

Forschend Lernen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht in Österreich – eine kritische Reflexion des Status Quo

Christian Bertsch

Der österreichische Lehrplan fordert für den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Primarstufe einen Unterricht, bei dem sich die Schüler*innen mit Fragestellungen forschend auseinandersetzen und von Lehrpersonen werden Fortbildungen im Bereich Forschendes Lernen gut angenommen. Sowohl der Lehrplan als auch viele Lehrer*innen setzen dabei jedoch Forschendes Lernen mit handlungsorientiertem Unterricht gleich, der den Fokus fast ausschließlich auf die *hands-on* Aspekte (Experimentieren, Manipulieren, Messen,...) von Forschendem Lernen legt. Entscheidende Merkmale eines forschenden Unterrichts wie Vermutungen aufstellen, systematisches Dokumentieren von Beobachtungen, Belege für eine vertretbare Schlussfolgerung sammeln – Merkmale, die sich als *minds-on* Aspekte zusammenfassen lassen – kommen kaum im Lehrplan und nur selten in den Alltagsvorstellungen der Lehrer*innen zu Forschendem Lernen vor. Dabei zeigen groß angelegte Metastudien, dass nur ein forschender Unterricht, der das aktive Mitdenken und Schlussfolgern der Schüler*innen in den Mittelpunkt stellt, das konzeptuelle Verständnis naturwissenschaftlicher Inhalte erheblich erweitert. Hier ist ein Umdenkprozess notwendig. Weg vom Nachkochen von Versuchsanleitungen, hin zu einem forschenden Unterricht, der das genaue Beobachten und die Interpretation der eigenen Beobachtung in den Mittelpunkt stellt; ein Unterricht, der das aktive Denken fördert, nicht nur das aktive Tun.

1 Einleitung

Spätsommer 2017. Hurrikan Harvey richtet in Texas Rekordschäden in der Höhe von ca. 180 Milliarden Dollar an. Eine Woche später folgt Hurrikan Irma, einer der schwersten tropischen Wirbelstürme seit Beginn der Wetteraufzeichnungen. In Florida müssen 6,5 Millionen Menschen ihre Häuser verlassen. Klimatologinnen bzw. Klimatolog*innen weltweit sind sich einig, dass tropische Wirbelstürme wie Harvey und Irma in Zukunft aufgrund der Klimaerwärmung stärker werden und häufiger auftreten. US-Präsident Donald Trump bittet die Menschen, für Amerika zu beten und kündigt das Pariser Klimaschutzabkommen auf. Vielleicht sollte man in Zukunft extreme Wetterereignisse nach Klimawandelskeptiker*innen benennen, um den Wählerinnen und Wählern die Auswirkungen der Wissenschaftsfeindlichkeit ihrer Politiker*innen aufzuzeigen. Hurrikan Donald zerstört große Teile von Florida. Sturmtief Recep überflutet große Teile Istanbuls.

Alternativ könnte man versuchen, im naturwissenschaftlichen Unterricht jene Kritikfähigkeit bei jungen Schülerinnen und Schülern zu fördern, die sie zwischen evidenzbasierten wissenschaftlichen Erkenntnissen und persönlichen Meinungen (z.B. von Politikerinnen bzw. Politikern) und Ideologien unterscheiden lässt. Naturwissenschaftliche Theorien sind bedeutende kulturelle Errungenschaften einer aufgeklärten Gesellschaft gegen Mystizismus und Obskurantismus (Fischer 1998). Je besser eine

Gesellschaft (natur-)wissenschaftlich gebildet ist, desto geringer sind die Chancen für naive Wissenschafts- und Technikgläubigkeit einerseits sowie uninformierte und unreflektierte Ablehnung andererseits. Das Verstehen naturwissenschaftlicher Konzepte und der dahinterliegenden Arbeits- und Denkweisen unterstützt junge Menschen bei der Entwicklung jener Kritikfähigkeit, die im digitalen Zeitalter notwendig ist, um zwischen Fakt und Fake zu unterscheiden.

Wie muss aber naturwissenschaftlicher Unterricht gestaltet sein, um ein Verständnis wissenschaftlicher Konzepte UND wissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen zu vermitteln? Welche Rolle kommt hierbei dem Forschenden Lernen zu? Welche Evidenzen unterstützen die Forderungen nach einem Paradigmenwechsel von einem lehrer/innenzentrierten Wissensvermittlungsunterricht hin zu einem Unterricht, in dem sich junge Menschen selbständig forschend mit (natur-)wissenschaftlichen Fragestellungen auseinandersetzen (Rocard et al. 2007)? Und welche Auswirkungen hat dies auf die Lehrer*innenaus- und -weiterbildung an Pädagogischen Hochschulen und Universitäten. Diese Überlegungen sollen im vorliegenden Artikel diskutiert werden.

2 Forschendes Lernen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht

Die meisten Reformbemühungen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht der letzten Jahre haben sich der Förderung eines forschenden Unterrichtes 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 und Prozessen fördern (Harlen et al. 2012).

Aus fachdidaktischer Perspektive besteht ein weitgehender Konsens darüber, dass bereits in der Volksschule (besser früher) die Schüler*innen durch eine kontinuierliche Förderung naturwissenschaftlicher Bildung grundlegende und anschlussfähige Vorstellungen entwickeln sollen, ihr Kompetenzerleben und Verstehen gefördert und Interesse an naturwissenschaftlichen Fragen geweckt werden soll (Kropp und Prenzel 2011, Lange et al. 2012).

Um diese multiplen Ziele zu erreichen, wird ein Unterricht vorgeschlagen, 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 al. 2011, Möller et al. 2011). Diese Forderung ist übrigens keine neue. John Dewey, Jean Piaget und Lev Vygotsky 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 die Wissenschaftsvermittlung ein zentraler Aspekt des Lernens naturwissenschaftlicher Inhalte. 1910 kritisierte Dewey den naturwissenschaftlichen Unterricht in den Schulen folgendermaßen:

“... science teaching has suffered because science has been so frequently presented just as so much ready-made knowledge, so much subject-matter of fact and law,

rather than as the effective method of inquiry into any subject-matter.“
(Dewey 1910, p.122).

Es ging Dewey in seiner Konzeption der demokratischen Erziehung darum, bei jungen Lernenden jene Kritikfähigkeit zu entwickeln, die seiner Meinung nach für eine mündige Teilhabe an demokratischen Prozessen notwendig ist. Außerdem war er der Überzeugung, dass ein forschender naturwissenschaftlicher Unterricht die Entwicklung dieser Kritikfähigkeit unterstützt (Dewey 2009).

2.1 Definitionsversuche

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 (Bertsch 2016).

Aus wissenschaftlicher Perspektive wäre eine einheitliche Definition von Forschend Lernen durchaus wünschenswert. Momentan sind Metaanalysen zum Effekt eines forschenden Unterrichts (Hattie 2010, Minner et al. 2010, OECD 2016) schwer interpretierbar, da nicht klar ist, was die einzelnen Studien unter dem Begriff Forschend Lernen verstehen.

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

Wenn Forschend Lernen jedoch verstärkt in naturwissenschaftlichen Sachunterrichtsstunden eingesetzt werden soll, brauchen wir ein klares Verständnis, was Forschendes Lernen ist, um Unterrichtsziele zu formulieren und Unterrichtsmaterialien oder Fortbildungen anzubieten, die einen forschenden Unterricht unterstützen. Ein klares Verständnis bedeutet jedoch nicht, dass wir einer einheitlichen Definition von Forschend Lernen folgen müssen. Anstelle einer einheitlichen Definition ist es wahrscheinlich zielführender, verschiedene Elemente Forschenden Lernens zu beschreiben.

Zentrales Element eines forschenden Unterrichtes ist, dass Schüler*innen auf Basis ihrer eigenen Beobachtungen oder Recherchen versuchen, eine auf ihren Daten basierende Schlussfolgerung zu ziehen (Ledermann 2008). Diese Interpretationen werden von der Lehrperson aufgegriffen, gemeinsam diskutiert und schlussendlich so zusammengefasst, dass die Schüler*innen das Thema besser verstehen. Voraussetzung für einen erfolgreichen forschenden Unterricht inklusive einer Weiterentwicklung des konzeptuellen Verständnisses der Schüler/innen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht ist also eine Kombination aus schüler/innenzentrierten *hands-on* Phasen (Experimentieren, Recherchieren, Manipulieren, Messen, Skizzieren, ...) und schüler/innen- oder lehrer/innenzentrierten *minds-on* Phasen, in denen interpretiert,

diskutiert, argumentiert wird und gemeinsam Erklärungen für die beobachteten Phänomene erarbeitet werden. Aus naturwissenschaftsdidaktischer Perspektive muss es das Ziel sein, dass die Schüler*innen nach dem Unterricht das untersuchte Konzept besser verstehen. Ein exklusiver Fokus auf *hands-on* Aktivitäten, ohne dass die eigenen Beobachtungen anschließend sinnstiftend interpretiert werden und gemeinsam altersgerechte und wissenschaftlich korrekte Erklärungen für die beobachteten Phänomene formuliert werden, fördert jedoch weder das Verständnis der Schüler*innen noch ist es Forschendes Lernen, da zentrale Aspekte, nämlich das Interpretieren von Daten oder das Ziehen von Schlussfolgerungen, fehlen.

Folgende Kriterien (Box 1) können beim Planen einer forschenden Unterrichtseinheit unterstützen. Über einen längeren Zeitraum kommen idealerweise möglichst viele dieser Kriterien im Unterricht zum Einsatz. Was jedoch nicht bedeutet, dass alle Kriterien in allen forschenden Unterrichtseinheiten vorkommen müssen. Jedoch sollten die Schüler/innen in jeder forschenden Lerneinheit die Möglichkeit haben, auf Basis ihrer Beobachtungen selbständig mit oder ohne Unterstützung der Lehrpersonen Schlussfolgerungen zu ziehen.

Schüler*innen (S) verfolgen Fragen, mit denen sie ein persönliches Interesse verbinden, auch wenn diese von der Lehrperson eingebracht wurden.

S stellen – basierend auf ihren Vorerfahrungen – Vorhersagen auf.

S nehmen am Planen einer Untersuchung teil.

S sammeln Daten, indem sie zu der Forschungsfrage passende Methoden und Quellen nutzen.

S verwenden Messinstrumente.

S diskutieren in Kleingruppen oder mit der Lehrperson, was sie beobachten können bzw. herausgefunden haben.

S ziehen auf Basis ihrer Daten selbständig (auch mit Unterstützung der Lehrperson) Schlussfolgerungen und versuchen die Forschungsfragen zu beantworten.

S verwenden von der Lehrperson eingebrachte wissenschaftliche Ausdrücke, wenn sie die untersuchten Phänomene erklären.

S zeichnen oder schreiben auf, was sie getan und herausgefunden haben.

Box 1: Zentrale Kriterien Forschenden Lernens im naturwissenschaftlichen Sachunterricht

Es ist ein großes Missverständnis, wenn von Lehrpersonen beim Forschenden Lernen nur als Lernbegleiter*innen gesprochen wird. In der Primarstufe setzt die Lehrperson die Rahmenbedingungen und Aufgaben fest, die Forschendes Lernen ermöglichen, sie 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 festgehalten.

Lehrperson (L) schafft Rahmenbedingungen, die das selbständige Forschen und Untersuchen der Schüler*innen ermöglichen.

L befragt die S nach ihren bestehenden Ideen und hilft den S, ihre Ideen exakt zu formulieren.

L ermutigt S Fragen zu stellen und hilft ihnen bei der Formulierung exakter Forschungsfragen, die untersucht werden können.

L unterstützt S beim Planen und Durchführen der Untersuchungen.

L fragt S nach ihren Beobachtungen und Schlussfolgerungen.

L weist S darauf hin zu überprüfen, ob die Schlussfolgerungen zu den gesammelten Daten passen.

L unterstützt S beim systematischen Festhalten der Ergebnisse.

L fasst die Ergebnisse der Untersuchungen zusammen und unterstützt mit altersgerechten Erklärungen das konzeptuelle Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte.

L ermutigt die S zur Reflexion der Ergebnisse und Arbeitsweise.

L hilft den S bei der Identifizierung möglicher Fehlerquellen.

Box 2: Zentrale Aufgaben der Lehrperson in einem forschenden naturwissenschaftlichen Sachunterricht

*2.2 Forschend Lernen im Kontinuum zwischen Lehrer*innenzentrierung und Schüler*innenzentrierung*

Basierend auf den Klassifikationen von Forschend Lernen von Loyens und Rikers (2011), Bonnstetter (1998) und Abrams (2007) stellt Benke (2013) folgende Klassifikation Forschenden Lernens im Spannungsfeld zwischen Lehrer*innenzentrierung und Schüler*innenzentrierung zur Diskussion.

	Level 1: Traditionelles Experimentieren	Level 2: Strukturiertes FL	Level 3: Angeleitetes FL	Level 4: Gelenkt durch Schüler*innen	Level 5: Forschen durch Schüler*innen
Thema	Lehrperson	Lehrperson	Lehrperson	Lehrperson	Lernende
Frage	Lehrperson	Lehrperson	Lehrperson	Lehrperson/ Lernende	Lernende
Material	Lehrperson	Lehrperson	Lehrperson	Lernende	Lernende
Durchführung/ Planung	Lehrperson	Lehrperson	Lehrperson/ Lernende	Lernende	Lernende
Ergebnisse/ Analyse	Lehrperson	Lehrperson/ Lernende	Lernende	Lernende	Lernende
Schlussfolgerung	Lehrperson	Lernende	Lernende	Lernende	Lernende

Tabelle 1: Verschiedene Levels Forschenden Lernens (Benke 2013); für den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Primarstufe sind besonders Level 2 und 3 geeignet.

Aus meiner Sicht entspricht das in Benkes Klassifikation „Traditionelles Experimentieren“ genannte Level 1 nicht den Prinzipien Forschenden Lernens. Es ist bestenfalls ein Nachkochen von Experimentieranleitungen inklusive anschließender Vermittlung, was die Schüler*innen mit dem durchgeführten Experiment herausgefunden haben. Es kommt in diesem Setting zu keiner eigenen kognitiven Leistung der Schüler*innen.

Level 4 „Schüler*innengelenktes Forschen“ und Level 5 „Forschen durch die Schüler*innen“ sind aus meiner Sicht in der Primarstufe (aber auch in der Mittelstufe) sehr schwer durchführbar. Schüler*innen benötigen hierfür ein sehr hohes Maß an Selbstorganisation, die nicht vorausgesetzt werden kann.

Sowohl Level 2 „Strukturiertes Forschendes Lernen“ als auch Level 3 „Angeleitetes Forschendes Lernen“ sind in der Primarstufe jedoch sehr gut umsetzbar. In beiden Fällen ist es das Ziel, dass Schüler*innen auf Basis ihrer Beobachtungen versuchen Phänomene zu erklären. Natürlich können die Schüler*innen dabei von der Lehrperson unterstützt werden. Es ist jedoch wichtig, den Schülerinnen bzw. Schülern die Zeit zu geben, selbständig nach Erklärungen zu suchen, auch wenn diese möglicherweise falsch sind. Im Anschluss können falsche Erklärungen durch korrekte ersetzt werden, wenn jedoch sofort seitens der Lehrperson die korrekte Erklärung formuliert wird, raubt man den Lernenden die Möglichkeit, selbständig nach Erklärungen zu suchen.

Während die Klassifikation von Benke (2013) sich darauf fokussiert, ob das Thema, die Frage, die Materialien etc. seitens der Lehrperson vorgeben werden oder von den Schülerinnen bzw. Schülern selbständig formuliert bzw. organisiert werden, versucht der Amerikanische National Research Council (NRC) in seiner Konzeption zentrale Aspekte eines Forschenden Unterrichtes zu definieren und bietet bei diesen zentralen Aspekten Differenzierungsmöglichkeiten im Spannungsfeld zwischen Schüler*innen-

zentrierung und Lehrer/innenzentrierung an. Auch hier sind für die Primarstufe eher die lehrer*innenzentrierten Differenzierungen geeignet. Wichtig ist, dass bei diesen Differenzierungen den Schülerinnen bzw. Schülern genügend Autonomie bleibt, um selbständig Schlussfolgerungen zu ziehen, nach Erklärungen zu suchen und die eigene Meinung zu begründen. Nur dann sind die zentralen Aspekte Forschenden Lernens gegeben.

Zentrale Aspekte	Differenzierungsmöglichkeiten:			
	schüler*innenzentriert ←		→ lehrer*innenzentriert	
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

Tabelle 2: Zentrale Aspekte eines Forschenden Unterrichtes inkl. Differenzierungsmöglichkeiten (NRC 2000)

Zusammenfassend bleibt festzustellen, dass sich das Forschende Lernen – ähnlich dem Forschungsprozess in der Wissenschaft – nicht einheitlich definieren lässt. Auch 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 Expertinnen bzw. Experten generiert wurden.

Erfahrungsgemäß wenden Lehrpersonen in der Primarstufe – sofern sie überhaupt einen forschenden Unterricht durchführen – sehr viel Zeit für die praktische Arbeit (oft in Stationen) auf. Anschließend fehlt dann leider oft die Zeit für eine gemeinsame Diskussion der Ergebnisse, das Ziehen von Schlussfolgerungen und das gemeinsame Formulieren von Erklärungen, wobei gerade dies der zentrale Aspekt Forschenden Lernens wäre und forciert werden müsste. Hier wäre ein Umdenkprozess notwendig – weg vom Nachkochen von Versuchsanleitungen hin zu einem forschenden Unterricht, der das genaue Beobachten und die Interpretation der eigenen Beobachtungen in den Mittelpunkt stellt. Dieser Fokus sollte im Zentrum unserer Bemühungen zur Dissemination eines Forschenden Unterrichtes im naturwissenschaftlichen Sachunterricht stehen.

3 Studien zur Wirksamkeit Forschenden Lernens

Studien zeigen, dass sich ein naturwissenschaftlicher Unterricht, der anwendungsorientiertes und forschendes Lernen ermöglicht, positiv auf die Interessenentwicklung der Schüler/innen auswirkt, wenn das Forschende Lernen Kompetenz- und Autonomieerleben ermöglichen (Krapp und Prenzel 2011, Bertsch et al. 2014, OECD 2015).

Im naturwissenschaftlichen Sachunterricht sollen Schüler*innen jedoch auch grundlegende und anschlussfähige Vorstellungen entwickeln, die zu einem besseren Verständnis der natürlichen Umwelt führen (Bertsch et al. 2011, Möller et al. 2011).

Ob Forschendes Lernen besser als herkömmliche und stärker lehrer*innenzentrierte Unterrichtsmethoden geeignet ist, um naturwissenschaftliche Konzepte sinnstiftend zu vermitteln, ist derzeit noch unzureichend geklärt. Die Interpretation groß angelegter Metastudien ist oft schwierig, da nicht immer klar definiert wird, was die Autorinnen und Autoren unter Forschendem Lernen verstehen und auch innerhalb des Forschenden Lernens unterschiedliche Levels unterschieden werden müssen (Tabelle 1).

In der aktuellen PISA-Studie (OECD 2015) mit Fokus auf den naturwissenschaftlichen Unterricht wurden die getesteten Schüler*innen (15/16-Jährige) unter anderem

gefragt, wie oft (nie/fast nie – in einigen Stunden – in den meisten Stunden – in jeder Stunde) folgende Aktivitäten durchgeführt werden, die charakteristisch für einen anwendungsorientierten (Item 1 und 2) und forschenden (Item 3 bis 9) naturwissenschaftlichen Unterricht stehen.

- 1: Die Lehrperson erklärt, wie ein physikalisches, chemisches oder biologisches Prinzip auf eine Reihe von verschiedenen Phänomenen angewendet werden kann.
- 2: Die Lehrperson erklärt die Wichtigkeit von naturwissenschaftlichen Konzepten für unser Leben.
- 3: Schüler*innen führen praktische Experimente im Labor durch.
- 4: Schüler*innen bekommen Gelegenheit, ihre Ideen zu erklären.
- 5: Die Schüler*innen werden aufgefordert, über naturwissenschaftliche Fragen zu diskutieren.
- 6: Schüler*innen sollen Schlüsse aus einem Experiment ziehen, das sie durchgeführt haben.
- 7: Schüler*innen dürfen ihre eigenen Experimente entwickeln.
- 8: Die Klasse diskutiert über Untersuchungen.
- 9: Die Schüler*innen sollen Untersuchungen durchführen, um Ideen zu überprüfen.

Laut den aktuellen Ergebnissen der PISA-Studie dominiert in Österreich in der Sekundarstufe ein lehrer*innengeleiteter Naturwissenschaftsunterricht, der den Schülerinnen und Schülern eine rezipierende Rolle zuschreibt. Der forschende Naturwissenschaftsunterricht, bei dem Schüler/innen aktiv tätig sind, nimmt vergleichsweise wenig Raum ein (Suchan und Breit 2015). In Österreich geben über 50 % der befragten Schüler*innen an, im naturwissenschaftlichen Unterricht nie/fast nie Untersuchungen durchzuführen, um Ideen zu überprüfen.

In der PISA-Studie (OECD 2015) wird einerseits das Verständnis von naturwissenschaftlichen Fakten und Konzepten geprüft. Dieses Verständnis wird unter deklarativem Wissen zusammengefasst. Gleichzeitig werden jedoch auch Fragen zu prozeduralem und epistemischem Wissen gestellt. Prozedurales Wissen bezieht sich auf Konzepte und Prozesse, die für wissenschaftliche Lösungsansätze im Rahmen einer empirischen Untersuchung notwendig sind (z. B. Kenntnisse über das Konzept von abhängigen, unabhängigen und Kontrollvariablen in einer Untersuchung). Epistemisches Wissen bezeichnet das Wissen über die Strukturen und Grundmerkmale, die für den Prozess der Wissensbildung in den Naturwissenschaften notwendig sind (z. B. die Unterscheidung zwischen einer wissenschaftlichen Theorie und einer Hypothese oder das Wissen darüber, wie wissenschaftliche Annahmen durch Daten und Schlussfolgerungen gestützt werden).

Interessant ist, dass bei Österreichs Schülerinnen und Schülern sehr große Unterschiede zwischen diesen Wissensarten festzustellen sind. Die Leistungen der österreichischen Schüler*innen liegen beim deklarativen Wissen signifikant über dem OECD-Schnitt, beim prozeduralen/epistemischen Wissen unter dem OECD-Schnitt. In keinem anderen der teilnehmenden Länder gibt es eine größere Punktedifferenz zwischen diesen Wissensarten. Auch diese Ergebnisse legen nahe, dass der naturwissenschaftliche Unterricht in Österreich stärker auf das Vermitteln von Faktenwissen

setzt als auf das selbständige und forschende Erarbeiten von Verständnis. Sehr ähnliche Ergebnisse lassen sich für die Primarstufe feststellen. Auch hier sind Österreichs Schüler*innen wesentlich besser beim Wiedergeben von naturwissenschaftlichen Fakten als beim Anwenden oder Erklären naturwissenschaftlicher Konzepte und Arbeitsweisen (Suchan et al. 2011). Leider liegen für die Primarstufe keine aktuellen Daten vor, da Österreich seit 2011 nicht mehr an der TIMS (Trends in International Mathematics and Science) Studie teilnimmt, die am Ende der Primarstufe durchgeführt wird.

In der PISA-Studie (OECD 2015) werden die Ergebnisse der Testung und die Aussagen der Schüler/innen über die Arbeitsweisen in den naturwissenschaftlichen Fächern zusammengeführt. Hierbei lässt sich in allen teilnehmenden Ländern ein negativer Zusammenhang zwischen den Ergebnissen beim deklarativem Wissen und einem forschenden Unterricht feststellen. Schüler*innen, die angeben, dass sie in den meisten oder jeder Unterrichtsstunde „selbständig Experimente entwickeln“, schneiden signifikant schlechter ab als Schüler/innen, die sagen, dass dies nie oder fast nie passiert. Ähnliches gilt für „Untersuchungen durchführen, um Ideen zu überprüfen“, „praktische Experimente im Labor durchführen“, „als Klasse über Untersuchungen diskutieren“ und „Schüler*innen diskutieren über naturwissenschaftliche Fragen“. Nur bei „die Lehrperson erklärt, wie ein naturwissenschaftliches Prinzip auf eine Reihe von verschiedenen Phänomenen angewendet werden kann“, „die Lehrperson erklärt die Wichtigkeit von naturwissenschaftlichen Konzepten für unser Leben“ und „Schüler/innen bekommen Gelegenheit, ihre Ideen zu erklären“ lassen sich positive Effekte feststellen.

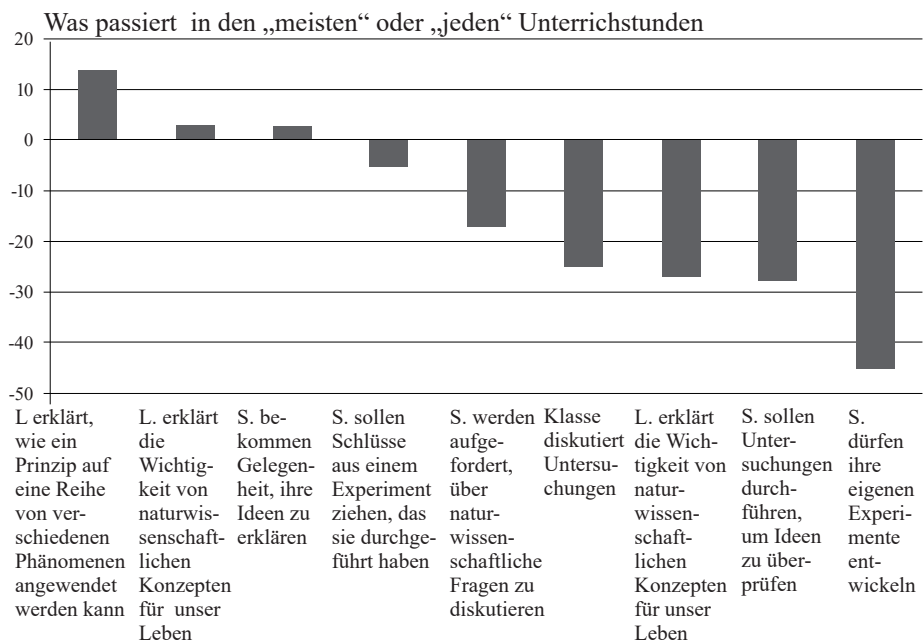


Abbildung 1: Zusammenhang zwischen erreichten Punkten und Aussagen über häufige Arbeitsweisen im naturwissenschaftlichen Unterricht (OECD 2015)

Die PISA-Studie (OECD 2015) stellt also einen negativen Zusammenhang zwischen Forschendem Lernen und deklarativem Wissen fest. Positiv wirkt sich laut der PISA-Studie ein forschender Unterricht hingegen auf das prozedurale und epistemische Wissen der Schüler*innen und deren Interessensentwicklung aus. Berücksichtigt man nur die Fragen zu prozeduralem und epistemischen Wissen, schneiden Schüler*innen, die angeben, in den meisten Unterrichtsstunden forschend zu lernen, besser ab als Schüler*innen, bei denen dies selten der Fall ist. Und diese Schüler*innen nennen auch wesentlich häufiger den Wunsch, mit 30 Jahren in einem naturwissenschaftlichen Beruf zu arbeiten.

Wichtig ist zu betonen, dass die Einteilung in „Forschende Stunden“ auf den Aussagen der Schüler*innen beruht. Es bleibt unklar, wie in den jeweiligen Klassen geforscht wird. Wird der Fokus stark auf Hands-on Aktivitäten gelegt? Werden die Schüler/innen zum aktiven Mitdenken und Schlussfolgern angeregt? Wie schauen die Unterstützungsmaßnahmen durch die Lehrpersonen aus, um konzeptuelles Verständnis zu fördern? Da diese Informationen fehlen, kann die Interpretation der Ergebnisse nicht in der erwünschten Tiefe erfolgen.

Auch Kirschner et al. (2006) zeigen in einem vieldiskutierten Artikel mit dem selbsterklärenden Titel „Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching“ auf, dass der Lernerfolg von sehr offenen Formen des Forschenden Lernens (Level 4 und 5 in Tabelle 1) wesentlich geringer ist als in Settings mit lehrerinnenzentrierter Instruktion. Es muss jedoch betont werden, dass hier strukturierte und angeleitete Formen des Forschenden Lernens nicht berücksichtigt wurden bzw. verschiedenste reformorientierte Lehr- und Lernansätze in einen Topf geworfen wurden, ohne zwischen sehr schüler/innenzentrierten Formen wie „Entdeckendes Lernen“ und strukturierteren Formen wie strukturiertes oder angeleitetes Forschendes Lernen zu unterscheiden (Hmelo-Silver et al. 2007).

Minner et al. (2010) kommen in ihrer Metaanalyse von 138 Studien zu Forschendem Lernen zu anderen Ergebnissen. Sie stellen fest, dass forschende Lernsettings, die die Schüler*innen zum aktiven Denken anregen, das Lernen naturwissenschaftlicher Konzepte verbessert.

The evidence of effects of inquiry-based instruction from this synthesis is not overwhelmingly positive, but there is a clear and consistent trend indicating that instruction within the investigation cycle (i.e., generating questions, designing experiments, collecting data, drawing conclusion, and communicating findings), which has some emphasis on student active thinking or responsibility for learning, has been associated with improved student content learning, especially learning scientific concepts. This overall finding indicates that having students actively think about and participate in the investigation process increases their science conceptual learning (Minner et al. 2010, S.20).

Die Autorinnen und Autoren halten fest, dass es keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen einem höheren Grad an Forschendem Lernen und besserem konzeptuellem Verständnis gab. Entscheidend für ein verbessertes konzeptuelles

Verständnis war jedoch, ob die Schüler*innen die Möglichkeit hatten, selbständig nach Schlussfolgerungen auf Basis der gesammelten Daten zu suchen.

In looking more specifically at student science conceptual understanding, we found that there was no statistically significant association between amount of inquiry saturation and increased student science conceptual learning. However, subsequent model refinement indicated that the amount of active thinking, and emphasis on drawing conclusions from data, were in some instances significant predictors of the increased likelihood of student understanding of science content (Minner et al. 2010, S.20).

Zu ähnlichen Ergebnissen kommen Cobern et al. (2010). Sie vergleichen in einer experimentellen Studie mit 108 Schülerinnen und Schülern der achten Schulstufe forschende Lernsettings im Bereich Physik mit stärker lehrer/innenzentrierten Lernsettings zum selben Thema. Den Autorinnen und Autoren ist es wichtig zu betonen, dass in beiden Szenarien Experimente vorkamen und in beiden Szenarien ein hoher Grad an Schüler*innenmitarbeit zu beobachten war.

Thus, the pertinent question we seek to address is not whether active, experiential learning of science is more effective than passive, non-experiential learning. Our research question is whether an inquiry approach or a direct approach to experientially-based instruction is more effective for science concept development, when both approaches are expertly designed and well executed (Cobern et al. 2010, S. 82).

Es wurde nicht ein lehrer/innenzentrierter frontaler Wissensvermittlungsunterricht mit einem forschenden Unterricht verglichen, sondern zwei Varianten eines motivierenden Unterrichtes, mit verschiedenen Möglichkeiten für die Schüler*innen aktiv mitzudenken. Variante eins lege dabei mehr Augenmerk auf die Wissensvermittlung durch eine gut vorbereitete Lehrperson inklusive Demonstrationsexperimenten (direct instruction). Variante zwei setze auf das angeleitete bzw. strukturierte Forschende Lernen (Tabelle 1) der Schüler/innen.

Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl die forschenden Einheiten als auch die stärker lehrer/innenzentrierten Einheiten zu einem besseren Verständnis der erarbeiteten Konzepte führten und es keine signifikanten Unterschiede gab. Die Autorinnen und Autoren kommen zu dem Schluss, dass

... as far as science concept understanding is concerned, our conclusion is that expertly designed instructional units, sound active-engagement lessons and good teaching are as important as whether a lesson is cast as inquiry or direct (Cobern et al. 2010, S. 93).

Während die Datenlage zur Interessensteigerung durch einen forschenden naturwissenschaftlichen Unterricht relativ eindeutig ist und Forschendem Lernen eine interessenssteigernde Wirkung zugeschrieben wird, ist der Effekt des Forschenden Lernens auf das konzeptuelle Verständnis der Schüler*innen im Vergleich zu direkteren lehrer/innenzentrierten Methoden weniger klar. Zusammenfassend lässt sich jedoch feststellen, dass nur ein forschender Unterricht, der das aktive Mitdenken und Schlussfolgern der Schüler*innen in den Mittelpunkt stellt, das kon-

zeptuelle Verständnis naturwissenschaftlicher Inhalte erheblich erweitert. Das Nachkochen von Experimentieranleitungen oder Stationenbetriebe, die ihren Fokus ausschließlich auf das aktive Tun der Schüler*innen richten, fördern das Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte nicht notwendigerweise. Man könnte an dieser Stelle natürlich auch argumentieren, dass ein solcher Unterricht eben auch kein forschender Unterricht ist, da zentrale Aspekte des Forschenden Lernens fehlen (siehe Kapitel 2.1).

Des Weiteren scheinen sehr offen Formen des Forschenden Lernens ebenfalls nicht notwendigerweise das konzeptuelle Verständnis zu vertiefen. Wesentlich besser geeignet scheinen – besonders für den Primarstufenunterricht – strukturierte und angeleitete Formen des Forschenden Lernens. Auch hier gilt jedoch die Voraussetzung, dass die Schüler*innen zum aktiven Denken angeregt werden müssen, nicht nur zum aktiven Tun.

4 Rahmenbedingungen für einen forschenden naturwissenschaftlichen Sachunterricht in Österreich

4.1 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. Naturwissenschaftliche Themen werden hauptsächlich 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 (BMB 2012, S. 84).

Im Erfahrungs- und Lernbereich Natur soll „... der Unterricht solchen didaktischen Konzepten folgen, die im Kind den Wunsch zum Entdecken und Erforschen der Natur verstärken“ (BMB 2012, S. 103).

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“ (BMB 2012, S. 104).

Auch der Lehrplan ist in seiner Sprache nicht sehr eindeutig und die Begriffe Handlungsorientierung, Erforschen, Entdecken, Experimentieren werden sehr generös und synonym verwendet.

Zusätzlich werden 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. Hier bedarf es dringend einer Aktualisierung. Das *hands-on* Lernen müsste um eine *minds-on* Komponente erweitert werden.

4.2 Forschend Lernen aus Sicht der Lehrer/innen

Während die Schüler*innen in der Volksschule prinzipiell noch großes Interesse an naturwissenschaftlich-technologischen Inhalten zeigen, geben die Lehrpersonen an, im naturwissenschaftlichen Bereich zu wenig ausgebildet worden zu sein und wichtige naturwissenschaftliche Konzepte zu wenig zu verstehen (Fridrich et al. 2012, Pokorny 2003). Dies führt dazu, dass im naturwissenschaftlich orientierten Sachunterricht eher die Vermittlung von Faktenwissen anstelle grundlegender Einsichten in naturwissenschaftliche Konzepte und Arbeitsweisen in den Vordergrund gestellt wird.

Es besteht jedoch prinzipiell eine hohe Bereitschaft der Lehrer*innen, Forschendes Lernen in den naturwissenschaftlichen Sachunterricht zu integrieren. Die Fortbildungen in diesem Bereich an den Pädagogischen Hochschulen werden sehr gut angenommen.

Im Zuge einer 2-jährigen Fortbildungsreihe zu Forschendem Lernen in Wien wurden vor der Fortbildungsreihe 20 Interviews mit Volksschullehrerinnen bzw. -lehrern zu ihren Konzepten von Forschend Lernen geführt (Oberpeilsteiner 2013, Fatty-Grubbauer 2014).

Im Zuge der Interviews stellte sich heraus, dass auch die Lehrer*innen unter Forschendem Lernen in erster Linie handlungsorientiertes Unterrichten verstehen, mit einem starken Fokus auf das aktive Tun und Experimentieren. Das Ziehen von Schlussfolgerungen, Interpretieren von Daten und gemeinsame Erarbeiten von Erklärungen wurden in fast keinem Interview genannt.

Deshalb ist es wenig überraschend, dass naturwissenschaftliches Arbeiten in der Volksschule – wenn es durchgeführt wird – oft auf der Ebene manueller Arbeitstechniken verbleibt. Nicht selten werden Versuche „nachgekocht“, ohne der Problemformulierung, der Untersuchungsplanung oder der Diskussion der Ergebnisse genügend Raum zu geben.

Wenn wir Lernen als Weiterentwicklung von Alltagsvorstellungen verstehen, müssen wir im Rahmen der Lehrer*innenaus- und -weiterbildung an den Alltagsvorstellungen der Primarstufenlehrer*innen zu Forschendem Lernen anknüpfen und den didaktischen Fokus auf eine Weiterentwicklung von handlungsorientiertem Lernen zu Forschendem Lernen legen.

4.3 Naturwissenschaftsdidaktische Lehrer/innen-Professionalisierung

Durch die 2015/16 erfolgte Umstellung der Primarstufenlehrer/innen-Ausbildung von einem dreijährigen Bachelorstudium zu einem fünfjährigen Bachelor-/Masterstudium kommt es auch im Bereich der naturwissenschaftsdidaktischen Ausbildung zu zahlreichen Verbesserungen. Neben der allgemeinen Erhöhung der ECTS-Credits, die dem naturwissenschaftlichen Sachunterricht zuzuordnen sind, wurden an etlichen Hochschulstandorten auch Ausbildungsschwerpunkte im Bereich Forschend Lernen geschaffen und Hochschulprofessuren im Bereich der Naturwissenschaftsdidaktik der Primarstufe ausgeschrieben. Durch die schrittweise Etablierung naturwissenschaftsdidaktischer Forschung in der Primarstufe in Österreich und der parallel einhergehenden massiven Ausweitung forschungsbasierter Lehre im naturwissenschaftlichen Sachunterricht kann davon ausgegangen werden, dass zukünftige Lehrer*innen-Generationen wesentlich besser auf das Unterrichten naturwissenschaftlicher Themen vorbereitet werden, als dies in der Vergangenheit der Fall war.

Im Bereich der Lehrer*innen-Fortbildung wäre es wichtig, die derzeit vorherrschende Fortbildungspraxis an den Pädagogischen Hochschulen zu überdenken. Anstelle der vielen kurzen Fortbildungen, bei denen an einem bis maximal zwei Nachmittagen Unterrichtsmaterialien präsentiert werden, könnten vermehrt längerfristig angelegte Fortbildungsreihen oder Lehrgänge angeboten werden, in denen forschende Zugänge zu zentralen curricularen Themen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht inkl. dem erforderlichen Hintergrundwissen und altersadäquate Erklärungen für die Schüler*innen gemeinsam erarbeitet und diskutiert werden.

Im Rahmen solcher Fortbildungsreihen könnten die Alltagserfahrungen der Lehrer*innen zu Forschendem Lernen aufgegriffen und wie oben beschrieben weiterentwickelt werden.

5 Zusammenfassung

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. Ein forschender Unterricht soll einerseits das Interesse der Schüler*innen für die Naturwissenschaften wecken und gleichzeitig das konzeptuelle Verständnis über naturwissenschaftliche Theorien und Methoden vertiefen. Der österreichische Lehrplan fordert ebenfalls explizit einen selbständig forschenden Unterricht und auch von den Lehrpersonen werden Fortbildungen im Bereich Forschendes Lernen gut angenommen. Sowohl der Lehrplan als auch viele Lehrer*innen setzen dabei jedoch Forschend Lernen mit handlungsorientiertem Unterricht gleich, der den Fokus fast ausschließlich auf die *hands-on* Aspekte (Experimentieren, Manipulieren, Messen, ...) von Forschendem Lernen legt. Entscheidende Merkmale eines forschenden Unterrichts wie Vermutungen aufstellen, systematisches Dokumentieren von Beobachtungen, Belege für eine vertretbare Schlussfolgerung sammeln – Merkmale, die sich als *minds-on* Aspekte zusammenfassen lassen – kommen weder im Lehrplan und nur selten in den Alltagsvorstellungen der Lehrer/innen zu Forschendem Lernen vor. Dabei zeigen groß

angelegte Metastudien, dass nur ein forschender Unterricht, der das aktive Mitdenken und Schlussfolgern der Schüler/innen in den Mittelpunkt stellt, das konzeptuelle Verständnis naturwissenschaftlicher Inhalte erheblich erweitert. Das „Nachkochen“ von Experimentieranleitungen oder Stationenbetriebe, die ihren Fokus ausschließlich auf das aktive Tun der Schüler*innen richten, fördern das Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte nicht notwendigerweise. Hier ist ein Umdenkprozess notwendig. Weg vom „Nachkochen“ von Versuchsanleitungen hin zu einem forschenden Unterricht, der das genaue Beobachten und die gemeinsame Interpretation und Diskussion der Beobachtungen in den Mittelpunkt stellt und mit altersgerechten Erklärungen das Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte und Prozesse ermöglicht. Dieses Verständnis ist eine Grundvoraussetzung, um sich erfolgreich zwischen naiver Wissenschaftsgläubigkeit einerseits und uninformativer und unreflektierter Ablehnung andererseits positionieren zu können. Und es unterstützt junge Menschen bei der Entwicklung jener Kritikfähigkeit, die notwendig ist, um zwischen validen wissenschaftlichen Erkenntnissen und Meinungen oder Ideologien zu unterscheiden.

6 Literatur

- Abrams, E., Southerland, S. A. & Evans, C. (2007). Inquiry in the Classroom – Identifying Necessary Components of a Useful Definition. In E. Abrams, S. A. Southerland, P. Silva (Hrsg.), *Inquiry in the Classroom – Realities and Opportunities* (S. xi-xlii). Charlotte: Information Age Publishing.
- Benke, G. (2013). *Forschendes Lernen. Präsentation auf der Bundestagung Sachunterricht*. Online verfügbar unter https://www.sachunterricht.at/wp-content/uploads/2016/05/forschendes_lernen_benke_pdf.pdf. Zuletzt abgerufen am 30.01.2018.
- Bertsch, Ch., Kapelari, S. & Unterbruner, U. (2011). Vom Nachkochen von Experimentieranleitungen zum forschenden Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht am Übergang Primar/Sekundarstufe. *Erziehung und Unterricht* 1, 239-245.
- Bertsch, Ch., Kapelari, S., Unterbruner, U. (2014). From cookbook experiments to inquiry based primary science: influence of inquiry based lessons on interest and conceptual understanding. *Inquiry in primary science education* 1, 20-32.
- Bertsch, Ch. (2016). *Forschendes Lernen in naturwissenschaftlichen Sachunterricht – Theoretische Grundlagen und Rahmenbedingungen in Österreich*. Online verfügbar unter http://www.gdsu.de/gdsu/wp-content/uploads/2016/11/journal_5.pdf. Zuletzt abgerufen am 30.01.2018.
- Bonnstetter, R. J. (1998). *Inquiry-Learning form the past with an Eye on the Future*. Online verfügbar unter <http://ejse.southwestern.edu/article/view/7595/5362>. Zuletzt abgerufen am 30.01.2018.
- Bundesministerium für Bildung (BMB) (2012). *Lehrplan der Volksschule. BGBl. Nr. 134/1963 in der Fassung BGBl. II Nr. 303/2012 vom 13. September 2012*. Online verfügbar unter https://www.bmb.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp_vs_gesamt_14055.pdf?61ec07. Zuletzt abgerufen am 30.01.2018.
- Cobern, W., Schuster, D., Adams, B., Applegate, B., Skjold, B., Undreiu, A., Loving, C. & Gobert, J. (2010). Experimental comparison of inquiry and direct instruction in science. *Research in Science & Technological Education*, 28 (1), 81-96.
- Dewey, J. (1910). Science as subject-matter and as method. *Science*, 31, 121-127.
- Dewey, J. (2009). *Democracy and Education*. Radford: Wilder Publication.
- Fatty-Grubbauer, T. (2014). *Forschendes Lernen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht der Volksschule. Subjektive Konzepte praktizierender VS-Lehrer/innen vom Forschenden Lernen und Erwartungen an eine Weiterbildung in diesem Bereich*. Bachelorarbeit an der Pädagogischen Hochschule Wien.
- Fischer, H. (1998). Scientific Literacy und Physiklernen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 4(2), 41-52.

- Fridrich, Ch., Gerber, A. & Paulinger, G. (2012). Ergebnisse des 1. Projektabschnitts: Fragebogenbefragung von Wiener Volksschullehrer/innen. In Ch. Fridrich (Hrsg.), *Zum Ist-Stand des naturwissenschaftlichen und mathematischen Unterrichts an Volksschulen und den daraus resultierenden Konsequenzen für die Lehrer/innenaus- und -fortbildung* (S. 27-120). Wien: Österreichisches Gesellschafts- und Wirtschaftsmuseum.
- Harlen, W., Artigue, M., Dillon, J. & Lena, P. (2012). *Learning through inquiry*. Online verfügbar unter <http://fibonacci-project.eu>. Zuletzt abgerufen am 30.01.2018.
- Hattie, J. (2010). *Visible learning. A synthesis of over 800 metaanalyses relating to achievement*. London: Routledge.
- Hmelo-Silver, C., Duncan, R. & Chinn, C. (2007). Scaffolding and Achievement in Problem-based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner, Sweller and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99-107.
- Krapp, A. & Prenzel, M. (2011). Research on interest in science: Theories, methods, and findings. *International Journal of Science Education* 33, 27-50.
- Lange, K., Kleikmann, T., Tröbst, S. & Möller, K. (2012). Fachdidaktisches Wissen von Lehrkräften und multiple Ziele im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 15, 55-75.
- Lederman, N. (2008). Nature of Science: Past, Present, and Future. In S. Abell & N. Lederman (Hrsg.), *Handbook of Research on Science Education* (S. 831-880). New York, London: Routledge, Taylor & Francis.
- Loyens, S. M. M. & Rikers, R. (2011). Instruction based on inquiry. In R. E. Mayer & P. A. Alexander (Hrsg.), *Handbook of research on learning and instruction* (S. 361-381). New York, London: Taylor & Francis.
- 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. *Research in Science Teaching*, 47, 474-496.
- Möller, K., Kleikmann, T. & Sodian, B. (2011). Naturwissenschaftlich-technischer Lernbereich. In W. Wolfgang, M. Götz, A. Hartinger, F. Heinzel, J. Kahlert, & U. Sandfuchs (Hrsg.), *Handbuch Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik* (S. 509-517). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- National Research Council (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academy Press.
- Oberpeilsteiner, I. (2013). *Forschendes Lernen im naturwissenschaftlichen Bereich und die Erwartungen von Volksschullehrerinnen und Volksschullehrern an diesen methodischen Zugang*. Bachelorarbeit an der Kirchlichen Pädagogischen Hochschule Wien.
- OECD (2006). *Evolution of Student Interest in Science and Technology Studies*. Online verfügbar unter www.oecd.org/dataoecd/16/30/36645825.pdf. Zuletzt abgerufen am 30.01.2018.
- OECD (2015). *PISA. Results in Focus*. Online verfügbar unter www.oecd.org/pisa/pisa-2015-results-info-focus.pdf. Zuletzt abgerufen am 30.01.2018.
- Pokorny, B. (2003). *Science for fun. IMST Projektbericht*. Online verfügbar unter https://www.imst.ac.at/imst-wiki/images/7/79/Langfassung_Science_Pokorny.pdf. Zuletzt abgerufen am 30.01.2018.
- 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: Directorate General for Research, Science, Economy and Society.
- Suchan, B. & Breit, S. (2015). *PISA 2015. Grundkompetenzen am Ende der Pflichtschulzeit im internationalen Vergleich*. Online verfügbar unter https://www.bifie.at/wp-content/uploads/2017/04/PISA15_Erstbericht_Gesamt_final_web.pdf. Zuletzt abgerufen am 30.01.2018.
- Suchan, B., Wallner-Paschon, Ch., Bergmüller, S. & Schreiner, C. (2011). *PIRLS & TIMSS 2011. Schülerleistungen in Lesen, Mathematik und Naturwissenschaft in der Grundschule*. Online verfügbar unter https://www.bifie.at/wp-content/uploads/2017/05/ErsteErgebnisse_PIRLSTIMSS2011_web.pdf. Zuletzt abgerufen am 30.01.2018.