

SIEMENS | Stiftung

Leitfaden zur Evaluation des Bildungsprogramms Experimento

siemens-stiftung.org/Experimento

Herausgeberin

Siemens Stiftung
Kaiserstrasse 16
80801 München
Tel.: +49 (0) 89 54 04 87-0
Fax: +49 (0) 89 54 04 87-440
info@siemens-stiftung.org
www.siemens-stiftung.org

Autorinnen

Prof. Dr. Eva-Maria Lankes, TUM School of Education, München
Dr. Heidi Haslbeck, TUM School of Education, München

In Zusammenarbeit mit

Prof. Dr. Birgit J. Neuhaus, LMU München
Dr. Lucia Kohlhauf, LMU München
Prof. Dr. Lena von Kotzebue, Universität Salzburg
Dr. Barbara Filtzinger, Siemens Stiftung München

1. Auflage

Als gemeinnützige Stiftung setzen wir uns für nachhaltige gesellschaftliche Entwicklung ein. Eine gesicherte Grundversorgung, hochwertige Bildung und Verständigung über Kultur sind dafür Voraussetzung. In unserer internationalen Projektarbeit unterstützen wir deshalb Menschen darin, diesen Herausforderungen unserer Zeit eigeninitiativ und verantwortungsvoll zu begegnen. Hierfür entwickeln wir mit Partnerinnen und Partnern Lösungsansätze und Programme und setzen diese gemeinsam um. Eine zentrale Rolle spielen dabei technologische und soziale Innovationen. Transparenz und Wirkungsorientierung bilden die Basis unseres Handelns.

Vorwort

Der vorliegende Leitfaden bietet den Partnerinnen und Partnern der Siemens Stiftung in den Fokusregionen Europa, Lateinamerika und Afrika wissenschaftlich fundierte Unterstützung bei der Evaluierung ihres Experimento-Angebots. Er möchte Anregung sein, die Arbeit vor Ort systematisch zu beobachten, zu hinterfragen, zu reflektieren, zu verändern und weiter zu entwickeln.

In den Jahren 2018-2020 wurde das Bildungsprogramm Experimento in Deutschland mit diesen hier beschriebenen Instrumenten evaluiert. Viele Instrumente wurden extra dafür entwickelt und so entstand die Idee, einen Leitfaden für ähnliche Evaluationen der lokalen Adaptionen von Experimento in Chile, Peru, Mexiko, Kolumbien, Argentinien, Brasilien, Kenia, Nigeria und Südafrika zu erstellen.

Der Leitfaden ist das Ergebnis einer konstruktiven Zusammenarbeit vieler verschiedener Menschen. Wir möchten uns an dieser Stelle bei allen bedanken, die uns in diesem Vorhaben begleitet, beraten, inspiriert und unterstützt haben.

Wir danken den Kolleginnen vom Lehrstuhl für Biologiedidaktik der Ludwig-Maximilians-Universität München, Frau Prof. Dr. Birgit J. Neuhaus, Prof. Dr. Lena von Kotzebue (jetzt Universität Salzburg) und Frau Dr. Luzia Kohlhauf, für die enge Zusammenarbeit und die professionelle Unterstützung in Rat und Tat während des gesamten Projektverlaufs. Alle drei Kolleginnen lieferten die fachliche und fachdidaktische Perspektive bei der Entwicklung der Checkliste für die Materialanalyse, des Tests zum fachdidaktischen Wissen von Lehrkräften, des Tests zum Experimentieren für Schülerinnen und Schüler sowie der Kodieranleitungen für die Analyse der Unterrichtsvideos.

Wir bedanken uns bei den Mitarbeiterinnen, wissenschaftlichen Hilfskräften und Studierenden an der Technischen Universität München, die im Rahmen ihrer Tätigkeit oder durch eine Abschlussarbeit am Projekt beteiligt waren. Alle Grafiken in den Testaufgaben wurden von Stefanie Pielmeier gezeichnet. Pauline Böttcher-Graf arbeitete im Rahmen ihrer Masterarbeit mit an der Entwicklung und Pilotierung des Lehrkräftefragebogens zum Selbstkonzept in Naturwissenschaften. Franziska Tezcan und Laura Müller waren an der Erstellung der Kodieranleitungen für die Videoanalyse beteiligt. Sina Hafner lieferte mit ihrer Bachelorarbeit Vorarbeiten für die Entwicklung der Fragebogenitems zur Variablenkontrollstrategie.

Unser besonderer Dank geht an Kolleginnen und Kollegen aus anderen Forschungseinrichtungen, die ihre bereits erprobten und bewährten wissenschaftlichen Instrumente zunächst für die Pilotierung und jetzt in diesem Leitfaden zur Verfügung gestellt haben:

- Prof. Dr. Andreas Vorholzer, Institut für Didaktik der Physik an der Justus-Liebig-Universität Gießen (Testaufgaben zum fachmethodischen Wissen von Lehrkräften)
- Dr. Julia Arnold, wissenschaftliche Mitarbeiterin im Zentrum Naturwissenschafts- und Technikdidaktik an der Fachhochschule Nordwestschweiz (Testaufgaben zum fachmethodischen Wissen von Lehrkräften)
- Prof. Dr. Kornelia Möller, Institut für Didaktik des Sachunterrichts an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster (Kodieranleitung Unterrichtsbeobachtung)

-
- Dr. Andrea Saffran, wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie der Ludwig-Maximilians-Universität München (Testaufgaben zu den Schülerfähigkeiten im Experimentieren)
 - Junior-Professor Dr. Martin Schwichow, Arbeitsbereich Physik und ihre Didaktik an der Pädagogischen Hochschule Freiburg (Testaufgaben zu den Schülerfähigkeiten im Experimentieren)
 - Prof. Dr. Alexander Kauertz (Universität Koblenz-Landau), Prof. Dr. Thilo Kleickmann (Christian-Albrecht-Universität Kiel), Prof. Dr. Kim Lange-Schubert (Universität Leipzig), Dr. Annika Ohle-Peters (Technische Universität Dortmund), Dr. Steffen Tröbst (IPN Kiel), Prof. Dr. Hans Fischer (Universität Duisburg-Essen), Prof. Dr. Kornelia Möller, Dr. Anne Ewerhardy, Dr. Katharina Fricke, Dr. Katharina Pollmeier, Dr. Lena Walper (alle Westfälische Wilhelms-Universität Münster) (Fragebogen zu Selbstkonzept und Interesse an Naturwissenschaften)

Bei Frau Angela Clerc und Frau Christa Mühlbauer von der Siemens Stiftung bedanken wir uns für die geduldige Begleitung und großzügige Unterstützung, ohne die dieses Projekt nicht hätte durchgeführt werden können.

Wir hoffen, mit diesem Leitfaden einen Beitrag zu leisten zur Weiterentwicklung von naturwissenschaftlichen Lernangeboten mit dem internationalen Bildungsprogramm Experimento und wünschen allen Nutzerinnen und Nutzern viel Erfolg dabei.

Prof. Dr. Eva-Maria Lankes
Lehrstuhl für Schulpädagogik
an der Technischen Universität
München

Dr. Heidi Haslbeck
Projektleitung
Experimento Evaluation

Dr. Barbara Filtzinger
Leitung Arbeitsgebiet Bildung,
Siemens Stiftung

Leitfaden zur Evaluation des Bildungsprogramms Experimento

Inhalt

1	Leitfaden zur Evaluation des Bildungsprogramms Experimento	6
1.1	An wen richtet sich der Leitfaden?	6
1.2	Was finden Sie in diesem Leitfaden?	6
2	Das Bildungsprogramm Experimento	8
2.1	Warum ist das frühe naturwissenschaftliche Lernen so wichtig?	8
2.2	Warum gehört Experimentieren zu einem guten naturwissenschaftlichen Unterricht?	8
2.3	Welche Ziele verfolgt das Bildungsprogramm Experimento?	9
2.4	Was bietet das Bildungsprogramm Experimento?	9
2.5	Welchen didaktischen Prinzipien folgt das Bildungsprogramm Experimento?	10
3	Evaluation als Methode zur Sicherung von Qualität	11
3.1	Welche Zwecke verfolgt eine Evaluation im Bildungskontext?	11
3.2	Was ist der Gegenstand einer Evaluation im pädagogischen Kontext?	11
3.3	Wie führt man eine Evaluation durch?	13
3.3.1	Bestimmung der Ziele	13
3.3.2	Operationalisierung der Ziele und Bestimmung von Indikatoren	13
3.3.3	Entscheidung über die Methoden zur Datenerhebung	14
3.3.4	Auswertung und Interpretation der Daten	15
3.4	Welchen Standards sollte eine gute Evaluation genügen?	15
3.5	Hinweise zum Datenschutz	16
4	Ausblick auf die Module der Evaluation von Experimento	17
5	Evaluationsbereich 1 – Wie nützlich sind die Handreichungen, Schülerarbeitsblätter und die Experimentiermaterialien?	19
5.1	Worin besteht die Qualität der Handreichungen, Schülerarbeitsblätter und der Experimentiermaterialien?	19
5.1.1	Passen die Inhalte der Handreichung zum nationalen Lehrplan?	20
5.1.2	Enthält die Handreichung das für die Durchführung der Experimente notwendige Fachwissen?	20
5.1.3	Enthält die Handreichung/das Schülerarbeitsblatt Anregungen zu Methoden der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung?	21
5.1.4	Enthält die Handreichung das für die Durchführung der Experimente notwendige fachdidaktische Wissen?	22

5.1.5	Sind die erforderlichen Experimentiermaterialien vorhanden und geeignet (einsetzbar/benutzerfreundlich)?	23
5.2	Wie prüfen Sie die Qualität der Handreichungen, Schülerarbeitsblätter und der Experimentiermaterialien?	24
5.3	Wie interpretieren Sie die Ergebnisse?	24
6	Evaluationsbereich 2 – Die Qualität der Fortbildung	26
6.1	Was erwarten wir von einer guten naturwissenschaftlichen Fortbildung zum Experimentieren?	26
6.1.1	Fachmethodisches Wissen	27
6.1.2	Fachdidaktisches Wissen.....	27
6.1.3	Gewinn an Sicherheit beim Einsatz von Experimenten	28
6.1.4	Akzeptanz und Zufriedenheit mit der Fortbildung	28
6.2	Wie prüfen Sie die Wirkung der Fortbildung?.....	29
6.2.1	Der Experimento-Test zum fachmethodischen Wissen	29
6.2.2	Der Experimento-Test zum fachdidaktischen Wissen	30
6.2.3	Der Fragebogen zum didaktischen Selbstkonzept	32
6.2.4	Der Fragebogen zur Zufriedenheit	32
6.3	Wie interpretieren Sie die Ergebnisse?	33
7	Evaluationsbereich 3 – Wie nutzen Lehrkräfte Experimento?	34
7.1	Wie erwarten wir, dass das Material genutzt wird?	34
7.1.1	Die Häufigkeit der Nutzung	34
7.1.2	Usability als Voraussetzung für die Nutzung	34
7.1.3	Didaktischer Einsatz	35
7.2	Wie prüfen Sie die Nutzung?	35
7.3	Wie interpretieren Sie die Ergebnisse?	36
7.3.1	Hinweise auf die Häufigkeit der Nutzung.....	36
7.3.2	Hinweise auf die Nutzerfreundlichkeit des Angebots (Usability).....	37
7.3.3	Hinweise auf die Didaktik.....	37
8	Evaluationsbereich 4 – Guter Unterricht mit Experimento	38
8.1	Wie sollen Experimente im Unterricht eingesetzt werden?	38
8.1.1	Handlungsorientierung.....	39
8.1.2	Problemorientierung.....	39
8.1.3	Schüleräußerungen anregen und Schülervorwissen/Schülervorstellungen aktivieren.....	40

8.1.4	Impulse zum Nachdenken geben.....	41
8.2	Wie können Sie die Qualität des Einsatzes beobachten?	41
8.3	Wie interpretieren Sie die Ergebnisse?	42
9	Evaluationsbereich 5 – Was lernen Schülerinnen und Schüler beim naturwissenschaftlichen Experimentieren?	43
9.1	Was sollen Schülerinnen und Schüler durch die Beschäftigung mit Experimento lernen?	44
9.1.1	Die Fähigkeit zum Experimentieren	44
9.1.2	Motivationale Bedingungen.....	44
9.2	Wie prüfen Lehrkräfte, was Schülerinnen und Schüler gelernt haben?	45
9.2.1	Der Experimento-Test zur Fähigkeit zum Experimentieren	45
9.2.2	Der Fragebogen zum Interesse an Naturwissenschaften und zum Selbstkonzept der Schülerinnen und Schüler.....	46
9.3	Wie interpretieren Sie die Ergebnisse?.....	46
10	Schlusswort und Ausblick	47
	Literatur Gesamtverzeichnis	48

1 Leitfaden zur Evaluation des Bildungsprogramms Experimento

„As not everything can be done, there must be a basis for deciding which things are worth doing. Enter evaluation“ (Patton 2008, S. 16).

Maßnahmen binden Ressourcen: Zeit, Geld, Anstrengungen. Wer mit diesen Ressourcen haushalten will, der vergewissert sich, dass die richtigen Maßnahmen zielführend eingesetzt werden. Dieser Leitfaden will dazu beitragen, zu entscheiden, ob der Einsatz des Bildungsprogramms Experimento seine Ziele vor Ort erreicht, und Hinweise geben, wie der Einsatz verbessert werden kann.

1.1 An wen richtet sich der Leitfaden?

Die Siemens Stiftung bietet umfangreiches Material für den Einsatz von Experimenten im naturwissenschaftlichen Unterricht – dazu gehören Lehrerhandreichungen, Schülerarbeitsblätter und Experimentiermaterialien für unterschiedliche Versuche. Zum Teil werden die Experimentiermaterialien in einem Kasten, ggf. auch in Klassenstärke, angeboten. In den Partnerländern und -regionen werden diese Materialien auf die spezifischen nationalen Gegebenheiten und Bedingungen angepasst und Lehrkräfte in selbst verantworteten Fortbildungen mit der Nutzung der Materialien vertraut gemacht.

Die Siemens Stiftung hat die Technische Universität München in Kooperation mit der Ludwig-Maximilians-Universität München beauftragt, Instrumente für eine Evaluation des Programms zu entwickeln und deren Nutzung in einem Leitfaden zu erläutern.

Der Leitfaden bietet den Partnerinnen und Partner der Siemens Stiftung vor Ort (Ministerien, Landesinstitute, Universitäten, etc.) wissenschaftlich fundierte Unterstützung bei der Evaluierung ihres Experimento-Angebots in Schulen. Er möchte Anregung sein, die Arbeit systematisch zu beobachten, zu reflektieren, zu verändern und weiterzuentwickeln. Der Leitfaden beschreibt Qualitätsstandards mit einheitlichen Bewertungskriterien für die Nutzung und den Einsatz von Experimento in den Regionen. Er präsentiert Beispiele für geprüfte Instrumente und erläutert deren Nutzung sowie die Analyse und Interpretation der Ergebnisse.

1.2 Was finden Sie in diesem Leitfaden?

- Sie wollen die Ziele des Bildungsprogramms Experimento reflektieren und sich vergewissern, dass Sie auf dem richtigen Weg sind? Dann lesen Sie Kapitel 2 – Das Bildungsprogramm Experimento.
- Sie suchen Informationen über Planung, Durchführung und Auswertung einer Evaluation? Dann lesen Sie Kapitel 3 – Evaluation als Methode zur Sicherung von Qualität.
- Sie haben die Experimento Handreichungen und Arbeitsblätter für Ihr Land angepasst und wollen wissen, ob das angepasste Material noch den Qualitätsstandards des Bildungsprogramms entspricht? Dann lesen Sie Kapitel 5 – Wie nützlich sind die Handreichungen?
- Sie bieten regelmäßig Fortbildungen für Lehrerinnen und Lehrer zur Nutzung des Experimento Angebots an und möchten wissen, ob diese Fortbildungen ihr Ziel erreichen? Dann lesen Sie Kapitel 6 – Was lernen unsere Lehrkräfte in der Fortbildung?
- Sie haben Material an Lehrkräfte verteilt und wollen wissen, wie häufig und auf welche Art dieses Material in der Praxis verwendet wird? Dann lesen Sie Kapitel 7 – Wie nutzen Lehrkräfte Experimento?

- Sie möchten sich ein eigenes Bild über die Art und Weise des Einsatzes von Experimento in realen Lernsituationen machen? Dann lesen Sie Kapitel 8 – Guter Unterricht mit Experimento.
- Sie möchten Lehrkräften zeigen, wie sie die Fähigkeit zum naturwissenschaftlichen Experimentieren bei Schülerinnen und Schülern prüfen und bewerten? Dann lesen Sie Kapitel 9 – Was lernen Schülerinnen und Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht?
- Sie wollen sich grundlegend und vollständig über eine Evaluation des Bildungsprogramms Experimento informieren? Dann lesen Sie alles.

2 Das Bildungsprogramm Experimento

Das internationale Bildungsprogramm Experimento unterstützt weltweit das naturwissenschaftliche Lernen, vom frühen Kindesalter an bis zum Ende der Schulzeit.

2.1 Warum ist das frühe naturwissenschaftliche Lernen so wichtig?

Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik gestalten und verändern unsere Welt und begegnen uns überall im privaten und beruflichen Alltag. Wissen über technische und naturwissenschaftliche Konzepte und Zusammenhänge sowie die Kompetenzen, dieses Wissen verantwortungsvoll zu nutzen, das sind wichtige Voraussetzungen sowohl für die Gestaltung des persönlichen Lebens als auch für Entwicklung und Wohlstand einer Gesellschaft (Hazelkorn et al., 2015).

Mehr denn je hängt die Zukunft unserer globalen Entwicklung von jungen Menschen ab, die sich verantwortungsvoll und konstruktiv in einer von Technik und Naturwissenschaften bestimmten Gegenwart und Zukunft orientieren und sich mit ihr auseinandersetzen können. Seit Jahren aber fehlt es vielerorts an Fachkräften in diesem Bereich (Milberg, 2009). Das Interesse an Naturwissenschaften nimmt über die Schulzeit hinweg ab (Krapp & Prenzel, 2011).

Gleichzeitig zeigen Studien, dass frühkindliche Bildungserfahrungen auch im naturwissenschaftlichen Bereich anregend für die Bildungsbiografie und die späteren Schulleistungen eines Individuums sind (Bybee & Fuchs, 2006). Die frühe Förderung von naturwissenschaftlichem Lernen wird daher in vielen Initiativen gefordert. Schülerinnen und Schüler sollen möglichst frühzeitig lebensnahes Wissen über Naturwissenschaften und Technik erwerben, um auf Berufe vorbereitet zu sein, die wir heute noch nicht einmal kennen.

2.2 Warum gehört Experimentieren zu einem guten naturwissenschaftlichen Unterricht?

Das inhaltliche Wissen, das im Unterricht vermittelt werden soll, ist bereits vorhanden und könnte auch aus einem Buch gelernt werden. Warum gehört also das Experimentieren zu einem guten naturwissenschaftlichen Unterricht?

Darauf gibt es unterschiedliche Antworten – eine Naheliegende ist: Weil es Spaß macht. Es ist anschaulich und ermöglicht viele Aktivitäten. Es weckt Freude am naturwissenschaftlichen Denken, Interesse an naturwissenschaftlichen Sachverhalten und damit erfüllt es ein wichtiges Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts, nämlich ein nachhaltiges und über die Schule hinausgehendes Interesse an naturwissenschaftlichen Themen zu wecken.

Es leistet aber viel mehr: Richtig durchgeführt öffnet es Kindern die Augen für ihre Umwelt, sie beginnen zu verstehen, warum Dinge so sind wie sie sind; sie entwickeln einen analytischen und rationalen Blick auf die Welt; sie lernen zu unterscheiden zwischen „glauben“ und „wissen“ und entwickeln ihre Kritikfähigkeit; und sie begreifen nicht zuletzt, dass Handeln und Eingreifen Konsequenzen haben können, über die man nachdenken und reden muss. Das alles sind Voraussetzungen für einen verantwortungsvollen Umgang mit unserer Umwelt und Bestandteile einer naturwissenschaftlichen Grundbildung (Abd-El-Khalick et al., 2004; Blanchard et al., 2010).

2.3 Welche Ziele verfolgt das Bildungsprogramm Experimento?

An der Forderung nach frühem naturwissenschaftlichen Lernen orientiert sich auch das internationale Bildungsprogramm Experimento der Siemens Stiftung, das lebensnahe Inhalte aus Naturwissenschaften und Technik für den Unterricht aufbereitet.

Das Bildungsprogramm Experimento unterstützt Lehrkräfte, Erzieherinnen und Erzieher dabei, Experimente in forschenden und problemorientierten Lernsituationen einzusetzen. In Fortbildungen sowie durch Handreichungen und Material möchte das Programm das Interesse der Lehr- und Fachkräfte an naturwissenschaftlichen Inhalten wecken, Wissen und didaktische Kompetenzen vermitteln sowie Sicherheit bei der Durchführung von Experimenten geben.

Kindergartenkinder sowie Schülerinnen und Schüler können mit Experimento Zusammenhänge rund um Energie, Umwelt und Gesundheit selbstständig entdecken. Sie erwerben dabei neben Wissen über Natur und Technik auch methodische Fähigkeiten und entwickeln gleichzeitig soziale Kompetenzen, Werte und Einstellungen sowie die Sprachfähigkeit. Interesse und Selbstvertrauen werden gestärkt.

Die Stiftung engagiert sich damit für einen wirkungsorientierten, naturwissenschaftlich-technischen Unterricht, der das individuelle Potenzial der Lernenden vom Kindergarten bis zum Schulabschluss fördert. Durch die Verknüpfung mit wertorientierten Fragestellungen bilden sich soziale und verantwortungsbewusste Haltungen.

2.4 Was bietet das Bildungsprogramm Experimento?

Experimento wurde von Bildungsexperten für den Einsatz in Kindergärten sowie in Grund- und weiterführenden Schulen entwickelt und richtet sich an Erzieherinnen und Erzieher in Kindergärten sowie an Lehrkräfte in Grund- und weiterführenden Schulen.

Experimento bietet dem Lehr- und Erziehungspersonal eine alltagsgerechte und auf Bildungs- und Lehrpläne bezogene Auswahl an Themen rund um die Bereiche Energie, Umwelt und Gesundheit und vermittelt den Umgang mit den Experimenten und deren Einsatz im Unterricht.

Das Medienportal der Siemens Stiftung bietet für das internationale Bildungsprogramm Experimento rund 130 von Experten entwickelte Experimente für die Altersstufen 4 – 7 Jahre (Experimento | 4+), 8 – 12 Jahre (Experimento | 8+) und 10 – 18 Jahre (Experimento | 10+). Die Materialien stehen in den Sprachen Deutsch, Englisch und Spanisch zur Verfügung und können unter der offenen Lizenz CC BY-SA 4.0 international frei von der Website heruntergeladen werden. Damit ist gemeint, dass sie unter Nennung des Urhebers für den Unterricht eingesetzt, verändert, kombiniert und unter den gleichen Lizenzbedingungen wieder veröffentlicht werden können (<https://medienportal.siemens-stiftung.org/de/home>).

Für jede Altersgruppe enthält das Portal einen Handbuchordner für die Hand der pädagogischen Fachkraft bzw. Lehrkraft, der am Anfang das pädagogische Konzept beschreibt, allgemeine Schutz- und Hygienehinweise gibt sowie alle für die Experimente benötigten Materialien auflistet.

Zu jedem der drei Themenbereiche Energie, Umwelt und Gesundheit folgen dann eine Einleitung in das Thema sowie themenspezifische Sicherheitshinweise. Im Anschluss vermittelt die Handreichung zu jedem der drei Themenbereiche Energie, Umwelt und Gesundheit das benötigte

Fachwissen, erläutert alle Experimente und gibt didaktische Hinweise für den Einsatz in der Lernsituation. Die Handreichungen für Experimento | 8+ und 10+ bieten auch Arbeitsblätter für die Hand der Schülerin bzw. des Schülers an.

In den Fortbildungen erhalten die Teilnehmenden die für die Durchführung der Versuche benötigten Experimentiermaterialien. Die Experimentiermaterialien sollen so aufbewahrt werden, dass sie möglichst von allen Lehrkräften der Schule genutzt werden können.

Experimento wird seit 2021 als „blended learning“ Format angeboten. In wechselnden Sequenzen von online-Angeboten und Präsenzveranstaltung kann in die Welt von Experimento eingetaucht werden: <https://medienportal.siemens-stiftung.org/de/fortbildungen>

2.5 Welchen didaktischen Prinzipien folgt das Bildungsprogramm Experimento?

Begeisterung und Neugier sind die besten Voraussetzungen, um das Interesse von Kindern und Jugendlichen an Natur und Technik frühzeitig zu wecken und über alle Altersstufen hinweg weiterzuentwickeln. Das Bildungsprogramm Experimento basiert auf dem Prinzip des forschenden Lernens: Die Kinder erhalten beim Experimentieren Gelegenheit, naturwissenschaftlich-technische Zusammenhänge selbst zu entdecken und nachhaltig zu verstehen. Das erreichen Lehrkräfte bzw. pädagogische Fachkräfte, indem sie die Kinder dabei begleiten, ihr eigenes Bild von der Welt zu konstruieren und sie aktiv am Lernprozess beteiligen (Labudde & Möller, 2012; Müller et al., 2016).

So begleiten Lehrkräfte und pädagogisches Fachpersonal Kinder dabei, ihr eigenes Bild von der Welt zu konstruieren:

- Sie beziehen das Experiment auf altersangemessene Phänomene und Erfahrungen des alltäglichen Lebens (Anders et al., 2013).
- Sie nutzen das Experiment, um damit ein konkretes Problem zu lösen oder eine konkrete Frage zu beantworten.
- Sie helfen Kindern, ihre Vorstellungen und ihr Vorwissen zu überprüfen und ggf. zu verändern oder zu erweitern.
- Sie geben Gelegenheit, verschiedene Sichtweisen und Perspektiven zu verstehen und sich mit ausgewählten Werten auseinanderzusetzen.

So beteiligen Lehrkräfte und pädagogisches Fachpersonal Kinder aktiv am Lernprozess:

- Sie sprechen mit den Kindern über ihre Vorstellungen, ihre Vermutungen und ihr Vorwissen zu einem Phänomen oder Problem.
- Sie lassen die Kinder möglichst häufig selbstständig arbeiten, eigene Vermutungen überprüfen, Dinge selbstständig ausprobieren und untersuchen.
- Sie geben Kindern Gelegenheit, über ihre Erfahrungen miteinander zu sprechen, voneinander zu lernen und ihre Lernprozesse zu reflektieren.

Das Bildungsprogramm Experimento unterstützt Lehrkräfte und pädagogisches Fachpersonal dabei, die Experimente sinnvoll und effektiv in Lernsituationen einzubetten. Die Handreichungen für Lehrkräfte und die Schülerarbeitsblätter bieten Material für ein ausgewogenes Verhältnis von Instruktion und Konstruktion und zeigen Lehrkräften, wie Schülerinnen und Schüler anhand von Experimenten eigenständig tätig werden können.

3 Evaluation als Methode zur Sicherung von Qualität

„Evaluation ist die systematische Untersuchung von Nutzen und/oder Güte eines Gegenstandes (Evaluationsgegenstand) auf Basis von empirisch gewonnenen Daten“ (DeGEval, 2016, S. 66).

„Evaluationen im pädagogischen Kontext“ bewerten „pädagogische Maßnahmen oder Prozesse, Einrichtungen oder Systeme im Bildungswesen“ (Brunner, Stanat & Pant, 2014, S. 502).

Besonders typische Evaluationsgegenstände sind einzelne Interventionsmaßnahmen bzw. größer angelegte Programme, die auf bestimmte individuelle und kollektive Veränderungen abzielen (Döring & Bortz 2016, S. 980). Eine summative Evaluation prüft die Effektivität einer Maßnahme nach deren Fertigstellung und dient als Grundlage für Entscheidungen.

Wir konzipieren für die Evaluation des Bildungsprogramms Experimento eine formative Evaluation, die prozessbegleitend der laufenden Optimierung der Maßnahme dient.

3.1 Welche Zwecke verfolgt eine Evaluation im Bildungskontext?

„Die im Bildungskontext durchgeführten Evaluationen sollen dazu beitragen, die Qualität von pädagogischen Maßnahmen, Bildungsinstitutionen oder auch ganzen Bildungssystemen zu erfassen, zu bewerten und im Idealfall entsprechende Handlungen zur Sicherung oder Optimierung zu initiieren“ (Lüftenegger, Schober & Spiel, 2019, S. 518). Die Qualität bemisst sich an vorher zu bestimmenden Erwartungen oder an Zielen, die mit der Maßnahme erreicht werden sollen. Diese werden vor einer Evaluation zwischen den relevanten Anspruchsgruppen oder Adressaten (Stakeholder) abgesprochen. „Nur so ist es möglich, ein umfassendes Verständnis des Evaluationsgegenstands zu erhalten und sicherzustellen, dass Evaluationsergebnisse später auch genutzt werden“ (Lüftenegger, Schober & Spiel, 2019, S. 520).

Stakeholder im Kontext von Bildungsmaßnahmen sind zum einen Lehrkräfte, die die Maßnahme ausführen. Zum Zweiten sind es Schülerinnen, Schüler und im weiteren Sinn auch deren Eltern, die von einer Maßnahme betroffen sind. Und schließlich diejenigen, die die Entwicklung, Umsetzung und Optimierung von Maßnahmen verantworten, also z. B. Maßnahmenentwickler, Auftraggeber, Verantwortliche, Entscheidungsträger (Döring & Bortz, 2016). Im Rahmen einer formativen Evaluation können Stakeholdergruppen in einen Dialog eintreten und die Maßnahme gemeinsam weiterentwickeln.

3.2 Was ist der Gegenstand einer Evaluation im pädagogischen Kontext?

Im zeitlichen Verlauf einer pädagogischen Maßnahme können verschiedene Bedingungen das Gesamtergebnis bzw. die Wirkung der Maßnahme beeinflussen. Stufflebeam & Shinkfield (2007) unterscheiden Context, Input, Process und Product (CIPP-Modell). Diese verschiedenen Ebenen können Gegenstand einer Evaluation sein. Unter Context wird das Umfeld verstanden, in dem eine bestimmte Maßnahme durchgeführt werden soll. Input bezeichnet die Mittel und (auch personellen) Ressourcen, die für die Durchführung der Maßnahme benötigt werden. Unter Process wird der Vorgang der Maßnahme verstanden und Product benennt dessen Ergebnis.

Wir schlagen in diesem Leitfaden vor, die Qualität des Bildungsprogramms Experimento auf mehreren Ebenen zu überprüfen:

- Als **Input** der pädagogischen Maßnahme liefern wir Instrumente zur Überprüfung der Qualität der Lehrerhandreichungen und der Experimentiermaterialien (vgl. Kap. 5) sowie der Fortbildung der Lehrkräfte (vgl. Kap. 6).
- Die **Qualität** der Prozesse wird anhand der Dokumentation in einem Logbuch (vgl. Kap. 7) und durch die Beobachtung von Unterricht (vgl. Kap. 8) analysiert.
- Als **Produkt** der Maßnahme bezeichnen wir die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler beim Experimentieren (vgl. Kap. 9).

Die Evaluation des *Contexts*, also der Rahmenbedingungen einer Maßnahme, steht noch vor der Planung einer Maßnahme. Die Rahmenbedingungen in den Bildungssystemen der Fokusregionen sind sehr unterschiedlich und ihre Beeinflussung liegt außerhalb der Reichweite des internationalen Bildungsprogramms Experimento, weshalb wir in dieser Evaluation auf eine Prüfung der Rahmenbedingungen verzichtet haben.

Eine Evaluation kann je nach Fragestellung ein zeit- und ressourcenaufwändiges Unterfangen darstellen und von den Ausführenden wiederum je nach Fragestellung unterschiedliche Expertise erfordern. Eine Evaluation sollte deshalb immer gezielt und sparsam eingesetzt werden. Eine einfache Akzeptanzbefragung kann durchaus auch einmal mit selbst gefertigten Fragen und ohne große Methodenkenntnis durchgeführt werden. Für komplexere Fragestellungen, wie etwa nach der Qualität eines Materials, der Wirkung einer Fortbildung oder der Gestaltung einer Unterrichtssituation sollte man sich kompetente Partnerinnen und Partner suchen und auf bewährte und geprüfte Instrumente zurückgreifen, wie sie etwa in diesem Leitfaden beschrieben werden.

Schon die Frage nach Zeitpunkt und Häufigkeit kann helfen, Ressourcen zu sparen.

- Die Akzeptanz gegenüber einer Maßnahme, seien es die Fortbildung der Lehrkräfte oder die Nützlichkeit der Materialien, ist schnell erhoben und kann ein erstes Indiz sein, ob eine Maßnahme besser oder weniger gut angenommen wird.
- Die Überprüfung der Qualität der Handreichung ist aufwändig und sollte erfolgen, wenn eine Überarbeitung der Handreichung geplant wird – dann gibt die Qualitätsanalyse Hinweise auf die Stellen, an denen eine Überarbeitung angeraten wäre.
- Sich zu vergewissern, wo die Schülerinnen und Schüler stehen, was sie können und wo die Lehrkraft weitere Lerngelegenheiten geben sollte, das macht für die einzelne Lehrkraft Sinn am Anfang des Schuljahres, um den Ist-Stand zu sehen, und nach einigen Lerneinheiten, um Veränderungen festzustellen.
- Die Prüfung der tatsächlichen Nutzung der Experimentiermaterialien im Unterricht, der Häufigkeit des Einsatzes einzelner Versuche, ist unter Ressourcengesichtspunkten eine wichtige Frage, etwa wenn geplant ist, neue Experimentiermaterialien zur Verfügung zu stellen.
- Eine Analyse des Unterrichtsgeschehens durch eine Beobachtung ist immer ein ressourcenintensives Verfahren, das hohe Expertise in der Durchführung erfordert, dann aber tiefgehende und detaillierte Einblicke in das Verhalten von Lehrkräften im Unterricht ermöglicht, die wertvolle Hinweise sowohl für die Fortbildung als auch für die Gestaltung der Handreichungen geben können.

3.3 Wie führt man eine Evaluation durch?

Am Ende einer Evaluation steht ein Ergebnis, das Auskunft gibt, ob die Ziele, die man mit der Maßnahme verfolgt, auch erreicht werden.

Um dieses Ergebnis zu erreichen, sind folgende Schritte notwendig:

- Bestimmung der Ziele, die mit der Maßnahme erreicht werden sollen
- Operationalisierung der Ziele und Bestimmung von Indikatoren
- Entscheidung über die Methode zur Gewinnung der Daten und Datenerhebung
- Auswertung und Interpretation der Daten

3.3.1 Bestimmung der Ziele

Wer eine bestimmte Maßnahme ergreift, z. B. mit Schülerinnen und Schülern experimentieren will, tut das, weil er oder sie etwas damit erreichen oder bewirken will. Im pädagogischen Kontext handelt es sich meist um mehrdimensionale (multiple) Ziele, die kognitive, soziale und motivationale Ebenen enthalten.

Die Ziele der pädagogischen Maßnahme Experimento sind durch das Bildungsprogramm vorgegeben (vgl. Kap. 2.3):

- Schülerinnen und Schüler sollen Wissen über Natur und Technik sowie methodische Fähigkeiten erwerben und gleichzeitig soziale Kompetenzen, Werte und Einstellungen sowie die Sprachfähigkeit entwickeln. Interesse und Selbstvertrauen sollen gestärkt werden. Das wäre im Sinne des CIPP-Modells das *Produkt* der Maßnahme.
- Der Einsatz des Materials im Unterricht (*Prozess*) auf die im Bildungsprogramm definierte Art und Weise soll dazu beitragen, dass die Schülerinnen und Schüler diese Fähigkeiten und Einstellungen entwickeln: Lehrkräfte setzen Experimente in forschenden und problemorientierten Lernsituationen so ein, dass Schülerinnen und Schüler Gelegenheit erhalten, naturwissenschaftlich-technische Zusammenhänge selbst zu entdecken und nachhaltig zu verstehen. Sie begleiten die Kinder dabei, ihr eigenes Bild von der Welt zu konstruieren und beteiligen sie aktiv am Lernprozess.
- In Fortbildungen sowie durch Handreichungen und Material (*Input*) unterstützt das Programm die Lehrkräfte bei der Gestaltung der (Lern-)Prozesse: Es vermittelt Wissen und didaktische Kompetenzen, weckt Interesse und stärkt die Sicherheit bei der Durchführung von Experimenten.

3.3.2 Operationalisierung der Ziele und Bestimmung von Indikatoren

Bevor mit einer Evaluation begonnen werden kann, wird nun näher bestimmt, woran man denn überhaupt erkennen kann, ob diese Ziele erreicht werden. Dazu zerlegt und konkretisiert man das allgemeine, übergreifende Ziel in kleinere Teilziele und bestimmt geeignete, messbare Indikatoren (Kennwerte), mit denen die Teilziele und damit auch das übergeordnete Ziel überprüft werden können. Diesen Prozess nennt man Operationalisierung. Die Indikatoren sollen möglichst konkret sein, sie sind die Basis für die Entwicklung von Instrumenten, mit denen die Indikatoren gemessen werden können. Will man das Ergebnis am Ende bewerten, werden dazu Erfolgskriterien entwickelt.

Beispiele:

Ziel (Produkt): Schülerinnen und Schüler sollen mehr Spaß am Lernen haben.
Mögliche Indikatoren: Selbsteinschätzung der Lernfreude; mehr Schülermeldungen im Unterricht; ...
Erfolgskriterium: Vergleich Vorher/Nachher

Ziel (Prozess): Die Lehrkraft gibt den Schülerinnen und Schülern Gelegenheit, ihr Lernen selbst zu steuern.
Mögliche Indikatoren: Einsatz von Lösungsbögen zur Selbstkontrolle; Möglichkeiten im Unterricht, zu wählen oder selbst zu entscheiden; freie Arbeitsphasen; ...
Erfolgskriterium: Höherer Einsatz nach der Maßnahme als vorher oder – strenger – z.B. doppelt so hoher Einsatz wie vorher

Die Bestimmung von Indikatoren ist der anspruchsvollste Schritt im Rahmen der Zielklärung. Der Vorgang ist ein oft mehrstufiger Wechselprozess zwischen (theoretisch begründeter) Erwartung und dem was beobachtbar/messbar ist. Als unterstützend hat sich das Vorgehen im Team erwiesen. Theoretisch erarbeitete Indikatoren müssen an der Praxis geprüft werden. Manchmal wird es notwendig sein, dabei die Ziele zu überdenken, manchmal muss man aber auch akzeptieren, dass zwar jedes Ziel operationalisiert, aber nicht immer auch gemessen werden kann.

3.3.3 Entscheidung über die Methoden zur Datenerhebung

In einer Evaluation können verschiedene Methoden der empirischen Sozialforschung zum Einsatz kommen (für einen Überblick vgl. z.B. Cohen, Manion & Morrison, 2018).

Eine häufig genutzte Methode der Evaluation ist die Fragebogenerhebung. Damit können leicht auch größere Stichproben erfasst werden. Zudem kann der Fragebogen einfach an die Ziel-/ Altersgruppe angepasst werden (Umfang der Fragen, Smileys, etc.). Tools für die Erstellung einer Befragung mit oft auch automatisierten Auswertungsroutinen finden sich von vielen Anbietern im Internet. Vor deren Einsatz muss im öffentlichen Bereich ggf. die Einhaltung der Datenschutzrichtlinien geprüft werden (vgl. auch 3.5).

Bei einer Befragung muss man sich bewusst sein, dass hier immer die persönliche Sicht der Befragten erhoben wird. Diese Sicht interessiert natürlich, wenn es um Akzeptanz oder Motivation geht. In anderer Hinsicht kann man Verzerrungen durch soziale Erwünschtheit aber nicht immer ausschließen, selbst wenn die Anonymität in der Befragung sichergestellt ist. Ein aussagekräftiges Instrument ist, wenn es etwa um den Unterricht geht, die Beobachtung, ob durch einen geschulten teilnehmenden Beobachterinnen bzw. Beobachter oder durch eine Videoaufzeichnung. Teilnehmende Beobachtung und Videoanalyse sind ressourcenintensive Methoden, die sparsam und gezielt, also mit möglichst eindeutiger Fragestellung eingesetzt werden sollten.

Für die Überprüfung von Lernergebnissen sind Wissenstests eine geeignete Methode. Hier kommt es besonders auf die Aufgaben an (nicht nur Wiedergeben von Faktenwissen, sondern Verstehen an Beispielen, Anwenden in Situationen). Wissenstests können auch online angeboten werden, offene Fragen bedeuten einen erhöhten Aufwand beim Kodieren, multiple choice Fragen können automatisch ausgewertet werden. Für Ziele, in denen es um Handlungsfähigkeiten geht und nicht nur um Wissen, eignen sich z.B. Wissenstests in Kombination mit Beobachtungen.

Die quantitative Inhaltsanalyse (z. B. nach Mayring, 2015) ist eine Methode, um qualitative Daten, z.B. aus Texten oder Interviews, quantifizierbar zu machen und systematisch auszuwerten. Anhand eines standardisierten Kategoriensystems können Aussagen in Texten kodiert und erfasst werden.

Ein Logbuch ist eine Befragungsmethode über längere Zeitverläufe, die gleichwohl Angaben nah an konkreten Praxissituationen möglich macht. Lehrkräfte werden gebeten, nach jedem Einsatz der Experimentiermaterialien im Logbuch einen kurzen Fragebogen zum durchgeführten Versuch auszufüllen.

Für alle Instrumente empfiehlt es sich, in der Entwicklung zunächst offene, qualitative Methoden einzusetzen (z.B. Interviews). Diese helfen, geeignete Prüfkriterien, relevante Konstrukte und adressatenbezogene Items zu finden. Nach der Entwicklung der Instrumente sorgt eine Pilotierung dafür, dass die Instrumente auch statistisch geprüft das messen, was sie messen sollen. Die hier vorgestellten Instrumente wurden alle auf diese Weise entwickelt und pilotiert.

3.3.4 Auswertung und Interpretation der Daten

Am Anfang jeder Interpretation steht eine deskriptive Auswertung von Häufigkeiten. Für jedes Merkmal wird dargestellt, wie sich die Antworten verteilen, Mittelwerte und Standardabweichungen ergänzen das Bild. Vor der Bewertung und Interpretation steht immer die Beschreibung des Ist-Standes: Was sagen uns die Daten? Was sehen wir? Wie stellt sich die Situation dar?

Erst danach wagen wir uns an die Frage: Was bedeuten diese Daten? Können wir zufrieden sein? War die Maßnahme erfolgreich? Wenn die Evaluationsstudie konsequent und folgerichtig geplant und durchgeführt wurde, dann erschließen sich die Antworten auf diese Fragen relativ leicht: Waren die Indikatoren passend gewählt, dann können über die Ergebnisse Schlüsse auf die Teilziele/Teilkonstrukte und auf der nächsten Stufe dann auch auf das übergeordnete Ziel gezogen werden.

3.4 Welchen Standards sollte eine gute Evaluation genügen?

Die Gesellschaft für Evaluation beschreibt vier grundlegende Eigenschaften, die die Qualität einer Evaluation ausmachen, und nennt zu jeder der vier Eigenschaften ein Bündel an Standards (DeGEval 2016, S. 18ff.).

- **Nützlichkeit** (utility): „Die Nützlichkeitsstandards sollen sicherstellen, dass die Evaluation sich an abgestimmten und geklärten Evaluationszwecken sowie soweit möglich am Informationsbedarf der vorgesehenen Nutzerinnen und Nutzer ausrichtet“ (ebenda, S. 34). Diese Frage muss zu Beginn jeder Evaluation geklärt werden – was soll mit den Ergebnissen geschehen? Wer erhält sie? Wer soll damit weiterarbeiten? Der Aufwand einer Evaluation ist nur gerechtfertigt, wenn die Ergebnisse zu einer Verbesserung führen. Der Nutzen soll möglichst für alle Beteiligten nachvollziehbar sein.
- **Durchführbarkeit** (feasibility): „Die Durchführbarkeitsstandards sollen sicherstellen, dass eine Evaluation realistisch, gut durchdacht, diplomatisch und kostenbewusst geplant und ausgeführt wird“ (ebenda, S. 39). Hier stellt sich die Frage, welche Daten wirklich zur Beantwortung der Fragen gebraucht werden. Davon hängen die Methoden ab, mit denen die Daten erhoben werden müssen. Der veranschlagte Aufwand muss mit den zur Verfügung stehenden Mitteln im Verhältnis stehen. Widerstände oder Kritikpunkte müssen vorab bedacht und diplomatisch geklärt werden, um die Durchführung nicht zu gefährden.

- **Fairness** (propriety): „Die Fairnessstandards sollen sicherstellen, dass in einer Evaluation respektvoll und fair mit allen Beteiligten und betroffenen Personen und Gruppen umgegangen wird“ (ebenda, S. 41). Eine Evaluation dient der Weiterentwicklung und braucht deshalb die Unterstützung und Akzeptanz aller am Prozess beteiligten Gruppen und Personen. Respektvoll und fair miteinander umzugehen, transparent zu sein in den Verfahren und Ergebnissen und Mitsprache bei Konsequenzen und Entwicklungen zu ermöglichen, das erleichtert die Bereitschaft zur Teilnahme. Im Bildungsbereich besonders wichtig ist die klare Abgrenzung von Evaluation und Beurteilung. Die Evaluation dient der Verbesserung einer Maßnahme, nicht der Beurteilung von Lehrkräften.
- **Genauigkeit** (accuracy): „Die Genauigkeitsstandards sollen sicherstellen, dass eine Evaluation gültige und nachvollziehbare Informationen und Ergebnisse zu dem jeweiligen Evaluationsgegenstand und den Evaluationsfragestellungen hervorbringt und vermittelt“ (ebenda, S. 44). Bei diesem Standard geht es um die Angemessenheit und Qualität der verwendeten Methoden. Ergebnisse werden nur dann akzeptiert, wenn sie nach den Regeln der Kunst, also auf der Basis von objektiven und validen Verfahren zustande gekommen sind. Die Personen, die eine Evaluation durchführen, müssen jederzeit Rechenschaft ablegen können über die verwendeten Verfahren und die Einhaltung der einschlägigen professionellen Methoden.

3.5 Hinweise zum Datenschutz

Der Datenschutz setzt sich für den Schutz personenbezogener Daten ein. Wenn im Rahmen einer Studie personenbezogene Daten erhoben werden, dann müssen die jeweilig geltenden Datenschutzbestimmungen eingehalten werden. Datenschutzbestimmungen enthalten Vorschriften zur Freiwilligkeit der Teilnahme, zur Anonymisierung personenbezogener Daten, zur Speicherung und Löschung von Daten sowie zur Veröffentlichung von Ergebnissen.

Im Anschreiben zu einer Befragung sollten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer je nach den geltenden Datenschutzbestimmungen informiert werden über

- die Freiwilligkeit der Teilnahme,
- die vertrauliche Behandlung der Angaben,
- die ausschließlich anonymisierte bzw. pseudonymisierte Verarbeitung der Daten,
- den geplanten Zeitpunkt der Löschung der Daten sowie
- die Art und Weise einer eventuellen Veröffentlichung der Ergebnisse.

Wenn Daten über mehrere Messzeitpunkte miteinander verknüpft werden sollen, dann empfiehlt sich die Verwendung eines einfachen persönlichen Codes, z.B. so:

So erstellen Sie Ihren eigenen, persönlichen Code:

1. und 2. Buchstabe des Vornamens der Mutter,
 1. und 2. Buchstabe des Vornamens des Vaters,
- Tag Ihrer Geburt.

Beispiel:

Die Mutter heißt Sonja, der Vater heißt Helmut, der Geburtstag ist der 08. Juni 1989.

Der Code wäre dann: SOHE08

4 Ausblick auf die Module der Evaluation von Experimento

Evaluationen im Rahmen von Experimento sind vor allem darauf gerichtet, zu prüfen, ob die regionalen Angebote im Bildungsprogramm Experimento geeignet sind, die Ziele des Programms zu erreichen (vgl. Kap. 2) und Anregungen für die Weiterentwicklung des Angebots vor Ort zu geben.

Zu diesem Zweck werden in diesem Leitfaden Verfahren und Instrumente vorgestellt, die helfen, die verschiedenen Bausteine des Programms in ihrer regionalen Umsetzung zu reflektieren und ggf. weiter zu entwickeln. Auch wenn viele der genannten Aspekte sich auch zur Überprüfung des Einsatzes von Experimento im Kindergarten eignen, beziehen sich die hier vorgestellten Methoden und Instrumente in erster Linie auf den Einsatz von Experimento durch Lehrkräfte im Unterricht.

Die einzelnen Bausteine sind

- die Experimento Handreichung,
- die Experimento Fortbildung für Lehrkräfte,
- die Experimento Materialien zum Experimentieren.

Die Handreichungen und Fortbildungen wollen Lehrkräfte motivieren, Experimente im Unterricht einzusetzen, und sie befähigen, die Experimente effektiv und didaktisch sinnvoll im Unterricht für die Lernentwicklung der Schülerinnen und Schüler zu nutzen.

Mit einer Checkliste kann die Qualität der Handreichungen überprüft werden (Evaluationsbereich 1, Kap. 5). Die Qualität der Handreichungen bemisst sich an drei Teilaspekten:

- Sind die angebotenen Experimente wichtig und in ihrer Auswahl exemplarisch für eine naturwissenschaftliche Grundbildung?
- Entspricht das Angebot fachwissenschaftlichen, fachmethodischen und fachdidaktischen Standards?
- Erleichtert das Angebot den Lehrkräften den Einsatz von Experimenten im Unterricht (Usability)?

Die Wirkung der Fortbildung auf Einstellungen und Wissen der Lehrkräfte kann mit einem Fragebogen und einem Test überprüft werden (Evaluationsbereich 2, Kap. 6):

- Der Fragebogen gibt Auskunft darüber, mit welchen Überzeugungen, Interessen und Selbstkonzept die Lehrkräfte in die Fortbildung kommen und ob das Selbstkonzept der Teilnehmerinnen und Teilnehmer durch die Fortbildung wächst.
Nach der Fortbildung enthält der Fragebogen zusätzlich Fragen zur Zufriedenheit
 - mit den Inhalten der Fortbildung sowie
 - mit den Referierenden und den Rahmenbedingungen.
- Mit dem Test kann das fachmethodische und fachdidaktische Vorwissen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer geprüft werden und ob dieses sich durch die Fortbildung verändert.

Die Nutzung der Materialien dokumentieren die Lehrkräfte in einem Logbuch (Evaluationsbereich 3, Kap. 7). Die Auswertung der Logbücher gibt Auskunft darüber,

- wie häufig die Materialien genutzt werden,
- welche Versuche häufig eingesetzt werden und welche selten,
- wie häufig das Schülerarbeitsblatt verwendet wird,
- in welchen Klassen die Experimento Materialien am häufigsten eingesetzt werden,
- wie zufrieden die Lehr- und Fachkräfte mit den Materialien sind und
- was aus ihrer Sicht verbessert werden könnte.

Ein detailliertes und reales Bild des Einsatzes im Unterricht vermittelt eine Video- oder Beobachtungsstudie (Evaluationsbereich 4, Kap. 8). Vier an der aktuellen Fachdidaktik orientierte Kriterien geben Auskunft darüber, wie lernförderlich Experimente im Unterricht eingesetzt werden:

- Erhalten Schülerinnen und Schüler vielfältige Gelegenheiten, sich aktiv am Prozess der Erkenntnisgewinnung zu beteiligen?
- Orientiert sich der Einsatz der Experimente an echten Problemen?
- Ermuntert die Lehrkraft die Schülerinnen und Schüler, sich zu äußern und ihr Vorwissen zu aktivieren?
- Regt die Lehrkraft zum Nachdenken an?

Der Evaluationsbereich 5 (Kap. 9) gibt Lehrkräften Anregungen, wie sie den Erfolg ihres Unterrichts überprüfen können. Die Testaufgaben beziehen sich auf die drei zentralen Schritte im Erkenntnisprozess:

- Entwickeln von naturwissenschaftlichen Fragestellungen und Hypothesen
- Planen und Durchführen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen
- Auswerten und Interpretieren von Daten

Mit einem Fragebogen lässt sich untersuchen,

- wie das Interesse an Naturwissenschaften ausgeprägt ist,
- wie sicher sich Kinder beim Experimentieren fühlen (Selbstkonzept) und ob bzw. wie sich das verändert.

Alle hier vorgestellten Instrumente und Verfahren wurden in Deutschland im Rahmen einer Evaluation pilotiert und eingesetzt.

5 Evaluationsbereich 1 – Wie nützlich sind die Handreichungen, Schülerarbeitsblätter und die Experimentiermaterialien?

Das Bildungsprogramm Experimento der Siemens Stiftung unterstützt das frühe naturwissenschaftliche Lernen durch Experimentiermaterial, Handreichungen für Lehrkräfte und Arbeitsblätter für Schülerinnen und Schüler.

Die Handreichungen helfen den Lehrkräften, Experimente auf eine didaktisch sinnvolle Art und Weise in ihrem Unterricht einzusetzen. Die Handreichungen sind Grundlage für die Fortbildungen und Nachschlagewerk für den täglichen Einsatz der Materialien im Unterricht. Die Schülerarbeitsblätter unterstützen den Einsatz im Unterricht und machen es möglich, die Schülerinnen und Schüler selbstständig mit dem Experimentiermaterialien arbeiten zu lassen. Die Experimentiermaterialien ermöglichen den Lehrkräften das unkomplizierte Experimentieren ohne große Vorbereitung oder Besorgungen.

Wenn die Handreichungen, die Schülerarbeitsblätter und die Experimentiermaterialien national angepasst wurden, kann mit dem im Folgenden beschriebenen Instrument (Checkliste) die Qualität der Materialien gesichert werden.

Der Evaluationsbereich 1 zur Nützlichkeit der Handreichungen, Schülerarbeitsblätter und der Experimentiermaterialien zeigt Kriterien, mit denen überprüft werden kann, ob die vorliegenden Materialien geeignet sind, um damit die Ziele des Bildungsprogramms Experimento zu erreichen. Die Befunde liefern Anregungen für eine Überarbeitung und Anpassung der Materialien.

Als Methode kommt hier eine Inhaltsanalyse zum Einsatz, die von fachlichen/fachdidaktischen Experten durchgeführt wird oder von Lehramtsstudierenden, die vorab von Experten geschult worden sind. Die Qualität des Experimentiermaterials wird während einer mehrfachen Erprobung dokumentiert und anschließend ausgewertet.

5.1 Worin besteht die Qualität der Handreichungen, Schülerarbeitsblätter und der Experimentiermaterialien?

Die Qualität und Nützlichkeit der Handreichungen wird an fünf naturwissenschaftlich relevanten Kriterien überprüft:

1. Die Inhalte sind lehrplanbezogen.
2. Die Handreichungen liefern das notwendige Fachwissen.
3. Die Handreichungen und Schülerarbeitsblätter geben viele Anregungen für naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen.
4. Die Handreichungen geben didaktische Hinweise für einen effektiven Einsatz der Experimente im Unterricht.
5. Die Experimentiermaterialien sind einfach zu benutzen.

5.1.1 Passen die Inhalte der Handreichung zum nationalen Lehrplan?

Der Bezug zum Lehrplan vereinfacht es für die Lehrkräfte, die Experimente im regulären Unterricht einzusetzen und damit die im Lehrplan vorgeschriebenen Ziele zu erreichen.

Kriterium Lehrplanbezug: Die Handreichungen sind nützlich, wenn die Auswahl der angebotenen Experimente den nationalen Lehrplänen und/oder – soweit vorhanden – vorgegebenen Standards (z.B. PISA) entspricht und Angebote aus unterschiedlichen Fachbereichen liefert.

Prüfung: Tragen Sie zunächst die Themenfelder in die Tabelle ein (Spalte 1) und kreuzen Sie für jedes einzelne Themenfeld die Übereinstimmung mit den nationalen Lehr- und Bildungsplänen (Kindergarten, Grundschule und weiterführende Schulen) an.

Themenfeld ... ist Bestandteil von	Bildungsplan Kindergarten	Lehrplan Primarbereich	Lehrplan Sekundarbereich	Andere national relevante Vorgaben

5.1.2 Enthält die Handreichung das für die Durchführung der Experimente notwendige Fachwissen?

Fachwissen ist eine wichtige Voraussetzung dafür, dass sich Lehrkräfte sicher und gut vorbereitet fühlen, Experimente im Unterricht einzusetzen. Das Fachwissen hilft ihnen, naturwissenschaftliche Konzepte im Alltag zu erkennen, Fragen der Schülerinnen und Schüler kompetent zu beantworten und Experimente professionell einzusetzen. Da gerade Lehrkräfte im Primarbereich selten über ein naturwissenschaftliches Studium verfügen, sollten in der Handreichung die wichtigsten fachlichen Hintergrundinformationen enthalten sein.

Zur Analyse des fachlichen Hintergrunds betrachten wir zwei Aspekte: Als „Fachbegriffe“ verstehen wir fachwissenschaftliche Formulierungen, die über die Alltagssprache hinausgehen (z. B. Elektronen, Aminosäuren, Proteine, Denaturierung). Auch wenn diese Fachbegriffe meist nicht an die Kinder weitergegeben werden, sollten die wichtigsten für das Verständnis des fachlichen Hintergrunds genannt und erklärt werden. Als Konzepte bezeichnen wir Verknüpfungen von zwei oder mehr Bedingungen in einem inhaltlichen (oft kausalen) Zusammenhang (z. B. Hat der Schalter den Stromkreis unterbrochen, können keine Elektronen mehr fließen, die Glühlampe leuchtet nicht. – Je kleiner die Bodenbestandteile, desto besser wird das Wasser gefiltert).

Kriterium Fachwissen: Die Handreichungen sind nützlich, wenn sie die notwendigen Fachbegriffe und Konzepte enthalten und diese verständlich und fachlich richtig erklärt werden.

Prüfung: Tragen Sie die Nummer/ein Stichwort für den Versuch in die Tabelle (Spalte 1) ein. Prüfen Sie für jeden einzelnen Versuch in der Lehrerhandreichung, ob die für den Versuch relevanten Fachbegriffe und naturwissenschaftlichen Konzepte genannt und die Begriffe für die Lehrkraft verständlich erklärt werden.

Versuch		Vollständig	Überwiegend	Selten	Gar nicht	Was fehlt?
	Die Fachbegriffe werden genannt.					
	Die Fachbegriffe werden verständlich erklärt.					
	Die Konzepte werden genannt.					

5.1.3 Enthält die Handreichung/das Schülerarbeitsblatt Anregungen zu Methoden der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung?

Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen sind neben dem fachlichen Wissen ein zentraler Bestandteil naturwissenschaftlicher Kompetenz (Wellnitz & Mayer, 2013). Zur Vorbereitung der für das Experimentieren notwendigen Kompetenzen müssen eine Reihe von typischen Denk- und Arbeitsweisen zwingend beherrscht werden (Anders, Hardy, Pauen, Ramseger, Sodian & Steffensky, 2013). Dazu gehören Fähigkeiten wie z.B. Prozesse und Sachverhalte systematisch zu beobachten, Merkmale zu identifizieren und deren Ausprägungen zu messen, zu ordnen und zu vergleichen. Lehrkräften ohne naturwissenschaftliche Vorbildung ist die Bedeutung dieser Methoden oft nicht explizit bewusst. Die Handreichung bzw. das Schülerarbeitsblatt kann hier einen wichtigen Beitrag leisten.

Kriterium Methoden der Erkenntnisgewinnung: Die Handreichungen und Schülerarbeitsblätter sind nützlich, wenn in ihnen möglichst viele verschiedene altersangemessene naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen explizit genannt und angeregt werden.

Prüfung: Tragen Sie die Nummer/ein Stichwort für den Versuch in die Tabelle (Spalte 1) ein. Kreuzen Sie für jeden Versuch an, ob im Schülerarbeitsblatt und in der Lehrerhandreichung die folgenden naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen wörtlich oder paraphrasiert genannt werden (Mehrfachnennungen möglich).

Versuch	Schülerarbeitsblatt	Lehrerhandreichung
	<input type="checkbox"/> Beobachten/Betrachten <input type="checkbox"/> Vergleichen/Ordnen <input type="checkbox"/> Variieren <input type="checkbox"/> Messen <input type="checkbox"/> Untersuchen <input type="checkbox"/> Zeichnen/Protokollieren/ Dokumentieren	<input type="checkbox"/> Beobachten/Betrachten <input type="checkbox"/> Vergleichen/Ordnen <input type="checkbox"/> Variieren <input type="checkbox"/> Messen <input type="checkbox"/> Untersuchen <input type="checkbox"/> Zeichnen/Protokollieren/ Dokumentieren

5.1.4 Enthält die Handreichung das für die Durchführung der Experimente notwendige fachdidaktische Wissen?

Lehrkräfte an Grundschulen sind für den naturwissenschaftlichen Unterricht meist nur wenig ausgebildet. Damit sie trotzdem einen effektiven naturwissenschaftlichen Unterricht vorbereiten und durchführen können, müssen die Materialien die Lehrkräfte mit fachdidaktischen Informationen unterstützen und grundlegende Prinzipien eines guten naturwissenschaftlichen Unterrichts vermitteln (Dochy, Segers, Van den Bossche & Gijbels 2003; Morrison & Ledermann, 2003).

Kriterien Fachdidaktik: Die Handreichungen sind nützlich, wenn sie

- a) den Lehrkräften explizite Hinweise für einen an Alltagsphänomenen und Problemen orientierten Unterricht geben,
- b) viele Beispiele für Schüler- und Lehrerfragen (Impulse) nennen,
- c) die benötigten Schülervorkenntnisse und typische Schülerfehlvorstellungen aufzeigen und
- d) explizite Anregungen für Schüleraktivitäten zum selbstständigen Forschen und Arbeiten geben.

Prüfung a) Tragen Sie die Nummer/ein Stichwort für den Versuch in die Tabelle (Spalte 1) ein. Ein Alltagsphänomen ist eine Situation oder ein Sachverhalt aus der Lebenswelt der Kinder. Das Phänomen ist passend, wenn damit das Konzept des Versuchs sichtbar wird. Zählen Sie die Menge an Phänomenen je Versuch und prüfen Sie, ob das Phänomen zum Versuch passt.

Versuch		Anzahl gesamt	Davon zum Versuch passend (Anzahl)
	Wie viele Alltagsphänomene aus der Lebenswelt der Kinder werden genannt?		

Prüfung b) Prüfen Sie für jeden Versuch den Einführungstext zu Beginn des Schülerarbeitsblatts. Führt er zu einem Problem oder einer Frage, die mit dem nachfolgenden Versuch geklärt werden können? Wie viele Fragen werden je Versuch in der Lehrerhandreichung und dem Schülerarbeitsblatt gestellt?

Versuch			
	Führt die Einführung zu Beginn des Schülerarbeitsblatts zu einem Problem oder einer Frage, die mit dem Versuch gelöst werden können?	Ja	Nein
	Wie viele Impulsfragen enthält die Lehrerhandreichung zu diesem Versuch?	Anzahl:	
	Wie viele zum Nachdenken anregende Fragen enthält das Schülerarbeitsblatt zu diesem Versuch?	Anzahl:	

Prüfung c) Prüfen Sie für jeden Versuch, ob die notwendigen Schüler-Vorkenntnisse und mindestens ein Schüler-Fehlkonzept in der Handreichung genannt werden.

Versuch			
	Die benötigten Vorkenntnisse werden genannt.	Ja	Nein
	Wie viele typische Schülerfehlvorstellungen werden genannt?	Anzahl:	

Prüfung d) Kreuzen Sie für jeden Versuch an, zu welchen eigenständigen Aktivitäten die Schülerinnen und Schüler angeregt werden, sowohl im Schülerarbeitsblatt als auch in der Lehrerhandreichung.

Versuch		Anregung zu beobachten	Anregung zu fragen	Anregung zu vermuten	Anregung zur Planung eines Versuchs	Anregung zum freien Variieren/Ausprobieren
	Schülerarbeitsblatt					
	Lehrerhandreichung					

5.1.5 Sind die erforderlichen Experimentiermaterialien vorhanden und geeignet (einsetzbar/benutzerfreundlich)?

Ganz pragmatisch ist der Aspekt der Usability: Material, das einfach zu benutzen ist, erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass es auch benutzt wird. Für die Experimentiermaterialien bedeutet das, dass die Versuche ohne aufwändige Vorbereitung unmittelbar und gefahrlos einsatzbereit sein sollen (Gichoya, 2005), dass Verbrauchsmaterialien leicht nachzukaufen sind und die Materialien die Benutzung gut überstehen.

Kriterium Usability: Die Experimentiermaterialien sind nützlich, wenn alles notwendige Material aufgelistet ist, zu besorgende Gegenstände leicht zu beschaffen sind, alle enthaltenen Gegenstände robust und haltbar und die Sicherheitsangaben ausreichend sind.

Prüfung: Lassen Sie jeden Versuch von zwei unabhängigen Personen ausprobieren und die Merkmale bewerten.

Versuch		Ja	Nein	Was nicht? Was fehlt?
	Alles, was man für den Versuch braucht, ist aufgelistet.			
	Alle zu besorgenden Gegenstände hat man Zuhause oder bekommt sie im Supermarkt/ Drogeriemarkt/Kaufhaus.			
	Alle Gegenstände sind robust und haltbar.			
	Die im Vorspann genannten Sicherheitshinweise sind ausreichend.			

5.2 Wie prüfen Sie die Qualität der Handreichungen, Schülerarbeitsblätter und der Experimentiermaterialien?

Die Qualität der Handreichungen und Schülerarbeitsblätter wird durch eine quantitative Inhaltsanalyse (Mayring, 2015) anhand der oben beschriebenen Kriterien ermittelt. Der Lehrplanbezug bezieht sich auf die einzelnen Themenbereiche (Themenfelder), die anderen Kriterien werden für jeden einzelnen Versuch geprüft.

Die Kriterien für die Materialanalyse wurden im Rahmen des Projekts selbst entwickelt (Kohlhauf, Neuhaus, Haslbeck & Lankes). Sie können auch einzeln oder in Teilen überprüft werden.

Für eine zuverlässige Einschätzung hat es sich bewährt, die Kriterien von mindestens zwei Personen einschätzen (kodieren) zu lassen. Diese werden vorher solange in der Methode geschult, bis die Übereinstimmung der Bewertungen zufriedenstellend ist (Interraterreliabilität).

Die Usability der Experimentiermaterialien wird geprüft, indem zwei oder mehr unabhängige Beobachterinnen bzw. Beobachter jeden Versuch selbst ausprobieren und ihre Beobachtungen dokumentieren.

5.3 Wie interpretieren Sie die Ergebnisse?

Sie betrachten die Ergebnisse zu einem Kriterium über alle Themenfelder bzw. Versuche hinweg und können berechnen, wie viel Prozent der Themenfelder/Versuche dieses Kriterium erfüllen. Im Folgenden werden an fiktiven Ergebnissen Möglichkeiten der Interpretation aufgezeigt.

Kriterium Lehrplanbezug – Beispiel: Experimento I 8+ enthält 17 Themenfelder. Die Analyse könnte ergeben, dass 3 Themenfelder (18%) in den nationalen Bildungsplänen des Kindergartens, 10 Themenfelder (59%) im nationalen Lehrplan für die Primarstufe und 4 Themenfelder (23%) in keinem nationalen Plan vorkommen.

Diese (fiktiven) Befunde würden zeigen, dass das Material in diesem Fall schwerpunktmäßig für die Grundschule geeignet ist – die Lehrkräfte bewegen sich mit der Nutzung eng an den Lehrplänen. Ob die vier nicht zuordenbaren Themenfelder berechtigt sind oder ersetzt werden sollten,

muss diskutiert werden. Sollte der Anteil an nicht zuordenbaren Themenfeldern groß sein, dann können Lehrkräfte das Material nur außerhalb des Lehrplans einsetzen, also z.B. in Freistunden, Arbeitsgemeinschaften o.ä.

Kriterium Fachwissen – Beispiel: Experimento I 8+ enthält 43 Versuche. Die Analyse könnte ergeben, dass bei 40 Versuchen die Fachbegriffe (93%) genannt, aber davon nur in 34 Versuchen auch verständlich erklärt werden (85% von 40). Die im Versuch sichtbar werdenden Konzepte werden bei allen 43 Versuchen (100%) genannt.

In diesem Fall liefern die Handreichungen der Lehrkraft weitgehend das nötige Fachwissen für den Unterricht. Ziel sollte sein, dass möglichst zu allen Versuchen das Fachwissen genannt und erklärt wird und die in den Versuchen sichtbar werdenden Konzepte ebenfalls genannt werden. Lücken bei einzelnen Versuchen weisen auf einen Verbesserungsbedarf.

Kriterium Denk- und Arbeitsweisen: Neben dem fachlichen Wissen lernen Schülerinnen und Schüler beim Experimentieren spezifische Denk- und Arbeitsweisen, die für den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess, aber auch weit darüber hinaus für rationales, an Evidenz orientiertes und analytisches Denken und Argumentieren grundlegend sind. Die Denk- und Arbeitsweisen müssen gezielt im Unterricht aufgebaut werden. Die Handreichung kann dabei helfen, wenn möglichst viele unterschiedliche Denk- und Arbeitsweisen angeregt werden.

Die Analysen geben einen Hinweis darauf

- wie viele Denk- und Arbeitsweisen insgesamt vorkommen (Summe aller Nennungen),
- welche der Denk- und Arbeitsweisen häufig, welche zu selten angeregt werden (Anteil an der Summe in Prozent),
- ob die Denk- und Arbeitsweisen eher in der Lehrerhandreichung (Anregung durch die Lehrkraft) oder im Schülerarbeitsblatt (Anregung zum Selbermachen) genannt werden,
- zu welchen Versuchen – oder zusammengefasst: in welchen Themenfeldern – besonders viele oder besonders wenige Denk- und Arbeitsweisen angeregt werden. Das wäre wieder ein Hinweis auf einen Überarbeitungsbedarf.

Kriterium Fachdidaktik: Die vier Aspekte mit den dazugehörigen Fragen werden für jeden einzelnen Versuch bewertet. Zu jedem Versuch sollte mindestens ein Alltagsphänomen aus der Lebenswelt der Kinder genannt sein. Die Einführung in den Versuch sollte zu einem Problem oder einer Frage führen, die mit dem Versuch wenigstens ein Stück weit geklärt werden kann. Die Lehrerhandreichung sollte zu jedem Versuch mehrere Fragen als Beispiele für Lernimpulse zeigen. Das Schülerarbeitsblatt sollte zu jedem Versuch mehrere Fragen enthalten, die die Schüler zum Denken und Forschen anregen. In der Lehrerhandreichung sollte zu jedem Versuch, mindestens aber zu jedem Themenfeld das bei den Schülern benötigte Vorwissen sowie mindestens ein zu erwartendes Schüler-Fehlkonzept genannt werden. Je mehr Anregungen zur Aktivierung der Schüler in der Lehrerhandreichung und zu Eigenaktivitäten im Schülerarbeitsblatt, umso besser.

Kriterium Usability: Zu jedem Versuch sollten möglichst alle Fragen mit „ja“ beantwortet werden. Fragen, die mit „nein“ beantwortet werden, geben Hinweise auf einen Überarbeitungsbedarf.

6 Evaluationsbereich 2 – Die Qualität der Fortbildung

Das Bildungsprogramm Experimento bietet Lehrkräften eine alltagsgerechte und lehrplanorientierte Auswahl an Themen rund um die Bereiche Energie, Umwelt und Gesundheit und vermittelt in Fortbildungen den Umgang mit den Experimenten und deren Einsatz im Unterricht.

Lehrkräfte brauchen Wissen, damit sie naturwissenschaftliche Experimente sinnvoll und effektiv in Lernsituationen einbetten können (Corrigan, Dillon & Gunstone, 2011). Im Rahmen des Bildungsprogramms Experimento wird eine national organisierte Fortbildung für Lehrkräfte angeboten, in der Wissen und Überzeugungen der Lehrkräfte so weiterentwickelt werden sollen, dass sie das Material im Sinne der Ziele des Bildungsprogramms Experimento einsetzen (Van Veen, Zwart & Meirink, 2012).

Domänenspezifisches Wissen, hier also naturwissenschaftliches handlungsleitendes Wissen von Lehrkräften, wird differenziert in fachliches und fachdidaktisches Wissen (Baumert & Kunter, 2006). Es genügt aber nicht, über das Wissen zu verfügen, man muss auch bereit sein, es einzusetzen, also über die entsprechenden Einstellungen und Überzeugungen verfügen. Eine grundlegende Voraussetzung für den Lernprozess ist, dass die Lehrkräfte mit der Fortbildung zufrieden sind und diese akzeptieren.

Wir prüfen die Qualität der Fortbildung an vier Aspekten:

1. Liefert die Fortbildung das notwendige Fachwissen, das Lehrkräfte brauchen, um die Experimente fachlich richtig einzusetzen?
2. Liefert die Fortbildung das notwendige fachdidaktische Wissen, das Lehrkräfte brauchen, um Fachwissen und fachmethodisches Wissen verständlich zu vermitteln?
3. Haben die Lehrkräfte Gelegenheit, das fachliche und fachdidaktische Wissen in der Fortbildung auch (an Beispielen) anzuwenden, um Sicherheit beim Einsatz von Experimenten zu gewinnen?
4. Wie zufrieden sind die Lehrkräfte mit der Fortbildung?

Der Evaluationsbereich 2 – Die Qualität der Fortbildung – gibt Anregungen, wie die Wirkung der Fortbildung auf das fachmethodische und fachdidaktische Wissen sowie auf die Sicherheit beim Einsatz von Experimenten überprüft werden kann. Die Befunde können Hinweise auf einen eventuellen Überarbeitungsbedarf der Fortbildung liefern.

6.1 Was erwarten wir von einer guten naturwissenschaftlichen Fortbildung zum Experimentieren?

Der Aufbau von handlungsleitendem Wissen ist ein langfristiger Prozess, in dem viele verschiedene Faktoren wirken. Fortbildungen sind meist zeitlich eng begrenzte Veranstaltungen, deren nachhaltige und langfristige Effekte deshalb schwer zu belegen sind (Darling-Hammond, Hyler & Gardner, 2017). Gleichwohl erwarten wir einen nachweisbaren Zuwachs an Wissen und Sicherheit direkt nach der Fortbildung.

6.1.1 Fachmethodisches Wissen

Beim naturwissenschaftlichen Fachwissen unterscheiden wir zwischen inhaltlichem Wissen über naturwissenschaftliche Begriffe und Konzepte einerseits und Wissen über typische naturwissenschaftliche Methoden zur Generierung und Beurteilung fachlichen Wissens andererseits (Shulman, 1987).

Auch wenn Kinder im Kindergarten- oder Grundschulalter nur einfaches, altersangemessenes Wissen und erste methodische Grundkenntnisse erwerben sollen, brauchen Lehrkräfte ein tieferes Verständnis von Begriffen und Konzepten sowie ein breiteres fachmethodisches Wissen. Fachwissen hat sich zudem als eine relevante Bedingung für fachdidaktische Fähigkeiten erwiesen. Das bedeutet, wer die fachwissenschaftlichen Hintergründe nicht kennt, tut sich schwer, auch einfachere fachliche Zusammenhänge zu vermitteln (Riese & Reinhold, 2010).

Das inhaltliche fachliche Wissen (Begriffe, Konzepte) ist für jeden Versuch spezifisch. Wie schon bei den Handreichungen so erwarten wir auch in den Fortbildungen, dass die notwendigen Fachbegriffe und Konzepte genannt sowie verständlich und fachlich richtig erklärt werden. Weil aber in den Fortbildungen nur eine (nicht vorbestimmte) Auswahl aus den angebotenen Experimenten vorbereitet und erprobt werden kann, in jeder Fortbildung also unterschiedliches Fachwissen vermittelt wird, ist eine allgemeine Überprüfung des inhaltlichen Fachwissens im Rahmen der Evaluation nicht möglich.

Für jeden Einsatz von Experimenten im Unterricht gilt aber das gleiche methodische Vorgehen: Zu Beginn stellt man eine Hypothese (Vermutung) auf und plant das zur Prüfung der Hypothese passende Experiment. Während bzw. nach der Durchführung beobachtet und beschreibt man die Ergebnisse und wertet diese zuletzt in Bezug auf die aufgestellte Hypothese aus. Dies nennt man den naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg.

Um Experimente fachlich richtig vorzubereiten und den Erkenntnisweg systematisch mit den Kindern zu bearbeiten, müssen pädagogische Fachkräfte und Lehrkräfte selbst in der Lage sein,

- Hypothesen zu bilden,
- Untersuchungen zu planen
- und Daten auszuwerten.

Diese drei Kompetenzen werden in einem Test zum fachmethodischen Wissen zusammengefasst, mit dem überprüft werden kann, ob das fachmethodische Wissen der Lehrkräfte durch die Fortbildung steigt.

6.1.2 Fachdidaktisches Wissen

Fachdidaktisches Wissen braucht die Lehrkraft, um Fachwissen und fachmethodisches Wissen für die Kinder verständlich zu vermitteln (Shulman, 1986, 1987). Das fachdidaktische Wissen hängt mit dem Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern im Unterricht zusammen (Förtsch et al., 2018) und ist ein entscheidender Faktor für die Qualität von Unterricht.

Eine fachdidaktisch kompetente Lehrkraft kennt die typischen Schwierigkeiten und Fehlkonzepte der Schülerinnen und Schüler und verfügt über Strategien zum optimalen Einsatz von Experimenten beim Gestalten von Lernangeboten.

Um Experimente im Unterricht so anzubieten, dass Schülerinnen und Schüler auf der Basis ihres Vorwissens möglichst viel dabei lernen können, erwerben Lehrkräfte in der Fortbildung

- Wissen über Schülervorstellungen und den lernunterstützenden Umgang mit Schülerfehlern,
- Wissen über Instruktions- und Vermittlungsstrategien.

Diese zwei Wissensbereiche werden in einem Test zum fachdidaktischen Wissen zusammengefasst und – weil fachdidaktisches Wissen nur im Kontext eines fachlichen Inhalts angewendet und überprüft werden kann – an je einem Primarstufen-Thema aus der Biologie (Atmung) und aus der Physik (Strom) überprüft. Mit dem Test kann überprüft werden, ob das fachdidaktische Wissen der Lehrkräfte durch die Fortbildung steigt.

6.1.3 Gewinn an Sicherheit beim Einsatz von Experimenten

Nicht nur Wissen und Fähigkeiten, auch persönliche Überzeugungen und Einstellungen wie etwa die Einschätzung der eigenen Fähigkeiten (Selbstkonzept) beeinflussen die Bereitschaft von Lehrkräften und Fachpersonal, im Unterricht Experimente einzusetzen (Klingebiel & Klieme, 2016): Wer sich kompetent und sicher in einem Bereich fühlt, ist eher bereit, sich damit zu beschäftigen bzw. die Aufgabe anzunehmen. Wer Angst vor einem Thema hat, sich unsicher fühlt oder nicht ausreichend kompetent, der wird solche Themen und Aufgaben eher vermeiden. Das gilt auch, wenn es um die Vermittlung von fachlichen und fachmethodischen Inhalten geht.

Wenn die Lehrkräfte in der Fortbildung Gelegenheit hatten, das fachliche und fachdidaktische Wissen auch (an Beispielen) anzuwenden, dann erwarten wir, dass das Selbstkonzept der Teilnehmenden, also ihre Sicherheit beim Einsatz von Experimenten, durch die Fortbildung wächst.

6.1.4 Akzeptanz und Zufriedenheit mit der Fortbildung

Eine wichtige Voraussetzung für den Erfolg einer Fortbildung ist, dass die Teilnehmerinnen und Teilnehmer mit der Veranstaltung zufrieden sind (Lipowsky, 2010). Die Zufriedenheit steigt, wenn die Inhalte als interessant, passend und praxisrelevant erlebt werden, wenn die Referenten und Referentinnen den Teilnehmerinnen und Teilnehmern zugewandt und offen sind und insgesamt eine angenehme Atmosphäre herrscht (Smith & Gillespie, 2007; Lipowsky, 2010).

Dementsprechend prüfen wir die Zufriedenheit der Lehrkräfte ...

- mit den Inhalten der Fortbildung,
- mit den Referierenden und
- mit den Rahmenbedingungen.

Wir prüfen nach der Fortbildung mit einem Fragebogen, ob die Lehrkräfte mit den Inhalten, den Rahmenbedingungen und mit den Referierenden zufrieden waren.

6.2 Wie prüfen Sie die Wirkung der Fortbildung?

Um den Lernzuwachs im fachmethodischen und fachdidaktischen Wissen zu überprüfen, können wir am besten einen Test verwenden. Allerdings ist die Entwicklung eines zuverlässigen Tests eine sehr aufwändige Aufgabe, die methodische Expertise und Erfahrung voraussetzt. Besser ist es, auf verfügbare Tests zurück zu greifen, z. B. auf den erprobten Experimento-Test für Lehrkräfte, der im Folgenden erläutert wird.

Vor der Fortbildung eingesetzt zeigt der Test das Vorwissen, mit dem Lehrkräfte oder pädagogisches Fachpersonal in die Fortbildung kommen. Die Fortbildung sollte dieses Vorwissen berücksichtigen und darauf aufbauen. Nach der Fortbildung eingesetzt zeigt der Test dann den Lernfortschritt der Teilnehmerinnen und Teilnehmer.

Das Selbstkonzept wird durch einen Fragebogen vor und nach der Fortbildung erhoben. Die Zufriedenheit mit der Fortbildung wird durch einen Fragebogen nach der Fortbildung erfasst.

Damit Pretest und Posttest zugeordnet werden können, werden die Teilnehmerinnen und Teilnehmer aufgefordert, einen Code zu generieren und einzutragen.

6.2.1 Der Experimento-Test zum fachmethodischen Wissen

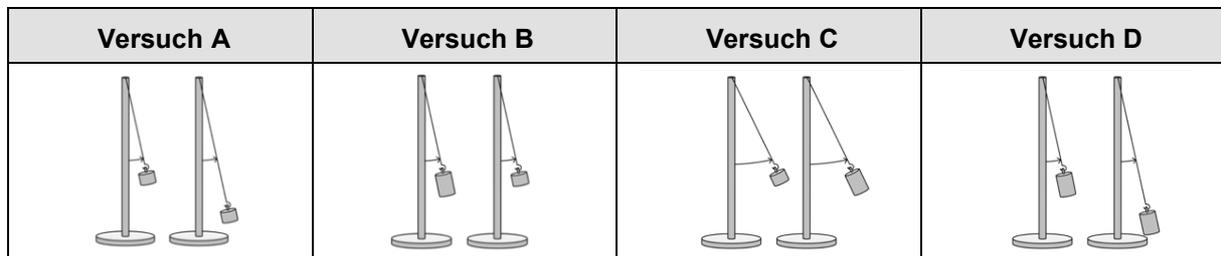
Für den Experimento-Test zum fachmethodischen Wissen wurden erprobte Aufgaben aus vorliegenden Studien übernommen (Vorholzer, 2016; Arnold, 2015), teilweise angepasst und mit selbst konstruierten Aufgaben ergänzt.

Die Aufgaben zum Teilkonstrukt „Hypothesen bilden“ zielen auf die Passung von Versuchsaufbau und Fragestellung/Hypothese ab und prüfen das Verständnis der Funktion von Hypothesen.

Voraussetzung für den systematischen Aufbau einer Untersuchung ist die Unterscheidung von unabhängigen und abhängigen Variablen. Um einen kausalen Zusammenhang eines (unabhängigen) Merkmals auf eine (abhängige) Veränderung herstellen zu können, darf immer nur eine unabhängige Variable variiert werden, alle anderen unabhängigen Variablen bzw. Störvariablen müssen gleich bleiben bzw. kontrolliert werden (Variablenkontrollstrategie). Die Aufgaben zum Teilkonstrukt „Untersuchung planen“ zielen auf das Erkennen der unabhängigen und abhängigen Variablen sowie von Störvariablen ab und prüfen das Verständnis der Variation einer unabhängigen Variablen.

Am Anfang einer Auswertung steht immer die Dokumentation der Beobachtung. Dabei muss exakt zwischen Beobachtung und (der daraus abgeleiteten) Deutung unterschieden werden, bevor eine Schlussfolgerung gezogen werden kann. Das prüfen die Aufgaben zum Teilkonstrukt „Daten auswerten“.

Markus hat eine Versuchsreihe geplant, mit der er die Schwingungen eines Fadenpendels untersuchen möchte. Er hat dazu die folgenden vier Versuche überlegt, die alle dazu geeignet sind, den Einfluss eines einzelnen Faktors zu überprüfen.



Welche der oben abgebildeten Versuche sind für Sie dazu geeignet, die Frage: „Hängt die Schwingungsdauer von der Länge des Fadens ab?“ zu überprüfen? Bitte nur eine Antwort ankreuzen.

- Nur Versuch A
- Die Versuche A und D
- Die Versuche A, B und D
- Versuch D
- Keiner der Versuche

Beispielaufgabe zum fachmethodischen Wissen, Teilkonstrukt „Untersuchung planen“ (nach Vorholzer, 2016)

6.2.2 Der Experimento-Test zum fachdidaktischen Wissen

Der Experimento-Test zum fachdidaktischen Wissen wurde im Rahmen des Projekts selbst entwickelt (von Kotzebue, Haslbeck & Neuhaus). Der Test orientiert sich an Vorarbeiten von Jüttner, Boone, Park & Neuhaus (2013) sowie von Kotzebue & Nerdel (2012).

Die Aufgaben prüfen das fachdidaktische Wissen der Lehrkräfte am Beispiel Strom (Physik) und am Beispiel Atmung (Biologie) über vier Teilkonstrukte:

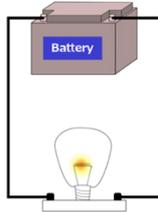
- Wissen über Schülervorstellungen und den richtigen Umgang mit Fehlern,
- Wissen über Instruktions- und Vermittlungsstrategien,
- Wissen über den Einsatz von Modellen als Strategie zur Veranschaulichung und
- Wissen darüber, wie naturwissenschaftliche Konzepte an Alltagsphänomenen erfahrbar gemacht werden können.

Mathilda und Leon wollen herausfinden, ob die Größe der Batterie einen Einfluss auf die Helligkeit der Lampe hat. Sie machen einen Versuch:

Bedingung 1:

Raumtemperatur 28°C

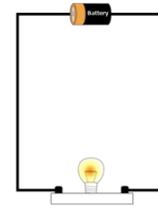
eine große Batterie,
eine große Lampe
und zwei Kabel



Bedingung 2:

Raumtemperatur 10°C

eine kleine Batterie,
eine kleine Lampe
und zwei Kabel



Die große Lampe leuchtet heller. Die Kinder kommen zu dem Ergebnis, dass die Batterie einen Einfluss auf die Helligkeit der Lampe hat.

Schülerfehler: Mathilda und Leon bemerken nicht, dass Sie aus diesem Experiment keine kausale Schlussfolgerung ziehen können, da drei Faktoren (Batterie, Raumtemperatur, Lampe) verändert wurden.

**Wie können Sie als Lehrkraft auf derartige Fehler im Unterricht reagieren?
Nennen Sie bitte drei Ideen.**

Beispielaufgabe zum fachdidaktischen Wissen, Teilkonstrukt „Schülervorstellung und Umgang mit Schülerfehlern“ (von Kotzebue, Haslbeck & Neuhaus)

6.2.3 Der Fragebogen zum didaktischen Selbstkonzept

Der Fragebogen zum didaktischen Selbstkonzept nutzt Fragen aus vorliegenden Studien.

Er enthält

- eine allgemeine Skala zur Einschätzung der eigenen Fähigkeiten zum Einsatz von Experimenten im Unterricht (Kuhn, Lankes & Steffensky, 2012),
- eine Skala zur Einschätzung der eigenen Fähigkeiten beim Unterricht zum Thema Strom (Böttcher-Graf, 2016),
- eine Skala zur Einschätzung der eigenen Fähigkeiten beim Unterricht zum Thema Atmung (Böttcher-Graf, 2016),
- eine Skala zur Einschätzung der eigenen Fähigkeiten bei der Erklärung der Variablenkontrollstrategie (Haslbeck, 2019).

Skala	Beispielitem
Didaktisches Selbstkonzept zum Einsatz von Experimenten	Ich kann naturwissenschaftliche Phänomene kindgemäß erklären.
Didaktisches Selbstkonzept Strom	Ich traue mir zu, Schülerexperimente zum Thema „Strom“ in den Unterricht zu integrieren.
Didaktisches Selbstkonzept Atmung	Ich traue mir zu, Schülerexperimente zum Thema „Atmung“ in den Unterricht zu integrieren.
Didaktisches Selbstkonzept zur Variablenkontrollstrategie	Ich kann den Kindern erklären, was passiert, wenn man bei einem Experiment mehrere Merkmale verändert.

Beispielitems aus den Skalen zum didaktischen Selbstkonzept (Kuhn, Lankes & Steffensky, 2012; Böttcher-Graf, 2016; Haslbeck, 2019)

6.2.4 Der Fragebogen zur Zufriedenheit

Der Fragebogen zur Zufriedenheit enthält eine Skala zur Zufriedenheit mit den Inhalten, eine Skala zur Zufriedenheit mit den Referierenden, sowie zwei Einzelitems: ein Item zu den Rahmenbedingungen und ein Item zur allgemeinen Zufriedenheit.

Skala	Beispielitem
Zufriedenheit mit den Inhalten	Ich fühle mich gut vorbereitet um Experimento künftig einzusetzen.
Zufriedenheit mit den Referierenden	Die Referierenden konnten die Inhalte gut vermitteln.

Beispielitems aus den Skalen zur Zufriedenheit

6.3 Wie interpretieren Sie die Ergebnisse?

Die drei Instrumente Test zum fachmethodischen Wissen, Test zum fachdidaktischen Wissen und Fragebogen zum didaktischen Selbstkonzept sollten wenn möglich vor und nach der Fortbildung eingesetzt werden, um den Erfolg der Fortbildung zu belegen.

Vor der Fortbildung geben die drei Instrumente den Veranstaltern der Fortbildung wichtige Informationen über das Vorwissen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Sie erhalten Hinweise auf Fragen wie z. B.

- Wie vertraut sind die Teilnehmer und Teilnehmerinnen mit dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg? Sind sie in der Lage, überprüfbare Hypothesen zu formulieren, eine Untersuchung systematisch zu planen und aus den Daten die angemessenen Schlüsse zu ziehen?
- Kennen Lehrkräfte den Unterschied zwischen richtigen, anschlussfähigen und falschen Schülervorstellungen und können sie Schülerinnen und Schülern mit einem Experiment helfen, eventuelle Fehlvorstellungen selbst zu erkennen?
- Können Lehrkräfte Modelle zur Veranschaulichung einsetzen und kennen sie Phänomene, an denen die Kinder Konzepte in ihrer Lebenswelt erfahren können?
- Wie sicher fühlen sich Lehrkräfte beim Einsatz von Experimenten im Unterricht? Unterscheidet sich ihr Selbstkonzept zwischen Themen aus der Biologie (Beispiel Atmung) und Themen aus der Physik (Beispiel Strom)?

In der Fortbildung können die Veranstaltenden dieses Vorwissen aufgreifen und an notwendigen Stellen das Lernangebot vertiefen oder ausweiten.

Nach der Fortbildung zeigen die Instrumente, ob die Ziele der Fortbildung erreicht wurden, ob also die Lehrkräfte ihr fachmethodisches und fachdidaktisches Wissen erweitern und größere Sicherheit beim Einsatz von Experimenten im Unterricht gewinnen konnten.

Der Fragebogen zur Zufriedenheit gibt einen allgemeinen Überblick darüber, wie die Teilnehmerinnen und Teilnehmer die Fortbildung erlebt haben.

7 Evaluationsbereich 3 – Wie nutzen Lehrkräfte Experimento?

Das Bildungsprogramm Experimento möchte das frühe naturwissenschaftliche Lernen anregen und unterstützen. Die Bereitstellung der Materialien für das Angebot an Experimenten erfordert personelle und finanzielle Ressourcen. Deshalb muss sichergestellt werden, dass das Angebot genutzt wird und seinen Zweck erfüllt.

Der Evaluationsbereich 3 zur Nutzung von Experimento durch die Lehrkräfte gibt Hinweise darauf, welche Angebote von den Lehrkräften häufig, welche dagegen eher selten oder gar nicht genutzt werden. Die Rückmeldungen zeigen auch, wie zufrieden die Lehrkräfte mit den einzelnen Versuchen sind und wo sie sich ggf. eine Verbesserung wünschen. Für die Fortbildung und Handreichungen wichtig sind die Befunde zum didaktischen Einsatz – hier zeigt sich in der Praxis, ob die Lehrkräfte nach eigener Einschätzung die Materialien tatsächlich so einsetzen, wie es das Programm vorsieht.

7.1 Wie erwarten wir, dass das Material genutzt wird?

Wir gehen unter Kosten-Nutzen-Gesichtspunkten den Fragen nach,

1. wie häufig das Angebot tatsächlich genutzt wird,
2. wie die Lehrkräfte die Nutzerfreundlichkeit des Angebots einschätzen (Usability) und
3. ob der Einsatz der Materialien im Unterricht nach Auskunft der Lehrkräfte den intendierten didaktischen Prinzipien entspricht (vgl. auch Kap. 2.5).

Zur Überprüfung dieser Fragen wird ein Logbuch eingesetzt.

7.1.1 Die Häufigkeit der Nutzung

Experimento Materialien, die in einem Schrank im Lehrerzimmer verstauben, bedeuten verschwendete Ressourcen. Damit die Materialien ihren Zweck erfüllen und die damit verbundenen Ziele erreicht werden können, müssen sie zuallererst eingesetzt werden.

Die Experimentiermaterialien sollen mit möglichst vielen Versuchen an einer Schule zum Einsatz kommen. Die Anleitungen aus dem Handbuchordner und die Schülerarbeitsblätter stellen eine wertvolle didaktische Hilfe dar und sollen deshalb verwendet werden. Experimento soll langfristig an einer Schule ein festes Prinzip im naturwissenschaftlichen Unterricht werden. Deshalb sollen möglichst viele verschiedene Lehrkräfte das Material benutzen.

Wir erwarten, dass möglichst viele verschiedene Versuche von möglichst vielen Lehrkräften in möglichst vielen Klassen eingesetzt werden.

7.1.2 Usability als Voraussetzung für die Nutzung

Die Akzeptanz, die Nutzung und der Erfolg von Materialien ist abhängig davon, wie diese von den Benutzern wahrgenommen werden (Stergioulas et al., 2014; Venkatesh et al., 2003). Eine Bezeichnung für die Benutzerfreundlichkeit ist der Begriff der Usability (Nielsen, 2000).

Die weltweit anerkannte Norm für die Gestaltung von Systemen mit einer hohen Gebrauchstauglichkeit definiert Usability als das Ausmaß, in dem ein Produkt durch bestimmte Benutzer in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt werden kann, um bestimmte Ziele effektiv, effizient und zufriedenstellend zu erreichen (DIN EN ISO 9241-11, 2016). In dieser Bedeutung kann die

Einschätzung der Usability auch auf Produkte und Materialien im Bereich der Bildung bezogen werden.

Eine hohe Usability wird in diesem Sinne erreicht, wenn die Materialien vollständig und haltbar, die Informationen gut verständlich sind. Materialien sollen wo notwendig leicht zu beschaffen sein. Relevant für die Nutzung ist zudem, dass die Experimento Materialien für alle Fachkräfte schnell und einfach zugänglich sind.

7.1.3 Didaktischer Einsatz

Das Bildungsprogramm Experimento der Siemens Stiftung verfolgt das Ziel, das Interesse an naturwissenschaftlichen Inhalten bei Kindern zu erhalten bzw. zu vertiefen und das frühe naturwissenschaftliche Lernen zu fördern. Die Lehrkräfte gewährleisten im Sinne des forschenden Lernens, dass die Kinder aktiv am Lernprozess beteiligt sind und begleiten Kinder dabei, ihr eigenes Bild von der Welt zu konstruieren (vgl. auch Kap. 2.5).

Das erreichen Lehrkräfte, indem sie den Kindern immer wieder Gelegenheit geben, mit Material frei zu forschen, Fragen und Vermutungen selbst zu entwickeln, ein Experiment selbst zu planen und durchzuführen, die Beobachtungen auf ihre eigene Art darzustellen und selbstständig zu interpretieren.

7.2 Wie prüfen Sie die Nutzung?

Eine zuverlässige Information über die Nutzung erhält man am besten über ein Logbuch. In einem Logbuch werden prozessbegleitend Informationen über den Einsatz der Materialien erhoben. Die Lehrkräfte dokumentieren nach jedem Einsatz in einem kurzen Fragebogen, welchen Versuch sie auf welche Art und Weise durchgeführt haben und wie zufrieden sie damit gewesen sind. Das Logbuch wurde im Rahmen des Projekts selbst entwickelt (Haslbeck & Lankes). Es sollte gemeinsam mit den Experimentiermaterialien aufbewahrt werden.

Eine Herausforderung für die Evaluation ist es, die Lehrkräfte dazu zu gewinnen, den Fragebogen nach jedem Einsatz der Experimentiermaterialien auszufüllen. Der Fragebogen ist bewusst sehr kurz gehalten und kann in ca. 5 Minuten erledigt werden, z.B. während die Kinder die Materialien nach Abschluss eines Experiments zurück räumen. In der Fortbildung sollte immer auf die Relevanz des Logbuches hingewiesen werden und Lehrkräfte sollten von seinem Einsatz überzeugt, zur Not auch verpflichtet werden. Argumente für den Einsatz sind:

- Die Informationen helfen uns, die Experimentiermaterialien an die tatsächliche Nutzung anzupassen und die Handreichungen kontinuierlich zu verbessern.
- Die Informationen helfen uns, die Fortbildungen gezielt auf die tatsächliche Anwendung im Unterricht abzustimmen.

Die Zusicherung der Anonymität der Erhebung und Auswertung erhöht die Zuverlässigkeit der Angaben. Die erhobenen Daten sollten deshalb keine Rückschlüsse auf die Schule oder auf einzelne Lehrkräfte ermöglichen (anonyme Rücksendung, keine Angaben zur Schule im Mantelbogen).

Das Logbuch enthält nach dem einleitenden Text eine Seite, die von der Schulleitung ausgefüllt wird (Mantelbogen). Die Fragen beziehen sich auf die Größe der Schule, die Anzahl der Lehrkräfte und Klassen sowie auf den Stellenwert und Einsatz von Experimento an der gesamten Schule.

Im Anschluss daran enthält das Heft jeweils auf einer Doppelseite die Fragen zur Dokumentation der einzelnen Versuche. Zuerst werden das Datum und die genaue Klassenbezeichnung eingetragen.

Die Fragen 1 – 4 erfragen, welches Experiment bzw. welche Experimentiermaterialien eingesetzt wurden.

Die Fragen 5 und 6 geben einen kurzen Einblick in die Didaktik.

Die Fragen 7 bis 10 ermöglichen Rückschlüsse auf die Einschätzung der Usability.

Die Fragen 11 und 12 erheben die Zufriedenheit der Lehrkräfte.

Anlage A3.1_LK_Logbuch Lehrkräfte

Seite 3 und 4 des Logbuchs (für 20 Versuche wiederholen)

Fragebogen zum Versuch (Nach jedem Versuch auszufüllen durch die Lehrkraft)

Experimento 4+ 8+ 10+ Datum: _____ Klasse: _____

I. Sie haben im Unterricht einen Versuch durchgeführt. Was haben Sie verwendet?

1) Ich habe einen Versuch aus dem Handbuchordner verwendet:
 ja, Nummer: _____ (weiter mit Frage 4)
 nein (weiter mit Frage 2)

2) Ich habe folgendes Experimentiermaterial verwendet:

3) Ich habe damit folgendes Experiment gemacht/naturwissenschaftliches Konzept erarbeitet:

4) Ich habe das Schülerarbeitsblatt verwendet:
 ja, unverändert ja, verändert nein

II. Wie haben Sie das Material im Unterricht verwendet?

5) Wurde das Experiment der Klasse vorgeführt?
 ja, durch mich als Lehrkraft
 ja, durch einen Schüler oder eine Schülerin
 nein

6) Welche Schritte konnten die Schülerinnen und Schüler selbstständig ausführen (alleine/mit Partnerin oder Partner/Gruppe)? (Mehrfachnennungen möglich)

Die Schülerinnen und Schüler haben ...
 die Problemfrage selbstständig entwickelt.
 eigene Vermutungen aufgestellt.
 mit dem Material frei forschen/ausprobieren dürfen.
 die Schritte des Experiments selbstständig geplant.
 das Experiment selbstständig alleine durchgeführt.
 das Experiment selbstständig mit Partnerin bzw. Partner oder in einer Gruppe durchgeführt.
 die Art der Ergebnisdarstellung selbstständig ausgewählt.
 die Ergebnisse selbstständig interpretiert.

© Siemens Stiftung 2021. Alle Rechte vorbehalten Seite 3 von 5

Anlage A3.1_LK_Logbuch Lehrkräfte

III. War alles vollständig und gut zu handhaben?

	Ja	Nein
Alle Informationen für diesen Versuch sind im Handbuchordner verständlich dargestellt.		
Unter den Experimentiermaterialien sind alle auf der Liste genannten Materialien zu diesem Versuch.		
Die zu besorgenden Materialien waren leicht zu beschaffen.		
Alle verwendeten Materialien haben die Benutzung überstanden.		

IV. Waren Sie mit dem Material zufrieden?

Ich werde das Experiment bei nächster Gelegenheit wiederverwenden.
 ja nein, weil:

Was könnte man verbessern?

© Siemens Stiftung 2021. Alle Rechte vorbehalten Seite 4 von 5

Logbuchseite zum Eintrag durch die Lehrkraft nach der Nutzung eines Versuchs

7.3 Wie interpretieren Sie die Ergebnisse?

Das Logbuch gibt wertvolle Hinweise auf die tatsächliche Praxis vor Ort und dies, wenn es konsequent ausgefüllt und zurückgesandt wird, auf eine flächendeckende Weise. Die Ergebnisse können für die Koordination und Organisation des Programms, für die Überarbeitung der Fortbildung sowie der Materialien genutzt werden. Die Ergebnisse werden umso zuverlässiger, je mehr ausgefüllte Logbücher vorliegen, deren Daten aggregiert und ausgewertet werden können.

7.3.1 Hinweise auf die Häufigkeit der Nutzung

- Die Schulleitung gibt an, wie viele Lehrkräfte aus welchen Klassen in welchem Jahr an der Experimento Fortbildung teilgenommen haben. Die Dokumentation der Versuche zeigt, wie viel Zeit zwischen der Fortbildung und dem ersten Einsatz vergangen ist. Wünschenswert wäre eine möglichst schnelle Nutzung, damit die Inhalte der Fortbildung nicht in Vergessenheit geraten.

- Die Lehrkraft gibt an, welchen Versuch bzw. welche Experimentiermaterialien sie verwendet hat und ob sie das Schülerarbeitsblatt genutzt hat. Damit diese Angaben eindeutig zugeordnet werden können, ist eine Nummerierung oder Verschlagwortung der Versuche hilfreich. Diese Angaben geben zusammengefasst über viele Logbücher hinweg einen Überblick darüber, welche Materialien/Handbucharleitungen/Schülerarbeitsblätter häufiger oder weniger häufig genutzt werden. Stellt man fest, dass eine Sache zu selten benutzt wird, sollte man Überlegungen zu den Gründen anstellen. Je nach Ursache kann man hier dann entweder einsparen (z.B. fehlender Lehrplanbezug) oder verbessern (z.B. mangelnde Haltbarkeit oder geringe Verständlichkeit).

7.3.2 Hinweise auf die Nutzerfreundlichkeit des Angebots (Usability)

- Die Schulleitung gibt an, an welchem Ort die Experimento Materialien aufbewahrt werden und ob dieser Raum für alle Lehrkräfte zugänglich ist. Die unkomplizierte Zugänglichkeit ist eine wichtige Voraussetzung für die Nutzung. Die Aufbewahrung in einem einzelnen Klassenzimmer etwa würde den flexiblen Einsatz durch andere Lehrkräfte eher erschweren.
- Die Lehrkräfte geben zu jedem Versuch an, ob die Informationen verständlich waren, die aufgelisteten Experimentiermaterialien vorhanden waren, zu besorgende Materialien leicht zu beschaffen waren und alle Materialien die Benutzung unbeschadet überstanden haben, sofern es keine Verbrauchsmaterialien waren. Aggregiert über viele Versuche ergeben sich Hinweise auf Überarbeitungsbedarf. Die Frage nach dem wiederholten Einsatz eröffnet die Möglichkeit, noch weitere Kritikpunkte oder Verbesserungswünsche anzuführen.

7.3.3 Hinweise auf die Didaktik

- Die Frage 6 gibt Auskunft, ob und wenn ja, durch wen das Experiment vorgeführt wurde. Die alleinige Vorführung durch die Lehrkraft oder durch einen einzelnen Schüler oder eine einzelne Schülerin entspricht nicht den didaktischen Prinzipien des Experimento Programms. Jeder Schüler und jede Schülerin sollten mindestens in einer Gruppe oder mit einer Partnerin bzw. einem Partner das Experiment selbst durchführen dürfen.
- Die Frage 5 gibt Hinweise auf die aktive Beteiligung der Schülerinnen und Schüler am Erkenntnisweg. Ziel ist, dass Schülerinnen und Schüler fortschreitend in die Lage versetzt werden, den Erkenntnisweg selbstständig zu durchschreiten. Am Anfang brauchen sie dazu mehr Anleitung und Unterstützung, einzelne Schritte können auch sukzessive für sich aufgebaut und geübt werden. In höheren Jahrgängen sollte jedoch jeder einzelne Schüler, jede einzelne Schülerin in der Lage sein, aus einer (z.B. überraschenden) Beobachtung eine Forschungsfrage zu formulieren, auf der Basis von Vorwissen Vermutungen anzustellen und überprüfbare (d.h. messbare) Hypothesen zu formulieren, einen Versuch zu planen, die Beobachtungen zu dokumentieren und daraus Schlussfolgerungen zu ziehen. Um dorthin zu kommen, müssen Schülerinnen und Schüler von Anfang an und zunehmend mehr Freiheit und Eigeninitiative erfahren dürfen.
- Die Schulleitung gibt an, aus welchen Klassen Lehrkräfte an der Fortbildung teilgenommen haben. Die Dokumentation der Versuche zeigt, ob nur die fortgebildeten Lehrkräfte die Materialien einsetzen oder ob es gelingt, an der Schule eine neue Kultur des naturwissenschaftlichen Unterrichts auch über die Klassen hinweg zu etablieren.

8 Evaluationsbereich 4 – Guter Unterricht mit Experimento

Das Bildungsprogramm Experimento möchte Lehrkräfte dazu befähigen, das frühe naturwissenschaftliche Lernen anzuregen und zu unterstützen. Zu diesem Zweck wurden Experimentiermaterialien zusammengestellt und Handreichungen und Arbeitsblätter entwickelt. Im Rahmen einer blended learning Fortbildung erfahren die Teilnehmerinnen und Teilnehmer, wie sie die Experimento Materialien im Sinne des Programms didaktisch so einsetzen, dass Experimente in naturwissenschaftlichen Lernsituationen verständnisvolles und nachhaltiges Lernen unterstützen.

Der Evaluationsbereich 4 – Guter Unterricht mit Experimento – gibt Anregungen, wie die langfristige Wirkung der Fortbildung auf die Praxis, also auf die Art und Weise, wie Lehrkräfte die Experimento Materialien tatsächlich in ihrem Unterricht nutzen, überprüft werden kann. Eine zuverlässige Methode, das zu überprüfen, ist die Unterrichtsbeobachtung, entweder in Form einer teilnehmenden Beobachtung oder als Videoanalyse. Die Befunde liefern Hinweise für eine Überarbeitung der Fortbildung und der Handreichungen.

Die Instrumente können auch eingesetzt werden für Formen der Selbstevaluation oder für Feedbackgespräche, etwa im Rahmen einer kollegialen Hospitation. Sie zeigen den Lehrkräften, worauf es bei der Gestaltung von naturwissenschaftlichen Lerngelegenheiten ankommt und geben Anregungen und Tipps.

8.1 Wie sollen Experimente im Unterricht eingesetzt werden?

Kognitive Aktivierung ist das auch aus naturwissenschaftsdidaktischer Perspektive zentrale Merkmal für guten Unterricht bzw. effektive Lernsituationen (Steffensky & Neuhaus, 2018) und zählt neben Klassenführung und konstruktiver Unterstützung zu den Basisdimensionen der Unterrichtsqualität (Praetorius, Klieme, Herbert & Pinger, 2018).

Kognitiv aktivierende Maßnahmen sind deshalb auch in den Zielen der Siemens Stiftung verankert, wenn etwa gefordert wird, dass Kinder selbstständig Experimente durchführen und dabei Fragen entwickeln oder Lösungen reflektieren (Osborne, 2014; von Kotzebue, Müller, Haslbeck, Neuhaus & Lankes, 2020).

Zur Beobachtung des Einsatzes von Experimenten im Unterricht konkretisieren wir vier zentrale Bedingungen kognitiver Aktivierung, die auch in anderen fachlichen Kontexten gelten, speziell für den naturwissenschaftlichen Unterricht:

1. die Handlungsorientierung,
2. die Problemorientierung,
3. die aktive Einbeziehung von Schülervorwissen und Schülervorstellungen,
4. die Anregung der Schülerinnen und Schüler zum vertieften Nachdenken.

Darüber hinaus gelten natürlich die allgemeinen Merkmale guten Unterrichts immer und in jedem Fach, wie etwa die Zielorientierung, die klare Strukturierung oder die oben erwähnten Basisdimensionen Klassenführung und konstruktive Unterstützung.

8.1.1 Handlungsorientierung

Lehrkräfte gewährleisten im Sinne des forschenden Lernens, dass die Kinder aktiv am Lernprozess beteiligt sind. Sie begleiten Kinder dabei, ihr eigenes Bild von der Welt zu konstruieren (vgl. auch Kap. 2.5 und 7.1.3). Das erreichen sie, indem sie den Kindern immer wieder Gelegenheit geben, Schritte des Erkenntnisweges selbst durchzuführen. Dazu gehört etwa, mit Material frei zu forschen, Fragen und Vermutungen selbst aufzustellen, ein Experiment selbst zu planen und durchzuführen, die Beobachtungen auf ihre eigene Art darzustellen und selbstständig zu interpretieren.

Wie bereits im Logbuch (vgl. Kap. 7, Evaluationsbereich 3) so erheben wir auch in der Unterrichtsbeobachtung zunächst, wer das Experiment durchgeführt hat:

- Die Lehrkraft hat das Experiment der Klasse vorgeführt.
- Eine Schülerin bzw. ein Schüler hat das Experiment der Klasse vorgeführt.
- Die Schülerinnen und Schüler haben das Experiment in Gruppen oder mit Partnerin bzw. Partner durchgeführt.
- Jeder Schüler/jede Schülerin hat das Experiment allein durchgeführt.

Im zweiten Schritt wird dokumentiert, welche Schritte des Erkenntnisprozesses die Kinder selbstständig aktiv durchführen konnten:

- mit dem Material frei forschen
- die Forschungsfrage entwickeln
- Vermutungen aufstellen
- die Schritte des Experiments planen
- die Beobachtungen dokumentieren/protokollieren/zeichnen
- die Ergebnisse interpretieren

Schließlich umfasst Handlungsorientierung auch das Einüben und Ausführen der verschiedenen naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen, die – ggf. nach Anregung durch die Lehrkraft – von den Schülerinnen und Schülern selbstständig ausgeführt werden. Als für dieses Alter angemessene, grundlegende naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen betrachten wir folgende:

- Beobachten/Betrachten
- Vergleichen/Ordnen
- Variieren
- Messen
- Untersuchen

Wir erwarten, dass Schülerinnen und Schüler möglichst viele dieser Schritte alleine oder mit einer Partnerin oder einem Partner bzw. in Gruppen selbstständig durchführen.

8.1.2 Problemorientierung

Interessante Fragestellungen, alltagsnahe Probleme oder eigene Beobachtungen der Kinder stellen am Anfang einer Lernsituation die Bereitschaft her, sich mit dem Folgenden auseinanderzusetzen, sie machen neugierig, führen zu Fragen und mentaler Aktivität (Kobarg & Seidel, 2007). Erfolgreiche Lehrkräfte nutzen spannende, herausfordernde Probleme, um die Lernenden auf das Experiment einzustellen, zu Fragen anzuregen und eigene Erfahrungen und Vermutungen einzubringen. Sie kommen im Verlauf der Stunde immer wieder auf das Ausgangsproblem zurück und lassen am Ende die Ausgangsfrage durch die Ergebnisse des Experiments beantworten.

Dies unterstützt nicht nur die Lernmotivation, sondern aktiviert mentale Prozesse und hilft, neues Wissen mit vorhandenem Wissen zu verknüpfen sowie vertiefte Lernprozesse anzuregen.

Wir erwarten, dass Lehrkräfte das Experiment im Unterricht durch ein motivierendes Problem oder Phänomen einführen und aus diesem Problem Fragen bzw. Vermutungen entwickeln lassen, die im Verlauf der Lerneinheit mit den Ergebnissen des Experiments beantwortet werden.

Skala	Beispielitem
Problemorientierung	Einmal aufgeworfene Fragen/Probleme verfolgt die Lehrperson im weiteren Stundenverlauf (durch Aufgaben/Experimente, durch wiederholtes Anknüpfen an die Problemstellung, etc.). Trifft zu – trifft eher zu – trifft eher nicht zu – trifft nicht zu

Beispielitem für die Skala Problemorientierung

8.1.3 Schüleräußerungen anregen und Schülervorwissen/Schülervorstellungen aktivieren

Ein Beleg für kognitive Aktivität und gleichzeitig eine kognitive Aktivität an sich ist die Sprache. Sprachförderung zählt zu den zentralen Aufgaben der frühkindlichen Bildung. Das Bildungsprogramm Experimento ermuntert Lehrkräfte, naturwissenschaftliche Lernsituationen zu nutzen, um Kinder in der Entwicklung ihrer Sprachfähigkeiten zu unterstützen, etwa indem sie die Kinder anregen, eigene Fragen zu stellen, ihre Vermutungen zu verbalisieren, beim Experimentieren Fachbegriffe zu verwenden, Phänomene zu beschreiben, Lösungsansätze zu diskutieren und Schlüsse zu ziehen.

Wir erwarten, dass Schülerinnen und Schüler im Verlauf des Unterrichts vielfältige Gelegenheiten erhalten, sich (zum Beispiel auch mit der Partnerin, dem Partner oder in Gruppen) sprachlich zu äußern.

Skala	Beispielitem
Schüleräußerungen anregen und Schülervorwissen/Schülervorstellungen aktivieren	Die Lehrperson erfragt das Vorwissen ihrer Lernenden und/oder regt ihre Lernenden dazu an, ihre Vermutungen zu äußern.

Beispielitem für die Skala Schüleräußerungen anregen und Schülervorwissen/Schülervorstellungen aktivieren

8.1.4 Impulse zum Nachdenken geben

Die Lehrkraft ermuntert die Kinder nachzudenken, und gibt ihnen Gelegenheit Probleme, Lösungswege, Fehlkonzepte, Ideen zu diskutieren. Erwartungswidrige Phänomene, überraschende Ergebnisse, Fehlkonzepte, sich widersprechende Erklärungen und ähnliches können bei den Schülerinnen und Schülern einen kognitiven Konflikt auslösen, der zum Nachdenken, also zu kognitiver Aktivität führt. Die Kinder werden angeregt, sich vertieft mit einem Lerngegenstand auseinanderzusetzen und ihr Wissen weiterzuentwickeln.

Wir erwarten, dass die Lehrkraft die Schülerinnen und Schüler auf vielfältige Weise anregt und motiviert, nachzudenken.

Skala	Beispielitem
Impulse zum Nachdenken geben	Die Lehrperson konfrontiert die Lernenden mit Sachverhalten, Beobachtungen oder Phänomenen, die den Erwartungen der Lernenden widersprechen und/oder macht sie auf Widersprüche/Unstimmigkeiten aufmerksam.

Beispielitem für die Skala Impulse zum Nachdenken geben

8.2 Wie können Sie die Qualität des Einsatzes beobachten?

Im Gegensatz zu einer Befragung von Lehrkräften über ihren Unterricht erhalten wir durch eine Beobachtung wesentlich genauere und auf die konkrete Situation bezogene Informationen. Diese kann auf zwei verschiedene Weisen erfolgen:

Eine Videoanalyse bietet die umfassendsten Informationen über das Geschehen im Unterricht, besonders, wenn mehrere Kameras im Einsatz sind, die sowohl die Lehrkraft als auch die Schülerinnen und Schüler im Blick haben. Im Nachhinein kann man in aller Ruhe die Videos mit spezifischer Analysesoftware auswerten (vgl. z.B. Seidel, Prenzel & Kobarg, 2005).

Diese Art der Analyse hat aber auch eine Reihe von Nachteilen: Sie ist personal- und kostenintensiv. Die Komplexität und Informationsdichte erschweren die Analyse. Es ist schwieriger, Lehrkräfte zu gewinnen, die sich filmen lassen. Üblicherweise muss aus Datenschutzgründen die Einwilligung der Eltern der videografierten Kinder eingeholt werden.

Dafür bleibt aber die vollständige Information im Video erhalten, man kann – ggf. auch mehrmals und mit einer größeren Menge an Kriterien – den Mitschnitt analysieren, Situationen markieren und im Nachhinein etwa die Häufigkeit und die Zeitanteile vergleichen. Bewertungen von zwei Personen (Doppelkodierungen) können die Übereinstimmung der Bewertungen (Interraterreliabilität) sicherstellen und so die Validität der Ergebnisse erhöhen.

Die oben an Beispielen erläuterten Skalen für die Analyse der Unterrichtsvideos/-beobachtungen wurden auf Basis der Kriterienkataloge von Ewerhardy (2010), Förtsch, Werner, Dorfner, von Kotzebue & Neuhaus (2018), Vehmeyer (2009), Lotz, Lipowsky & Faust (2013) und Möller (2016) entwickelt.

Eine teilnehmende Beobachtung ist weniger ressourcenintensiv und weniger aufwändig. Eindeutig zu beobachtende Merkmale sind relativ einfach zu kodieren, etwa wer das Experiment durchgeführt hat oder welche Denk- und Arbeitsweisen vorgekommen sind. Schwieriger sind Merkmale,

die sich über die ganze Unterrichtsstunde ziehen (z.B. Die Lehrkraft gibt den Lernenden Gelegenheit und Zeit, eigene Fragen zu stellen). Hier kann man eine Strichliste führen, anhand derer man am Ende zumindest die Häufigkeit des Vorkommens erfassen kann.

Die Bewertung der Qualität des Vorkommens (Rating) erfordert allerdings eine gewisse Kompetenz und Erfahrung, Beobachterinnen und Beobachter sollten deshalb möglichst vom Fach sein (Lehrkräfte, Studierende) und vorher geschult werden. Auch dann gilt aber: Viele Aspekte gleichzeitig zu beobachten kann für einen einzelnen Beobachter, eine einzelne Beobachterin schwierig sein. Eine fokussierte Auswahl von möglichst eindeutig zu beobachtenden Merkmalen erleichtert das Vorgehen.

Wenn Unterricht im Rahmen einer kollegialen Hospitation beobachtet werden soll, könnte man sich im Vorfeld auf einige wenige Merkmale einigen. Ein Feedbackgespräch kann dann sogar direkt nach der Unterrichtsstunde gegeben werden.

8.3 Wie interpretieren Sie die Ergebnisse?

Unterricht ist ein höchst individueller, situativer und immer wieder einzigartiger Vorgang. Die drei zentralen Einflussgrößen – Schülerinnen und Schüler bzw. Klasse, Lehr-/Lerninhalt, Lehrkraft – stehen dabei stets in einem wechselseitigen Verhältnis, das es schwierig macht, generelle Aussagen über den einzig guten Unterricht zu treffen. Deshalb ist es für die Unterrichtsbeobachtung, sei sie nun teilnehmend oder per Videoanalyse, wichtig, sich auf konkrete, eindeutige, erwartbare und sichtbare Merkmale zu beziehen.

Wenn zum Beispiel in den Fortbildungen und in den Handreichungen immer wieder vermittelt wird, dass Kinder ermuntert werden sollen, Fragen zu stellen und Vermutungen zu äußern, dann erwarten wir, dass das im Unterricht auch geschieht, und beobachten, ob und wie oft es geschieht. Zur Interpretation der Daten brauchen wir dann Vergleichswerte oder Erwartungswerte.

Wenn eine große Menge an Daten vorliegt, können wir einen sozialen Vergleich ziehen: Wie oft kommt das Ereignis im Mittel über alle Fälle vor? Wie verteilen sich die Häufigkeiten? Wie groß ist die Gruppe derer, die das erwartete Merkmal gar nicht zeigen? Die Ergebnisse solcher Analysen sind ein wichtiger Beitrag zur Verbesserung der Fortbildung und der Handreichungen.

Wenn die Stichproben zu klein sind, um aussagekräftige Mittelwerte zu bilden, kann man theoretisch fundierte Erwartungswerte als Kriterien heranziehen. Sie beziehen sich auf das, was man sich in Bezug auf ein bestimmtes Kriterium als Standard (evtl. mindestens) erwarten würde. Man könnte etwa erwarten, dass zu jedem Experiment mindestens ein konkretes Phänomen aus der Lebenswelt der Kinder genannt wird.

Auch beim Einsatz des Beobachtungsbogens (Kap. 8.2) für Selbstevaluation oder kollegiale Beratung beurteilen wir nicht die Qualität des Unterrichts allgemein, sondern beobachten – ggf. vorher verabredete – Merkmale und geben Feedback zu diesen Merkmalen.

9 Evaluationsbereich 5 – Was lernen Schülerinnen und Schüler beim naturwissenschaftlichen Experimentieren?

Alle Maßnahmen im Bildungswesen, seien es Investitionen in Unterrichtsmaterialien oder Schulbücher, in die Lehreraus- und weiterbildung, in Unterrichtszeit, Fördermaßnahmen oder in die Ausstattung von Schulen, müssen letztendlich bei den Schülerinnen und Schülern ankommen, sie sollen das Lernen der Schülerinnen und Schüler unterstützen.

Das Bildungsprogramm Experimento möchte zu einer Förderung der MINT-Bildung weltweit beitragen, wir erwarten also, dass die Fähigkeiten und das Wissen der Schülerinnen und Schüler durch den Einsatz von Experimento zunehmen.

Allerdings möchten wir an dieser Stelle davor warnen, zu hohe Erwartungen an eine Überprüfung der Schülerleistungen etwa durch einen Vorher-Nachher-Test zu stellen. In der Forschung gelingt es nur in hochstandardisierten Studien, Effekte von meist eng definierten Lehrangeboten auf die Leistungen von Schülerinnen und Schülern zu belegen. Dabei müssen alle Einflussfaktoren genauestens erfasst und kontrolliert werden.

Das Bildungsprogramm Experimento wurde als Fortbildungsangebot und nicht als wissenschaftliche Studie konzipiert. Viele relevante Faktoren können und sollen in der Regel dabei gar nicht kontrolliert werden, z. B.

- die Häufigkeit des Einsatzes von Experimento in einem bestimmten Zeitraum,
- die Auswahl der Versuche, die eingesetzt werden,
- das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler,
- den zeitgleichen Einsatz von anderen Unterrichtsprogrammen, Fortbildungen, Lehrwerken oder Materialien,
- die Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Inhalten außerhalb der Schule,
- etc.

Dies erschwert eine valide Prüfung von generalisierbaren Effekten des Bildungsprogramms Experimento – von der Fortbildung über den Einsatz der Materialien im Unterricht auf die Leistungen von Schülerinnen und Schülern.

Der Evaluationsbereich 5 – Was lernen Schülerinnen und Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht? – bietet deshalb Instrumente an, mit denen Lehrkräfte in ihrer jeweiligen Klasse und ggf. vor und nach einer konkreten Lerneinheit, die Ausgangslagen und Veränderungen bei ihren Schülerinnen und Schülern überprüfen können. Experimento zielt aber nicht nur auf die kognitiven Fähigkeiten ab, auch motivationale Faktoren wie das Interesse der Kinder an Naturwissenschaften und die Sicherheit im Umgang mit Experimenten sollen gefördert werden.

9.1 Was sollen Schülerinnen und Schüler durch die Beschäftigung mit Experimento lernen?

Naturwissenschaftliche Bildung orientiert sich an dem Bildungskonzept der Scientific Literacy, welches die naturwissenschaftliche Grundbildung als ein multidimensionales Konstrukt sieht (Bybee, 2015). Neben dem Erwerb von Wissen über naturwissenschaftliche Konzepte und Zusammenhänge (naturwissenschaftliches Wissen) sollen auch das Wissen über naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen (Wissen über Naturwissenschaften) und der Aufbau von Interesse und Motivation durch frühes naturwissenschaftliches Lernen gefördert werden (Müller, Prenzel, Seidel, Schiepe-Tiska & Kjaernsli, 2016; Schiepe-Tiska, Roczen, Müller, Prenzel & Osborne, 2016).

9.1.1 Die Fähigkeit zum Experimentieren

An der Forderung nach frühem naturwissenschaftlichem Lernen orientiert sich auch das Bildungsprogramm Experimento der Siemens Stiftung. Es will dazu beitragen, dass Kinder und Jugendliche technisch-naturwissenschaftliche Sachverhalte selbstständig erforschen, reflektieren und verstehen sowie dabei Wissen über Methoden und Strategien bei der Erkenntnisgewinnung durch Experimente aufbauen.

Der Schwerpunkt des Bildungsprogramms Experimento liegt auf dem Experimentieren, deshalb wurde bei der Testentwicklung vor allem auf diese Methode der Erkenntnisgewinnung fokussiert. Modelle des wissenschaftlichen Denkens als Problemlöseprozess enthalten bei allen Unterschieden im Kern immer drei zentrale Teilkompetenzen, die hier noch einmal ausdifferenziert werden (Übersicht z. B. in Nehring, 2014; Vorholzer, 2016):

- Entwickeln von naturwissenschaftlichen Fragestellungen und Hypothesen:
 - zwischen prüfbaren und nicht prüfbaren Hypothesen unterscheiden,
 - Vermutungen/Hypothesen zu einer gegebenen Fragestellung selbst formulieren können.
- Planen und Durchführen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen:
 - ein zu einer Fragestellung/Vermutung passendes Experiment auswählen und
 - unter Berücksichtigung der Variablenkontrollstrategie angemessene Experimente selbst planen und
 - die Entscheidung angemessen begründen können (Argumentieren).
- Auswerten und Interpretieren von Daten:
 - zulässige von unzulässigen Interpretationen unterscheiden und
 - Ergebnisse selbst auswerten können.

9.1.2 Motivationale Bedingungen

In der Lehr-/Lernforschung werden Interesse und ein positives Selbstkonzept als motivationale Voraussetzungen für Lernen diskutiert (z. B. Schiepe-Tiska et al., 2016). Ein individuelles Interesse motiviert zur anhaltenden Auseinandersetzung mit einem Inhaltsbereich, fördert vertieftes und nachhaltiges Lernen und unterstützt Verantwortung und Identifikation (Krapp, 1992).

Das akademische Selbstkonzept bezeichnet die Einstellung eines Menschen zu seinen eigenen Leistungen. Da Handeln und Motivation sich gegenseitig beeinflussen, hat die Leistung ebenso einen Einfluss auf das Selbstkonzept eines Menschen wie das Selbstkonzept auf die Leistungsentwicklung (Ehm, 2012; Guay, Marsh & Boivin, 2003; Marsh & Craven, 2006).

Ziel des Bildungsprogramms Experimento ist es, ein nachhaltiges und dauerhaftes Interesse an naturwissenschaftlichen Inhalten aufzubauen und ein positives Selbstkonzept gegenüber den Naturwissenschaften zu entwickeln (Osborne, Simon & Collins, 2003; Tytler & Osborne, 2012).

9.2 Wie prüfen Lehrkräfte, was Schülerinnen und Schüler gelernt haben?

9.2.1 Der Experimento-Test zur Fähigkeit zum Experimentieren

Für den Experimento-Test zu den Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler zum Experimentieren wurden erprobte Aufgaben aus vorliegenden Studien übernommen (Saffran, 2016; Schwichow, 2016), teilweise angepasst und mit selbst konstruierten Aufgaben ergänzt.

Aufgaben zum Bereich „Entwickeln von naturwissenschaftlichen Fragestellungen und Hypothesen“ prüfen, ob Schülerinnen und Schüler Vermutungen/Hypothesen zu einer gegebenen Fragestellung selbst formulieren bzw. zwischen prüfbar und nicht prüfbar Hypothesen unterscheiden können.

Aufgaben zum Bereich „Planen und Durchführen von naturwissenschaftlichen Untersuchungen“ prüfen, ob Schülerinnen und Schüler aus einer Auswahl das zur Fragestellung/Vermutung passende Experiment auswählen, ein passendes Experiment unter Berücksichtigung der Variablenkontrollstrategie selbst planen sowie ihre Entscheidung angemessen begründen können.

Aufgaben zum Bereich „Auswerten und Interpretieren von Daten“ prüfen, ob Schülerinnen und Schüler zulässige von unzulässigen Interpretationen unterscheiden und Ergebnisse selbst auswerten können.

Herr Krause hat Tablette A und Tablette B an Hunden mit Würmern getestet. In der Tabelle siehst du, wie viele Hunde nach der Benutzung der Tablette keine Würmer mehr haben.

	Hund ohne Würmer 	Hund mit Würmern 
 Tablette A	 8	 4
 Tablette B	 6	 3

Schau dir seine Ergebnisse genau an!

Hilft Tablette A oder Tablette B besser oder helfen beide Tabletten gleich gut?

Kreuze die richtige Lösung an.

- Tablette A
 Tablette B
 gleich gut

Beispielaufgabe zur Fähigkeit zum Experimentieren, Teilkonstrukt Daten auswerten (Saffran, 2016)

Aufgrund der eingeschränkten Menge an Items lassen sich – wie auch in anderen Studien beschrieben (Wellnitz & Mayer, 2013) – die Teilbereiche nicht statistisch voneinander abgrenzen. Für die Analysen wird deshalb über die Teilbereiche hinweg eine Gesamtskala verwendet. Auswertungen auf Einzelitemebene sind zusätzlich möglich.

9.2.2 Der Fragebogen zum Interesse an Naturwissenschaften und zum Selbstkonzept der Schülerinnen und Schüler

Der Fragebogen zum Interesse an Naturwissenschaften und zum Selbstkonzept in den Naturwissenschaften enthält zwei Skalen. Die Skalen wurden aus einer Studie von Kauertz, Kleickmann et al. (2011) übernommen.

Skalen	Beispielitem
Interesse an Naturwissenschaften	„Ich möchte unbedingt mehr über Naturwissenschaften erfahren.“ 1 = stimmt gar nicht, 2 = stimmt ein wenig, 3 = stimmt fast, 4 = stimmt genau
Selbstkonzept Naturwissenschaften	Naturwissenschaften zu verstehen fällt mir sehr leicht.

Beispielitems aus den Skalen Interesse und Selbstkonzept

9.3 Wie interpretieren Sie die Ergebnisse?

Der Test zur Fähigkeit zum Experimentieren kann von den Lehrkräften zu Beginn des Schuljahres eingesetzt werden, um ein allgemeines Bild von den Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler zum naturwissenschaftlichen Experimentieren zu erhalten. Spezielles fachliches Wissen ist dafür nicht notwendig. Vor und nach einer spezifischen Lerneinheit eingesetzt kann der Test zeigen, ob die Schülerinnen und Schüler ihre Fähigkeiten verbessert haben. Dabei sollte beachtet werden, dass kurze Lerneinheiten von wenigen Stunden allenfalls (wenn überhaupt) einen kurzfristigen Lernzuwachs erreichen können. Nachhaltiger Kompetenzaufbau erfordert langfristige, wiederholte und aufeinander aufbauende Lernangebote. Neben dem Testmittelwert des einzelnen Schülers, der einzelnen Schülerin sind für die Lehrkraft auch die Ergebnisse auf Einzelitemebene interessant. Sie zeigen genauer, wo die Stärken und Schwächen des einzelnen Kindes liegen und wo genau die individuelle Förderung im Unterricht ansetzen muss.

Interesse ist ein Konstrukt, das sich nur langsam und über wiederholte, positiv erlebte Beschäftigungen mit einem Gegenstand entwickelt. Der Fragebogen zum Interesse sollte deshalb allenfalls nach längeren Zeiträumen erneut eingesetzt werden. Wenn der Unterricht das Ziel verfolgt, dass alle Schülerinnen und Schüler ein gewisses Interesse an naturwissenschaftlichen Inhalten haben sollen, dann gibt der Fragebogen zu Beginn des Schuljahres Hinweise über die motivationalen Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler. Erfolgserlebnisse, interessante, kindgemäße und alltagsrelevante Fragestellungen, die Möglichkeit, Dinge selbst zu untersuchen und herauszufinden können die Entwicklung von Interesse unterstützen.

Auch der Fragebogen zum naturwissenschaftlichen Selbstkonzept kann den Lehrkräften wichtige Informationen über die Lernvoraussetzungen des einzelnen Schülers, der einzelnen Schülerin geben und eignet sich für die Einschätzung zu Beginn eines Schuljahres. Nach längeren Lerneinheiten oder am Ende eines Schuljahres eingesetzt zeigt der Fragebogen, ob sich das Selbstvertrauen der Kinder in die eigenen Fähigkeiten verändert hat.

10 Schlusswort und Ausblick

Sie haben das Bildungsprogramm Experimento implementiert, weil Sie etwas verändern möchten: die naturwissenschaftlichen Fähigkeiten des Fachpersonals, die naturwissenschaftlichen Lernangebote und natürlich die Ergebnisse des Unterrichts, das Lernen von Schülerinnen und Schülern, ihre Einstellungen, Fähigkeiten und Leistungen.

Programme zur Verbesserung von Schülerleistungen sind komplexe Vorhaben, die alle Beteiligten viel Geld, Zeit und Energie kosten. Wer seine Maßnahmen optimal an die Adressaten anpassen möchte, an die Voraussetzungen der Lehrerinnen und Lehrer sowie die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler, sollte deren Wirkung nicht dem Zufall überlassen.

Eine Evaluation im Bildungsbereich wird nicht nur das Ergebnis, die Wirkung einer Maßnahme überprüfen, sondern gleichzeitig nach Hinweisen auf Möglichkeiten der Verbesserung der Maßnahme suchen. Zu diesem Zweck werden neben den beabsichtigten Wirkungen auf den Schüler, die Schülerin auch Input und Prozesse in den Blick genommen.

Am Ende einer Evaluation erwarten wir eine Aussage über deren Qualität, die Qualität von Input und Prozessen, die Qualität von Ergebnissen und Wirkungen. Qualität aber ist ein relativer Begriff, er ist abhängig von den Bewertungskriterien, anhand derer wir die Qualität überprüfen. Deshalb haben wir in diesem Leitfaden den Erwartungen, den Standards und Kriterien breiten Raum gewidmet. Auf der Basis von theoretisch fundierter und wissenschaftlich geprüfter Evidenz haben wir definiert, was bei dieser Evaluation Qualität bedeutet, und versucht, Antworten auf Fragen zu geben ...

- ... zum Input: Was erwarten wir von einer guten Handreichung und von nützlichen Experimentiermaterialien? Wodurch zeichnet sich eine gute Fortbildung zum Durchführen von Experimenten aus?
- ... zum Prozess: Was ist guter naturwissenschaftlicher Unterricht? Wie dienen Experimente im Unterricht bestmöglich dem Lernen?
- ... und schließlich zum Produkt oder Ergebnis: Was bedeutet naturwissenschaftliche Kompetenz auf dieser Altersstufe? Was erwarten wir, dass Schülerinnen und Schüler nach der Beschäftigung mit den Experimenten können? Wie sollen sich ihre Motivation, ihre Bereitschaft, sich mit Naturwissenschaften zu beschäftigen, verändern?

Weil auch eine Evaluation Geld kostet und deshalb ressourcenbewusst und effizient geplant werden sollte, haben wir uns zu diesen verschiedenen Qualitätsbereichen jeweils auf einige wenige, aber zentrale und relevante Merkmale beschränkt, zu denen wir Instrumente entwickelt haben, die wir in diesem Leitfaden vorstellen.

Wir wünschen allen Akteuren im Bildungsbereich ein erfolgreiches, zielorientiertes und reflektiertes Vorgehen mit dem Ziel, die naturwissenschaftlichen Fähigkeiten aller Kinder und Jugendlichen zu fördern, Spaß und Selbstbewusstsein im Umgang mit Naturwissenschaften zu erleben sowie Verantwortung für unser aller Welt zu übernehmen.

Literatur Gesamtverzeichnis

- Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D. & Tuan, H.-I. (2004). Inquiry in science education. International perspectives. *Science Education*, 88, 397–419.
- Anders, Y., Hardy, I., Pauen, S., Ramseger, J., Sodian, B. & Steffensky, M. (2013). Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“. Bd. 5 Schaffhausen: SCHUBI Lernmedium AG.
- Arnold, J. (2015). Die Wirksamkeit von Lernunterstützungen beim forschenden Lernen: eine Interventionsstudie zur Förderung des wissenschaftlichen Denkens in der gymnasialen Oberstufe. Berlin: Logos.
- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520.
- Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A. & Granger, E. M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability? A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*, 94, 577–616.
- Böttcher-Graf, P. (2016). Selbsteinschätzung von Grundschullehrkräften/-studierenden in Bezug auf naturwissenschaftlichen Unterricht. Technische Universität München: Unveröffentlichte Masterarbeit.
- Brunner, M., Stanat, P. & Pant, A.H. (2014). Diagnostik und Evaluation. In T. Seidel & A. Krapp (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie*, 481–515. Weinheim, Basel: Beltz.
- Bybee R. (2015). Scientific Literacy. In R. Gunstone (Ed.), *Encyclopedia of Science Education*, 944–947. Dordrecht: Springer.
- Bybee, R. W., & Fuchs, B. (2006). Preparing the 21st century workforce: A new reform in science and technology education. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 349–352.
- Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2018). *Research Methods in Education*. London/New York: Routledge.
- Corrigan, D., Dillon, J. & Gunstone, R. (Eds.) (2011). *The Professional Knowledge Base of Science Teaching*. Dordrecht: Springer.
- Darling-Hammond, L., Hyler, M. E., Gardner, M. (2017). *Effective Teacher Professional Development*. Palo Alto, CA: Learning Policy Institute.
- DeGEval – Gesellschaft für Evaluation (2016). *Standards für Evaluation*. Mainz-Kastel: Zeidler.
- DIN EN ISO 9241-11 (2016). *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 11: Gebrauchstauglichkeit: Begriffe und Konzepte (ISO/DIS 9241-11:2015); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 9241-11:2015*. 11. Deutsches Institut für Normung. Berlin: Beuth.
- Dochy, F., Segers, M., Van den Bossche, P. & Gijbels, D. (2003). Effects of problem-based learning: A meta-analysis. *Learning and instruction*, 13(5), 533–568.
- Döring, N., & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. Berlin: Springer.
- Ehm, J.-H. (2012). *Akademisches Selbstkonzept im Grundschulalter. Entwicklungsanalyse dimensionaler Vergleiche und Exploration differenzieller Unterschiede (Dissertation)*. Frankfurt am Main.
- Ewerhardy, A. (2010). *Zusammenhänge zwischen Verständnisorientierung von naturwissenschaftsbezogenem Sachunterricht und Fortschritten im Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte bei Lernenden der Grundschule (Dissertation)*. Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Münster.
- Förtsch, S., Förtsch, C., Kotzebue, L. von & Neuhaus, B.J. (2018). Effects of teachers' professional knowledge and their use of three-dimensional physical models in biology lessons on students' achievement. *Education Sciences*, 8(3), 118. doi: 10.2290/educsci8030118
- Förtsch, C., Werner, S., Dorfner, T., Kotzebue, L. von & Neuhaus, B. J. (2018). *Analysebogen Biologie 2: Kognitive Aktivierung*. In C. M. Schlegel (Ed.), *Schulpraktika begleiten*. Stuttgart: Raabe.

- Fthenakis, W. E., & Bundesministerium für Familie Deutschland. (2003). Auf den Anfang kommt es an!: Perspektiven zur Weiterentwicklung des Systems der Tageseinrichtungen für Kinder in Deutschland. G. Peitz (Ed.). Weinheim/Basel: Beltz.
- Gichoya, D. (2005). Factors affecting the succesful implementation of ICT projects in government. *Electronic Journal of e-Government*, 3(4), 175–184.
- Guay, F., Marsh, H. W. & Boivin, M. (2003). Academic selfconcept and academic achievement: Developmental perspectives on their causal ordering. *Journal of Educational Psychology*, 95, 124–136.
- Haslbeck, H. (2019). Die Variablenkontrollstrategie in der Grundschule. Technische Universität München: Dissertation.
- Hazelkorn, E., Ryan, C., Beernaert, Y., Constantinou, C. P., Deca, L., Grangeat, M., Karikorpi, M., Lazoudis, A., Casulleras, R. P. & Welzel-Breuer, M. (2015). Science education for responsible citizenship: Report to the European Commission of the expert group on science education. Vol. 26893. Luxembourg: Publications Office.
<http://dx.doi.org/10.2777/12626>
- Jüttner, M., Boone, W., Park, S. & Neuhaus, B. J. (2013). Development and use of a test instrument to measure biology teachers' content knowledge (CK) and pedagogical content knowledge (PCK). *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 25(1), 45–67.
- Kauertz, A., Kleickmann, T., Ewerhardy, E., Fricke, K., Lange, K., Ohle, A., Pollmeier, K., Tröbst, S., Walper, L., Fischer, H. & Möller, K. (2011). Dokumentation der Erhebungsinstrumente im Projekt PLUS. https://duepublico2.uni-due.de/servlets/MCRFileNodeServlet/duepublico_derivate_00036697/Dokumentation_der_Erhebungsinstrumente_im_Projekt_PLUS_2013_final2.pdf
- Klingebiel, F. & Klieme, E. (2016). Teacher qualifications and professional knowledge. In S. Kuger, E. Klieme, N. Jude & D. Kaplan (Eds.), *Assessing contexts of learning: An international perspective, Methodology of educational measurement and assessment*, 447–468. Berlin: Springer.
- Kobarg, M., & Seidel, T. (2007). Prozessorientierte Lernbegleitung – Videoanalysen im Physikunterricht der Sekundarstufe I. *Unterrichtswissenschaft*, 35(2), 148–168.
- Kotzebue, L. von, Müller, L., Haslbeck, H., Neuhaus, B.J. & Lankes, E.M. (2020). Cognitive activation in experimental situations in kindergarten and primary school. *International Journal of Research in Education and Science (IJRES)*, 6(2), 284–298.
- Kotzebue, L. von & Nerdel, C. (2012). Professionswissen von Biologielehrkräften zum Umgang mit Diagrammen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 181–200.
- Krapp, A. (1992). Interesse, Lernen und Leistung. *Neue Forschungsansätze in der Pädagogischen Psychologie. Zeitschrift für Pädagogik*, 38(5), 747–770.
- Krapp, A. & Prenzel, M. (2011). Research on interest in Science: Theories, methods, and findings. *International Journal of Science Education*, 33(1), 27–50.
- Kuhn, N., Lankes, E.M. & Steffensky, M. (2012). Vorstellungen von pädagogischen Fachkräften zum Lernen von Naturwissenschaften. In H. Giest, E. Heran-Dörr & C. Archie (Hrsg.), *Lernen und Lehren im Sachunterricht – Zum Verhältnis von Konstruktion und Instruktion*, 183–190. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Labudde, P. & Möller, K. (2012). Stichwort: Naturwissenschaftlicher Unterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften*, 15, 11–36.
- Lengyel, D. (2017): Alltagsintegrierte Sprachbildung im Elementarbereich. In: M. Becker-Mrotzek & H.-J. Roth (Hrsg.), *Sprachliche Bildung – Grundlagen und Handlungsfelder*, 273–286. Münster: Waxmann.
- Lipowsky, F. (2010). Lernen im Beruf – Empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildung. In Müller, F., Eichenberger, A., Lüders, M. & Mayr, J. (Hrsg.), *Lehrerinnen und Lehrer lernen. Konzepte und Befunde zur Lehrerfortbildung*, 1, 51–72. Münster: Waxmann.
- Lotz, M., Lipowsky, F. & Faust, G. (2013). Technischer Bericht zu den PERLE-Videostudien. In F. Lipowsky & G. Faust (Eds.), *Materialien zur Bildungsforschung, Bd. 23/3. Dokumentation der Erhebungsinstrumente des Projekts "Persönlichkeits- und Lernentwicklung von Grundschulkindern" (PERLE) – Teil 3*. Frankfurt am Main: GFFP.
- Lüftenegger, M., Schober, B. & Spiel, C. (2019). Evaluation und Qualitätssicherung. In D. Urhahne, M. Dresel & F. Fischer (Hrsg.), *Psychologie für den Lehrberuf*, 517–532. Berlin: Springer.

- Marsh, H. W. & Craven, R. G. (2006). Reciprocal effects of selfconcept and performance from a multidimensional perspective. *Beyond seductive pleasure and unidimensional perspectives. Perspectives on Psychological Science*, 1, 133–163. doi: 10.1111/j.1745-6916.2006.00010.x
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*. Weinheim/Basel: Beltz.
- Milberg, J. (Hrsg.) (2009). *Förderung des Nachwuchses in Technik und Naturwissenschaft. Beiträge zu den zentralen Handlungsfeldern*. Berlin: Springer.
- Morrison, J.A. & Lederman, N. G. (2003). Science teachers' diagnosis and understanding of students' preconceptions. *Science Education*, 87(6), 849–867.
- Müller, K., Prenzel, M., Seidel, T., Schiepe-Tiska, A., & Kjaernsli, M. (2016). Science teaching and learning in schools – Theoretical and empirical foundations for investigating classroom level processes. In S. Kuger, E. Klieme, N. Jude, & D. Kaplan (Eds.), *Assessing contexts of learning. An international perspective*, 423–446. New York: Springer.
- Nehring, A. (2014). *Wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Fach Chemie: Eine kompetenzorientierte Modell- und Testentwicklung für den Bereich der Erkenntnisgewinnung*. Berlin: Logos.
- Nielsen, J. (2000). *Designing Web Usability: The Practice of Simplicity*. Indianapolis: New Riders Publishing.
- Osborne, J., Simon, S. & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25, 1049–1079.
- Osborne, J. (2014). Scientific practices and inquiry in the science classroom. In N.G. Lederman & S.K. Abell (Eds.), *Handbook of Research on Science Education*, Bd. 2, 593–613. Abingdon: Routledge.
- Patton, M. Q. (2008). *Utilization-focused evaluation: The new century text*. Thousand Oaks: SAGE.
- Praetorius, A.-K., Klieme, E., Herbert, B. & Pinger, P. (2018). Generic dimensions of teaching quality: the German framework of Three Basic Dimensions. *ZDM*, 50 (3), 407–426.
- Riese, J. & Reinhold, P. (2010). Empirische Erkenntnisse zur Struktur professioneller Handlungskompetenz von angehenden Physiklehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 167–187.
- Saffran, A. (2016). *Elementary School Children's Judgments of Covariation Data: Development and Influences of Task Characteristics (Dissertation)*. Ludwig-Maximilians-Universität München.
- Schiepe-Tiska, A., Roczen, N., Müller, K., Prenzel, M. & Osborne, J. (2016). Science-related outcomes: Attitudes, motivation, value beliefs, strategies. In S. Kuger, E. Klieme, N. Jude, & D. Kaplan (Eds.), *Assessing contexts of learning. An international perspective*, 301–329. New York: Springer.
- Schwichow, M., Christoph, S., Boone, W. J. & Härtig, H. (2016). The impact of sub-skills and item content on students' skills with regard to the control-of-variables strategy. *International Journal of Science Education*, 38(2), 216–237.
- Seidel, T., Prenzel, M. & Kobarg, M. (Hrsg.) (2005). *How to run a video study*. Münster: Waxmann.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational researcher*, 15(2), 4–14.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard educational review*, 57(1), 1–23.
- Smith, C. & Gillespie, M. (2007). Research on professional development and teacher change: Implications for adult basic education. *Review of adult learning and literacy*, 7(7), 205–244.
- Steffensky, M., & Neuhaus, B. J. (2018). Unterrichtsqualität im naturwissenschaftlichen Unterricht. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*, 299–313. Berlin: Springer Spektrum.
- Stergioulas, L., Abbasi, M., Xydopoulos, G., Fakhimi, M., Margineanu, R., Rifon, L. A. & Iglesias, M. (2014). Evaluating e-learning platforms for Schools: Use and usability, user acceptance, an impact on learning. *IEEE 14th International Conference on Advanced Learning Technologies*.
- Stufflebeam, D.L. & Shinkfield, A.J. (2007). *Evaluation theory, models and applications*. San Francisco, CA: Wiley.
- Tytler, R., & Osborne, J. (2012). Student attitudes and aspirations towards science. In B. J. Fraser, K. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), *Second international handbook of science education*, Bd. 1, 597–625. Dordrecht: Springer Netherlands.

- Van Veen, Klaas/Zwart, Rosanne/Meirink, Jacobiene (2012). What makes teacher professional development effective? A literature review. In Mary Kooy/Klaas van Veen (Eds.), *Teacher learning that matters*, 3–21. London: Taylor & Francis.
- Vehmeier, J. K. (2009). *Kognitiv anregende Verhaltensweisen von Lehrkräften im naturwissenschaftlichen Sachunterricht – Konzeptualisierung und Erfassung* (Dissertation). Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Münster.
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B. & Davis, F. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly*, 27(3), 425–478.
- Vorholzer, A. (2016). *Wie lassen sich Kompetenzen des experimentellen Denkens und Arbeitens fördern? Eine empirische Untersuchung der Wirkung eines expliziten und eines impliziten Instruktionsansatzes*, Bd.197. Berlin: Logos.
- Wellnitz, N., & Mayer, J. (2013). Erkenntnismethoden in der Biologie–Entwicklung und Evaluation eines Kompetenzmodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 335–345.