

Forschendes Lernen in naturwissenschaftlichen Sachunterricht – Theoretische Grundlagen und Rahmenbedingungen in Österreich

Christian Bertsch

Nationale und internationale Reformbemühungen fordern für den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Grundschule einen Umdenkprozess vom faktenorientierten Wissenserwerbsunterricht hin zu einem Unterricht, bei dem sich die Schüler/innen mit Fragestellungen forschend auseinandersetzen. Im vorliegenden Artikel werden verschiedene Definitionen von Forschendem Lernen verglichen und diskutiert, auf Basis einer Lehrplan- und Schulbuchanalyse die Rahmenbedingungen für einen forschenden naturwissenschaftlichen Sachunterricht dargestellt und Lehrer/innenprofessionalisierung als die zentrale Stellschraube für die breite Implementierung eines Forschenden Unterrichtes identifiziert.

1. Einleitung

Willkommen im 21. Jahrhundert. Die Wissensgesellschaft hat die Industriegesellschaft abgelöst. Wissen und Bildung sind, so heißt es, die wichtigsten Ressourcen im rohstoffarmen Europa. Dieser Satz beflügelt Bildungspolitiker/innen und Pädagog/innen, Universitätsreformer/innen und EU-Kommissare. Und besonders die naturwissenschaftliche und technische Bildung der Schüler/innen ist in den letzten Jahren verstärkt ins Zentrum des Interesses gerückt. In Österreich wurden sowohl von ministerieller Seite (Sparkling Science, Talente, Kinderunis) als auch von Seiten der Industrie (Wissensfabrik, Leonardo, MINT 2020) viele Initiativen gestartet, um dem gut dokumentierten Interessensverlust an den Natur- und Technikwissenschaften (OECD 2006) entgegenzuwirken. All diese Initiativen haben sich der Förderung eines forschenden naturwissenschaftlichen Unterrichtes verschrieben, um so das Interesse an weiterführenden naturwissenschaftlich-technischen Studien zu fördern.

Im Zuge dieser Initiativen ist auch der naturwissenschaftliche Unterricht in der Volksschule zunehmend in den Fokus gerückt worden. Dass naturwissenschaftliches Lernen früh beginnen soll, ist heute unumstritten, da gerade die Grundschule für die Interessensentwicklung der Schüler/innen besondere Bedeutung hat.

In den Lehrplänen der Volksschule sind naturwissenschaftliche Themen im Sachunterricht fest etabliert und in der Volksschule stoßen Lehrkräfte in der Re-

gel noch auf großes Interesse der Kinder an naturwissenschaftlich-technischen Inhalten (Fridrich/ Gerber/ Paulinger 2012). Jedoch wurden in der Vergangenheit angehende Volksschullehrkräfte in diesem Bereich nur wenig ausgebildet, sodass naturwissenschaftlich-technische Inhalte in der Volksschule eher wenig und ohne tieferes Verständnis unterrichtet werden. Nationale (Pokorny 2003) und internationale Berichte (OECD 2006, Osborne/ Dillon 2008) über die Problemlagen gleichen sich. Die meisten Lehrer/innen verfügen über ein zu geringes naturwissenschaftliches Basiswissen und der Unterricht fördere Faktenwissen anstelle grundlegender Einsichten in naturwissenschaftliche Konzepte und Arbeitsweisen.

Dabei besteht für den Sachunterricht der Volksschule aus fachdidaktischer Perspektive ein weitgehender Konsens darüber, dass durch die bereits in der Grundstufe beginnende und kontinuierliche Förderung naturwissenschaftlicher Bildung die Lerner/innen grundlegende und anschlussfähige Vorstellungen entwickelt, Kompetenzerleben und Verstehen gefördert und Interesse an naturwissenschaftlichen Fragen geweckt werden sollen (Krapp/ Prenzel 2011, Lange/ Kleikmann/ Tröbst/ Möller 2012). Dazu bedarf es eines Unterrichts, der nicht das Vermitteln von Faktenwissen in den Vordergrund stellt, sondern ein forschendes Erarbeiten von naturwissenschaftlichen Konzepten ermöglicht, welche zu einem besseren Verständnis der natürlichen Umwelt führen (Bertsch/ Kapelari/ Unterbruner 2011, Möller/ Kleickmann/ Sodian 2011). Es bedarf eines Umdenkprozesses, eines „*reversal of school science teaching from mainly deductive to inquiry based methods*“ (Rocard/ Csemerly/ Jorde/ Lenzen/ Walber-Henriksson/ Hemmo 2007, S. 2).

2. Forschendes Lernen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht – Theoretische Grundlagen

Die meisten Reformbemühungen im naturwissenschaftlichen Unterricht der letzten Jahre haben sich der Förderung eines forschenden Unterrichts verschrieben. Ein forschender naturwissenschaftlicher Unterricht soll einerseits dem sinkenden Interesse an den naturwissenschaftlichen Fächern und Studien entgegenwirken (OECD 2006), andererseits das Verstehen von naturwissenschaftlichen Konzepten fördern (Harlen/ Artigue/ Dillon/ Lena 2012).

Es ist sehr schwer festzustellen, wann der Begriff „Forschendes Lernen“ erstmals aufgekommen ist. John Dewey, Jean Piaget und Lev Vygotskij nahmen in ihren Arbeiten zu Lehren und Lernen schon sehr viel von dem vorweg, was heute unter Forschendem Lernen verstanden wird. Besonders für Dewey war das aktive Ex-

perimentieren und Manipulieren, das aktive Tun ein zentraler Aspekt des Lernens naturwissenschaftlicher Inhalte. 1910 kritisierte Dewey den naturwissenschaftlichen Unterricht in den Schulen folgendermaßen:

“Science has been taught too much as an accumulation of ready-made materials with which students are to be made familiar and not enough as a method of thinking” (Dewey 1910, p. 122).

Was John Dewey 1910 über die Situation des naturwissenschaftlichen Unterrichts in den Schulen schrieb, hat sich – mit Blick auf den österreichischen Bildungsbericht – auch 100 Jahre später nicht allzu sehr verändert. Noch immer steht das Vermitteln von Fakten im Vordergrund, der naturwissenschaftliche Unterricht ist ein „Wissenserwerbsunterricht“, bei dem es vor allem darauf ankommt, sich Beschreibungen und Erklärungen bestimmter Phänomene einzuprägen, und weniger darauf, selbstständig Untersuchungen durchzuführen oder sich mit Fragestellungen forschend auseinanderzusetzen (Krainer/ Benke 2009).

2.1 Wie wird Forschendes Lernen definiert?

Obwohl Forschendes Lernen eine zentrale Forderung in fast allen aktuellen Bildungsreformdokumenten von der Volksschule bis hin zur tertiären Bildung ist, ist es unmöglich, eine einheitliche Definition von Forschendem Lernen zu finden. Erschwerend kommt hinzu, dass Forschendes Lernen oft mit anderen Begriffen wie „Entdeckendes Lernen“, „Problemorientiertes Lernen“ oder „Problembasiertes Lernen“ gleichgesetzt wird. Ich möchte an dieser Stelle exemplarisch drei verschiedene Definitionen von Forschendem Lernen präsentieren und anschließend diskutieren, warum aus einer schulpraktischen Perspektive starre und restriktive Definitionen schlecht geeignet sind, um Veränderungsprozesse anzustoßen und somit für die Implementierung eines forschenden Unterrichtes im naturwissenschaftlichen Sachunterricht kontraproduktiv sind.

Der amerikanische National Research Council definiert Forschendes Lernen als

“...multifaceted activity that involves making observations; posing questions; examining books, and other sources of information to see what is already known; planning investigations; reviewing what is already known in light of experimental evidence; using tools to gather, analyze, and interpret data; proposing answers, explanations, and predictions; and communicating the results (NRC 1996, p. 23).

Zusätzlich definiert der NRC zentrale Aspekte eines forschenden Unterrichts und nennt Differenzierungsmöglichkeiten in Bezug auf die Autonomie der beteiligten Schüler/innen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Zentrale Aspekte eines Forschenden Unterrichtes inkl. Differenzierungsmöglichkeiten (NRC 2000)

Zentrale Aspekte	Differenzierungsmöglichkeiten			
Lerner/in beschäftigt sich mit einer klaren Fragestellung	Lerner/in formuliert eine Frage	Lerner/in wählt eine Fragestellung und stellt neue Fragen	Lerner/in konkretisiert Fragestellungen, die von der Lehrperson vorgegeben werden	Lerner/in beschäftigt sich mit Fragen, die von der Lehrperson vorgegeben werden
Lerner/in sammelt passende Daten, um die Frage zu beantworten	Lerner/in legt Methoden zur Datenerhebung fest und sammelt Daten	Lerner/in wird bei der Datensammlung unterstützt	Daten werden zur Verfügung gestellt und Lerner/in analysiert die Daten	Daten werden zur Verfügung gestellt und Lehrperson erklärt, wie man die Daten analysiert
Lerner/in formuliert auf Basis der Daten eine Schlussfolgerung	Lerner/in formuliert Schlussfolgerungen auf Basis der Daten	Lerner/in wird beim Schlussfolgern unterstützt	Lehrperson zeigt verschiedene Wege, wie die Daten interpretiert werden können	Lehrperson zeigt, wie auf Basis der zur Verfügung gestellten Daten eine Schlussfolgerung gezogen wird
Lerner/in verknüpft die Schlussfolgerung mit wissenschaftlich gesichertem Wissen	Lerner/in recherchiert selbständig und vergleicht Schlussfolgerungen mit anderen Ergebnissen	Lerner/in wird bei Vergleich mit anderen Quellen unterstützt	Lehrer/in zeigt mögliche Querbezüge auf	
Lerner/in kommuniziert und begründet die Schlussfolgerung	Lerner/in formuliert logische Begründungen für die eigene Schlussfolgerung	Lerner/in wird bei der Kommunikation und Argumentation unterstützt	Lehrer/in gibt grobe Richtlinien für Kommunikation und Argumentation vor	Lehrer/in gibt Art und Weise der Kommunikation und Argumentation vor

Das EU Projekt *Primary Science Network* (<http://prisci.net>) beschäftigte sich mit Forschendem Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht in Kindergarten und Volksschule. Im Rahmen des Projektes wurden folgende Kriterien für einen forschenden Unterricht definiert (Gatt/ Scheersoi 2014):

- Die Schüler/innen sind aktiv in den Lernprozess eingebunden. Aktives Beobachten und Experimentieren der Schüler/innen ist der Ausgangspunkt des Lernprozesses.
- Die Schüler/innen arbeiten an authentischen Fragestellungen. Die Antwort auf die Frage wird in erster Linie auf Basis der verfügbaren Daten getroffen.
- Die Schüler/innen lernen wissenschaftliche Fragen zu stellen, systematisch zu beobachten, die Beobachtungen festzuhalten und auf Basis der gesammelten Daten Schlussfolgerungen zu ziehen.
- Die Schüler/innen lernen in der Gruppe. Soziale Interaktion, Diskutieren und Argumentieren sind zentrale Bestandteile Forschenden Lernens.
- Die Lehrperson unterstützt das Lernen, indem Strukturierungshilfen angeboten werden. Sie versteht sich als „Role Model“ für Forschendes Lernen und nicht als reine Vermittler/in von Expertenwissen.

Während sich sowohl die Definition des NRC als auch die Pri-Sci-Net Definition von Forschendem Lernen sehr stark am (natur-)wissenschaftlichen Forschungsprozess orientieren, hat Reitinger (2013) in seiner Theory of Inquiry Learning Arrangements (TILA) versucht, Deweys Positionen zu Forschendem Lernen mit aktuellen Studien aus der Motivationspsychologie (Reeve 2004) und Klafkis (1999) bildungstheoretischer Didaktik zusammenzuführen. Er definiert Forschendes Lernen als

„... einen Prozess der selbstbestimmten Suche und der Entdeckung einer für die Lernenden neuen Erkenntnis. Forschendes Lernen läuft dabei in einem autonomen und zugleich strukturierten Prozess ab, welcher von einer sinnlich erfahrbaren Entdeckung über eine systematische Exploration bis hin zu einer für wissenschaftliches Arbeiten charakteristischen Vorgehensweise reichen kann. Der Prozess des Forschenden Lernens wird von einem generellen Entdeckungsinteresse der Lernenden (Neugierde) und einer affirmativen Haltung der Lernenden zur Methode getragen. Für den Prozess des Forschenden Lernens selber sind die forschungsbezogenen Handlungsdomänen a) erfahrungsbasiertes Hypothesieren, b) authentisches Explorieren, c) kritischer Diskurs und d) conclusiobasierter Transfer kennzeichnend“ (Reitinger 2013, S. 45).

Unter „*erfahrungsbasiertem Hypothesisieren*“ versteht Reitinger (2013) das Bilden von Hypothesen. Dies geht seiner Meinung nach weiter als das Formulieren von Fragen, da beim Bilden von Hypothesen aus einer reflektierten Grundhaltung heraus bereits mögliche Erklärungen mitgedacht werden. Unter „*authentischem Explorieren*“ versteht Reitinger (2013) explorative Handlungen, die vom Lerner selbst gesteuert und von außen individuell und nach Bedarf unterstützt werden. Unter „*kritischem Diskurs*“ fasst Reitinger (2013) 1) die Reflexion von Vermutungen, Entdeckungen und Wissenskonstruktionen, 2) die Reflexion des Lernprozesses und 3) die Reflexion der dabei entstandenen persönlichen Konzepte zusammen. Unter „*conclusiobasiertem Transfer*“ versteht Reitinger (2013) die Kommunikation und Applikation des Entdeckten.

Ich habe exemplarisch drei Definitionen von Forschendem Lernen vorgestellt. Es gibt bei den drei gewählten Definitionen viele Überschneidungen aber auch Alleinstellungsmerkmale. In anderen Reformdokumenten oder Lehrplänen finden sich sicherlich auch noch weitere Definitionen von Forschendem Lernen. Ähnlich dem Forschungsprozess in der Wissenschaft lässt sich auch das Forschende Lernen in der Schule schwer einheitlich definieren. Wissenschaftler/innen arbeiten mit verschiedensten Methoden der Datenerhebung und Datenanalyse. Eine zentrale Gemeinsamkeit jeglicher empirischer Forschung ist jedoch, dass auf Basis der gesammelten Daten – egal ob diese mit Experimenten, Beobachtungen oder Fragebögen erhoben worden sind – Schlussfolgerungen gezogen werden (Ledermann 2008).

Ähnliches gilt für Forschendes Lernen. Dieses beinhaltet im naturwissenschaftlichen Unterricht verschiedenste Aspekte. Das Formulieren von Fragen, Aufstellen von Vermutungen, Planen und Hinterfragen von Experimenten, Recherchieren, Konstruieren von Modellen, Diskutieren und Argumentieren sind nur einige davon. Analog zum Forschungsprozess im Wissenschaftsbereich ist jedoch auch beim Forschenden Lernen das zentrale Ziel, auf den eigenen Daten basierende Schlussfolgerungen zu ziehen und diese zu begründen. Unabhängig davon, ob die Daten durch das selbständige Planen von Experimenten, Recherchen in Büchern oder im Internet oder das Befragen von Expert/innen generiert wurden.

Aus wissenschaftlicher Perspektive wäre eine einheitliche Definition von Forschendem Lernen wünschenswert. Momentan sind Metaanalysen zum Effekt eines forschenden Unterrichtes (Hattie 2010, Minner/ Levy/ Century 2010) schwer interpretierbar, da nicht klar ist, was die einzelnen Studien unter dem Begriff Forschendes Lernen verstehen. Minner et al. (2010) kommen zum Beispiel in ihrer

Analyse von 138 Studien zum Effekt eines Forschenden Unterrichtes zu dem Ergebnis, dass *“inquiry-based instructional practices, particularly instruction that emphasizes student active thinking and drawing conclusions from data are more likely to increase conceptual understanding than are strategies that rely on more passive techniques”* (Minner et al. 2010, p. 1). Sie schreiben aber auch, dass ein Forschender Unterricht, der ausschließlich das aktive Tun (Hands-on) in der Vordergrund stellt, nicht notwendigerweise zu mehr Verständnis führt als ein herkömmlicher lehrer/innenzentrierter Unterricht. Hier könnte man – vorausgesetzt eine einheitliche Definition wäre vorhanden – argumentieren, dass ein Unterricht, der ausschließlich das „Nachkochen“ von Experimentieranleitungen in den Mittelpunkt stellt, eben per Definitionem kein forschender Unterricht ist, da wesentliche Aspekte wie zum Beispiel das aktive Ziehen von Schlussfolgerungen auf Basis der erhobenen Daten nicht gegeben sind.

Aus einer schulpraktischen Perspektive bin ich jedoch gegen eine strikte Definition des Begriffes Forschendes Lernen. Unterricht ist ein höchst situativer und kontextueller Prozess, in dem starre und restriktive Definitionen schlecht geeignet sind, um Veränderungsprozesse anzustoßen.

Vor kurzem habe ich in einem Kindergarten einen sehr spannenden forschenden Unterricht zum Thema „Was ist das Lieblingsessen von Schnecken?“ beobachten können. Die Kinder haben in einem experimentellen Setting herausfinden können, ob Schnecken lieber Salat, Gurken, Gras oder trockene Blätter fressen. In ein Terrarium mit zwei Weinbergschnecken wurden die vier „Nahrungsmittel“ gelegt und am nächsten Tag wurde auf Basis der Beobachtungen eine Schlussfolgerung gezogen. Die Kinder kamen zu dem Schluss, dass Salat das Lieblingsessen von Schnecken ist. Das ist möglicherweise wissenschaftlich nicht korrekt. Man könnte auch kritisieren, dass die Forschungsfrage zu unspezifisch formuliert wurde und dass mit dem gewählten Forschungsdesign die Forschungsfrage nach dem Lieblingsessen nicht beantwortet werden kann. Vielleicht ist das Lieblingsessen von Schnecken ja ganz etwas anderes. Ein Nahrungsmittel, welches im Rahmen des Experimentes nicht verwendet wurde. Die Schüler/innen haben auch keine Hypothesen formuliert oder Vermutungen aufgestellt.

Ich konnte jedoch beobachten, wie sehr junge Lerner/innen selbständig ein experimentelles Setting entwickelt haben, in der Früh mit Begeisterung als allererstes zum Terrarium gingen, um zu sehen, was die Schnecken gefressen hatten. Und ich habe von den Eltern erfahren, dass die Kinder zu Hause begeistert davon berichtet haben, was sie herausgefunden haben.

In dieser Unterrichtseinheit wurden viele Aspekte von Forschendem Lernen umgesetzt, aber möglicherweise nicht alle, die von einzelnen Definitionen von Forschendem Lernen gefordert werden. Aber wer würde sagen, dass der beschriebene Unterricht kein Forschendes Lernen ist?

Wenn Forschendes Lernen verstärkt in naturwissenschaftlichen Sachunterrichtsstunden eingesetzt werden soll, brauchen wir ein klares Verständnis, was Forschendes Lernen ist, um Unterrichtsziele zu formulieren und Unterrichtsmaterialien oder Fortbildungen, die einen forschenden Unterricht unterstützen, anbieten zu können. Ein klares Verständnis bedeutet jedoch nicht, dass wir einer einheitlichen Definition von Forschendem Lernen folgen müssen. Anstelle einer einheitlichen Definition ist es wahrscheinlich zielführender, verschiedene Kriterien Forschenden Lernens zu beschreiben. Forschendes Lernen bedeutet, dass über einen längeren Zeitraum möglichst viele dieser Kriterien im Unterricht zum Einsatz kommen. Was jedoch nicht bedeutet, dass alle Kriterien in allen forschenden Unterrichtseinheiten vorkommen müssen. In Box 1 sind einige wesentliche Kriterien Forschenden Lernens enthalten. Einen detaillierteren Kriterienkatalog haben Borda-Carulla/ Harlen (2014) unter www.fibonacci-project.eu veröffentlicht.

Box 1: Kriterien Forschenden Lernens im naturwissenschaftlichen Sachunterricht

Schüler/innen

- verfolgen Fragen, mit denen sie ein persönliches Interesse verbinden, auch wenn diese von der Lehrperson eingebracht wurden;
- stellen – basierend auf ihren Vorerfahrungen – Vorhersagen auf,
- nehmen am Planen einer Untersuchung teil;
- sammeln Daten, indem sie zu der Forschungsfrage passende Methoden und Quellen nutzen;
- verwenden Messinstrumente;
- diskutieren in Kleingruppen oder mit der Lehrperson, was sie beobachten können bzw. rausgefunden haben;
- ziehen auf Basis ihrer Daten selbständig Schlussfolgerungen und versuchen, die Forschungsfragen zu beantworten;
- verwenden von der Lehrperson eingebrachte wissenschaftliche Ausdrücke, wenn sie die untersuchten Phänomene erklären;
- zeichnen oder schreiben auf, was sie getan und herausgefunden haben.

Die Lehrperson ist beim Forschenden Lernen wesentlich mehr als nur Lernbegleiter/in. Sie setzt die Rahmenbedingungen und Aufgaben fest, die Forschendes

Lernen ermöglichen, unterstützt die Lerner/innen beim eigenen Forschen und hilft anschließend, die Ergebnisse so zusammenzufassen, dass die Schüler/innen die untersuchten Konzepte besser verstehen. In Box 2 sind einige wesentliche Aufgaben der Lehrperson in einem forschenden Unterricht aufgelistet.

Box 2: Aufgaben der Lehrperson in einem forschenden naturwissenschaftlichen Sachunterricht

Lehrperson

- schafft Rahmenbedingungen, die das selbständige Forschen und Untersuchen der Schüler/innen ermöglichen;
- befragt die Schüler/innen nach ihren bestehenden Ideen und hilft ihnen, ihre Ideen exakt zu formulieren;
- ermutigt Schüler/innen Fragen zu stellen und hilft ihnen bei der Formulierung exakter Forschungsfragen, die untersucht werden können;
- unterstützt Schüler/innen beim Planen und Durchführen der Untersuchungen;
- fragt Schüler/innen nach ihren Beobachtungen und Schlussfolgerungen;
- weist Schüler/innen darauf hin, zu überprüfen, ob die Schlussfolgerungen zu den gesammelten Daten passen;
- unterstützt Schüler/innen beim systematischen Festhalten der Ergebnisse;
- fasst die Ergebnisse der Untersuchungen zusammen und unterstützt mit altersgerechten Erklärungen das konzeptuelle Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte;
- ermutigt die Schüler/innen zur Reflexion der Ergebnisse und Arbeitsweise;
- hilft den Schüler/innen bei der Identifizierung möglicher Fehlerquellen.

3. Forschendes Lernen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht – Rahmenbedingungen in Österreich

3.1 Der Lehrplan

In Österreich wird der naturwissenschaftliche Bildungsauftrag in der Primarstufe nicht in einem eigenen Fach wahrgenommen, sondern als Teilbereich eines breit angelegten Sachunterrichts. Der Lehrplan der Volksschule teilt den Sachunterricht in die sechs Erfahrungs- und Lernbereiche Gemeinschaft, Zeit, Raum, Natur, Wirtschaft und Technik auf. Naturwissenschaftliche Themen werden haupt-

sächlich in den zwei Bereichen Natur und Technik umgesetzt. Laut Lehrplan sind:

„Im Sachunterricht (...) die Lernprozesse so zu organisieren, dass Fähigkeiten und Fertigkeiten sowie Kenntnisse, Einsichten und Einstellungen grundgelegt werden. Dabei soll die Schülerin bzw. der Schüler auch fachgemäße Arbeitsweisen erlernen sowie Lernformen erwerben, die zur eigenständigen Auseinandersetzung mit der Lebenswirklichkeit und zu selbstständigem Wissenserwerb führen. Die Kinder lernen dabei schrittweise, sich Informationen zu beschaffen, zu interpretieren und kritisch zu bewerten. Sie entwickeln die Fähigkeit, Aufgaben und Problemstellungen selbständig und lösungsorientiert zu bearbeiten“ (bm:bf, 2011, S. 1).

Im Erfahrungs- und Lernbereich Natur soll *„...der Unterricht solchen didaktischen Konzepten folgen, die im Kind den Wunsch zum Entdecken und Erforschen der Natur verstärken“ (bm:bf, 2011, S. 20).*

Im Erfahrungs- und Lernbereich Technik soll den Kindern *„...in der unmittelbaren Begegnung mit der Wirklichkeit handlungsorientiertes und entdeckendes Lernen ermöglicht werden. Dabei spielt das freie und angeleitete Experimentieren eine zentrale Rolle. Hier bietet sich Kindern die Gelegenheit, von ihren Alltagsvorstellungen zu sachlich fundierten Kenntnissen zu gelangen“ (bm:bf, 2011, S. 22).*

Auch wenn der Lehrplan in seiner Sprache nicht sehr eindeutig ist, und die Begriffe Handlungsorientierung, Erforschen, Entdecken, Experimentieren sehr generös verwendet, lässt sich feststellen, dass der Lehrplan Forschendes Lernen unterstützt und einfordert.

Leider werden jedoch zentrale Eigenschaften des Forschenden Lernens im Lehrplan nicht erwähnt. Unter fachspezifischen Arbeitsweisen nennt der Lehrplan fast ausschließlich „manuelle“ naturwissenschaftliche Arbeitstechniken wie Messen, Beobachten, Experimentieren. Entscheidende Merkmale der wissenschaftlichen Arbeitsweise wie Fragestellungen formulieren, Vermutungen aufstellen, systematisches Dokumentieren von Beobachtungen, Belege für eine vertretbare Schlussfolgerung sammeln, Argumentieren und Diskutieren werden jedoch nicht genannt. Deshalb ist es wenig überraschend, dass wissenschaftliches Arbeiten in der Volksschule – wenn überhaupt durchgeführt – oft auf der Ebene manueller Arbeitstechniken verbleibt. Oft werden Versuche „nachgekocht“, ohne der Problemformulierung, der Untersuchungsplanung oder der Diskussion der Ergebnisse genügend Raum zu geben. Deshalb forderten Bertsch et al.

(2011) einen Umdenkprozess im Rahmen der Lehrer/innenprofessionalisierung. Der didaktische Fokus sollte vom „Nachkochen“ von *Experimentieranleitungen* zu einem *Forschenden Unterricht* weiterentwickelt werden.

3.2 Die Schulbücher

In welchem Ausmaß mit Hilfe der Schulbücher Experimentiersituationen im Sinne von eigenständigem Forschen geschaffen werden, wurde für alle in Österreich approbierten Schulbücher der 3. und 4. Schulstufe analysiert (Greinstetter 2011). Der Fokus lag dabei auf „Experimentieren mit Wasser“. Die Untersuchung zeigt, dass in 55,8% der 115 berücksichtigten Versuchsanleitungen keine Problemstellung erkennbar war und nur etwa 1% zum Formulieren eigener Fragen auffordert. In 79,1% der Versuchsanleitungen werden die Materialien und die Untersuchungsschritte „kochrezeptartig“ vorgegeben (Greinstetter 2011). Bei 53,9% der Versuche wird zum gezielten Beobachten, bei 31,3% zum Skizzieren und bei 21,7% zum Messen aufgefordert. Äußerst selten werden Impulse zum selbständigen Weiterdenken gesetzt. Nur bei 7% der Versuchsanleitungen sind Impulse zum Vergleichen vorhanden, bei 8% zum Aufstellen von Vermutungen und bei 6% zum Entwerfen neuer Experimente. Lediglich bei 8,7% der Versuchsanleitungen werden Impulse zum Suchen von Erklärungen gegeben. Eine Analyse der Versuchsanleitungen sagt noch nichts über die Verwendung dieser Versuche im Unterricht aus. Möglicherweise dienen die Versuchsanleitungen als Inspiration und die Lehrer/innen setzen die Ideen im eigenen Unterricht wesentlich besser um, als es die Schulbücher vorschlagen. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die Schulbücher ein wesentlicher Anhaltspunkt für viele Lehrer/innen sind und es ist fraglich, ob Lehrer/innen, die ihre eigenen Kompetenzen in Bezug auf den naturwissenschaftlichen Unterricht als sehr gering einschätzen, die vorgeschlagenen Versuchsanleitungen in einer Weise ändern, dass ein Forschendes Lernen und eigenständiges Denken auf Seite der Schüler/innen unterstützt wird. Experimente sind ein wichtiger Bestandteil eines zeitgemäßen Sachunterrichtes. Sie können eigenständiges Suchen nach Erklärungen fördern, müssen es jedoch nicht. Versuchsanleitungen, die den Schüler/innen Schritt für Schritt vorgeben, was zu tun ist und anschließend auch noch Erklärungen für das Beobachtete liefern, fördern im besten Fall verschiedene manuelle Arbeitstechniken, jedoch sicherlich nicht eigene konstruktive Denkprozesse. Ziel eines naturwissenschaftlich orientierten Sachunterrichts sollte es

sein, Lernumgebungen zu schaffen, in denen der Lernende die Möglichkeit hat, selbständig zu experimentieren, zu forschen und zu manipulieren. Wenn dieses Experimentieren jedoch nur auf der Ebene manueller Arbeitstechniken stehen bleibt, wenn die einzelnen Experimente nicht auch Denkprozesse anregen und zu Erklärungen von Seiten der Lernenden führen, unterscheiden sich diese Hands-on Aktivitäten nicht wesentlich von einem herkömmlichen Frontalunterricht. Hands-on alleine führt weder zu Verständnis noch zu eigenen kognitiven Prozessen, wenn diese Aktivitäten nicht auch ein Minds-on beinhalten.

3.3 Die Lehrer/innenausbildung

Um einen Forschenden Unterricht zu fördern, sind in den letzten Jahren unterschiedliche Wege beschritten worden. Viele Initiativen (vor allem auf Seiten der Industrie und Wirtschaft) setzen auf das Ausstatten von Schulen mit Materialkisten, die das Experimentieren der Kinder fördern sollen. Die Ausstattung von Schulen spielt für die Gestaltung von Unterricht jedoch nur eine untergeordnete Rolle (Hattie 2010) und nicht wenige aufwändig produzierte Materialboxen und Forscherkisten verstauben in den Abstellkammern österreichischer Schulen, da die Lehrer/innen nicht ausreichend in der Verwendung dieser Materialien geschult worden sind. Die entscheidende Komponente, um einen forschenden Unterricht zu ermöglichen, ist nämlich das professionelle Wissen von Lehrkräften. Erste Untersuchungen aus dem Bereich Mathematik und Sachunterricht konnten zeigen, dass für die Gestaltung eines forschenden und verständnisfördernden Unterrichts dem fachdidaktischen Wissen von Lehrkräften besondere Bedeutung zukommt und als wichtiger Zielbereich der Aus- und Weiterbildung anzusehen ist (Baumert/ Kunter/ Blum/ Klusmann/ Kraus/ Neubrand 2011, Lange et al. 2012). Shulmann (1987) definiert fachdidaktisches Wissen als diejenige Kombination und Integration von fachspezifischem und pädagogischem Wissen, welches Lehrkräfte dazu befähigt, Fachinhalte gemäß der Interessen und Fähigkeiten von Lernenden in fruchtbare Lerngelegenheiten zu übersetzen. Im aktuellen naturwissenschaftlichen Diskurs werden mehrere Konzeptionen von fachdidaktischem Wissen diskutiert (eine gute Übersicht bieten Park/ Oliver 2008). Einigkeit herrscht jedoch dahingehend, dass der Aufbau fachdidaktischen Wissens zentraler Bestandteil einer professionellen Lehrer/innenbildung sein muss – auch für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht. Das persönliche Kompetenzerfinden der Lehrer/innen ist eine wesentliche Determinante, ob und wie na-

turwissenschaftliche Themen im Sachunterricht unterrichtet werden. Nur wenn Lehrer/innen überzeugt sind, ein Thema erfolgreich und sinnstiftend unterrichten zu können (self-efficacy expectation) werden sie dieses Thema auch im Unterricht aufgreifen (Bandura 1997). Dies ist ein Grund, warum derzeit sehr selten physikalische und chemische Inhalte im Sachunterricht vermittelt werden. Im Rahmen des EU Projektes Pri-Sci-Net wurden 57 Volksschullehrer/innen, die an einer zweijährigen Fortbildungsreihe zu Forschendem Lernen im Sachunterricht teilnahmen, nach dem persönlichen Kompetenzzempfinden in den unterschiedlichen Fächern befragt.

Es fällt auf, dass sich die Lehrer/innen besonders in den Fächern Deutsch und Mathematik kompetent fühlen. In Deutsch geben 98% der befragten Lehrer/innen an, sich sehr sicher zu fühlen („*kein Problem! Ich kann Kolleginnen und Kollegen hierbei helfen*“) oder eher sicher („*ich schaffe es auch ohne sehr viel Vorbereitung*“).

Für den Sachunterricht wurden in der Fragestellung geografische, geschichtliche, biologische, physikalische und chemische Themen unterschieden. Hier fällt auf, dass sich die Lehrer/innen bei biologischen (77 % der Befragten fühlen sich sehr sicher bzw. eher sicher), geografischen (71 %) und geschichtlichen (67 %) Themen wesentlich kompetenter fühlen als bei physikalischen (37 %) und chemischen (31 %) (Bertsch 2014).



Abbildung 1: Kompetenzzempfinden von VS-Lehrer/innen in verschiedenen Fächern bzw. Themenkreisen im Sachunterricht. Anzahl der Lehrer/innen in %, die sich im genannten Fach/ Themenbereich sehr sicher bzw. eher sicher fühlen (n=57).

Die Aufgabe der naturwissenschaftsdidaktischen Ausbildung an Pädagogischen Hochschulen ist es, den angehenden Lehrer/innen einerseits Unterrichtsmethoden und -strategien zu vermitteln, welche Forschendes Lernen in den Klassenzimmern ermöglichen und andererseits das fachliche und fachdidaktische Wissen so zu fördern, dass die Lehrer/innen befähigt werden, zentrale naturwissenschaftliche Themen altersgerecht und verständnisstiftend zu vermitteln. In der Vergangenheit ist dies zu wenig gelungen, dies erklärt auch das in Abbildung 1 sichtbare geringe Kompetenzzempfinden in Teilbereichen der Naturwissenschaften. Bis 2014 verfügten die 13 privaten und öffentlichen österreichischen Pädagogischen Hochschulen für den Bereich Sachunterricht Allgemein und den Bereich Naturwissenschaften im Sachunterricht im Speziellen über sehr unterschiedliche Curricula. Im Sachunterricht reichte die Anzahl der in den Curricula ausgewiesenen verpflichtenden Semesterwochenstunden von 5,5 bis 16. Für den naturwissenschaftlichen Bereich zeigte sich ein ähnliches Bild. Auch hier waren große Unterschiede zwischen den einzelnen Pädagogischen Hochschulen festzustellen. Das Minimum betrug 1,5 Semesterwochenstunden, das Maximum 6 Semesterwochenstunden an verpflichtenden Lehrveranstaltungen im Bereich der Naturwissenschaften. Zusätzlich zu den verpflichtenden Lehrveranstaltungen wurden an einzelnen Hochschulen auch Wahlfächer im Bereich des naturwissenschaftlichen Sachunterrichtes angeboten.

Seit dem Studienjahr 2015/16 ist in Österreich die Grundschullehrer/innen-ausbildung neu organisiert. Aus einem 3-jährigen Bachelorstudium ohne verpflichtende Masterausbildung wurde eine 4-jährige Bachelorausbildung inklusive eines berufsbegleitenden 1-jährigen Masterstudiums, welches langfristig die Voraussetzung für eine feste Anstellung in den Schulen ist. Im Rahmen dieser grundlegenden Ausbildungsreform werden nun auch Spezialisierungen für die angehenden Volksschullehrer/innen angeboten. Einige Hochschulen bieten auch Spezialisierungen im Bereich der Naturwissenschaften an. Zum Beispiel bietet die Pädagogische Hochschule Wien den Schwerpunkt Science and Health mit 100 ECTS an (80 ECTS im Rahmen des Bachelor- und 20 ECTS im Rahmen des Masterstudiums). Die Pädagogische Hochschule Steiermark bietet im Bachelorstudium den Schwerpunkt *Entdeckungsreise Natur und Technik* an, welcher zur Gestaltung eines fachlich und fachdidaktisch fundierten Sachunterrichts qualifizieren soll, in dessen Mittelpunkt das forschend- entdeckende Lernen und die Beobachtung von Naturphänomenen stehen sollen.

Durch die generelle Ausweitung des Studiums, die Möglichkeit von Spezialisierungen und dank der schrittweisen Etablierung naturwissenschaftsdidaktischer Forschung in der Primarstufe in Österreich kann davon ausgegangen werden, dass zukünftige Lehrer/innengenerationen wesentlich besser auf das Unterrichten naturwissenschaftlicher Themen vorbereitet werden als dies in der Vergangenheit der Fall war.

3.4 Die Lehrer/innenfortbildung

Projektevaluationen (Harlen/ Allende 2009) zeigen, dass kurzfristige bzw. punktuelle Fortbildungsangebote nicht zu einem nachhaltigen Wechsel des naturwissenschaftlichen Unterrichts in den Klassenzimmern führen. Die IAP Working Group on science education stellt in ihrem Evaluationsbericht verschiedener Projekte zu Lehrer/innenprofessionalisierung im Bereich Naturwissenschaften fest:

“when teachers learn to use new materials and pedagogy, their needs are similar to those of any learners, particularly the need to communicate with and have feedback from others and to have time for reflection. These are more likely to be provided, and teachers take ownership of their learning, when professional development sessions take place intermittently over a period of time, with opportunities between sessions for teachers to practice what they have learned in their own classrooms and to share experiences with others” (Harlen/ Allende 2009, p. 25).

Supovitz/ Turner (2000) identifizierten sechs Kriterien, die „*high quality professional development*“ Angebote im Bereich der naturwissenschaftlichen Lehrer/innenprofessionalisierung charakterisieren.

1. Die Lehrer/innen werden selbst zu *forschend Lernenden*. In den Fortbildung wird die Idee des Forschenden Lernens modelliert, Lehrer/innen experimentierten, manipulierten und ziehen auf Basis der Beobachtungen eigenen Schlussfolgerungen.
2. Die Fortbildung geht über einen *längeren Zeitraum*.
3. Zwischen den Fortbildungstagen haben die Lehrer/innen die *Möglichkeit, die Ansätze und Materialien in ihren Klassen zu testen* und anschließend Erfahrungen auszutauschen und Feedback zu geben.

4. Forschende Zugänge zu *zentralen curricularen Themen* werden diskutiert, das erforderliche Hintergrundwissen *und altersadäquate Erklärungen* werden erarbeitet.
5. *Bezüge zur Kompetenzorientierung* und (inter-)nationalen Tests wie TIMSS werden *hergestellt*.
6. Lehrer/innenfortbildungen werden idealerweise *mit konkreten Schulentwicklungsprozessen verknüpft*.

In Bezug auf eine Reformierung des naturwissenschaftlichen Unterrichts in Richtung eines Forschenden Unterrichts stellen Capps/ Crawford (2013) fest, dass Lehrer/innen oft eine unklare Vorstellung über Forschung oder Forschendes Lernen haben. Sie fordern deshalb, dass das Thema „Wie Wissenschaft funktioniert (Nature of science – NOS)“ verstärkt in die Fortbildungen aufgenommen wird.

“There is the need for rigorous and continuous professional development to support teachers in learning about inquiry and NOS and how to enact reform based instruction in the classroom“ (Capps/ Crawford 2013, p. 497).

Während Forschungsergebnisse also sehr eindeutig Position beziehen, wie Lehrer/innenfortbildung konzipiert sein soll, besteht das Fortbildungsangebot an den Pädagogischen Hochschulen in Österreich im Bereich des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts größtenteils aus einem bzw. zwei Halbtagen. Einzelne Ausnahmen sind Fortbildungsreihen, wie sie im Rahmen des EU Projektes Pri-Sci-Net an den Pädagogischen Hochschulen Wien, Graz und Salzburg konzipiert wurden (acht Halbtage über vier Semester mit dem Fokus auf die Primarstufe) und der viersemestrige (40 ECTS) Lehrgang „Pädagogik und Fachdidaktik für Lehrer/innen – Naturwissenschaften“, welcher gemeinsam von der Universität Wien und der Pädagogischen Hochschule Steiermark angeboten wird und sich an Lehrpersonen der Primar- und Sekundarstufe wendet. Solche längerfristig angelegten Fortbildungsreihen bzw. Lehrgänge mit der Möglichkeit, zwischen den Terminen das Gehörte in der Praxis zu testen und anschließend gemeinsam zu reflektieren, sind eine Möglichkeit, den *Copy and Paste* Charakter vieler Fortbildungen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht zu überwinden und Lehrer/innen zu befähigen, selbständig einen forschenden und sinnstiftenden naturwissenschaftlichen Sachunterricht zu planen und durchzuführen.

4. Zusammenfassung

Für den Sachunterricht der Volksschule besteht aus fachdidaktischer Perspektive ein weitgehender Konsens darüber, dass durch die bereits in der Grundstufe beginnende und kontinuierliche Förderung naturwissenschaftlicher Bildung die Lerner/innen grundlegende und anschlussfähige Vorstellungen entwickeln sollen, Kompetenzerleben und Verstehen gefördert und Interesse an naturwissenschaftlichen Fragen geweckt werden soll. Dazu bedarf es eines Unterrichts, der nicht das Vermitteln von Faktenwissen in den Vordergrund stellt, sondern ein forschendes Erarbeiten von naturwissenschaftlichen Konzepten ermöglicht. Der österreichische Lehrplan fordert explizit einen selbständig forschenden Unterricht und auch in den Sachunterrichtsbüchern sind viele Experimentieranleitungen zu finden. Leider wird sowohl im Lehrplan als auch in den Schulbüchern der Fokus fast ausschließlich auf die *Hands-on* Aspekte („Experimentieren“, Manipulieren, Messen,...) von Forschendem Lernen gelegt. Entscheidende Merkmale eines forschenden Unterrichts wie Fragen formulieren, Vermutungen aufstellen, systematisches Dokumentieren von Beobachtungen, Belege für eine vertretbare Schlussfolgerung sammeln, Argumentieren und Diskutieren – Merkmale, die sich als *Minds-on* Aspekte zusammenfassen lassen – werden wenig berücksichtigt. Die naturwissenschaftliche und naturwissenschaftsdidaktische Ausbildung angehender Volksschullehrer/innen war in den letzten Jahren mit sehr wenigen Credits ausgestattet, was bei den Lehrer/innen zu einem geringen Kompetenzzempfinden in Teilbereichen der Naturwissenschaften führte. Durch umfangreiche Reformen der Lehrer/innenausbildung in Österreich und die schrittweise Etablierung naturwissenschaftsdidaktischer Forschung in der Primarstufe kann davon ausgegangen werden, dass zukünftige Lehrer/innengenerationen wesentlich besser auf das Unterrichten naturwissenschaftlicher Themen vorbereitet werden als dies in der Vergangenheit der Fall war. Im Bereich der Fortbildung wären zusätzlich zu den oft angebotenen einzelnen Fortbildungsnachmittagen längere Fortbildungsreihen bzw. Lehrgänge zu Forschendem Lernen in den Naturwissenschaften wünschenswert, da diese eine intensivere Auseinandersetzung ermöglichen, und den Lehrer/innen die Möglichkeit bieten, zwischen den Terminen das Gehörte in der Praxis zu testen und anschließend gemeinsam zu reflektieren.

5. Literatur

- Bandura, A. (1997): *Self-efficacy: The exercise of control*. New York.
- Baumert, J.; Kunter, M.; Blum, W.; Klusmann, U.; Krauss, S.; Neubrand, M. (2011): Professionelle Kompetenz von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Unterricht und die mathematische Kompetenz von Schülerinnen und Schülern (COACTIV) – Ein Forschungsprogramm. In: Kunter, M.; Baumert, J.; Blum, W.; Klusmann, U.; Krauss, S.; Neubrand, M. (Hrsg.): *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogrammes COACTIV*. Münster, S. 7-26.
- Bertsch, Ch. (2014): Lehrer/innenprofessionalisierung im naturwissenschaftlichen Elementarunterricht – Kompetenzentwicklung von Volksschullehrkräften im Rahmen einer zweijährigen Fortbildungsreihe zu Forschendem Lernen im Sachunterricht. In: Friedrich, Ch.; Grössing, H.; Swoboda, W. (Hrsg.): *Forschungsperspektiven der Pädagogischen Hochschule Wien*. Wien, S. 29-44.
- Bertsch, Ch.; Kapelari, S.; Unterbruner, U. (2011): Vom Nachkochen von Experimentieranleitungen zum forschenden Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht am Übergang Primar/Sekundarstufe. In: *Erziehung und Unterricht*, 1, S. 239-245.
- Borda-Carulla, S.; Harlen, W. (2014): *Tools for Enhancing Inquiry in Science Education*. URL: www.fibonacci-project.eu [10.10.2016].
- Bundesministerium für Unterricht und Frauen (bm:bf) (2011): *Lehrplan der Volksschule, Siebenter Teil, Bildungs- und Lehraufgaben sowie Lehrstoff und didaktische Grundsätze der Pflichtgegenstände der Grundschule – Sachunterricht*. URL: https://www.bmbf.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp_vs_7_su_14051.pdf?4dzgm2 [15.05.2016].
- Capps, D.K.; Crawford, B. A. (2013): Inquiry-Based Instruction and Teaching About the Nature of Science: Are They Happening? In: *Journal of Science Teacher Education*, 24, 3, pp. 497-526.
- Dewey, J. (1910): Science as subject-matter and as method. In: *Science*, 31, pp. 121-127.
- Fridrich, Ch.; Gerber, A.; Paulinger, G. (2012): Ergebnisse des 1. Projektabschnitts: Fragebogenbefragung von Wiener Volksschullehrer/innen. In: Fridrich, C. (Hrsg.): *Zum Ist-Stand des naturwissenschaftlichen und mathematischen Unterrichts an Volksschulen und den daraus resultierenden Konsequenzen für die Lehrer/innenaus- und -fortbildung*. Wien, S. 27-120.
- Gatt, S.; Scheersoi, A. (2014): Editorial Note. In: *Inquiry in Primary science Education* 1, 2-4. URL: <http://prisci.net/ipse/papers/2%20IPSE%20Volume%201%20No%201%20Editorial%20Note%20p%202%20-4.pdf> [25.05.2016].
- Greinstetter, R. (2011): *Kompetenzorientiertes naturwissenschaftliches Lernen im Sachunterricht – eine Schulbuchanalyse zu Experimentieranleitungen*. Poster präsentiert am PH Forschungsforum. Wien.
- Harlen, W.; Allende, J. (2009): *Inquiry-Based Science Education: Preparing the Teachers. Report of the Interacademypanel*. URL: <http://www.interacademies.net/File.aspx?id=9348> [25.05.2016].

- Harlen, W.; Artigue, M.; Dillon, J.; Lena, P. (2012): Learning through inquiry. URL: <http://fibonacci-project.eu/> [10.10.2016].
- Hattie, J. (2010): Visible learning. A synthesis of over 800 metaanalyses relating to achievement. London.
- Klafki, W. (1999): Die bildungstheoretische Didaktik im Rahmen kritisch-konstruktivistischer Erziehungswissenschaft. In: Gudjons, R.; Teske, R.; Winkel, R. (Hrsg.): Didaktische Theorien. Hamburg, S. 13-34.
- Krainer, K.; Benke, G. (2009): Mathematik – Naturwissenschaften – Informationstechnologie: Neue Wege in Unterricht und Schule?! In: Specht, W. (Hrsg.): Nationaler Bildungsbericht Österreich 2009, Band 2. Graz, S. 223-247.
- Krapp, A.; Prenzel, M. (2011): Research on interest in science: Theories, methods, and findings. In: International Journal of Science Education, 33, S. 27-50.
- Lange, K.; Kleikmann, T.; Tröbst, S.; Möller, K. (2012): Fachdidaktisches Wissen von Lehrkräften und multiple Ziele im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 15, S. 55-75.
- Lederman, N. (2008): Nature of Science: Past, Present, and Future. In: Abell, S.; Lederman, N. (Hrsg.): Handbook of Research on Science Education. New York, London, pp. 831-880.
- Minner, D.D.; Levy, A.J.; Century, J. (2010): Inquiry-based science instruction – what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. In: Research in Science Teaching, 47, pp. 474-496.
- Möller, K.; Kleickmann, T.; Sodian, B. (2011): Naturwissenschaftlich-technischer Lernbereich. In: Einsiedler, W.; Götz, M.; Hartinger, A.; Heinzl, F.; Kahlert, J.; Sandfuchs, U. (Hrsg.): Handbuch Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik. Bad Heilbrunn, S. 509-517.
- National Research Council (1996): The National Science Education Standards. Washington, DC.
- National Research Council (2000): Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for teaching and learning. Washington, DC.
- OECD (2006): Evolution of Student Interest in Science and Technology Studies. URL: www.oecd.org/dataoecd/16/30/36645825.pdf [25.05.2016].
- Osborne, J.; Dillon, J. (2008): Science Education in Europe: Critical Reflections. A Report to the Nuffield Foundation. London. URL: www.nuffieldfoundation.org/sites/default/files/Sci_Ed_in_Europe_Report_Final.pdf [25.05.2016].
- Park, S.; Oliver, S. (2008): Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. In: Research in Science Education, 38, pp. 261-284.
- Pokorny, B. (2003): Science for fun. IMST Projektbericht. URL: http://imst.uniklu.ac.at/materialien/2003/s4_i_paedag_erzdioezese_wien_lang_151203.pdf [25.05.2016].
- Reeve, J. (2004): Self-Determination Theory Applied to Educational Settings. In: Deci, E.L.; Ryan, R.M. (Eds.): Handbook of Self-Determination Research. Rochester, NY, pp. 183-203.

- Reitinger, J. (2013): *Forschendes Lernen. Theorie, Evaluierung und Praxis*. Reihe „Theorie und Praxis der Schulpädagogik“ (12). Immenhausen bei Kassel.
- Rocard, M.; Csemerly, P.; Jorde, D.; Lenzen, D.; Walber-Henriksson, H.; Hemmo, V. (2007): *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Brussels.
- Shulman, L. (1987): *Knowledge and teaching: Foundations of the new reform*. In: *Harvard Educational Review*, 57, 1, pp. 1-22.
- Supovitz, J.; Turner, H. (2000): *The effect of professional development on science teaching and classroom practice*. In: *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 9, pp. 963-980.