor dem Hintergrund ihrer Lernerfahrungen im normalen Unterricht, den sie – wie eben belegt – für lernwirksam halten. Von diesem Lernen haben sie ein genaues Bild: In dieser Unterrichtsform könne man mehr Stoff machen, die allgemeinen Fakten über Seesterne seien erklärt und besprochen worden, Bilder seien hergezeigt worden. Man habe viel mehr schreiben müssen (R).

Bezüglich der Leistungsfähigkeit des eben abgeschlossenen *Inquiry*-Unterrichts stimmen sie weitgehend überein, dass man mehr lerne als im normalen Unterricht. In der Gruppendiskussion nach dem *Open Inquiry*-Durchgang betonen sie, wie selbstverständlich und leicht sie Details über diese neue Tiergruppe lernten. Sie vermuten, dass dieser Wissenserwerb von Dauer sei: „*Wenn man nur für den Test was lernt, vergisst man es nachher wieder, wenn man es selber macht, merkt man es sich länger.*“ (GD1) Sie begründen solche Einschätzungen mit konkreten Erfahrungen. Folgende Konzepte über das Lernen in authentischen *Inquiry*-Lernumgebungen aus der abschließenden Reflexion, können formuliert werden. Sie werden durch Ankerzitate illustriert:

Man lernt mehr als im Normunterricht und merkt es nicht, weil man Wissen praktisch anwendet:
 „*Man lernt sogar mehr als in einer normalen Unterrichtsstunde, da man die Praktiken selber anwendet und man sich diese so merkt.*“

Man lernt durch Selbst-Herausfinden:

„Man lernt schon was von dem Projekt, da man sich selbst mit Seesternen beschäftigen muss und im Internet forscht und dabei alles selbst herausfinden muss, dadurch lernt man besser.“

„Man kann selbst Dinge untersuchen, wie Lichtempfindlichkeit, Drehgeschwindigkeit, ob sie sich immer zum Rand bewegen.“

Man lernt durch eigene Aktivität:

„Im normalen Unterricht hätten wir nicht die Möglichkeit, uns so aktiv am Unterricht zu beteiligen.“

„Man merkt sich mehr, weil man aktiv mitarbeitet und nicht nur zuhören muss.“

„Man ist auch aktiv beteiligt am Unterricht und lernt daher mehr.“

Aus Lehrersicht zeigt sich, dass das Modell einer Guided Inquiry leichter in das Biologiecurriculum eingepasst werden kann als die Open-Inquiry-Variante.

11 Conclusio

Der nachweisbare Erwerb wissenschaftsmethodischer Kompetenzen in beiden untersuchten Projekten verweist auf eine Annäherung an das Bildungsziel einer *Scientific Literacy*

Eines der expliziten Bildungsziele der beiden Inquiry-Projekte war, Schülerinnen und Schüler einen Zugang zu biologisch-wissenschaftlichen Erkenntniswegen zu ermöglichen. Dieses Ziel ist mit Sicherheit erreicht worden, wie die Daten zeigen. Nach beiden Inquiry-Projekten berichten die Jungforscherinnen und Jungforscher von Lerneffekten, die nach dem „Rahmenkonzept wissenschaftsmethodischer Kompetenzen“ von Jürgen Mayer (2007, 178) relevant für den Erwerb von Wissenschaftsverständnis als wichtige Teilkompetenz einer *Scientific Literacy* (Bybee, 2002) sind. Der Schwerpunkt liegt dabei auf neuen Kenntnissen zu wissenschaftlichen Arbeitstechniken, die nach Mayer auf das Erreichen von Kompetenzzuwachs im Bereich von *Practical Skills* (2007) schließen lassen. Erfreulich ist aber auch, dass die Schülerinnen und Schüler Standards wie „Daten auswerten“, „Untersuchungen planen und durchführen“ oder biologische „Fragen und Hypothesen formulieren“ als ihren besonderen im Projekt erreichten Lerngewinn vermerken. Nach Mayer lässt dies Kompetenzgewinne im Bereich des „wissenschaftlichen Denkens“ erwarten (2007).

Der von den Schülerinnen und Schülern berichtete Zuwachs an wissenschafts-methodischen Kompetenzen wurde, wie die Daten belegen, durch die intensive Auseinandersetzung mit forschungstheoretischen Positionen, das intensive *Feedback* im Prozess und durch die Diskussionen im Rahmen und nach Abschluss der Projekte unterstützt.

Der Vergleich der *Open*- und der *Guided Inquiry*-Lernumgebung zeigt Ambivalenzen beim Erleben von Autonomie und Führung durch die Lehrperson. Der Vergleich der Ergebnisse aus den beiden methodisch unterschiedlich angelegten *Inquiry*-Durchgängen ergibt zunächst keine verwertbaren Ergebnisse, die eines der beiden Modelle als besonders überlegen in Lernwirksamkeit und Motivation erscheinen lassen. Studien über *Inquiry Learning* heben üblicherweise das selbstbestimmte Forschen an authentischen Problemstellungen und einen hohen Grad an Autonomie als besonders lernwirksam und motivierend hervor. Schülerinnen und Schüler äußern sich in der vorliegenden Studie, wie im Ergebnisteil nachgewiesen, ähnlich. Selbstbestimmt oder zumindest etwas „selber tun“ führt nach ihrer Meinung dazu, sich Fachinhalte besser zu merken und hoch motiviert mitzumachen. Trotz der im Modell des *Guided Inquiry*-Durchgangs vorgesehenen geringeren Autonomie (s. Projektbeschreibung im Kapitel 8) erlebten Schülerinnen und Schüler in beiden Projekten selbstbestimmtes Forschen als zentrales Momentum.

Ambivalenzen: Frust am Forschen & Lust am authentischen Problemlösen sowohl auf Lehrerinnen- und Lehrers als auch auf Schülerinnen- und Schülerseite

Einig sind sich die Schülerinnen und Schüler nämlich darin, was bei der forschenden Arbeit nervt oder ärgert. Wenn Versuche nicht so funktionieren, wie sie es erwartet haben, wenn eindeutige Ergebnisse ausbleiben, entsteht Frust. In der *Open Inquiry*-Lernumgebung mag dieser Effekt häufiger eingetreten sein, da die Schülerinnen hier zunächst naturgemäß offener und mit vielen Unsicherheiten forschten. In beiden Gruppen gibt es Belege, die zeigen, dass sofort begonnen wurde den Versuch abzuändern, wenn Ergebnisse ausblieben. Schülerinnen und Schüler erleben *ein Ergebnis erreicht zu haben* als motivierend, sich noch intensiver mit dem Problem auseinanderzusetzen. Ein spezifischer Antrieb („cool“), die Lösung des Problems voranzutreiben, war auch das Gefühl authentisch zu forschen *und diese Forschung selber live mitzuerleben* (GD1).

Das Finden einer geeigneten bearbeitbaren Forschungsfrage als Startpunkt für die problemlösende Forschungsarbeit wurde in dem hier beschriebenen Projekt durch die besondere Natur des Forschungsgegenstandes erschwert, wie besonders die Daten aus dem ersten Projekt „*Open Inquiry*“ zeigen. Lässt man den Schülerinnen und Schülern völlig freie Hand bei der Auswahl der Forschungsfrage und Untersuchungsmethode, entstehen zunächst aufgrund des Schülerinnen- und Schülerwissens Forschungsfragen, welche sehr am menschlichen Verhalten und an den Organfunktionen des Menschen oder der Haustiere orientiert sind. Sie fragen nach Problemen, die sie selbst bewegen (Frustration, Fortpflanzung und nach zentralen Körperteilen und deren Funktion). Das Forschungsinteresse erweckt auch zu große Differenz zum Menschen, wie die hohe Regenerationsfähigkeit der Seesterne. Solche Forschungsfragen wären, wenn überhaupt, nur durch längere Beobachtungen bearbeitbar und sind aufgrund der anthropomorphen Vergleichsbildungen methodisch nicht zu bewältigen. Anthropomorphismen bieten zwar, da sich viele Fachdidaktiker einig, im Unterricht oft eine Chance durch didaktische Rekonstruktion (Gropengießer et al., 2010) lebensweltliche Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern mit biologischen Konzepten zusammenzuführen und so fachlich komplexe Inhalte erfolgreich zu lernen, im hier untersuchten Projekt verbrauchte jedoch das Unterstützen und Beraten der Schülerinnen und Schüler beim Finden einer bearbeitbaren Forschungsfrage und der Entwicklung eines dazu passenden Forschungsdesigns viel Lernzeit und belastete die Implementierung in das Curriculum der BHS schwer.

Der aufgabenorientierte Unterricht nach dem Muster *Guided Inquiry* war das geeignete Modell für eine authentische *Inquiry*-Lernumgebung in meiner Schule. Es war das leitende Forschungsziel dieser Aktionsforschungsarbeit ein Modell für Authentisches Forschendes Lernen mit Seesternen, welches zu den spezifischen Rahmenbedingungen meiner Schule passt, evidenzbasiert zu entwickeln. Die Reflexion der Erfahrungen mit dem schwer handhabbaren langen Suchen nach viablen Forschungsdesigns der Schülerinnen und Schüler im vorangegangenen *Open Inquiry*-Setting führten rasch zur Idee, ein passendes *Guided Inquiry*-Setting anzugehen. Als wesentliche Maßnahme wurde, wie im Kapitel 8 ausgeführt, die Phase der Suche nach einer Forschungsfrage und einer Problemstellung für die Forschungsaktivitäten der Schülerinnen und Schüler dialogisch, nach dem Muster eines fragend-entwickelnden Unterrichts, durchgeführt. Dieser Lehrer-Schüler-Dialog nach Muster der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al., 1997) half die anstehenden wissenschaftlichen Konzepte zu dem, den Schülerinnen und Schülern ziemlichen fremden, Objekt Seestern zu klären und diese mit den lebensweltlich begründbaren Konzepten der Schülerinnen und Schüler in Diskussion zu bringen, wie in den Ergebnissen (Kapitel 11) gezeigt werden konnte. Wie auf Basis der Arbeiten von Blanchard et al. (2010) zu vermuten war, sicherte dieses Verfahren genügend Zeitressourcen für das autonome Forschen der Lernenden danach. Bemerkenswert ist, wie bereits oben angeführt, dass die Schülerinnen und Schüler die Führung des Prozesses durch die Lehrerin in der ersten Phase nicht als Einschränkung ihrer Selbstständigkeit empfanden: Sie haben, wie die Ergebnisse zeigen, dadurch Sicherheit für die „eigentliche“ praktische Forschungsarbeit gewonnen und die daraus resultierenden Erfahrungen sehr positiv und lernwirksam bewertet. Die verbesserte Zeitökonomie der *Guided Inquiry*-Methode sollte es in Zukunft ermöglichen *Inquiry Learning* ohne nennenswerte Konflikte mit den curricularen Voraussetzungen an meiner Schule durchzuführen.

Literatur

- Abrams, E., Southerland, S. A., & Evans, C. A. (2007). Inquiry in the classroom: Necessary components of a useful definition. In: E. Abrams, S. A. Southerland, & P. Silva (Eds.), *Inquiry in the science classroom: Realities and opportunities*. Greenwich, CT: Information Age Publishing.
- Altrichter, H. & Posch, P. (2007). *Lehrerinnen und Lehrer erforschen ihren Unterricht*, 4. Auflage, Julius Klinkhardt, S. 150-151, 194-195.
- Blanchard, R.M., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson V.D., Anetta, L.A. & Granger, E.M. (2010). Is Inquiry Possible in Light of Accountability?: A Quantitative Comparison of the Relative Effectiveness of Guided Inquiry and Verification Laboratory Instruction, 581, 582, 583. Published online 11 March 2010 in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com).
- Bybee, R. W. (2002). Scientific Literacy – Mythos oder Realität? Scientific Literacy. In: Gräber, W. et al (Hrsg.): *Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung*. Leske + Budrich: Opladen, S. 21-43.
- Bortz, Jürgen & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation*. Heidelberg: Springer.

- Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86(2), pp. 175-218.
- Colburn, A. (2000b). An inquiry primer. *Science Scope*, 23(6), pp. 42-44.
- Crawford, B. (2000). Embracing the Essence of Inquiry: New Roles for Science Teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, pp. 916-937.
- Elden, M. & Levin, M. (1991). Cogenerative learning: Bringing participation into action research. In: W. F. Whyte (Ed.). *Participatory action research*. Newbury Park, CA: SAGE. pp. 127-142.
- Elliott, J. (1991). *Action Research for Educational Change*. Buckingham: Open University Press.
- Flick, U. (2002). *Qualitative Sozialforschung. Eine Einführung*. Rowohlt: Reinbek bei Hamburg.
- Furtak, E.M. (2006). The Problem with Answers: An exploration of guided scientific inquiry teaching. *Science Education*, 90 (3), pp. 453-467.
- Gebhard, U. (2013). Schüler und Schülerinnen. In: *Fachdidaktik Biologie*, 9. Auflage, Hrsg. Gropengießer, Hallbergmoos: H. Aulis Verlag.
- Gelbart, H., & Yarden, A. (2006). Learning genetics through an authentic research simulation in bioinformatics. *JBE*, 40 (3), pp. 107-122.
- Gropengießer, H., Kattmann, U. & Krüger, D. (2010). *Biologiedidaktik in Übersichten*. Aulis Verlag in der Stark Verlagsgesellschaft, 26.
- Gropengießer, H. & Kattmann, U. (2008). *Fachdidaktik Biologie*, begründet von D. Eschenhagen, U. Kattmann & D. Rodi, 8. Auflage, Köln: Aulis Verlag Deubner, 241.
- Heidinger, Ch. & Radits, F. (2012). Authentic Inquiry Learning: Students and Scientists "On Equal Terms". In: C. Bruguière, A. Tiberghien, P. Clément, J. Viiri & D. Couso (Eds.), *EBOOK PROCEEDINGS OF THE ESERA 2011 CONFERENCE: Science learning and Citizenship* (Vol. Part 13, pp. 52-57). Lyon: ESERA.
- Hof, S. (2010). *Wissenschaftsmethodischer Kompetenzerwerb durch forschendes Lernen*. Kassel university press GmbH, 27, S. 32-39.
- Holbrook, J. & Kolodner, J.L. (2000). Scaffolding the Development of an Inquiry-Based (Science) Classroom. In: B. Fishman & S. O'Connor-Divelbiss (Eds.), *Fourth International Conference of the Learning Sciences* (pp. 221-227). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Huber, L. (2009). Warum forschendes Lernen nötig und möglich ist. In: Huber, L., Hellmer, J., Schneider, F. (Hrsg.), *Forschendes Lernen im Studium*, Bielefeld, S. 9-35.
- Inschlag, E., Maier, R., Grandner, E. (2014). *PROFILES-Modul. Was hat fünf Arme, aber keine Beine?* Published online 16 December 2014, <http://ius.uni-klu.ac.at/misc/profiles/files/materials/de/Profiles-%20Modul%20-%20Seesterne.pdf>, abgerufen am 29.12.2014.
- Kattman, U., Duit, R., Gropengießer, H., Komorek, M. (1997). *Das Model der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung*.
- Mayer J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In: D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.): *Handbuch der Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*, Berlin: Springer, S. 178-186.
- Mayer, J. & Ziemek, H.-P. (2006). *Offenes Experimentieren. Forschendes Lernen im Biologieunterricht*. *Unterricht Biologie*, 317, S. 1-9.
- Messner, R. (2009). *Forschendes Lernen aus pädagogischer Sicht*. In: *Schule forscht*, Edition Körber Stiftung, 29.
- Moser, H. (2012). *Instrumentenkoffer für die Praxisforschung*, Freiburg im Breisgau: Lambertus-Verlag, 92.
- Radits, F. & Rauch, F. (2008). *Wissenschaft ruft Schule. Forschungs-Bildungs-Kooperationen als Forschungsfeld – Explorationen aus der Perspektive von Science Education*. In: F. Eder & G. Hörl (Hrsg.), *Gerechtigkeit und Effizienz im Bildungswesen* (S. 165-183), Wien: Lit-Verlag.
- Radits, F. (2010). *KiP: Kids Participation in Educational Research, Forschendes Lernen in biowissenschaftlichen Projekten. Abschlussbericht*. Austrian Competence Centre for Educational Research – Biology (AECC-BIO), Fakultät für Lebenswissenschaften, Universität Wien, 52, http://aeccbio.univie.ac.at/uploads/media/Sparkling_Science_KiP1_Endbericht-.pdf, abgerufen am 16.11.2013.
- Radits, F., (2013). *KiP - Kids Participation in Research*, <http://aeccbio.univie.ac.at/sparkling-science>, abgerufen am 16.11.2013.

Radits, F. & Heidinger, Ch. (2010). Professionalisierung von BiologielehrerInnen durch systematische Reflexion in Forschungs-Bildungs-Kooperationen. In: T. Janik & P. Knecht (Hrsg./Eds.), *Neue Wege in der Professionalisierung von Lehrer/-inne/-n. New Pathways in the Professional Development of Teachers* (S./pp. 105-111). Berlin - Münster - Wien - Zürich - London: LIT-Verlag.

Radits, F. et al. (2010). KiP: Kids Participation in Educational Research. Forschendes Lernen in biowissenschaftlichen Projekten – Ein fachdidaktisches Forschungs- und Entwicklungsprojekt (Abschlussbericht des AECC-Biologie für Sparkling Science). Unveröffentlichter Bericht, Universität Wien.

Roth, W.-M., van Eijck, M., Reis, G., & Hsu, P-L. (2008). *Authentic science revisited: In praise of diversity, heterogeneity, hybridity*. Rotterdam: Sense Publishers.

Schwab, J. J. (1962). *The teaching of science as enquiry*. In: J. J. Schwab & P. F. Brandwein, *The teaching of science*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Weiglhofer, H., & Venus-Wagner, I. (2010). *Naturwissenschaftliche Bildungsstandards in Österreich*. In: A. Gehrman, U. Hericks & M. Lüders (Hrsg.), *Bildungsstandards und Kompetenzmodelle* (S. 185-196). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.