



# Blended-Learning-Fortbildung für Forschendes Lernen im naturwissenschaftlich-technischen Unterricht

Birgitta Kopp<sup>1,\*</sup>, Angela Clerc<sup>2</sup> & Heinz Mandl<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Ludwig-Maximilians-Universität München*

<sup>2</sup> *Siemens Stiftung*

\* *Kontakt: Ludwig-Maximilians-Universität München,  
Leopoldstr. 13, 80802 München,  
birgitta.kopp@psy.lmu.de*

**Zusammenfassung:** In diesem Artikel wird das Konzept einer Blended-Learning-Fortbildung für Lehrkräfte zur Unterstützung von Forschendem Lernen in der Grundschule vorgestellt, das im Rahmen des Programms Experimento der Siemens Stiftung entwickelt wurde. Zielsetzungen sind die Vermittlung von fachlich-methodischem Wissen zum Forschenden Lernen und dessen Operationalisierung im Forschungskreis zum Experimentieren sowie insbesondere der Wissenstransfer auf die aktuelle Unterrichtspraxis. Um diese Ziele zu erreichen, wurde sowohl auf die Lehrmethoden des Blended Learning und problembasierten Lernens als auch auf mediendidaktische Gestaltungselemente zurückgegriffen. Mithilfe einer digitalen Lernumgebung haben die Lehrkräfte im Blended Learning die Möglichkeit, zeitlich und räumlich flexibel auf die Lerninhalte zuzugreifen, um Experimente für ihren Unterricht vorzubereiten. Im Rahmen des problembasierten Lernens werden digitale authentische Unterrichtsvideos bereitgestellt, die zahlreiche didaktische Anknüpfungspunkte zur Aufbereitung des Unterrichts bieten. Mediendidaktische Gestaltungselemente ermöglichen auch eine fokussierte inhaltliche Bearbeitung und sinnstiftende kognitive Verarbeitung. Die digitale Lehr-Lernumgebung ist allen Bildungsinteressierten nach Anmeldung frei zugänglich.

**Schlagwörter:** naturwissenschaftlich-technischer Unterricht; Forschendes Lernen; Blended Learning; problemorientierter Unterricht; Mediendidaktik



## 1 Einleitung

Studien zum Experimentieren im naturwissenschaftlich-technischen Unterricht zeigen für Deutschland, dass Schüler\*innen kaum Experimente selbst durchführen dürfen, diese „Hands-on“-Aktivitäten aber neben „Minds-on“-Aktivitäten für einen qualitativ hochwertigen Unterricht von großer Bedeutung sind (Schiepe-Tiska et al., 2016; Seidel et al., 2006; Tesch & Duit, 2004). Ein wesentlicher Grund dafür ist, dass Lehrkräfte das Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht zu selten möglich machen (Schiepe-Tiska et al., 2016), obwohl mithilfe solcher „Hands-on“-Aktivitäten in Form der Entwicklung eigener Experimente oder der Durchführung strukturierter Laborexperimente sowohl positive kognitive als auch motivational-affektive Lernergebnisse zu erzielen sind (Schroeder et al., 2007; Seidel & Shavelson, 2007) und letztlich die naturwissenschaftliche Grundbildung (*scientific literacy*) gefördert wird. Diese wird von der OECD definiert als „the capacity to use scientific knowledge, to identify scientific questions and to draw evidence-based conclusions in order to understand and help make decisions about the natural world and the changes made to it through human activity“ (OECD, 2003, S. 133). Neben fachlich-methodischem Wissen und dem Verstehen naturwissenschaftlicher Konzepte sowie der Wissensanwendung auf naturwissenschaftliche Probleme und Phänomene (OECD, 2004) spielt in dieser Definition eine evidenzbasierte Bewertung von Sachverhalten eine zentrale Rolle, um Entscheidungen bzw. Lösungen zu generieren. Insbesondere bei der Entscheidungsfindung, der Evaluation und Reflexion von naturwissenschaftlich-technischen Fragen und Problemen (Höttecke, 2013) ist ein Bezug zu Werten von großer Bedeutung (KMK, 2004). Beschäftigen sich Schüler\*innen mit naturwissenschaftlich-technischen Fragestellungen in der Biologie, werden die kritische Reflexion und die Sensibilisierung für Werte gefördert (Reitschert & Hössle, 2007).

Um das Experimentieren im naturwissenschaftlich-technischen Unterricht anzuregen und insbesondere Grundschullehrkräfte hierfür zu qualifizieren (Möller, 2004), hat die Siemens Stiftung das praxisorientierte Programm Experimento zur Förderung der naturwissenschaftlich-technischen Bildung ins Leben gerufen (<https://www.siemens-stiftung.org/projekte/experimento/>). Dieses Programm stellt zahlreiche Experimente entlang der Bildungskette in den Bereichen Energie, Umwelt und Gesundheit zur Verfügung, die sich an den Lehrplänen der Bundesländer orientieren. Die Experimente werden als Open Educational Resource für Lehrkräfte und Pädagog\*innen über das Medienportal der Siemens Stiftung bereitgestellt (<https://medienportal.siemens-stiftung.org/de/home>).

Um „Hands-on“-Aktivitäten der Schüler\*innen in Form der Durchführung von Experimenten zu fördern, ist eine Fortbildung der Lehrkräfte neben der Bereitstellung der Experimentierunterlagen ein zentrales Anliegen des Projekts. Diese Schulung wurde als Blended-Learning-Fortbildung konzipiert. Inhaltlich beschäftigt sich diese Fortbildung mit dem didaktischen Ansatz des Forschenden Lernens (Bernholt, 2013; Huber, 2009; Quintana et al., 2004) und dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg (Mikelskis-Seifert, 2004; Schiepe-Tiska et al., 2016; Schreier, 2004; White & Frederiksen, 1998), der in diesem Projekt mit einem Forschungskreis operationalisiert wird.

Zielsetzung dieser Fortbildung ist es, dass sich die Lehrkräfte neben inhaltlich-methodischem Wissen auch Anwendungswissen, also das Wissen, wie Experimente im Unterricht konkret umgesetzt werden können, aneignen. Darüber hinaus eröffnet das Blended-Learning-Konzept zahlreiche Vorteile hinsichtlich des Wissenserwerbs und der Wissensanwendung (Anthonysamy et al., 2020; Ceylan & Kesici, 2017; Lin et al., 2017; Thurlings & den Brok, 2017). Die digitale Lernphase bietet die Möglichkeit, mithilfe einer digitalen Lehr-Lernumgebung die didaktische Umsetzung des Forschungskreises in Form von Unterrichtsvideos zu veranschaulichen (Persike, 2020). Damit können sich die Lehrkräfte neben fachlichem Wissen auch fachdidaktisches Wissen zu forschendem,

selbstgesteuertem, kooperativem und problembasiertem Lernen aneignen, die in den Unterrichtsvideos exemplifiziert werden. Auch fachmethodische Fähigkeiten zum Stellen adäquater Fragen und Vermutungen (Nerdel, 2017) sowie digitale Fähigkeiten (u.a. Bedienen und Anwenden digitaler Medien, Suchen und Verarbeiten von Informationen, Produzieren und Präsentieren von Inhalten, Bearbeiten und Speichern von Aufgabenstellungen) werden durch die digitale Lehr-Lernumgebung geschult. Die Präsenzphasen können das erworbene Wissen vertiefen, insbesondere durch die konkrete Umsetzung von Unterrichtsskizzen, die nicht nur erstellt, sondern auch eingesetzt werden.

## 2 Fachlich-theoretische Verortung

### 2.1 Forschendes Lernen und Forschungskreis

Forschendes Lernen, im Englischen auch *inquiry-based learning* (Bernholt, 2013; White & Frederiksen, 1998) genannt, ist eine didaktische Methode, mit deren Hilfe Schüler\*innen dazu angeregt werden, sich wie Forscher\*innen aktiv mit wissenschaftlichen Problemen und Fragen auseinanderzusetzen (Bernholt, 2013; Huber, 2009; OECD, 2016). In der Literatur findet sich keine einheitliche Definition von Forschendem Lernen (Bertsch, 2019). Die OECD beschreibt Forschendes Lernen folgendermaßen:

“Inquiry-based science education is about engaging students in experimentation and hands-on activities, and also about challenging students and encouraging them to develop a conceptual understanding of scientific ideas. Top-performing students in science are expected to understand, explain, and debate scientific ideas; design and carry out experiments and communicate findings; and connect their scientific ideas and investigations to real-life problems” (OECD, 2016, S. 70).

Forschendes Lernen wird auch beschrieben als „the process of posing questions and investigating them with empirical data, either through direct manipulation of variables via experiments or constructing comparisons using existing data sets“ (Quintana et al., 2004, S. 340). Im Gegensatz zum Forschungsexperiment, in dem die Forscher\*innen zu neuen Erkenntnissen gelangen möchten, wird das Schulexperiment zur Erreichung eines Lernziels eingesetzt (Spieß, 2009). Im Rahmen des naturwissenschaftlichen Erkenntniswegs durchlaufen die Schüler\*innen verschiedene Schritte (Mikelskis-Seifert, 2004; Schiepe-Tiska et al., 2016; Schreier, 2004). Diese Schritte werden als Lernzyklus oder Forschungskreis beschrieben (z.B. „Learning Cycle Approach“ von Abraham, 1998, 2005; oder „Inquiry Cycle“ von Schwartz et al., 1999). Der Forschungskreis von White und Frederiksen (1998) entspricht dem Vorgehen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges und umfasst fünf Schritte, nämlich „Fragenstellen“ (*question*), „Vorhersagen treffen“ (*predict*), „Experimentieren“ (*experiment*), „Modellieren“ (*model*) und „Anwenden“ (*apply*). Im ersten Schritt entwickeln die Schüler\*innen bestimmte Forschungsfragen, die sie interessieren und die sie untersuchen möchten. Vorhersagen über den Ausgang des Experiments treffen sowie Annahmen oder Hypothesen formulieren sind die Inhalte des zweiten Schrittes. Darauf aufbauend entwickeln die Schüler\*innen ein angemessenes Experiment, mit dem sie unter Einsatz passender Methoden ihre Frage beantworten können (van Joolingen et al., 2005). In der vierten Phase analysieren sie ihre Daten und fassen ihre Ergebnisse in Form wissenschaftlicher Gesetze und Modelle zusammen. Zum Abschluss wenden die Schüler\*innen diese Gesetze und Modelle auf verschiedene Situationen an, um zu einer kausalen Erklärung für das untersuchte Phänomen zu gelangen. Dabei reflektieren sie ihren Lernprozess und setzen möglicherweise regulatorische Prozesse der Planung, des Monitorings und der Evaluation ein (van Joolingen et al., 2005). Im Rahmen der Konzeption dieses Erkenntniswegs kommt der Lehrkraft beim Experimentieren eine zentrale Rolle zu (Trna et al., 2012).

Studien zum Forschenden Lernen zeigen, dass sich die Lernmotivation von Schüler\*innen durch die aktive Auseinandersetzung mit dem Lernprozess und dessen Regulierung erhöht, sich das Verstehen des Inhalts vertieft und die Schüler\*innen Kompetenzen für Forschendes Lernen erwerben (Harlen, 2013; Khalaf & Zin, 2018). Zugleich zeigt sich, dass Schüler\*innen mit Schüler\*innenexperimenten häufig überfordert sind und große Probleme haben, systematisch und strukturiert vorzugehen, um ihre Fragestellungen adäquat zu beantworten (de Jong & van Joolingen, 1998). Um diese Überforderung zu vermeiden, wird in Experimento ein Forschungskreis verwendet, der den Schüler\*innen eine konkrete Anleitung zum Experimentieren bietet.

Der naturwissenschaftliche Erkenntnisweg in Form des Forschungskreises besteht in vorliegendem Fortbildungskonzept aus insgesamt neun Schritten, wovon sechs obligatorisch und drei optional sind (siehe Abb. 1).

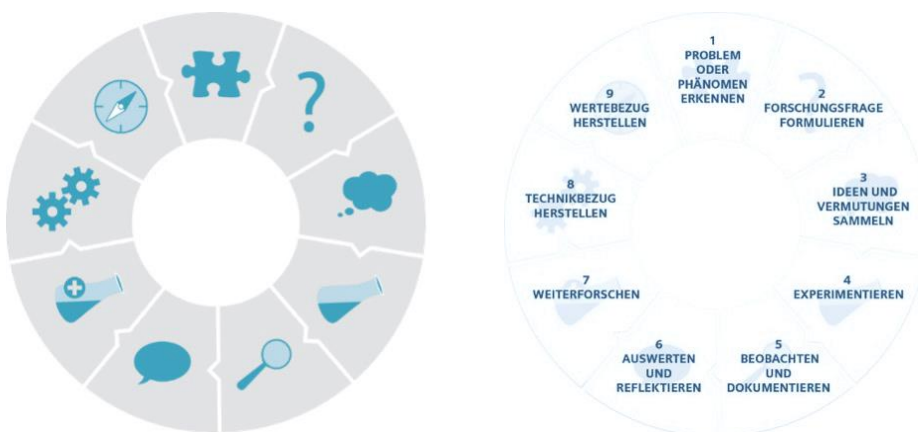


Abbildung 1: Forschungskreis

In der digitalen Lernumgebung wird der Forschungskreis anhand des Experiments „Wasserreinigung im Boden“ in einer vierten Klasse veranschaulicht (siehe Kap. 4.1). Nachfolgend werden die einzelnen Schritte erläutert und mit dem Unterrichtsbeispiel veranschaulicht:

1. *Problem oder Phänomen erkennen*: Das Problem bildet den Ausgangspunkt eines Experiments. Das Experiment wird durchgeführt, um dieses Problem zu lösen.  
Beim Experiment „Wasserreinigung im Boden“ besteht das Problem darin, dass sich in der Geschichte ein Mädchen und ein Junge nicht einig sind, ob sie das Wasser aus einer Quelle trinken können oder nicht.
2. *Forschungsfrage formulieren*: Basierend auf dem Problem wird eine adäquate Forschungsfrage formuliert.  
In vorliegendem Beispiel lautet diese als eine von mehreren möglichen Fragen:  
„Wie können die Bodenschichten Wasser reinigen?“
3. *Ideen und Vermutungen sammeln*: Hinsichtlich des Verlaufs oder Ausgangs des Experiments können Ideen und Vermutungen geäußert werden.  
Die Schüler\*innen vermuten in diesem Unterrichtsbeispiel z.B., dass das Wasser nicht sauber ist, denn es fließt durch den Sand und Humus. Andere Schüler\*innen behaupten das Gegenteil und nehmen an, dass das Wasser sauber ist, weil der Kies und Sand den Schmutz wegfiltern.
4. *Experimentieren*: Anschließend wird das Experiment kooperativ durchgeführt.  
Gruppen von je vier Schüler\*innen erhalten in diesem Experiment drei durchsichtige Becher mit kleinen Löchern im Boden und ein Auffangbecken. Die Becher werden mit den Bestandteilen des Bodens, nämlich Kies, Sand und Erde befüllt. Das Auffangbecken stellt die wasserundurchlässige Schicht Lehm dar. Um die Wasserreinigung

im Boden zu überprüfen, wird Matschwasser in die Becher gegeben, das aufgrund der Löcher durch diese hindurchläuft.

5. *Beobachten und Dokumentieren:* Der Ablauf des Experiments muss genau beobachtet und festgehalten werden, damit keine Daten verloren gehen.  
Die Schüler\*innen beobachten nun genau, wie sich das Wasser verändert, wenn es durch die einzelnen Bodenschichten läuft. Besonders beachtet wird, ob das Wasser nach Durchlaufen der einzelnen Bodenschichten sauberer wird. Diese Beobachtungen werden auf einem Arbeitsblatt festgehalten.
6. *Auswerten und Reflektieren:* Die Ergebnisse werden nun in der Klasse besprochen, ausgewertet und reflektiert. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse werden am Schluss festgehalten.  
In vorliegendem Unterrichtsbeispiel präsentieren die verschiedenen Gruppen ihre Ergebnisse im Plenum. Dabei präzisieren die Schüler\*innen den Reinheitsgrad des Wassers den Bodenschichten entsprechend. Am Ende kann gezeigt werden, dass die Bodenschichten in der Lage sind, das Wasser zu reinigen, wobei in diesem Beispiel durchaus noch Restverschmutzungen zu finden sind. Diese Erkenntnisse werden auf dem Arbeitsblatt festgehalten.  
Die drei optionalen Elemente des Forschungskreises umfassen die Schritte „Weiterforschen“, „Technikbezug herstellen“ und „Wertebezug herstellen“.
7. *Weiterforschen:* Um Schüler\*innen gerecht zu werden, die das Experiment rascher durchführen, bietet der Forschungskreis die Möglichkeit, weitere zu diesem Experiment inhaltlich passende Versuche durchzuführen.  
Im Experiment zur Wasserreinigung lernen die Schüler\*innen das Sedimentieren als weiteres Trennverfahren kennen.
8. *Technikbezug herstellen:* Um Schüler\*innen den Anwendungsbezug zwischen Experiment und realem Leben zu veranschaulichen, kann der Bezug zur Technik hergestellt werden.  
Beim Thema Wasserreinigung bietet sich der Bezug zum Wasserfilter an. Dabei werden die Schüler\*innen aufgefordert, das Prinzip des Wasserfilters zu untersuchen und mit dem der Bodenreinigung zu vergleichen.
9. *Wertebezug herstellen:* Technische Errungenschaften machen häufig eine wertbezogene Diskussion nötig. Dieser Wertebezug lässt sich auch an einfachen Experimenten mit Hilfe von Dilemmageschichten verdeutlichen, durch die Schüler\*innen dazu angehalten werden, die Ergebnisse des Experiments in einen übergreifenden Kontext zu stellen und mit anderen Problemen in Beziehung zu setzen.  
In dieser Fortbildung wird im Experiment zur „Wasserreinigung im Boden“ der Wert Umweltbewusstsein betont. Dies gelingt der Lehrkraft, indem sie mit der Klasse einschränkende Einflüsse erarbeitet, die das Trinken des Wassers unmöglich machen. Darüber hinaus wurde ein digitales Modul zur Wertebildung aufbereitet, in dem eine eigene, an das Experiment inhaltlich anschließende Unterrichtseinheit zum Thema „Wasser schützen“ vorgestellt wird.

## 2.2 Zielsetzung

Im Rahmen der Blended-Learning-Fortbildung soll Forschendes Lernen als Möglichkeit im naturwissenschaftlich-technischen Unterricht erfahrbar gemacht werden, indem Lehrkräften Unterrichtsvideos als authentisches Anschauungsmaterial zur Verfügung gestellt werden. Hierbei sollen neben fachlichem Wissen zum Themenschwerpunkt Umwelt das fachdidaktische Wissen zu Forschendem Lernen und das fachmethodische Wissen zum Forschungskreis gefördert werden. Konkret bedeutet dies, dass die Lehrkräfte nach der Fortbildung selbst in der Lage sind, anhand des Forschungskreises als Operationalisierung des naturwissenschaftlichen Erkenntniswegs Experimente in ihrem Unterricht einzusetzen und durchzuführen. Um dieses Ziel zu erreichen, dürfen die Lehrkräfte

in dieser Fortbildung selbständig und eigenaktiv experimentieren. Darüber hinaus ist die Anwendung des Gelernten von zentraler Bedeutung. So bereiten die Lehrkräfte den Forschungskreis nach Vorarbeiten kooperativ anhand einzelner Experimente didaktisch auf und setzen diesen um.

### 2.3 Zielgruppe

Die Blended-Learning-Fortbildung richtet sich an alle Lehrkräfte, die Forschendes Lernen in Form von Experimenten in ihren Unterricht integrieren möchten. Die in dieser Fortbildung zu Experimento | 8+ bereitgestellten Experimente richten sich insbesondere an die Jahrgangsstufen 3 bis 6 (Schüler\*innen von acht bis zwölf Jahren) und damit insbesondere an Grundschullehrkräfte. Darüber hinaus sind alle Pädagog\*innen anderer Fächergruppen und Lehrkräfte weiterführender Schulen willkommen.

Für die Fortbildung werden keine technischen oder fundierten inhaltlichen Vorkenntnisse benötigt. Wichtig ist eine gewisse Offenheit für neue pädagogisch-didaktische Lernwege, die den naturwissenschaftlich-technischen Unterricht bereichern.

## 3 Didaktisch-methodische Verortung

In der Fortbildung wurden drei didaktisch-methodische Elemente umgesetzt: Blended Learning, problembasiertes Lernen und mediendidaktische Gestaltungselemente.

### 3.1 Blended Learning

Mithilfe von Blended Learning sollen die Stärken des Präsenzunterrichts mit denen der digitalen Lehre verknüpft werden (Graham, 2006). Blended Learning wird definiert als „particular forms of teaching with technology“ (Oliver & Trigwell, 2005, S. 17). Andere beschreiben es als „face-to-face instruction with computer-mediated instruction“ (Graham, 2006, S. 5) oder als „thoughtful integration of classroom face-to-face learning experiences with online learning experiences“ (Garrison & Kanuka, 2004, S. 96). Alle Definitionen betonen das Zusammenspiel von Präsenzphasen und digitalen Phasen. Vorteile von Blended Learning stellen sich aber nicht automatisch durch die Kombination aus digitalen und Präsenzphasen ein, sondern nur, wenn dieser ein adäquates didaktisches Konzept mit verschiedenen Elementen methodischer und medialer Aufbereitung zugrunde liegt (Kopp & Mandl, 2009a). Darüber hinaus ist die Definition von Blended Learning unpräzise hinsichtlich der zugrundeliegenden pädagogischen Annahmen, konkreter didaktischer Konzepte und Zielsetzungen bzw. der Lernerfahrungen (Oliver & Trigwell, 2005). Daher werden diese Aspekte in dieser Fortbildung präzisiert (Hrastinski, 2019).

In der Fortbildung wechseln digitale Lernphasen, in denen sich die Lehrkräfte selbstgesteuert Wissen aneignen, mit Präsenzphasen ab, in denen im interaktiven Austausch neues Wissen konstruiert und angewendet wird (pädagogische Annahmen) (Garrison & Kanuka, 2004). Didaktisch wird selbstgesteuertes individuelles digitales Lernen mit kooperativem Lernen in Präsenz kombiniert. In Bezug auf die Zielsetzungen der Fortbildung wechselt Wissenserwerb mit Wissensanwendung in konkreten Situationen ab. Zu Beginn der Fortbildung erhalten die Lehrkräfte Zugang zu einer digitalen Lehr-Lernumgebung, die sämtliche relevanten Lerninhalte umfasst (siehe Kap. 4.2.1). Diese können von den Lehrkräften individuell und selbstgesteuert bearbeitet werden. Darin steht insbesondere der Wissenserwerb im Mittelpunkt. In den Präsenzphasen hingegen werden einerseits von in Experimento ausgebildeten Fortbildungslehrkräften weitere Inhalte präsentiert und erläutert und andererseits das erworbene fachlich-methodische und fachdidaktische Wissen beim gemeinsamen, kooperativen Experimentieren angewendet.

Die digitale Umsetzung von Lehr-Lerninhalten in einem Blended-Learning-Konzept hat den Vorteil, dass das Lernen zeitlich und räumlich flexibilisiert wird (Kumari &

Naaz, 2020), da auf die digitale Lehr-Lernumgebung jederzeit zugegriffen werden kann. Gleichzeitig finden eine selbstgesteuerte Aneignung und eine Vertiefung von Lerninhalten statt, da die Inhalte so oft und so lange wie nötig bearbeitet werden können. Darüber hinaus haben insbesondere authentische digitale Unterrichtssequenzen das Potenzial, die Motivation der Lehrkräfte zu erhöhen, Experimente selbst in ihren Unterricht zu integrieren (Mayer, 2014). Diese werden daher in der vorliegenden Fortbildung in Form von Videos eingesetzt.

Die Präsenzphasen zeichnen sich dadurch aus, dass neben einer inhaltlichen Vermittlung zentraler Inhalte kooperatives Lernen und Kleingruppenarbeit im Mittelpunkt stehen, wodurch die Lehrkräfte ihr erworbenes Wissen ko-konstruieren (Klopsch & Sliwka, 2022), indem sie eine Unterrichtsskizze für ein spezifisches Experiment entwickeln und in der Fortbildung durchführen. Diese Unterrichtseinheit soll didaktisch in Anlehnung an das präsentierte Unterrichtsexperiment „Wasserreinigung im Boden“ aufbereitet werden.

Studien zu Blended-Learning-Lehrkräftefortbildungen zeigen, dass sowohl der Wissenserwerb und die Kompetenzen der Lehrkräfte (González-Gómez et al., 2016; Kac & Psunder, 2013) als auch die Motivation (Ganz & Reinmann, 2007) und der Lernerfolg der Schüler\*innen verbessert werden (Thurlings & den Brok, 2017). Darüber hinaus führt selbstreguliertes Lernen in nicht-akademischen Kontexten in einem Blended-Learning-Szenario zu positiven Effekten auf Zufriedenheit, Engagement und Einstellung zum Lernen (Anthonysamy et al., 2020). Auch die Lernmotivation und der Lernerfolg werden durch digitale Lernphasen verbessert (Ceylan & Kesici, 2017; Lin et al., 2017).

### 3.2 Problembasiertes Lernen

Die Fortbildung basiert auf einer konstruktivistischen Lehr-Lerntheorie, die davon ausgeht, dass Lernen nur dann erfolgreich ist, wenn sich die Lernenden aktiv mit den Lerninhalten auseinandersetzen und ihr Wissen selbständig in einer bestimmten Lernumgebung konstruieren (Prenzel & Mandl, 1993). Zentral hierfür ist der Situated-Learning-Ansatz (Lave & Wenger, 1991) bzw. das problembasierte Lernen. Problembasiertes Lernen zeichnet sich dadurch aus, dass mit Hilfe von bedeutungsvollen authentischen Fällen oder Problemen (Hmelo-Silver et al., 2018), die die Lernenden bearbeiten, neben Faktenwissen insbesondere Anwendungswissen vermittelt wird (Renkl et al., 1996). Für die Lehrkräfte ist dieser Aspekt von besonderer Bedeutung, da sie die gelernten Inhalte auch in ihrem Unterricht einsetzen und anwenden müssen. Eine Metaanalyse zum problembasierten Lernen zeigt einen stabilen positiven Effekt auf den Fähigkeitserwerb (Dochy et al., 2003). Im Rahmen der Fortbildung werden vier Elemente umgesetzt (Kopp & Mandl, 2009b):

*Authentische Beispiele:* Um die Lehrkräfte zu motivieren, werden authentische Beispiele eingesetzt, die das zu erwerbende Wissen illustrieren und dadurch dessen Bedeutung veranschaulichen.

In der digitalen Lehr-Lernumgebung der Fortbildung werden authentische Beispiele durch Unterrichtsvideos realisiert, die die Umsetzung eines Experiments anhand der Phasen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses illustrieren. Damit wird den Lehrkräften konkret und realistisch ein Unterrichtsbeispiel zum Forschenden Lernen vorgestellt. Darüber hinaus haben die Lehrkräfte während der Digitalen Phase die Aufgabe, für ein Experiment eine eigene Unterrichtseinheit zu entwickeln und in der zweiten Präsenzphase vorzustellen. Neben den inhaltlichen Aspekten sind hier didaktische Ansätze und Methoden bedeutsam – und damit die Anwendung des Gelernten in einem realen Kontext.

*Multiple Kontexte und Perspektiven:* Die Inhalte werden in unterschiedlichen Kontexten und aus verschiedenen Perspektiven betrachtet, um flexibles und anwendungsbezogenes Wissen zu erwerben.

Dem entsprechend wird in dieser Fortbildung der Forschungskreis in der ersten Präsenzphase eingeführt, in der digitalen Phase mit Unterrichtsvideos als Umsetzungsbeispiel illustriert, um in der zweiten Präsenzphase schließlich selbst anhand von inhaltlich unterschiedlichen Experimenten angewendet zu werden. Die Lehrkräfte nehmen dabei in einem von ihnen selbst vorab fachlich-methodisch und fachdidaktisch aufbereiteten Experiment die Rolle der Lehrenden ein und in den anderen Experimenten die Rolle der Lernenden.

*Soziale Kontexte:* Kooperatives Lernen hat zahlreiche positive Effekte, u.a. auf den individuellen Wissenserwerb (Lou et al., 1996), auf die Wissensanwendung (de Corte, 2003) oder auf den Erwerb von Sozialkompetenzen (Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1997). Insbesondere der Wissenserwerb und die Wissensanwendung sind Ziele dieser Fortbildung, die dadurch gefördert werden.

Kooperatives Lernen wird in dieser Fortbildung auf zweierlei Arten umgesetzt: Zum einen werden in der digitalen Lehr-Lernumgebung Videos gezeigt, in denen Schüler\*innen miteinander kooperieren, damit die Lehrkräfte eine Vorstellung von Kooperation im Unterricht erhalten. Zum anderen arbeiten die Lehrkräfte selbst im Verlauf der Fortbildung, insbesondere in der zweiten Präsenzphase, bei der Konzeption einer Unterrichtseinheit zusammen, damit über die gemeinsame Diskussion der didaktischen Umsetzungsmöglichkeiten verschiedener Experimente das Wissen vertieft wird.

*Instruktionale Unterstützung:* Um die Lehrkräfte in ihrem Wissenserwerb zu unterstützen, ist instruktionale Unterstützung nötig, die unter anderem sowohl durch zusätzliche Literatur und Hinweise als auch durch Feedback und Supervision gegeben werden kann.

In dieser Fortbildung unterstützt die Fortbildungslehrkraft, eine speziell von der Siemens Stiftung in Experimento geschulte Lehrkraft, die Lehrkräfte während der Präsenzphasen direkt und während der digitalen Phasen online. Darüber hinaus wurde die digitale Lehr-Lernumgebung so aufbereitet, dass die Lehrkräfte durch konkrete Aufgabenstellungen vor den einzelnen Videosequenzen auf zentrale Inhalte fokussiert werden. Diese Aufgabenstellungen wurden mit Farbe hinterlegt (siehe Abb. 2 auf der folgenden Seite, orangefarbener Kasten), um die Aufmerksamkeit auf die nachfolgenden Lerninhalte der Videosequenzen zu lenken (van Alten et al., 2020). Zugleich wird durch die Aufgabenstellungen das Vorwissen der Lehrkräfte aktiviert, das mit den Informationen auf den folgenden Inhaltsseiten abgeglichen und reflektiert werden kann. In diesem Beispiel umfasst dies das Wissen über Methoden zur didaktischen Aktivierung von Vorwissen bei Schüler\*innen. Zur Überprüfung des Gelernten und zur Selbstkontrolle für die teilnehmenden Lehrkräfte sind Multiple-Choice- und Zuordnungsaufgaben in der Lehr-Lernumgebung enthalten (siehe Abb. 3 auf der folgenden Seite).



2 Forschungsfrage formulieren 2 von 9

### Vorwissen aktivieren

Bevor eine Forschungsfrage formuliert werden kann, ist es wichtig, das **Vorwissen** der Schülerinnen und Schüler zu aktivieren. Dadurch wird der inhaltliche Kontext festgeschrieben. Aktuell im Unterricht behandelte Fachbegriffe können hier ebenso aktiviert werden wie Erfahrungen, Geschichten oder bereits Erlebtes. Die Schülerinnen und Schüler haben so die Möglichkeit, sich emotional, motivational und kognitiv auf die bevorstehende Unterrichtseinheit einzustellen.

Arbeitsauftrag: Achten Sie in ► nachfolgendem Video darauf, wie die Lehrkraft das Vorwissen didaktisch aktiviert.



Abbildung 2: Beispielseite der digitalen Lehr-Lernumgebung

3 Ideen und Vermutungen sammeln 12 von 12

### Aufgabenstellung

Es sollen Experimente zur Reinigung von schmutzigem Wasser durch verschiedene Bodenschichten (Kies/Steine, Sand und Erde) durchgeführt werden. Dabei soll überprüft werden, ob die Reihenfolge der Bodenschichten einen Einfluss auf die Filterwirkung hat.

**Welche zwei Annahmen passen zu diesem Experiment?**

Die Reihenfolge der Bodenschichten hat keinen Einfluss auf die Filterwirkung.

Das schmutzige Wasser soll zunächst die Bodenschicht mit den größten Poren und zuletzt die Bodenschicht mit den kleinsten Poren durchfließen.

Die Temperatur hat einen großen Einfluss auf die Filterwirkung der Bodenschichten.

Die Reihenfolge der Bodenschichten ist entscheidend für die Filterwirkung.

Hinweis: Es können mehrere Antworten richtig sein.

✓ Prüfen

Abbildung 3: Beispielseite einer Aufgabenstellung

### 3.3 Mediendidaktische Gestaltungselemente

Im Rahmen digitalen Lernens stellt sich häufig das Problem der kognitiven Überlastung (Sweller, 2011), das durch eine geeignete mediendidaktische Gestaltung zur Förderung des Wissenserwerbs und der Motivation reduziert werden kann (Mayer, 2007). So wurden in der vorliegenden digitalen Lehr-Lernumgebung insbesondere sechs Prinzipien fokussiert: das Multimediaprinzip, das Modalitätsprinzip, das Kohärenzprinzip, das Signalisierungsprinzip, das Redundanzprinzip und das Kontiguitätsprinzip (Leutner et al., 2014).

Das *Multimediaprinzip* besagt, dass man besser lernt, wenn nicht nur Texte, sondern auch Bilder und Grafiken zur Veranschaulichung der Lerninhalte verwendet werden (Mayer, 2007). Daher werden in der digitalen Lehr-Lernumgebung zur Illustration des

Textes stets Bilder und Grafiken eingesetzt. Zur Veranschaulichung der Bodenschichten wird z.B. ein Bild mit einem Querschnitt des Bodens gezeigt (siehe Abb. 2).

Das *Modalitätsprinzip* bedeutet, dass multimediale Nachrichten gesprochen und nicht textlich hinterlegt werden. Auch dieses Prinzip wird in der digitalen Lehr-Lernumgebung umgesetzt, da vor allem multimediale Videos eingesetzt werden, in denen gesprochen wird.

Die vier nachfolgenden Prinzipien dienen insbesondere der Reduktion irrelevanter kognitiver Prozesse (Jadin, 2013). So werden in der digitalen Lehr-Lernumgebung in Anlehnung an das *Kohärenzprinzip* unnötige Informationen und irrelevante mediale Elemente vermieden (Mayer, 2007). Da es laut *Signalisierungsprinzip* hilfreich ist, durch Hervorhebungen den Lerninhalt zu strukturieren und zu organisieren (Mayer, 2007), wurde die Aufmerksamkeit der Lehrkräfte in der digitalen Lehr-Lernumgebung durch Fettdruck der wichtigsten Begriffe und durch farblich hinterlegte Aufgabenstellungen (siehe Abb. 2) auf die zentralen Begriffe und die zu bearbeitenden Aufgaben gelenkt. Zur Umsetzung des *Redundanzprinzips* wurden bei der medialen Gestaltung redundante Informationen vermieden. Darüber hinaus wurden gemäß dem räumlichen und zeitlichen *Kontiguitätsprinzip* zusammengehörende Informationen zeitlich und räumlich nahe beieinander dargeboten, um eine sinnstiftende kognitive Verarbeitung anzuregen (Leutner et al., 2014).

## 4 Durchführung

### 4.1 Ablauf und Inhalte der Fortbildung

Die Fortbildung umfasst insgesamt einen Zeitrahmen von etwa zwei Tagen, die im Blended-Learning-Format in zwei digitale Phasen und zwei Präsenzphasen aufgeteilt werden (siehe Abb. 4).

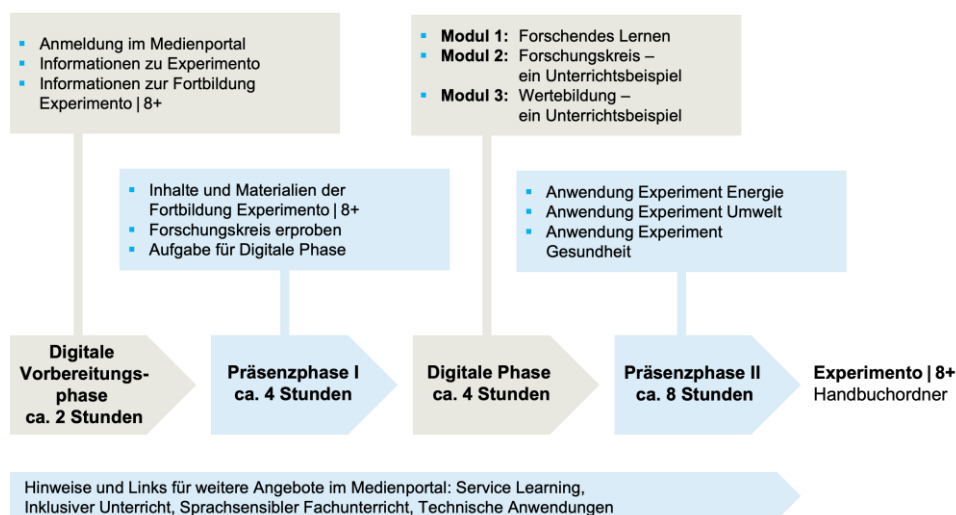


Abbildung 4: Ablaufplan der Fortbildung

In der *digitalen Vorbereitungsphase* melden sich die Lehrkräfte zunächst auf dem Medienportal der Siemens Stiftung an (<https://medienportal.siemens-stiftung.or/de/home>). Darauf befinden sich die einführenden Unterlagen zur Fortbildung mit Informationen zum Programm Experimento und seinen drei Inhaltsbereichen Energie, Umwelt und Gesundheit sowie mit Informationen zur Fortbildung, die das Forschende Lernen und den Forschungskreis umfassen.

In der digitalen Vorbereitungsphase machen sich die Lehrkräfte mit der Fortbildung und deren Ablauf vertraut, lernen das Programm Experimento mit seinen Unterlagen und

Materialien sowie mit den drei Themenbereichen Energie, Umwelt und Gesundheit kennen und setzen sich mit dem Forschungskreis als Operationalisierung des Forschenden Lernens auseinander.

Die *erste Präsenzphase* dauert ca. vier Stunden, in denen die Lehrkräfte in die fachlichen Inhalte und Materialien der Fortbildung Experimento | 8+ von den Fortbildungslehrkräften eingeführt werden. Besonderer Schwerpunkt ist neben dem Forschenden Lernen der Forschungskreis, den die Lehrkräfte selbst beim Experimentieren erproben dürfen. Dabei werden sie von einer in Experimento geschulten Lehrkraft angeleitet. Darüber hinaus erhalten die Lehrkräfte eine Aufgabe, die sie während der zweiten digitalen Phase bearbeiten. Diese umfasst die Konzeption einer Unterrichtsskizze zu einem Experiment. Damit wird eine Verbindung zwischen den beiden Präsenzphasen hergestellt.

In dieser ersten Präsenzphase lernen sich die Lehrkräfte gegenseitig kennen, können Fragen stellen und Unklarheiten beseitigen, sich mit den zentralen Inhalten und Konzepten von Experimento | 8+ vertraut machen und erste Experimente selbst durchführen.

In der *digitalen Phase* bearbeiten die Lehrkräfte drei Inhaltsmodule, die in eine digitale Lehr-Lernumgebung eingebettet sind. Diese Module umfassen das Forschende Lernen, den Forschungskreis und die Wertebildung. Das Forschende Lernen stellt die theoretische Basis für das Experimentieren dar. Dieses wird im ersten Modul mit einer Videosequenz eingeführt, in der Schüler\*innen experimentieren, um anschließend theoretisch erläutert zu werden.

Im zweiten Modul geht es um den Forschungskreis, die Operationalisierung des Forschenden Lernens. Wie oben erläutert, umfasst dieser Forschungskreis neun Stufen. Jedes Unterkapitel des Moduls beschreibt eine Stufe des Forschungskreises. Exemplifiziert wird der Forschungskreis anhand eines konkreten Unterrichtsbeispiels einer vierten Grundschulklasse zum Experiment „Wasserreinigung im Boden“. Ton und Bild der Unterrichtseinheit wurden vollständig aufgenommen, zum jeweiligen Inhalt passende Ausschnitte ausgewählt und in die Lernumgebung integriert. Durch die authentischen Videos zur Durchführung eines Experiments im Unterricht erhalten die Lehrkräfte konkrete Einblicke in die Umsetzung des Forschungskreises.

Das dritte Modul beschäftigt sich mit der Wertebildung. Dieses schließt sich inhaltlich an das zweite Modul zur „Wasserreinigung im Boden“ an, da es sich mit dem Thema „Wasser schützen“ beschäftigt. Auch dieses Modul wurde anhand einer Unterrichtseinheit aufbereitet, in der die Schüler\*innen verschiedene Möglichkeiten erarbeiten, wie sie selbst Wasser schützen können. Darin werden ebenfalls einzelne Videosequenzen zur Illustration der Umsetzung von Wertebildung eingesetzt.

In der *zweiten Präsenzphase* soll das Gelernte zur Anwendung gebracht werden. Dies erfolgt, indem die während der digitalen Phase erstellten Unterrichtsskizzen zu einzelnen Experimenten anhand des Forschungskreises kooperativ weiter ausgearbeitet und anschließend im Plenum vorgestellt werden. Dabei können die Lehrkräfte das Experiment selbst erproben. Die Lehrkraft stellt also ihr Konzept vor und führt das Experiment mit den anderen Lehrkräften durch. Besondere Bedeutung hat darin die Diskussion und Reflexion über die Experimente und ihre mögliche Umsetzung im Unterricht.

## 4.2 Entwickelte Lehr-Lernmaterialien

Im Rahmen der Fortbildung wurden eine digitale Lehr-Lernumgebung sowie Handreichungen entwickelt. Darüber hinaus befinden sich alle entwickelten Experimente in einem Handbuchordner in Form von Anleitungen für Lehrkräfte und Schüler\*innen.

### 4.2.1 Digitale Lehr-Lernumgebung

Die digitale Lehr-Lernumgebung ist auf dem Medienportal der Siemens Stiftung unter dem Reiter „Fortbildungen“ integriert. Sie ist nach Anmeldung auf dem Portal frei zugänglich. Sie umfasst neben den oben vorgestellten Online-Lernmodulen fünf weitere Kacheln, die als Nachschlagewerke und Kommunikationstool dienen (siehe Abb. 5).



Abbildung 5: Startseite der digitalen Lehr-Lernumgebung

Hinter der Kachel „Über die Fortbildung Experimento | 8+“ befinden sich Informationen zur Fortbildung, hinter der Kachel „Experimento“ solche über das Programm Experimento allgemein. Die Kacheln „Forum“ und „Hilfe und FAQ“ sind bei Fragen bedeutsam. Während man im „Forum“ mit anderen Lehrkräften in den inhaltlichen Austausch treten kann, werden unter „Hilfe und FAQ“ technische Hinweise gegeben und der Umgang mit der digitalen Lehr-Lernumgebung erläutert. Die Kachel „Methoden und Materialien“ umfasst zahlreiche didaktische Methoden fürs Experimentieren, Unterrichtsmaterialien, die für die Fortbildung bedeutsam sind, sowie weiterführende Materialien zu Experimento | 8+.

### 4.2.2 Handreichungen

Zusätzlich zu den Unterlagen der Fortbildung wurden verschiedene Handreichungen erstellt. Zum einen gibt es eine Handreichung für Lehrkräfte, in der generelle Informationen zu Experimento | 8+ und der Fortbildung, zu den drei Inhaltsgebieten Energie, Umwelt und Gesundheit mit Beispielexperimenten und zum Forschenden Lernen mit dessen Operationalisierung im Forschungskreis enthalten sind. Darin gibt es auch Querverweise zur digitalen Lehr-Lernumgebung (Kopp & Mandl, 2020a).

Darüber hinaus wurde eine Multiplikator\*innenhandreichung verfasst, also eine Handreichung für diejenigen Lehrkräfte, die die Fortbildung leiten. Diese umfasst insbesondere Informationen zur Durchführung der Fortbildung (Organisation und Ablauf) sowie eine sehr detaillierte inhaltliche Darstellung der Fortbildung. Hier werden für jede Phase des Blended-Learning-Konzepts die Grundidee, die Zielsetzungen und der jeweilige Ablauf mit möglicher didaktischer Umsetzung vorgestellt (Kopp & Mandl, 2020b).

## 5 Evaluation

Bevor die Blended-Learning-Fortbildung für Lehrkräfte zum Einsatz kam, wurde diese Fortbildungslehrkräften (sog. Multiplikator\*innen) von Experimento an zwei Schultagen, die nachmittags mit je zwei Stunden terminiert waren, aufgrund geltender Vorgaben der Infektionsschutzverordnung digital präsentiert und im Anschluss evaluiert. Dabei durchliefen die Fortbildungslehrkräfte die einzelnen Schritte der Fortbildung, allerdings ohne Präsenzsitzungen. Im ersten Teil der Fortbildung stand das Blended-Learning-Konzept im Vordergrund, während im zweiten Teil sowohl die Rückmeldung zur digitalen Lehr-Lernumgebung als auch der Arbeitsauftrag für die Lehrkräfte fokussiert wurden.

Die Fortbildung wurde im Nachgang evaluiert. Dabei standen das Fortbildungskonzept und die digitale Lehr-Lernumgebung im Mittelpunkt. Beide Dimensionen wurden quantitativ mit Hilfe einer selbst entwickelten fünfstufigen Likert-Skala von „trifft nicht zu“ (1) bis „trifft voll und ganz zu“ (5) eingeschätzt. Die Dimension Fortbildungskonzept umfasst eine Skala aus sechs Items (z.B. „Ich finde das neue Fortbildungskonzept gelungen.“), während die Dimension digitale Lehr-Lernumgebung aus fünf Skalen besteht, nämlich „Akzeptanz der digitalen Lehr-Lernumgebung“ (drei Items, z.B. „Ich würde meinen Kolleginnen und Kollegen die digitale Lernumgebung empfehlen.“), „Gestaltung der digitalen Lehr-Lernumgebung“ (sieben Items, z.B. „Ich fand die Lernumgebung intuitiv bedienbar.“), „Inhaltliche Gestaltung“ (sechs Items, z.B. „Die Inhalte sind klar verständlich.“), „Videos“ (fünf Items, z.B. „Die Videos veranschaulichen die Inhalte.“) sowie „Aufgabenstellungen“ (fünf Items, z.B. „Die Aufgabenstellungen sind klar verständlich.“). Ein freies Feld für offene Anmerkungen im Fragebogen und Aussagen nach der Fortbildung ergänzten die Einschätzungen.

An der Fortbildung nahmen zehn Multiplikator\*innen (sieben Frauen, drei Männer, davon fünf aus Gymnasien, zwei aus Montessorischulen, eine\*r aus einer Mittelschule, eine\*r vom Zentrum für schulpraktische Lehrerbildung, eine\*r aus der Station Umweltbildung) teil, von denen alle den Fragebogen beantworteten. Das Fortbildungskonzept erhielt eine Zustimmung von  $M = 3.93$  ( $SD = 0.58$ ). Einen Diskussionspunkt stellte in der Fortbildung die zweite Präsenzphase dar, in der zunächst ausschließlich Rollenspiele angedacht waren, mit deren Hilfe Lehrkräfte die fachmethodische und fachdidaktische Umsetzung des Forschungskreises anhand spezifischer Experimente erproben können. Den Teilnehmenden kam hier das Experimentieren zu kurz. Daher wurde die Fortbildung hinsichtlich einer stärkeren Ausrichtung auf die Durchführung von Experimenten verändert. Dennoch lautete das Feedback einer Multiplikatorin auf die vorgestellte Fortbildung: *„Durch die Kopplung von analogen und digitalen Phasen ist das Format Blended Learning ein großer Gewinn für die Fortbildung“*.

Die Akzeptanz der digitalen Lehr-Lernumgebung lag bei einem Wert von  $M = 4.27$  ( $SD = 0.47$ ). Die mediendidaktische Gestaltung der digitalen Lehr-Lernumgebung erhielt mit einem Wert von  $M = 4.51$  ( $SD = 0.49$ ) eine noch höhere Zustimmung. Auch die inhaltliche Gestaltung erhielt hohe Werte ( $M = 4.39$ ,  $SD = 0.52$ ). Ein Teilnehmender kommentierte diese folgendermaßen: *„Inhaltlich hervorragend ausgearbeitete, interaktive und technisch hochqualitative Online-Anwendung“*. Die Videobeispiele *„sind sehr authentisch, vermitteln Informationen und Wissen und geben gleichzeitig Impulse für die Umsetzung in meinem Unterricht“*. Der Wert hierfür lag bei  $M = 4.16$  ( $SD = 0.73$ ). Mit einem Mittelwert von  $M = 4.35$  ( $SD = 0.49$ ) erzielten auch die Aufgabenstellungen eine hohe Zustimmung. Insgesamt wurde die digitale Lehr-Lernumgebung als großer Gewinn für die Fortbildung gesehen, da die Lehrkräfte durch die Exemplifizierung der Durchführung eines Experiments *„mehr mitnehmen können“*.

Nachdem die Multiplikator\*innen der Siemens Stiftung in dieser Blended-Learning-Fortbildung geschult wurden, wird diese nun mit Lehrkräften durchgeführt.

## 6 Fazit und Ausblick

Diese Fortbildung wurde entwickelt, um insbesondere Grundschullehrkräfte mithilfe eines Blended-Learning-Konzepts unter Einsatz einer digitalen Lehr-Lernumgebung so fortzubilden, dass sie in der Lage sind, Experimente in ihrem Unterricht einzusetzen. Neben dem Wissenserwerb zum Forschenden Lernen und zum Forschungskreis wurde ein besonderer Schwerpunkt auf die Wissensanwendung gelegt. Dies wird zum einen durch authentische Unterrichtsbeispiele umgesetzt. Zum anderen werden die Lehrkräfte dazu angehalten, während der Fortbildung eine Unterrichtsskizze zu entwickeln und mit den anderen Lehrkräften als Lernenden selbst durchzuführen, was sich durch die konkrete Umsetzung positiv auf die Wissensanwendung auswirkt.

Die oben dargestellten ersten Evaluationsergebnisse aus der Schulung der Fortbildungslehrkräfte zeigen vielversprechende Ergebnisse. Insbesondere die digitale Lernumgebung erzielte große Zustimmung. Allerdings war die Stichprobe mit zehn Personen nur sehr klein, weshalb auch die entwickelten Skalen empirisch nicht überprüft werden konnten. Wichtig ist es nun, dass diese Fortbildung in Deutschland zunehmend disseminiert wird, damit Grundschullehrkräfte vermehrt Möglichkeiten sehen, mit den Kindern im naturwissenschaftlich-technischen Unterricht zu experimentieren. Zur Qualitätssicherung werden die Fortbildungen zukünftig unmittelbar im Anschluss an die Fortbildung und nach sechs Monaten als Follow-up evaluiert.

## Literatur und Internetquellen

- Abraham, M.R. (1998). The Learning Cycle Approach as a Strategy for Instruction in Science. In B. Fraser & K. Tobin (Hrsg.), *International Handbook of Science Education* (S. 513–524). Kluwer.
- Abraham, M.R. (2005). Inquiry and the Learning Cycle Approach. *Chemists' Guide to Effective Teaching, 1*, 41–52.
- Anthony, S., Koo, A.C. & Hew, S.H. (2020). Self-Regulated Learning Strategies and Non-Academic Outcomes in Higher Education Blended Learning Environments: A One Decade Review. *Education and Information Technologies, 25*, 1–28. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10134-2>
- Bernholt, S. (2013). *Inquiry-Based Learning – Forschendes Lernen*. IPN.
- Bertsch, C. (2019). Forschendes Lernen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht: Überblick und kritische Reflexion der Entwicklungen zwischen 2008 und 2018. In A. Holzinger, S. Kopp-Sixt, S. Luttenberger & D. Wohllhart (Hrsg.), *Fokus Grundschule, Band 1: Forschungsperspektiven und Entwicklungslinien* (S. 111–120). Waxmann.
- Ceylan, V.K. & Kesici, A.E. (2017). Effect of Blended Learning to Academic Achievement. *Journal of Human Sciences, 14* (1), 308–320. <https://doi.org/10.14687/jhs.v14i1.4141>
- de Corte, E. (2003). Designing Learning Environments. In L. Verschaffel, N. Entwistle & J.J.G. v. Merriënboer (Hrsg.), *Powerful Learning Environments: Unravelling Basic Components and Dimensions* (S. 21–33). Pergamon.
- de Jong, T. & van Joolingen, W.R. (1998). Scientific Discovery Learning with Computer Simulations of Conceptual Domains. *Review of Educational Research, 68*, 179–201. <https://doi.org/10.3102/00346543068002179>
- 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. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(02\)00025-7](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00025-7)
- Ganz, A. & Reinmann, G. (2007). Blended Learning in der Lehrerfortbildung – Evaluation einer Fortbildungsinitiative zum Einsatz digitaler Medien im Fachunterricht. *Unterrichtswissenschaft, 35* (2), 169–191. <https://doi.org/10.25656/01:5491>

- Garrison, D.R. & Kanuka, H. (2004). Blended Learning: Uncovering Its Transformative Potential in Higher Education. *The Internet and Higher Education*, 7 (2), 95–105. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2004.02.001>
- González-Gómez, D., Jeong, J.S., Rodríguez, D.A. & Cañada Cañada, F. (2016). Performance and Perception in the Flipped Learning Model. An Initial Approach to Evaluate the Effectiveness of a New Teaching Methodology in a General Science Classroom. *Journal of Science Education and Technology*, 25 (3), 450–459. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9605-9>
- Graham, C.R. (2006). Blended Learning Systems: Definition, Current Trends and Future Directions. In C.J. Bonk & C.R. Graham (Hrsg.), *The Handbook of Blended Learning: Global Perspectives, Local Designs* (S. 3–21). Pfeiffer.
- Harlen, W. (2013). Inquiry-Based Learning in Science and Mathematics. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 7 (2), 9–33. <https://doi.org/10.26220/rev.2042>
- Hmelo-Silver, C.E., Kapur, M. & Hamstra, M. (2018). Learning through Problem Solving. In F. Fischer, C.E. Hmelo-Silver, S.R. Goldmann & P. Reimann (Hrsg.), *International Handbook of the Learning Science* (S. 210–220). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315617572>
- Höttecke, D. (2013). Forschend-entdeckenden Unterricht authentisch gestalten – ein Problemaufriss. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-Based Learning – Forschendes Lernen* (S. 32–45). IPN.
- Hrastinski, S. (2019). What Do We Mean by Blended Learning? *TechTrends*, 63, 564–569. <https://doi.org/10.1007/s11528-019-00375-5>
- Huber, L. (2009). Warum Forschendes Lernen nötig und möglich ist. In L. Huber, J. Hellmer & F. Schneider (Hrsg.), *Forschendes Lernen im Studium* (S. 9–35). Universitätsverlag Weblar.
- Jadin, T. (2013). Multimedia und Gedächtnis. Kognitionspsychologische Sicht auf das Lernen mit Technologien. In M. Ebner & S. Schön (Hrsg.), *L3T. Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien* (2. Aufl.) (S. 167–174). Books on Demand. <https://doi.org/10.25656/01:8346>
- Kac, L. & Psunder, M. (2013). Die Rolle der IKT in der Lehrerfortbildung beim Einsatz der Neuheiten. *Media, Culture and Public Relations*, 4 (2), 115–126.
- Khalaf, B.K. & Zin, Z.B.M. (2018). Traditional and Inquiry-Based Learning Pedagogy: A Systematic Critical Review. *International Journal of Instruction*, 11 (4), 545–564. <https://doi.org/10.12973/iji.2018.11434a>
- Klopsch, B. & Sliwka, A. (2022). Von der Ko-Existenz zur Ko-Konstruktion: Kooperative Professionalität unter Lehrkräften. *Zeitschrift Seminar*, 1, 59–74.
- KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland). (2004). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Bildungsabschluss*. Beschluss der KMK vom 16.12.2004. Kluwer. [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2004/2004\\_12\\_16-Bildungsstandards-Biologie.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Biologie.pdf)
- Kopp, B. & Mandl, H. (2009a). Blended Learning: Forschungsfragen und Perspektiven. In P. Klimsa & L.J. Issing (Hrsg.), *Online Lernen* (S. 139–150). Oldenbourg.
- Kopp, B. & Mandl, H. (2009b). Gestaltung medialer Lernumgebungen. In M. Henninger & H. Mandl (Hrsg.), *Handbuch Medien- und Bildungsmanagement* (S. 55–72). Beltz.
- Kopp, B. & Mandl, H. (2020a). *Experimento | 8+ – Handreichung für Lehrkräfte*. Siemens Stiftung.
- Kopp, B. & Mandl, H. (2020b). *Experimento | 8+ – Handreichung für Multiplikatoren*. Siemens Stiftung.
- Kumari, P. & Naaz, I. (2020). Digital Learning through MOOCs: Advantages, Outcomes & Challenges. *UGC Care Journal*, 43 (4), 18–22.

- Lave, J. & Wenger, E. (1991). *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511815355>
- Leutner, D., Opfermann, M. & Schmeck, A. (2014). Lernen mit Medien. In T. Seidel & A. Krapp (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (6., vollst. überarb. Aufl.) (S. 297–322). Beltz.
- Lin, M.-H., Chen, H.-C. & Liu, K.-S. (2017). A Study of the Effects of Digital Learning on Learning Motivation and Learning Outcome. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13 (7), 3553–3564. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00744a>
- Lou, Y., Abrami, P.C., Spence, J.C., Poulsen, C., Chambers, B. & d'Apollonia, S. (1996). Within-Class Grouping: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 66 (4), 423–458. <https://doi.org/10.3102/00346543066004423>
- Mayer, R.E. (2007). Research-Based Guidelines for Multimedia Instruction. *Reviews of Human Factors and Ergonomics*, 3 (1), 127–147. <https://doi.org/10.1518/155723408X299861>
- Mayer, R.E. (2014). Incorporating Motivation into Multimedia Learning. *Learning and Instruction*, 29, 171–173. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.04.003>
- Mikelskis-Seifert, S. (2004). *Erforschen, Entdecken, Erklären*. IPN.
- Möller, K. (2004). Naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule – Welche Kompetenzen brauchen Grundschullehrkräfte? In H. Merckens (Hrsg.), *Lehrerbildung: IGLU und die Folgen* (S. 65–84). Leske + Budrich. [https://doi.org/10.1007/978-3-663-10646-3\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-663-10646-3_6)
- Nerdel, C. (2017). *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik. Kompetenzorientiert und aufgabenbasiert für Schule und Hochschule*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-53158-7>
- OECD (Organization for Economic Co-operation and Development). (2003). *The PISA 2003 Assessment Framework – Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills*. OECD Publishing. <https://www.oecd.org/education/school/programmeforinternationalstudentassessmentpisa/33694881.pdf>
- OECD (Organization for Economic Co-operation and Development). (2004). *Learning for Tomorrow's World. First Results from PISA 2003*. OECD Publishing. <https://www.oecd.org/edu/school/programmeforinternationalstudentassessmentpisa/34002216.pdf>
- OECD (Organization for Economic Co-operation and Development). (2016). *PISA 2015 Results, Volume II: Policies and Practices for Successful Schools*. OECD.
- Oliver, M. & Trigwell, K. (2005). Can 'Blended Learning' Be Redeemed? *E-Learning and Digital Media*, 2 (1), 17–26. <https://doi.org/10.2304/elea.2005.2.1.17>
- Persike, M. (2020). Videos in der Lehre: Wirkungen und Nebenwirkungen. In H. Niegemann & A. Weinberger (Hrsg.), *Handbuch Bildungstechnologie* (S. 271–301). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-54368-9\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-662-54368-9_23)
- Prenzel, M. & Mandl, H. (1993). Transfer of Learning from a Constructivist Perspective. In T.M. Duffy, J. Lowyck, D.H. Jonassen & T.M. Welsh (Hrsg.), *Designing Environments for Constructive Learning* (S. 315–329). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-78069-1\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-642-78069-1_16)
- Quintana, C., Reiser, B.J., Davis, E.A., Krajcik, J., Fretz, E., Duncan, R.G., Kyza, E., Edelson, D. & Soloway, E. (2004). A Scaffolding Design Framework for Software to Support Science Inquiry. *The Journal of the Learning Sciences*, 13 (3), 337–386. [https://doi.org/10.1207/s15327809jls1303\\_4](https://doi.org/10.1207/s15327809jls1303_4)
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (1997). Lernen neu denken: Kompetenzen für die Wissensgesellschaft und deren Förderung. *Schulverwaltung*, 3, 74–76.
- Reitschert, K. & Hössle, C. (2007). Wie Schüler ethisch bewerten. Eine qualitative Untersuchung zur Strukturierung und Ausdifferenzierung von Bewertungskompetenz



- in bioethischen Sachverhalten bei Schülern der Sek. I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 125–143.
- Renkl, A., Mandl, H. & Gruber, H. (1996). Inert Knowledge: Analyses and Remedies. *Educational Psychologist*, 31 (2), 115–121. [https://doi.org/10.1207/s15326985ep3102\\_3](https://doi.org/10.1207/s15326985ep3102_3)
- Schiepe-Tiska, A., Schmidtner, S., Müller, K., Heine, J.-H., Neumann, K. & Lüdke, O. (2016). Naturwissenschaftlicher Unterricht in Deutschland in PISA 2015 im internationalen Vergleich. In K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme & O. Köller (Hrsg.), *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation* (S. 133–176). Waxmann.
- Schreier, H. (2004). *Erforschen, entdecken und erklären im naturwissenschaftlichen Unterricht der Grundschule*. IPN.
- Schroeder, C.M., Scott, T.P., Tolson, H., Huang, T.Y. & Lee, Y.H. (2007). A Meta-analysis of National Research: Effects of Teaching Strategies on Student Achievement in Science in the United States. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 44 (10), 1436–1460. <https://doi.org/10.1002/tea.20212>
- Schwartz, D.L., Lin, X., Brophy, S. & Bransford, J.D. (1999). Toward the Development of Flexibly Adaptive Instructional Designs. *Instructional-Design Theories and Models: A New Paradigm of Instructional Theory*, 2, 183–213.
- Seidel, T., Prenzel, M., Rimmel, R., Dalehefte, I.M., Herweg, C., Kobarg, M. & Schwindt, K. (2006). Blicke auf den Physikunterricht. Ergebnisse der IPN Videostudie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 52 (6), 799–821.
- Seidel, T. & Shavelson, R.J. (2007). Teaching Effectiveness Research in the Past Decade: The Role of Theory and Research Design in Disentangling Meta-Analysis Results. *Review of Educational Research*, 77 (4), 454–499. <https://doi.org/10.3102/0034654307310317>
- Spieß, S. (2009). *Welchen Stellenwert räumen Lehrer und Schüler dem Experiment im Chemieunterricht ein?* GRIN.
- Sweller, J. (2011). Cognitive Load Theory. In J.P. Mestre & B.H. Ross (Hrsg.), *Psychology of Learning and Motivation* (S. 37–76). Elsevier Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387691-1.00002-8>
- Tesch, M. & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10 (10), 51–69.
- Thurlings, M. & den Brok, P. (2017). Learning Outcomes of Teacher Professional Development Activities: A Meta-Study. *Educational Review*, 69 (5), 554–576. <https://doi.org/10.1080/00131911.2017.1281226>
- Trna, J., Trnova, E. & Sibor, J. (2012). Implementation of Inquiry-Based Science Education in Science Teacher Training. *Journal of Educational and Instructional Studies in the World*, 2 (4), 199–209.
- van Alten, D.C., Phielix, C., Janssen, J. & Kester, L. (2020). Self-Regulated Learning Support in Flipped Learning Videos Enhances Learning Outcomes. *Computers & Education*, 158, 104000, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104000>
- van Joolingen, W.R., de Jong, T., Lazonder, A.W., Savelsbergh, E.R. & Manlove, S. (2005). Co-Lab: Research and Development of an Online Learning Environment for Collaborative Scientific Discovery Learning. *Computers in Human Behavior*, 21 (4), 671–688. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2004.10.039>
- White, B.Y. & Frederiksen, J.R. (1998). Inquiry, Modeling, and Metacognition: Making Science Accessible to all Students. *Cognition and Instruction*, 16 (1), 3–118. [https://doi.org/10.1207/s1532690xci1601\\_2](https://doi.org/10.1207/s1532690xci1601_2)

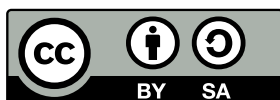
## Beitragsinformationen

**Zitationshinweis:**

Kopp, B., Clerc, A. & Mandl, H. (2022). Blended-Learning-Fortbildung für Forschendes Lernen im naturwissenschaftlich-technischen Unterricht. *HLZ – Herausforderung Lehrer\*innenbildung*, 5 (1), 468–485. <https://doi.org/10.11576/hlz-5386>

Eingereicht: 04.04.2022 / Angenommen: 24.11.2022 / Online verfügbar: 20.12.2022

ISSN: 2625–0675



Dieser Artikel ist freigegeben unter der Creative-Commons-Lizenz Namensnennung, Weitergabe unter gleichen Bedingungen, Version 4.0 International (CC BY-SA 4.0).

URL: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/de/legalcode>

## English Information

**Title:** Blended Learning Training for Inquiry-Based Learning in Science and Technology Education

**Abstract:** This article presents a blended learning training for teachers to foster inquiry-based learning in elementary schools, which was developed within the program Experimento of the Siemens Stiftung. The objectives are knowledge acquisition on inquiry-based learning and its operationalization with a research cycle for experimenting as well as knowledge transfer to actual teaching practice. To achieve these objectives, didactical approaches like blended learning and problem-based learning were applied as well as media-didactical design elements. The digital phases in the blended learning approach make it possible for teachers to learn flexibly at their own pace to acquire knowledge for experimenting and prepare experiments for their lessons. Problem-based learning includes authentic classroom video sequences which offer numerous didactical connecting factors for preparing a teaching outline. Media didactical design elements enable focused and meaningful content processing. After registration, the digital teaching-learning environment is freely accessible to all those interested in education.

**Keywords:** science education; inquiry-based learning; blended learning; problem-based learning; media-didactical design