



Hildesheimer Beiträge zur Schul- und Unterrichtsforschung 2

Centrum für Lehrerbildung und Bildungsforschung (CeLeB)

Julia Wichers, Sandra Strunk

Auf alle Fälle ein Fall

Darstellung einer Unterrichtskonzeption zur
Implementierung von Problembasiertem
Lernen im Mathematikunterricht
der dritten und vierten Klasse

Hildesheimer Beiträge zur Schul- und Unterrichtsforschung

herausgegeben von Peter Frei, Katrin Hauenschild,
Irene Pieper und Barbara Schmidt-Thieme

Heft 2

Die «Hildesheimer Beiträge zur Schul- und Unterrichtsforschung» sind eine Publikationsreihe des Centrums für Lehrerbildung und Bildungsforschung (CeLeB) der Stiftung Universität Hildesheim.

Das Dokument steht im Internet kostenfrei als elektronische Publikation
(Open Access) zur Verfügung unter: <http://dx.doi.org/10.18442/o88>

Dieses Werk ist mit der Creative-Commons-Nutzungslizenz «Namensnennung – Nicht kommerziell – Keine Bearbeitung 4.0 Deutschland» versehen. Weitere Informationen finden sich unter: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode.de>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Satz, Layout und Titelblattgestaltung: Jan Jäger
© Universitätsverlag Hildesheim, Hildesheim 2020
www.uni-hildesheim.de/bibliothek/universitaetsverlag/
Alle Rechte vorbehalten
ISSN (Internet) 2365-8924

Auf alle Fälle ein Fall – Darstellung einer Unterrichtskonzeption zur Implementierung von Problembasiertem Lernen im Mathematikunterricht der dritten und vierten Klasse

Abstract

Seit einigen Jahren, nicht zuletzt auch durch Studien wie PISA und TIMSS, kommt immer wieder die Forderung nach einer höheren Anwendungs- sowie Schülerinnen- und Schülerorientierung im Mathematikunterricht auf. Das Problembasierte Lernen (PBL) stellt einen Lehr-Lernansatz dar, der diesen Anforderungen begegnet und sich gleichzeitig für die Förderung verschiedener fachlicher und überfachlicher Kompetenzen in der Sekundarstufe und Hochschulbildung als geeignet herausgestellt hat. Entsprechende Konzepte für den Grundschulmathematikunterricht liegen bisher jedoch nicht vor. Dieser Beitrag widmet sich daher der Frage, wie eine Unterrichtskonzeption aufbauend auf PBL für den Mathematikunterricht der Grundschule gestaltet sein kann und welche Ziele mit dem Einsatz verfolgt werden. Dazu wird mithilfe der Methodologie des Design-Based Research (DBR) zunächst ein Konzept theoriebasiert ausgehend von PBL unter Einbezug allgemein- und fachdidaktischer Erkenntnisse entwickelt und dieses anschließend in der Praxis durch mehrere DBR-Zyklen erprobt sowie weiterentwickelt. Im vorliegenden Beitrag werden die ersten Phasen des DBR-Prozesses, welche auf die Entwicklung eines Prototyps abzielen, dargestellt, indem sich aus dem Problembasierten Lernen ergebende Grundideen identifiziert und daraus resultierende Merkmale für die Gestaltung der Konzeption generiert werden.

Caused by studies such as PISA and TIMSS, the demand for a higher application and student orientation in mathematics classes has arisen in the recent past. Problem-based learning (PBL) as a teaching and learning approach is responsive to these requirements, while at the same time proving to be appropriate for the promotion of various subject-specific and generic competences in secondary and higher education. Corresponding concepts for mathematics classes in primary education are not yet available. Hence this article is devoted to the question, how a teaching concept, predicated on problem-based learning, can be designed for mathematics classes in primary schools and what goals can be pursued with its individual application. For this purpose, using the methodology of Design-Based Research (DBR), first a theory-based concept constitutive to PBL is developed by considering both, diverse subject related and general knowledge as well as results of research, which will then in practice be tested and developed further, employing several DBR cycles. In this article, the first phases of the DBR process, which focus on the development of a fundamental prototype, are presented by identifying basic ideas resulting from problem-based learning and generating resulting characteristics for the design of the concept.

Schlüsselwörter: Mathematikdidaktik, Grundschule, Problembasiertes Lernen, offener Unterricht, Lernstagebuch



Kapitelübersicht

Abstract 3

1. Einleitung 5
2. Forschungsmethodologie Design-Based Research 6
3. Theoretischer Ausgangspunkt: Problembasiertes Lernen (PBL) 8
4. Theoriebasierte Entwicklung des Ausgangskonzepts: ELIF 10
 - 4.1 Vier Grundideen und sich daraus ergebende Merkmalskategorien 11
 - 4.2 Definition und Beschreibung von ELIF 14
5. Ausblick auf das Gesamtprojekt 20

Literatur 21



Auf alle Fälle ein Fall – Darstellung einer Unterrichtskonzeption zur Implementierung von Problembasiertem Lernen im Mathematikunterricht der dritten und vierten Klasse

1. Einleitung

Eine der wesentlichen Funktionen von Schule ist es, den Schülerinnen und Schülern all die Fähigkeiten und Fertigkeiten, Kenntnisse und Einstellungen zu vermitteln, welche für eine allgemeine Lebensbewältigung entscheidend sind und es ihnen ermöglichen, zukünftige Lernprozesse und den Eintritt in die Arbeitswelt erfolgreich zu vollziehen (vgl. Wiater 2012, S. 112). Neben der Förderung der Fachkompetenz hat die Lehrperson somit die Aufgabe, durch die Gestaltung des Unterrichts gleichermaßen Eigenständigkeit, Sozialkompetenz und Kritikfähigkeit anzubahnen. Während die Inhalte des Mathematikunterrichts zum Aufbau von Fachkompetenz weitgehend durch die Bildungsstandards, die daraus resultierenden Kerncurricula, Rahmenlehrpläne und ähnlichen Vorgaben der jeweiligen Bundesländer sowie schulinterne Arbeitspläne festgelegt sind, obliegt es jeder Lehrperson, diese angepasst an die individuellen und soziokulturellen Voraussetzungen der Lerngruppe für die Schülerinnen und Schüler aufzubereiten und mit der Förderung der oben genannten überfachlichen Kompetenzen wie Eigenständigkeit, Sozialkompetenz und Kritikfähigkeit zu verknüpfen. Dies kann im Mathematikunterricht durch ein verzahntes Anbahnen mathematischer inhaltsbezogener und prozessorientierter Kompetenzen in lebensweltlichen Kontexten gelingen. Daraus ergibt sich die Möglichkeit für die Schülerinnen und Schüler, die Inhalte individuell in einem für sie sinnvollen Zusammenhang zu lernen und sie selbst mit Bedeutung füllen zu können. Dies ist insbesondere im Mathematikunterricht von Relevanz, um den Grundstein für ein eigenständiges und aktives Erleben und Entdecken von Mathematik zu legen (vgl. KMK 2005, S. 6–7).

Auch die Unterrichtsforschung zeigt zum Beispiel mit PISA und TIMSS, dass das Lernen von isolierten Fakten im Mathematikunterricht nicht zu einer adäquaten Vorbereitung auf das Leben führen kann (vgl. z. B. Stern 2008, S.187–189). Seitdem wird der Mathematikunterricht insofern weiterentwickelt, dass offene Unterrichtsmethoden eingesetzt werden und mehr Wert auf prozessbezogene Kompetenzen gelegt wird, die die Schülerinnen und Schüler befähigen sollen, Mathematik individuell sowie alltagsbezogen erfahren und einsetzen zu können. Insbesondere das Modellieren als prozessbezogene Kompetenz fokussiert die Verknüpfung von Alltagserfahrungen mit Mathematik und kann ergänzt durch das Problemlösen im Sinne des Erarbeitens individueller Lösungswege den Schülerinnen und Schülern Gelegenheit dazu geben, mathematische Inhalte gezielt zur Lösung von Situationen einzusetzen.

In dem vorliegenden Artikel wird daher ein Unterrichtskonzept vorgestellt, welches einen Beitrag dazu leisten soll, den Mathematikunterricht anhand gezielter Verknüpfung inhaltsbezogener und prozessbezogener Kompetenzen sowie mithilfe des Aufgabenformats *Fall* nicht nur lebensnäher und offener zu gestalten, sondern darüber hinaus die (Weiter-)Entwicklung von Eigenständigkeit, Sozialkompetenz und Kritikfähigkeit als festen Bestandteil des Mathematikunterrichts zu etablieren.

Unser Konzept „Eigenständige Lernzielentwicklung und Inhaltserschließung am Fall (ELIF)“ wird in Anlehnung an das problembasierte Lernen (Problem-Based Learning oder PBL) entwickelt, welches sich in verschiedenen internationalen Studien als im Bildungswesen vielseitig einsetzbarer, didaktisch fundierter Lehr-Lernansatz erwiesen hat. Dieser integriert verschiedene prozessbezogene Teilkompetenzen, insbesondere des Problemlösens und Modellierens, in einem offenen, kooperativen Unterrichtsaufbau. Somit scheint er den Forderungen der zeitgenössischen Didaktik nach einer stärkeren Gewichtung der prozessbezogenen Kompetenzen in Verbindung mit dem Anbahnen von Eigenständigkeit, Sozialkompetenz und Kritikfähigkeit gerecht zu werden (vgl. Clark 2006, S.722–723; Dochy et al. 2003, S. 533, 552–557; Jannack 2017, S. 119, 147). Während diverse entsprechende Konzepte für die Sekundär- und Tertiärbildung bereits Einzug in die Praxis unterschiedlicher Disziplinen gefunden haben, existieren kaum adäquate Ansätze für den Mathema-



tikunterricht der Primarstufe (vgl. Dole et al. 2017, S. 3; Merritt et al. 2017, S. 8–9). An diesem Punkt knüpft das in diesem Beitrag näher beschriebene Forschungsanliegen an (s. Abb. 1).

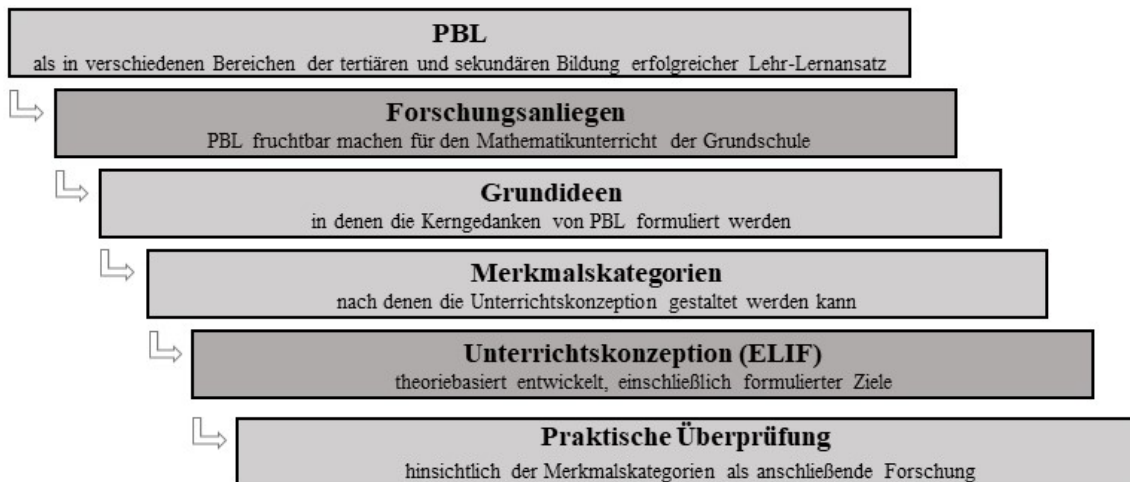


Abb. 1: Modell der zentralen Zusammenhänge der vorliegenden Untersuchung

Der Methodologie des Design-Based Research (DBR) entsprechend wird die Unterrichtskonzeption zunächst theoriebasiert entwickelt und eindeutig definiert, bevor sie in der Praxis in mehreren Zyklen wiederholt evaluiert und weiterentwickelt wird.

Dieser Artikel beschränkt sich ausschließlich auf die ersten Phasen des Forschungsprozesses, indem PBL als theoretischer Ausgangspunkt der Forschung vorgestellt und die Forschungslücke identifiziert wird sowie die Konzeptionsentwicklung fokussiert und grundlegende Evaluationsaspekte dargestellt werden.

2. Forschungsmethodologie Design-Based Research

Um eine Unterrichtskonzeption in Orientierung an das Problembasierte Lernen entwickeln zu können, soll die Forschungsmethodologie des Design-Based Research herangezogen werden. Design-Based Research

„[is] a systematic but flexible methodology aimed to improve educational practices through iterative analysis, design, development, and implementation, based on collaboration among researchers and practitioners in real-world settings, and leading to contextually-sensitive design principles and theories“ (Wang & Hannafin 2005, S. 6–8).

Das Ziel von Design-Based Research Prozessen ist es demnach, aufbauend auf aktuellen Problem- oder Fragestellungen der Praxis forschungsbasierte und innovative Lösungen zu generieren und gleichzeitig einen theoretischen Erkenntnisgewinn zu erzielen, indem im Forschungsprozess die Grundlagen- und Entwicklungsforschung konstruktiv verknüpft werden (vgl. Hußmann et al. 2013, S. 25–26).

Der DBR-Prozess lässt sich nach Reeves (2006, S. 96) in vier Phasen, (1) die Analyse des theoretischen Ausgangspunkts der Forschung, (2) die Entwicklung von Lösungen, (3) die iterativen Zyklen der Durchführung, Analyse und Modifikation sowie (4) die Evaluation und Reflexion der Design-Prinzipien und Lösungen, unterteilen. Diese Phasen werden nachfolgend unter Einbezug weiterer Autoren (z. B. Herrington et al. 2010; McKenney & Reeves 2012) ergänzt und konkretisiert (s. Abb. 2).



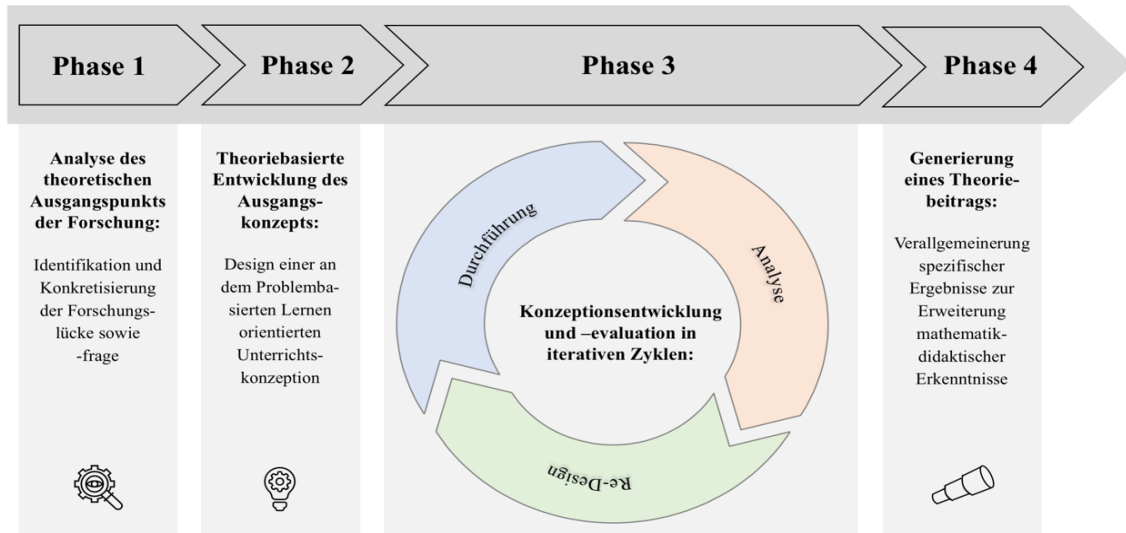


Abb. 2: Modell des der vorliegenden Untersuchung zugrunde liegenden Design-Based Research Prozesses

Phase 1: Analyse des theoretischen Ausgangspunkts der Forschung

In der ersten Phase wird ein für die Forschenden und die Praxis relevante Fragestellung, ein wünschenswertes Ziel oder ein Forschungsdesiderat identifiziert, spezifiziert und exploriert. Zusätzlich wird ein theoretischer Bezugsrahmen erarbeitet, um die Forschung zu legitimieren und die praktische sowie theoretische Relevanz herauszustellen (vgl. McKenney & Reeves 2012, S. 77–78; Plomp 2013, S. 19).

Phase 2: Theoriebasierte Entwicklung des Ausgangskonzepts

Im Anschluss an die Spezifizierung des Forschungsanliegens und Formulierung der Forschungsfrage wird eine erste Lösung in Bezug auf das identifizierte Desiderat, in dem vorliegenden Artikel ein Unterrichtskonzept, entwickelt. Dazu werden leitende Theorien mittels einer Literaturrecherche identifiziert und zur Generierung zentraler Merkmale herangezogen, welche einerseits der Konzeptionierung zugrunde gelegt werden und andererseits die Grundlage zur Erstellung von Evaluationsaspekten für die nachfolgende Phase des DBR-Zyklus darstellen (vgl. Herrington et al. 2010, S. 174).

Phase 3: Konzeptionsentwicklung und -evaluation in iterativen Zyklen

Im Anschluss an die Konzeptionierung eines Prototyps wird dieser in der Praxis in mehreren Zyklen der *Durchführung*, *Analyse* und des *(Re-)Designs* implementiert, evaluiert sowie aufbauend auf daraus resultierenden lokalen Theorien weiterentwickelt bis schließlich ein den Ansprüchen entsprechendes, verfeinertes Konzept ausgearbeitet worden ist (vgl. ebd., S. 178).

Phase 4: Generierung kontextualisierter Theorien

Ist in der vorherigen Phase ein innovativer Ansatz zur Lösung des theoretisch aufgedeckten Forschungsdesiderats entwickelt worden (praktischer Output des DBR-Zyklus), erfolgt nun eine Interpretation und Reflexion der Ergebnisse mit dem Ziel, kontextualisierte Theorien (theoretischer Output des DBR-Zyklus) zu generieren (vgl. McKenney & Reeves 2012, S. 77–80).

Das dargestellte Forschungsdesign ist demnach für das Forschungsinteresse geeignet, da sowohl ein praktischer Output, das heißt, eine auf PBL aufbauende praxistaugliche Unterrichtskonzeption, als auch ein theoretischer Output in Form von Gelingensbedingungen für den Einsatz dieser erzielt werden können, die auch kontextunabhängig einen Theoriebeitrag zur Mathematikdidaktik darstellen.



Da der vorliegende Beitrag lediglich die ersten beiden Phasen des DBR-Prozesses fokussiert, werden diese nachfolgend inhaltlich ausgeführt (s. Kap. 3 und 4).

3. Theoretischer Ausgangspunkt: Problembasiertes Lernen (PBL)

PBL wurde erstmals im Jahr 1969 an der medizinischen Fakultät der McMaster-Universität in Kanada mit dem Ziel eingesetzt, die Studierenden durch den Einsatz realer Problemstellungen oder Fallbeschreibungen wie konkreten Krankheitsbildern zu einer eigenständigen Erarbeitung sowie Anwendung interdisziplinären Wissens anzuleiten, um sie adäquat auf die Anforderungen einer realen klinischen Diagnose vorzubereiten (vgl. Savery 2006, S. 10). Ausgehend vom Beispiel der McMaster-Universität wurde PBL in weiteren medizinischen Fakultäten, gesundheitsfachberuflichen Ausbildungsgängen, aber auch anderen Studienfächern, wie beispielsweise den Ingenieurs- und Wirtschaftswissenschaften oder in der Lehrerbildung in Nordamerika und Europa während der 1980er und 1990er Jahre aus Gründen der Anwendungsorientierung implementiert (vgl. ebd., S. 15–16). Vereinzelt findet es seitdem insbesondere im naturwissenschaftlichen schulischen Unterricht.

Trotz der somit existierenden unterschiedlichen Anwendungsbezüge und damit auch Ausgestaltungen von PBL, lassen sich in verschiedenen Quellen ähnliche Angaben zum organisatorischen Ablauf finden, der sich zu meist in sieben vorgegebene Schritte, den sogenannten Siebensprung, gliedert (s. Tab. 1).

Tab. 1: Der Siebensprung als Ablaufmodell von PBL (selbst erstellt nach Gräsel 1997, S. 19; Schmidt 1983, S. 13; Walsh 2005, S. 5–6; Weber 2007, S. 24–25; Zumbach 2003, S. 22)

Schritte	Beschreibung
1. Identifikation des Problems	Klären unbekannter Begriffe in der vorliegenden Situationsbeschreibung und Bestimmen des Problems
2. Analyse des Problems	Festlegen von Problemaspekten und Aktivierung von Vorwissen
3. Hypothesen aufstellen	Finden vorläufiger Erklärungen für das Problem sowie Sammeln und Ordnen dieser in der Gruppe
4. Lernziele identifizieren	Formulieren von Wissenslücken in Lernzielen oder -fragen
5. Selbststudium	Informationsbeschaffung unter der Verwendung verschiedener Ressourcen
6. Anwendung neuer Informationen auf das Problem	Besprechen der erarbeiteten Inhalte in der Gruppe und darauf aufbauend Finden einer Lösung des Problems unter Rückbezug auf die vorliegende Situationsbeschreibung
7. Inhaltlicher und metakognitiver Abschluss	Präsentation der Ergebnisse und Reflexion des Lernprozesses

Dennoch bleibt PBL nicht eindeutig definierbar (vgl. Zumbach 2003, S. 96), da es in seiner inhaltlichen Ausgestaltung eine Vielzahl an Stellschrauben offenbart, die die jeweilige Ausrichtung bestimmen können. Den inhaltlichen Kern bildet jedoch stets der Einsatz einer authentischen Problem- oder Fallbeschreibung, welche aufgrund einer Analyse der Lernvoraussetzungen der Adressaten und der zu erwerbenden Kompetenzen ausgewählt oder konstruiert wird. Eine primäre Funktion des Einsatzes eines solchen Problems kann in der Initiation des Wissenserwerbs gesehen werden (vgl. Walton & Matthews 1989, S. 543).

PBL zielt folglich auf den **Erwerb von überfachlichen und fachlichen Kompetenzen** ab, welche ausgehend von einem **konkreten, authentischen Problem** in **regelmäßigem Wechsel diskursiver Arbeit in Kleingruppen und selbstgesteuerten Lernens** unter Einbezug diverser Informationsquellen auf unterschiedlichen Lernwegen zur **Entwicklung einer plausiblen Falllösung** erlangt werden sollen (s. Tab. 1). Der **Lehrende** ist dabei **Begleiter des Lernprozesses** und initiiert diesen durch die von ihm für spezifische Lernziele entwickelten oder ausgewählten Probleme (vgl. Kek & Huijser 2017, S. 15–16; Savery 2006, S. 9; Zumbach 2003, S. 12).



Die Probleme sollten dabei auf das Interesse der Lernenden zugeschnitten und aus deren Lebenswelt gegriffen sein, denn

„[t]he authenticity of the actual problem motivates students' ability to apply and relate these concepts and principles to realworld situations“ (Masek & Yamin 2012, S. 1162).

So können darüber hinaus Emotionen hervorgerufen sowie Identifikation mit der dargestellten Situation ermöglicht werden. Durch das Problem sollte eine kognitive Dissonanz ausgelöst werden, welche die Lernenden eigenständig erkennen lässt, dass sie sich Wissen erarbeiten müssen, um es vollständig erschließen und gegebenenfalls eine Lösung für das darin eingebettete Problem konstruieren zu können. Diese kognitive Dissonanz ist für jeden Lernenden individuell durch sein Vorwissen bedingt, sollte aber von der Lehrperson im Vorhinein durch die dem Problem zugrunde liegenden Lernziele kalkuliert werden (vgl. Weber 2007, S. 23).

Mit diesen Merkmalen und Zielen bildet PBL einen Lehr-Lernansatz, der versucht die Forderungen der heutigen, evidenzbasierten Didaktik aufzugreifen und den

„Anteil der kompetenzerweiternden selbst verantworteten Konstruktion durch die Lernenden – gegenüber direkten Instruktionen – zu vergrößern“ (ebd., S. 16).

Dies wird umgesetzt, indem er auf eine motivationsfördernde Lernendenzentrierung und die dadurch entstehende Offenheit in Bezug auf unterschiedliche Lernwege sowie das selbstgesteuerte Lernen in Form vom eigenständigen Stellen von Fragen, der Planung, Strukturierung und Überwachung des eigenen Lernprozesses ausgerichtet ist (vgl. z. B. Kek & Huijser 2017, S. 15–19; Savery 2006, S. 12; Zumbach 2003, S. 20).

Das Potenzial von PBL für die Förderung verschiedener fachlicher und überfachlicher Kompetenzen konnte bereits unter Beachtung gewisser determinierender Faktoren in zahlreichen quantitativen und einigen qualitativen Studien für den sekundären und tertiären Bildungssektor nachgewiesen werden (vgl. z. B. Capon & Kuhn 2004; Dochy et al. 2003; Drake & Long 2009; Hatisaru & Küçükturan 2009; Hmelo-Silver & Barrows 2006; Jannack 2017; Masek & Yamin 2012; Pease & Kuhn 2010; Strobel & van Barneveld 2009; Walker & Leary 2009; Zumbach et al. 2004), deren Ergebnisse zur zusammenfassenden Illustration der potentiellen positiven Wirkungen von PBL auf den Kompetenzerwerb von Lernenden verallgemeinert dargestellt werden. Dabei werden die Umsetzungs- und Untersuchungsbedingungen der einzelnen Studien bewusst außer Acht gelassen (s. Tab. 2).

Tab. 2: Zusammenfassende Darstellung der Forschungsergebnisse

Erkenntnisstand zu PBL	Determinierende Faktoren
Positive Effekte auf... <ul style="list-style-type: none"> – die nachhaltige Speicherung, das Verständnis und die Anwendung von Inhalten – Fähigkeiten für das lebenslange Lernen wie das Entwickeln von Fragen und das Planen und Durchführen eines Rechercheprozesses – kooperatives Arbeiten – intrinsische Motivation 	wenn ... <ul style="list-style-type: none"> – bereits Vorwissen vorhanden ist, welches die Lernenden mit dem neuen Wissen verknüpfen können. – den Lernenden eine Struktur geboten wird, damit diesen Lernprozess zielgerichtet ausführen, evaluieren und damit für sich wiederholt anwendbar machen können. – dies durch eine passende Prüfungsmethode sichtbar gemacht werden kann. – die verwendeten Probleme von den Lernenden als authentisch und relevant aufgefasst werden.

Untersuchungsergebnisse zu PBL in der Schule, insbesondere im Mathematikunterricht der Grundschule, sind kaum vorzufinden (vgl. z. B. Dole et al. 2017, S. 3; Merritt et al. 2017, S. 8–9) und vorliegende Untersuchungen erbrachten wenige, zum Teil ambivalente Ergebnisse (vgl. Tillman 2013, S. 12; Trinter et al. 2015, S. 24), sodass Forschungen in diesem Bereich als notwendig erscheinen. Aufgrund der nur vereinzelt existierenden geeigneten Konzepte erscheint es außerdem als relevant, den Ansatz für den Einsatz im Mathematikunterricht der Grundschule unter Beachtung des Entwicklungsstandes der Schülerinnen und Schüler zunächst fruchtbar zu machen.



„[T]o demonstrate the relevance and practical value of this point of view for improving school mathematics instruction, they [constructivists] will need to undertake programmatic development and research – the development of specific instructional guidelines (and materials if necessary) for accomplishing specific instructional objectives in typical classroom settings” (Brophy 1986, S. 366).

Genau an diesem Punkt knüpft die Entwicklung von ELIF als eine programmatische, sich aus PBL ergebende Unterrichtskonzeption für den Mathematikunterricht der dritten und vierten Klasse an.

Es ergibt sich die übergeordnete, offene Forschungsfrage *„Wie kann eine auf PBL aufbauende im Mathematikunterricht der dritten und vierten Klasse durchführbare Unterrichtskonzeption gestaltet sein?“*, welche entsprechend der aufeinander aufbauenden Schritte des DBR systematisch sukzessive durch spezifizierende Unterfragen ausdifferenziert werden kann.

Diese Fragestellung expliziert einerseits das Anliegen, eine Designlösung in Form einer konkreten, durchführbaren Unterrichtskonzeption für den Mathematikunterricht der entsprechenden Zielgruppe zu entwickeln und andererseits damit einhergehend theoretische, zielgruppenspezifische Merkmale und Ziele in Hinblick auf die zentralen Bestandteile der Konzeption zu explorieren. Unter einer Unterrichtskonzeption wird hier in Bezug auf Meyer (2009) sowie Barzel, Büchter und Leuders (2011) ein größerer Rahmen methodischen Handelns verstanden, welcher den zeitlich-organisatorischen Ablauf und die organisatorischen Rahmenbedingungen des Unterrichts vorgibt sowie durch die Formulierung konkreter Ziele Orientierung für unterrichtspraktisches Handeln bietet, aber noch mit verschiedenen Unterrichtsmethoden ausgestattet werden kann und muss.

Ziel einer von dieser Frage geleiteten Forschung ist es folglich, ein integratives Konzept zu entwickeln, welches Eigenschaften des Modellierens und Problemlösens integriert, aber zudem den Fokus auf das offene, selbstgesteuerte und kooperative Arbeiten legt.

Zunächst kann entsprechend der zweiten Phase des DBR-Prozesses folgende Unterfrage formuliert werden:

„Wie sieht ein theoriegeleitet erstelltes Ausgangskonzept aus, das die Kerngedanken von PBL erfüllt?“

4. Theoriebasierte Entwicklung des Ausgangskonzepts: ELIF

Zur Entwicklung von ELIF ließen sich durch eine Analyse der zentralen lerntheoretischen Hintergründe von PBL vier elementare miteinander in Beziehung stehende Grundideen identifizieren (s. Abb. 3, vgl. Strunk & Wichers in Vorb.) und definieren, welche anschließend im Hinblick auf ihre Angemessenheit für und Umsetzungsmöglichkeit im (Mathematik-)Unterricht aufgearbeitet und in Merkmalskategorien präzisiert worden sind. Diese Grundideen sollte eine an PBL angelehnte Unterrichtskonzeption für den Mathematikunterricht der Grundschule erfüllen, um für die Schülerinnen und Schüler ein sinnstiftendes, nachhaltiges Lernen zu ermöglichen und somit die Ziele von PBL auch in der Grundschule erreichbar zu machen.



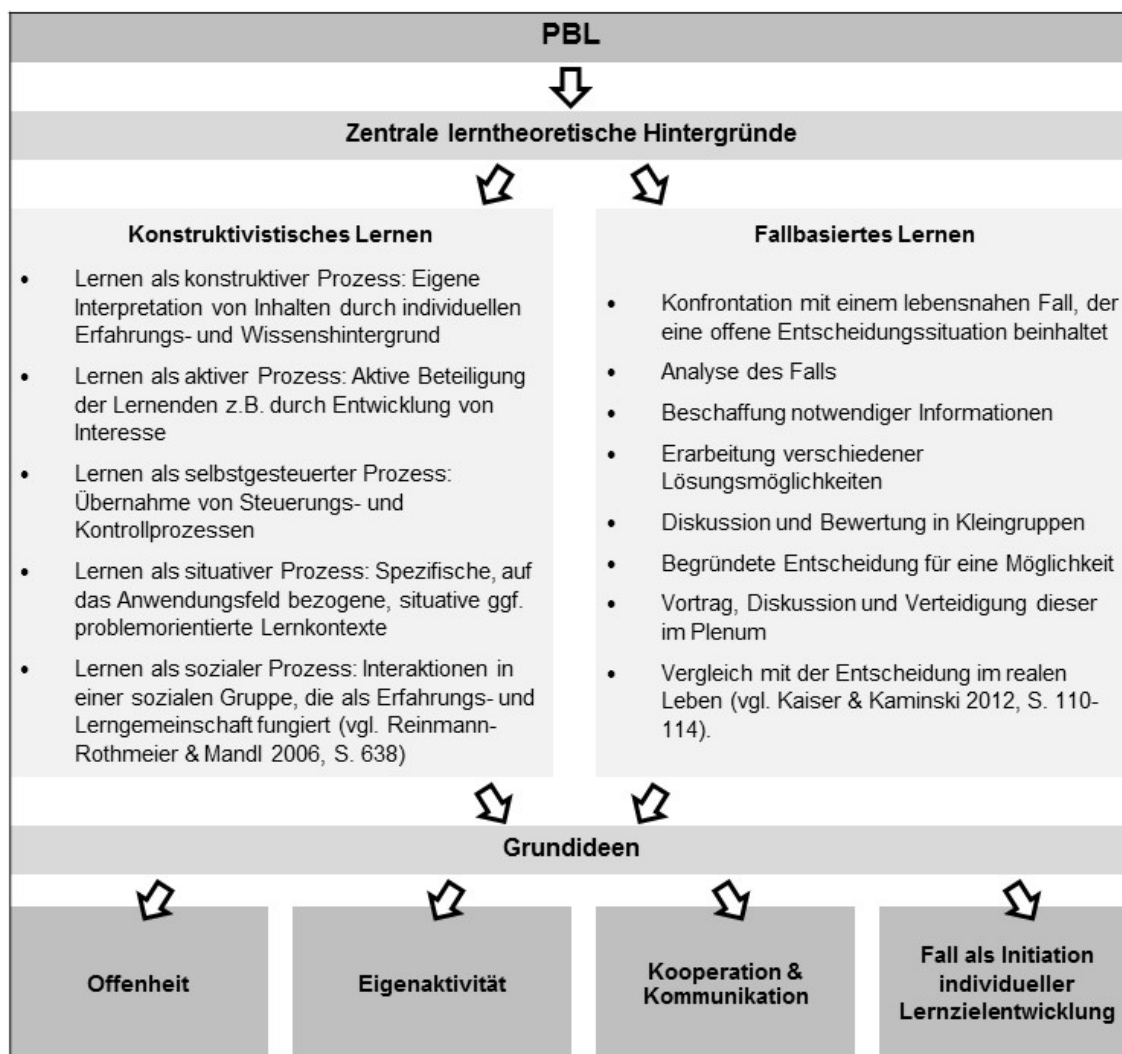


Abb. 3: Gewinnung der vier Grundideen

4.1 Vier Grundideen und sich daraus ergebende Merkmalskategorien

Diese vier Grundideen können unter Bezugnahme auf die in den Bildungsstandards (KMK 2005) und dem niedersächsischen Kerncurriculum festgelegten Ziele von Mathematikunterricht in der Grundschule definiert und bezüglich ihrer Eignung, entwicklungsgerechtes Lernen zu ermöglichen, bewertet werden.

(1) **Offenheit – bezüglich der Arbeitsweisen, Arbeitsmittel und Lösungswege, die die Kinder einschlagen.**

Die Schülerinnen und Schüler sollten in gewissem Maße eigenständig wählen können, wie sie mathematische Fragen bearbeiten, welche Informationsquellen sie nutzen und welche Arbeitsmittel sie sich in diesem Prozess zur Hilfe nehmen wollen.

Dies knüpft an die Forderung aus den Bildungsstandards an, eine notwendige Offenheit „für die individuellen kindlichen Prozesse der Aneignung von Mathematik“ (KMK 2005, S. 7) zu wahren. Weiterhin bietet eine solche Öffnung die Möglichkeit zur Aneignung von Metakompetenzen, welche früh gelernt und fortlaufend geschult werden sollten (vgl. Hüther 2009, S. 204). Wahlfreiheiten bezüglich verschiedener Arbeitsmittel oder Lösungswege zur Bearbeitung von Fragen stärken darüber hinaus das Erleben von Autonomie der Schülerinnen und Schüler und eröffnen die Möglichkeit, den Grad an Tiefe der Bearbeitung zu wählen.



Dies begünstigt eine vorteilhafte Entwicklung des Selbstkonzepts und hat damit einen positiven Einfluss auf die Lernmotivation (vgl. Wisniewski 2016, S. 53).

Trotzdem sollte beachtet werden, dass leitende Strukturen zum Beispiel in Form eines festgelegten Unterrichtsablaufs für Kinder im Grundschulalter sinnvoll sind, da sich Unterrichtskonzepte, in denen die Schülerinnen und Schüler ohne weitere Vorbereitung weitgehend unkontrolliert selbstständig arbeiten müssen und keine Regeln erfahren, als kontraproduktiv für ihre kognitive und soziale Entwicklung herausgestellt haben. Schülerinnen und Schüler müssen schrittweise lernen, sich nicht selbst zu über- oder unterfordern und konzentriert an der Beantwortung von Fragen zu arbeiten (vgl. ebd., S. 62–63). Zugleich wird durch die Abwechslung, die ein offener Unterricht bietet, der dennoch einer Struktur folgt, Motivationslosigkeit, also Langeweile, vermieden (vgl. Imhof 2016, S. 91).

(2) **Eigenaktivität – als Umsetzung des Gedankens der Lernendenzentriertheit.**

Die Schülerinnen und Schüler werden selbst aktiv, indem sie in der Lernsituation eigenständig arbeiten, Wissen konstruktiv aufbauen und sich im Sinne der Schülerinnen- und Schülerorientierung für das eigene Lernen engagieren, da es sie betrifft. Dies greift die Idee des Lernens als aktiven, selbstgesteuerten und konstruktiven Prozess auf.

Mathematikunterricht in der Grundschule sollte laut Bildungsstandards die Basis bilden für „weiterführendes Lernen und für die Fähigkeit zur selbstständigen Kulturaneignung“ (KMK 2005, S. 6). Dafür ist es notwendig, selbstständig, systematisch und selbstreflektierend zu arbeiten und zu denken und somit nicht ausschließlich zu rezipieren, sondern eigenaktiv zu lernen, denn die Art und Weise der Auseinandersetzung mit mathematischen Fragen beeinflusst maßgeblich die Entwicklung mathematischer Grundbildung (vgl. ebd.; Niedersächsisches Kultusministerium 2017, S. 5). Die Eigenaktivität ergibt sich dabei aus Mitbestimmungsmöglichkeiten im Rahmen eines offenen Unterrichts, sollte aber auch in diesem Rahmen willentlich von den Kindern herbeigeführt und umgesetzt werden,

„denn insbesondere die basalen kognitiven bzw. motivationalen Prozesse der Aufmerksamkeitszuwendung und der Investition von Anstrengung können nicht vollständig und schon gar nicht dauerhaft durch direkte Instruktionen gesteuert werden“ (Levin & Arnold 2009, S.155).

Nur wenn die Schülerinnen und Schüler anknüpfend an ihr individuelles Vorwissen, neue Regeln und Zusammenhänge selbst entdecken können, können sie erleben, dass ein Lerninhalt für sie an persönlicher Bedeutung gewinnt und sich die Wichtigkeit dessen nicht aus der Vorgabe durch die Lehrperson ergibt. Das Lernen wird dann wieder zu einem natürlichen Vorgang, weil das Gehirn

„richtig beschäftigt [wird], weil [s]ein Lernen nicht durch sinnlose oder sinnwidrige Informationsüberflutung behindert wird – denn andernfalls muss [es] abschalten bzw. [s]eine automatischen Filter schützen [es] vor diesem ganzen Unsinn“ (Herrmann 2009, S. 153).

Da Eigenaktivität und Offenheit auseinander hervorgehen, gelten auch für die Eigenaktivität die notwendigen strukturellen Einschränkungen in Bezug auf die Gestaltung offenen Unterrichts.

(3) **Kooperation und Kommunikation – als soziale und für die Ausbildung und Weiterentwicklung mathematischer Fachsprache und Arbeitsweisen notwendige Komponente des Mathematiklernens.**

Mathematikunterricht bedarf einer Gestaltung, in der die Schülerinnen und Schüler untereinander über Lerngegenstände ins Gespräch kommen, um diese tiefergehend verstehen zu können.

In den Bildungsstandards werden als prozessbezogene Kompetenzbereiche das Kommunizieren, durch welches das gemeinsame Bearbeiten von Aufgaben einschließlich des Treffens und Einhaltens von Verabredungen intendiert wird (vgl. KMK 2005, S. 8) und Argumentieren, welches das Suchen und Nachvollziehen von Begründungen sowie das Erkennen mathematischer Zusammenhänge und Entwickeln von Vermutungen beinhaltet, aufgeführt (vgl. ebd.). Um diese angemessen fördern zu können, müssen Lernumgebungen geschaffen werden, die Schreib- und Sprechanlässe bieten (vgl. Niedersächsisches Kultusministerium 2017, S. 18).



Dennoch bleibt es zu beachten, dass Kinder aus entwicklungspsychologischer Sicht erst ab der dritten Klasse immer mehr in der Lage dazu sind, Perspektiven ihres Gegenübers zu übernehmen und somit ihre Äußerungen aufeinander zu beziehen (vgl. Wisniewski 2016, S. 161). Die erheblichen Unterschiede, die in ihrer rezeptiven und produktiven Sprachfertigkeit existieren, weisen wiederum darauf hin, dass diese bereits im Grundschulunterricht zunehmend gefördert werden sollten, indem beispielsweise Fragen an einen Lerngegenstand formuliert oder kooperative Arbeitsphasen integriert werden (vgl. Pinguart et al. 2011, S. 153; Wisniewski 2016, S. 41–42, 50–51). Zudem kann dadurch eine ausgeprägte Leistungszielorientierung (vgl. Imhof 2016, S. 92) der Kinder vermieden werden, die das nachhaltige Lernen negativ beeinflussen kann, da ein Miteinander der Kinder gefördert wird, statt ein vergleichendes Gegeneinander.

Während im Rahmen des Problembasierten Lernens vom Problem als Ausgangspunkt des Lernprozesses gesprochen wird, kann dieses übergeordnet als Fall/Lernfall beschrieben werden. Ein Fall ist eine Situationsbeschreibung, die auf realistischen Ereignissen oder Situationen beruht und ausreichend Informationen enthält, um die Handlungen, Personen oder Ereignisse auch aus verschiedenen Perspektiven betrachten zu können. Damit regt ein Fall zum Erforschen und Recherchieren neuer Sachverhalte an und leitet Diskussionen ein (vgl. Merseth 1996, S. 726).

(4) Ein Fall als Initiation individueller Lernzielentwicklung – als Beschreibung einer Situation, die im Alltag der Schülerinnen und Schüler vorkommen könnte, welche zunächst Fragen aufwirft und damit den Schülerinnen und Schülern einen Anstoß für ihren Lernprozess bietet.

Die sich aus dem Fall ergebenden Fragen sollen die durch seine Bearbeitung intendierten Kompetenzen aus dem jeweiligen Kerncurriculum abbilden, deren Verankerung im Fall durch die Lehrperson sichergestellt werden sollte. Somit werden die Schülerinnen und Schüler dazu angeleitet, sich die dadurch vorgesehen Lerninhalte mithilfe unterschiedlicher Recherchetätigkeiten auf verschiedenen mathematischen Wegen zu erarbeiten.

In den Bildungsstandards wird die Erwartung formuliert, dass die Schülerinnen und Schüler gelernte Inhalte in außermathematischen Kontexten nutzen und anwenden können (KMK 2005, S. 7). Dazu müssen sie eine Vorstellung dafür entwickeln, wo Mathematik in ihrer Lebenswelt zu finden ist und wie sie mathematisch erfassbare Aspekte erklären können (vgl. Niedersächsisches Kultusministerium 2017, S. 5). Im Sinne des mathematischen Modellierens bildet ein Fall also eine Alltagssituation ab, die mithilfe von Mathematik aufgelöst werden kann und dabei einen Rückbezug der innermathematischen Lösung auf die Situation fordert (vgl. KMK 2005, S. 8). Aus diesem Grund kann der Einsatz eines Falls zudem die Möglichkeit bieten, der gegebenen Heterogenität der Kinder im Mathematikunterricht mit natürlicher Differenzierung zu begegnen, indem er und damit auch die aus ihm hervorgehenden Ideen und Fragen der Kinder an ihre individuellen Lernvoraussetzungen, mathematischen Alltagserfahrungen und Denkstrukturen anknüpfen (vgl. Niedersächsisches Kultusministerium 2017, S. 5).

Durch eine auf den Ablauf von PBL aufbauende Umsetzung der Grundideen in einer Konzeption für den Mathematikunterricht der dritten und vierten Klasse kann den Kindern folglich im Sinne kompetenzorientierten Mathematikunterrichts dazu verholfen werden, zunehmend eine Fragehaltung auszubilden, ihre Kritikfähigkeit weiterzuentwickeln und ihre Fähigkeiten in Bezug auf planvolles und strukturiertes Vorgehen und die systematische Überprüfung zuvor aufgestellter Vermutungen zu erweitern (vgl. ebd.). Dies geschieht, indem sie lernen, kognitive Dissonanzen wahrzunehmen, diese bezüglich ihrer Relevanz zu bewerten, ihnen darauf aufbauend eigenständig und kooperativ zielgerichtet entgegenzuwirken, transferierbares Wissen daraus zu entwickeln sowie abschließend zu eruieren, ob sie erfolgreich behoben worden sind. All dies sind Fähigkeiten, die Kinder auf ihrem Weg dahin benötigen, sich eigenständig in der Lebenswelt behaupten zu können. Sie werden hier als Lebensweltkompetenz zusammengefasst. Zusätzlich zur Förderung der Lebensweltkompetenz und in gewissem Maße auch als Teil davon, rückt außerdem der Erwerb prozessbezogener Kompetenzen, die insbesondere in den Grundideen (3) und (4) hervortreten, in den Vordergrund. Die Grundidee (4) illustriert außerdem die Intention, dass die Schülerinnen und Schüler spezifische mathematische inhaltsbezogene Kompetenzen erwerben. Für die Unterrichtskonzeption ergeben sich also folgende Ziele:

1. (Weiter-)Entwicklung von Lebensweltkompetenz
2. Erwerb spezifischer prozessbezogener mathematischer Kompetenzen
3. Erwerb spezifischer inhaltsbezogener mathematischer Kompetenzen



Für die Entwicklung einer solchen Konzeption heißt das zunächst, dass diese nach den Grundideen gestaltet werden sollte, um die Möglichkeit dafür zu bieten, dass die Schülerinnen und Schüler einerseits die primären Ziele des Mathematikunterrichts in Form von inhaltsbezogenen und prozessbezogenen Kompetenzen erreichen und darüber hinaus durch ihren Einsatz Lebensweltkompetenz angebahnt werden kann. Zusätzlich wird eine ausreichende organisatorische und inhaltliche Unterstützung für die Schülerinnen und Schüler mitgedacht, damit diese überhaupt Lernhandlungen zielgerichtet ausführen können und somit in der Ausbildung ihrer Kompetenzen optimal gefördert und nicht überfordert werden.

Um eine Unterrichtskonzeption in Orientierung an diese vier Grundideen entwickeln zu können, war es notwendig, diese im ersten Schritt durch Einbezug aktueller theoretischer und empirischer Grundlagen allgemein- und mathematikdidaktischer Erkenntnisse unter gleichzeitiger Beachtung der zielgruppenspezifischen und fachlichen Anforderungen zu konkretisieren und übergreifende, strukturgebende Merkmale der jeweiligen Grundidee herauszuarbeiten. Im nächsten Schritt konnten diese Merkmale übergreifend strukturiert und zusammengefasst werden, woraus sich schließlich 17 Merkmalskategorien (s. Tab. 4) ergeben haben, welche in der Konzeptionierung richtungsleitend sind, da sie durch die Unterrichtskonzeption theoretisch umgesetzt werden sollen und ebenso als Evaluationsaspekte für die Phase 3 des DBR-Prozesses herangezogen werden können (vgl. auch Strunk & Wichers i. Vorb.).

Tab. 4: Merkmale der Konzeption und Evaluationsaspekte

Kategorie	Merkmal
1	Die Schülerinnen und Schüler bestimmen organisatorische Aspekte des Unterrichts
2	Die Schülerinnen und Schüler bestimmen methodische Aspekte des Unterrichts
3	Die Schülerinnen und Schüler bestimmen inhaltliche Aspekte des Unterrichts
4	Strukturierungen unterstützen die Schülerinnen und Schüler in ihrem Lernprozess
5	Die Arbeitsaufträge und Anforderungen werden verständlich vermittelt und den Schülerinnen und Schülern klar
6	Die Schülerinnen und Schüler vollziehen metakognitive Prozesse
7	Die Lehrperson gibt Feedback zu allen Arbeitsschritten des Lernprozesses
8	Die Schülerinnen und Schüler sind voneinander abhängig
9	Die Schülerinnen und Schüler sind individuell verantwortlich
10	Die Schülerinnen und Schüler unterstützen sich gegenseitig im Lernprozess
11	Es gibt einen Wechsel von kooperativen und individuellen Arbeitsphasen
12	Es existieren Kommunikations- und Schreibenanlässe
13	Der Fall ist für die Schülerinnen und Schüler bedeutsam
14	Der Fall ist offen formuliert
15	Der Fall stellt Probleme oder Konflikte dar
16	Der Fall bildet fachliche Inhalte ab, die es zu entdecken gilt
17	Der Fall passt zu den Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler

4.2 Definition und Beschreibung von ELIF

Unter Einbezug aller aus der allgemein- und fachdidaktischen Theorie hergeleiteten Merkmalskategorien und des grundlegenden Ablaufs von PBL ergibt sich eine Unterrichtskonzeption für den Mathematikunterricht der dritten und vierten Klasse, deren Einsatz die Erreichung der drei aufgeführten Ziele (Lebensweltkompetenz, Erwerb mathematischer prozessbezogener und inhaltsbezogener Kompetenzen) für die Schülerinnen und Schüler theoretisch ermöglichen kann. Diese orientiert sich somit an Grundideen, welche sich in Offenheit, Lernendenzentriertheit und –aktivierung, kooperativen Arbeitsphasen und dem fallbasierten Erarbeiten fachlicher Inhalte im Unterricht ausdrücken. Der Name der Konzeption hat sich aus diesen grundlegenden Elementen und den damit verbundenen Lernhandlungen ergeben.



ELIF – Eigenständige Lernzielentwicklung und Inhaltserschließung am Fall

ELIF gliedert sich in drei in einem engen Zusammenhang stehende Komponenten, welche aus der umfassenden Analyse der Grundideen und den dahinter stehenden Lerntheorien abgeleitet werden konnten und in ihrer Verbindung einen Prototyp für eine Unterrichtskonzeption bilden, der alle hergeleiteten Merkmalskategorien einbezieht.

- Phasen als ein an PBL angelehntes Ablaufmodell, welches einerseits ELIF als Unterrichtskonzeption ausweist und andererseits die Merkmalskategorien (1,2,3,4,6,7,8,9,10,11,12,17) umsetzt und einhergehend in der Unterrichtspraxis ermöglicht
- Ein Lerntagebuch, welches die Phasen für die Schülerinnen und Schüler abbildet und ihnen somit eine Unterstützung und Strukturierung für die geforderten Lernaktivitäten bietet, sodass die Merkmalskategorien (4,5,6,7,8,9,11,12) Anwendung finden
- Fälle als Aufgabenformat, die unter Beachtung der für ihre Konzeption und ihren Einsatz erarbeiteten Merkmalskategorien (13,14,15,16,17) den Lernprozess der Schülerinnen und Schüler initiieren und somit den Ausgangspunkt der Phasen bilden

Phasen

In den zehn aus PBL abgeleiteten und mithilfe der Merkmalskategorien angereicherten Phasen werden alle nötigen Schritte des vorgesehenen Lernprozesses der Schülerinnen und Schüler beschrieben, die während ELIF durchlaufen werden sollen. Sie konkretisieren demnach unter Berücksichtigung der Merkmalskategorien (1,2,3,4,6,7,8,9,10,11,12, 17) die durch die Grundstruktur des Ablaufs von PBL gegebenen Schritte der eigenständigen Erarbeitung und Recherche von Inhalten anhand eines Falls, der kooperativen Besprechung dieser und der gemeinsamen Evaluation der Lernprozesse. Die Phasen dienen demnach einerseits der Orientierung der Lehrperson, sodass diese den Unterricht entsprechend des vorgegebenen Ablaufs gestalten kann und andererseits leisten sie dadurch einen Beitrag zur Ermöglichung des Erreichens der für ELIF definierten Ziele.

Tab. 5: Detaillierte Darstellung der Phasen von ELIF (Strunk & Wichers i. Vorb.)

Phase	Inhalt
1 Lesen des Falls	Der Fall wird im Plenum gelesen.
2 Verständnis des Falls	Verständnisfragen werden im Plenum geklärt.
3 Problem beschreiben und definieren	Die Schülerinnen und Schüler schreiben Problemaspekte in Einzelarbeit auf. Im Plenum wird besprochen, worum es in dem Problem geht und eine gemeinsame Problemdefinition vorgenommen.
4 Aktivierung von Vorwissen	Die Schülerinnen und Schüler schreiben in Einzelarbeit auf, was sie in Bezug auf das definierte Problem bereits wissen.
5 Ideen- und Fragenentwicklung	Die Schülerinnen und Schüler schreiben in Einzelarbeit Ideen, Gedanken und Fragen auf, sammeln und sortieren diese in der Gruppe und einigen sich auf 4–5 davon. Diese werden im Lerntagebuch notiert.
6 Fragenformulierung	Die Schülerinnen und Schüler formulieren auf der Grundlage von Phase 5 Fragen und notieren diese im Lerntagebuch.
7 Erarbeiten der Antworten auf die einzelnen Fragen	Die Schülerinnen und Schüler wählen eine Frage aus, planen in Einzelarbeit ihren Lernprozess, führen den Plan aus und beantworten die Frage. Sie halten wesentliche Aspekte im Lerntagebuch fest und reflektieren den eigenen Lernprozess.
8 Austausch über Ergebnisse	Die Schülerinnen und Schüler stellen Ergebnisse in der Gruppe vor und kommen darüber ins Gespräch.



Phase	Inhalt
9 Konsensfindung in Bezug auf Fall„Lösung“	Gemeinsame Besprechung von Lerntagebuch-Beispielen und Einigung auf plausible Fall„Lösung(en)“ im Plenum.
10 Reflexion der Arbeitsphase	Die Schülerinnen und Schüler reflektieren die gemeinsame Arbeit in der Gruppe und die Arbeit im Lerntagebuch.

Es wird an Phase 7 exemplifiziert, inwiefern diese die entsprechenden Merkmalskategorien berücksichtigt, um den Prozess der auf die Merkmalskategorien gegründeten Entwicklung der Phasen beispielhaft nachzuzeichnen.

Phase 7 bezieht im Sinne der Merkmalskategorie 4 (Strukturierungen unterstützen die Schülerinnen und Schüler in ihrem Lernprozess) nicht nur die Durchführung der Informationsbeschaffung mit ein, sondern auch die Planung dieser. Dadurch wird das eigenständige Recherchieren von Inhalten zur kognitiven Entlastung der Kinder bereits im Unterrichtsablauf in einzelne bedeutsame Teilschritte aufgeschlüsselt, zu denen kindgerechte Unterstützungen im Lerntagebuch formuliert werden können. Auf eine konkrete Beschreibung der Durchführung wird allerdings in Phase 7 bewusst verzichtet, um eine Realisierung der Merkmalskategorien 1 (die Schülerinnen und Schüler bestimmen organisatorische Aspekte des Unterrichts) und 2 (die Schülerinnen und Schüler bestimmen methodische Aspekte des Unterrichts) im Unterricht zu ermöglichen. Den Kindern wird nicht bereits durch den nach den Phasen gestalteten Unterricht vorgegeben, welche Ressourcen, Methoden oder Zugangsweisen sie zur Beantwortung der Fragen nutzen sollen. Sie erhalten bezüglich dieser Aspekte Freiheiten, um eigenständig eine Beantwortung der Lernfragen gemäß ihrer Lernvoraussetzungen und Fähigkeiten und somit auf einem individuellen inhaltlichen Niveau vornehmen zu können. Darüber hinaus bestimmt Phase 7 zwar, dass jedes Kind im Rahmen seiner Fertig- und Fähigkeiten möglichst jede Frage beantwortet, gibt aber keine zeitlichen Begrenzungen zur Beantwortung jeder einzelnen Frage vor, sodass die Kinder selbstständig entscheiden müssen, wie viel Zeit sie dafür aufwenden. Aufgrund dessen können sie je nach Interesse mehr oder weniger tiefgreifend an den verschiedenen Fragen arbeiten. Gleichzeitig werden sie darin gefördert, sich ihre Zeit in Abhängigkeit von den gestellten Aufgaben sinnvoll einzuteilen und so ein Gefühl dafür zu entwickeln, wie viel Zeit sie für bestimmte Lernhandlungen benötigen. Die dadurch entstehende Verantwortung für den eigenen Lernprozess stellt eine unmittelbare Umsetzung der Merkmalskategorie 9 (die Schülerinnen und Schüler sind für den eigenen Lernprozess und das Gruppenergebnis verantwortlich) dar. Des Weiteren bezieht Phase 7 unter Berücksichtigung der Merkmalskategorie 6 (die Schülerinnen und Schüler vollziehen metakognitive Prozesse) die Reflexion des eigenen Lernprozesses ein, deren kindgerechte Ausgestaltung wiederum direkt im Lerntagebuch vorgenommen wird.

Lerntagebuch

Das Lerntagebuch konnte in der umfassenden Analyse der Grundideen als adäquates Instrument zur Unterstützung der Schülerinnen und Schüler in ihren selbstgesteuerten Lernprozessen identifiziert werden (vgl. z. B. Bartnitzky 2004, S. 8). Daher erscheint das Lerntagebuch auch in ELIF als geeignet, um die Kinder in ihrem Lernprozess entsprechend der Merkmalskategorie 4 (Strukturierungen unterstützen die Schülerinnen und Schüler in ihrem Lernprozess) und Merkmalskategorie 5 (Die Arbeitsaufträge und Anforderungen werden verständlich vermittelt und den Schülerinnen und Schülern klar) zu unterstützen und diesen zu strukturieren. Im Lerntagebuch wird der gesamte durch die Phasen von ELIF angestrebte Lernprozess für die Kinder klar und verständlich abgebildet. Durch die Wahl halboffener Aufgaben kann den Kindern ein gewisses Maß an Struktur geboten werden, weshalb sie für Grundschülerinnen und -schüler ohne große Vorerfahrungen im selbstgesteuerten Lernen geeignet sind und somit das wesentliche Aufgabenformat im Lerntagebuch darstellen (vgl. Martin 2015, S. 193–194).

Nachfolgend wird beispielhaft anhand der Anforderung, dass die Schülerinnen und Schüler ihren Lernprozess eigenständig planen sollen, dargestellt, wie einige Merkmalskategorien im Lerntagebuch Berücksichtigung finden.

Die Planung des Lernprozesses wird durch die Aufgabenstellung „So möchte ich die Aufgabe lösen“ angeregt (s. Abb. 4). Sie fordert die Schülerinnen und Schüler auf, entsprechende (kognitive) Lernstrategien auszuwählen, mit denen sie die Aufgabe bearbeiten und lösen möchten. Dabei erhalten sie Unterstützung



entsprechend der Merkmalskategorie 4 in der Generierung von Ideen durch die Vorgabe von Satzbausteinen. Ebenso wird die Merkmalskategorie 5 durch die kindgerechten und eindeutigen Formulierungen der Aufgabenstellungen und Hilfen mitgedacht. Durch das Notieren der individuellen Planung wird eine Übernahme von Verantwortung für den eigenen Lernprozess angeregt, sodass die Merkmalskategorie 9 (Die Schülerinnen und Schüler sind für den eigenen Lernprozess und das Gruppenergebnis verantwortlich) Beachtung findet.

So möchte ich die Aufgabe lösen



Abb. 4: Lerntagebuchaufgabe zur Planung des Lernprozesses (Strunk & Wichers i. Vorb.)

Das Lerntagebuch stellt somit als schülerinnen- und schülerbezogen gestaltete Komponente von ELIF den Ort dar, an dem die Auseinandersetzung mit den Inhalten stattfindet und die Ergebnisse für die weiteren Arbeitsschritte gesichert werden, wodurch dieses zum Erwerb inhaltlicher Kompetenzen beiträgt. Gleichzeitig wird durch das Lerntagebuch die Lebensweltkompetenz gefördert, da wesentliche Facetten dieser Kompetenz durch den Ablauf von ELIF – Fragenstellen, Planung, Umsetzung, Evaluation und Regulation des Lernprozesses – und somit auch durch die Aufgaben und Arbeitsaufträge im Lerntagebuch berücksichtigt werden. Aufgrund diverser Freiheiten in der Aufgabebearbeitung und der Notwendigkeit, Antworten und Lösungen im Lerntagebuch zu notieren, werden zudem die prozessbezogenen Kompetenzen des Darstellens, Kommunizierens und Argumentierens gefördert (vgl. KMK 2005, S. 8).

Fälle

Als Aufgabenformat in ELIF müssen die Fälle die in den Merkmalskategorien (13,14,15,16,17) festgehaltenen Anforderungen erfüllen, um den Lernprozess, das heißt im ersten Schritt das Aktivieren von Vorwissen sowie das Setzen von Lernzielen in Form von Lernfragen, initiieren zu können. Da für den Mathematikunterricht der Grundschule keine unmittelbar einsetzbaren Fälle existieren, wurde ein konkreter Beispielfall für den Mathematikunterricht auf Grundlage dieser Merkmalskategorien entwickelt.

Zunächst muss durch Beachtung der Merkmalskategorie 16 (der Fall bildet fachliche Inhalte ab, die es zu entdecken gilt) sichergestellt werden, dass die Schülerinnen und Schüler durch die Bearbeitung eines Falls vorgesehene Kompetenzen erwerben können und eben diese deshalb auch der Fallkonstruktion zugrunde gelegt werden. Für einen ersten Einsatz von ELIF zur Gestaltung einer Unterrichtseinheit zum Thema *Zeitspannen* wurden aus dem für das Bundesland der Durchführung gültigen Kerncurriculum themenspezifische Teilkompetenzen aus dem inhaltsbezogenen Kompetenzbereich Größen und Messen für die dritte und vierte Klasse ausgewählt.

Die Schülerinnen und Schüler ...

- lesen Uhrzeiten von digitalen und analogen Uhren ab.
- verfügen über Stützpunktvorstellungen für standardisierte Einheiten bei Zeitspannen und Gewichten und nutzen diese beim Schätzen.



- wählen entsprechend der Fragestellung geeignete Messinstrumente aus und wenden sie sachgerecht an.
- verwenden Standardeinheiten der relevanten Größenbereiche (s, min, h).
- wandeln standardisierte Einheiten um (z. B. 90 min = 1 h 30 min = 1,5 h).
- rechnen mit Größen (vgl. Niedersächsisches Kerncurriculum 2017, S. 35–36).

Diese können stets aufgrund der den Phasen von ELIF inhärenten Lernaktivitäten im Sinne des kumulativen Lernens mathematischer Prozesse und Inhalte um Kompetenzen aus den Bereichen Zahlen und Operationen, Darstellen und Kommunizieren ergänzt werden.

(Zahlen und Operationen)

Die Schülerinnen und Schüler ...

- vergleichen verschiedene Rechenwege.
- wählen Rechenwege aufgabenbezogen aus (vgl. ebd., S. 30).

(Darstellen)

Die Schülerinnen und Schüler ...

- wählen und nutzen geeignete Arbeitsmittel zum Lösen einer Aufgabe.
- entwickeln, wählen und nutzen geeignete Darstellungen (z. B. Skizze, Tabelle, Diagramme) und Forschermittel zum Lösen einer Aufgabe.
- nutzen geeignete Darstellungen und Forschermittel (z. B. farbige Markierungen, Pfeile), um ihre Überlegungen nachvollziehbar zu präsentieren (vgl. ebd., S. 24).

(Kommunizieren)

Die Schülerinnen und Schüler ...

- beschreiben eigene Lösungswege und Vorgehensweisen, vollziehen Lösungen anderer nach und reflektieren gemeinsam darüber.
- verwenden eingeführte mathematische Fachbegriffe und Zeichen sachgerecht (vgl. ebd., S. 22).

Trotzdem sollten die prozessbezogenen Kompetenzen ebenfalls bei der Fallkonstruktion bedacht werden, da nicht jedes mathematische Thema Anlässe dazu bietet, diese Kompetenzen weiterzuentwickeln.

All diese Kompetenzen finden sich ebenso in allgemeiner Form in den Bildungsstandards (vgl. KMK 2005, S. 7–11).

Durch diese Berücksichtigung der Kompetenzen in der Fallkonstruktion, wird die Merkmalskategorie 17 (Der Fall passt zu den Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler) in ihrer fachlichen Komponente umgesetzt, da das Kerncurriculum aufeinander aufbauend angelegt ist und somit fachliche Grundlagen in den vorherigen Jahrgangsstufen erarbeitet werden. Zusätzlich müssen die individuellen Lernvoraussetzungen der Kinder Beachtung finden. Eine für die sprachlichen Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler geeignete Gestaltung des Falls geht mit der Realisierung der Merkmalskategorie 13 (Der Fall ist für die Schülerinnen und Schüler bedeutsam) einher, indem ein Kontext aus der Lebenswelt der Kinder gewählt und kindgerecht versprachlicht wird, der den Anwendungsbezug des Themas – hier *Zeitspannen* – zusätzlich verdeutlicht. Somit wird es den Schülerinnen und Schüler ermöglicht, die Fallinhalte mit ihrem mathematischen sowie alltäglichen Vorwissen verknüpfen zu können.

Um zusätzlich das Setzen von Lernzielen in Form von Lernfragen durch den Fall zu initiieren, sollte der Fall kognitive Dissonanzen bei den Schülerinnen und Schüler auslösen. Nur wenn diese die Notwendigkeit erkennen, etwas dazulernen zu müssen, um für den Fall eine Lösung zu finden, werden sie dazu motiviert, sich inhaltliche Fragen zu stellen. Das bedeutet, dass der Fall im Sinne der Merkmalskategorien 14 (Der Fall ist offen formuliert und lässt verschiedene Deutungs- und Lösungsmöglichkeiten zu) und 15 (Der Fall stellt



Probleme oder Konflikte dar), keine offensichtliche Lösung anstoßen sowie kontroverse Positionen und reale Probleme einbeziehen sollte. Dementsprechend ist folgender Lernfall (s. Abb. 5) entwickelt worden:

Ein ganz schön voller Tag

Es ist Montagmorgen, große Pause! Alle sind draußen auf dem Schulhof. Tim erzählt von seinem neuen Spiel für die Playstation, was er zu Weihnachten bekommen hat.

Tim: „Mein neues Spiel ist richtig cool, besonders wenn man gegeneinander spielt!“

Lisa: „Vielleicht können wir uns verabreden. Dann kann ich dein Gegner sein.“

Tim: „Nach der Schule gehe ich erstmal zum Mittagessen nach Hause und habe dann direkt Fußballtraining. Dann muss ich ja auch noch die Hausaufgaben machen. Und es kommt Ninjago im Fernsehen, das möchte ich nicht verpassen.“

Lisa: „Ich gehe erstmal in den Hort, mache dort aber auch schon meine Hausaufgaben und esse etwas. Und Mama möchte, dass ich zum Abendessen um 18 Uhr wieder zu Hause bin. Wie lange braucht man denn eigentlich für das Spiel?“

Tim: „Solange wir eben Lust haben. Vielleicht ist es aber doch gar nicht so einfach, heute Zeit dafür zu finden, aber ich will es unbedingt spielen.“

Abb. 5: Beispielfall zum Thema Zeitspannen

Nach Konstruktion des Falls werden sowohl fachliche als auch außerfachliche Lernfragen antizipiert und formuliert (s. Tab. 6), um sich zu versichern, ob die dem Fall zugrunde liegenden inhaltsbezogenen Kompetenzen einerseits tatsächlich in Lernfragen abgebildet werden können und diese andererseits in ihrer Anzahl den außerfachlichen (s. Tab. 6 *kursiv*) überwiegen. Welche Fragen tatsächlich von den Kindern gestellt werden, kann allerdings erst in einer praktischen Durchführung ersichtlich werden und ist überdies immer abhängig von den individuellen Interessen, Neigungen und dem Vorwissen der einzelnen Schülerinnen und Schüler.

Tab. 6: Antizipierte Lernfragen zum Fall „Ein ganz schön voller Tag“

Analyse des Problems	Die Frage ist, wann Tim und Lisa sich an diesem Montag treffen können.
Notwendige Lernfragen	<ul style="list-style-type: none"> – Wie lange dauern Mittagessen, Fußballtraining, Hausaufgaben, Hort und Ninjago? – Wann fangen die Aktionen an und wann werden sie beendet?
Potenzielle Lernfragen	<ul style="list-style-type: none"> – Wie lange müsste man warten, bis man sich treffen kann, wenn man es nicht an diesem Montag schafft? – Wie weit wohnen die beiden auseinander und wie lange braucht man für den Weg? – Wie lange braucht man für den Weg zum Fußballtraining/Hort? – Wie viel Zeit würde man sparen, wenn einer der beiden eine Aktion ausfallen lassen würde und welche Aktionen könnte man ausfallen lassen? – Wie lange hält Tim es ohne Playstation überhaupt aus? – Wie lange dürfen Tim und Lisa aufbleiben? – Wie lange erlauben Tim und Lisas Eltern es ihnen, Playstation am Tag zu spielen? – <i>Welches Spiel hat Tim bekommen?</i> – <i>Kann Tims sich nicht mit jemand anderem verabreden?</i>



So kann grundsätzlich folgendes Vorgehen für die Konstruktion eines für ELIF geeigneten Falls festgehalten werden:

- Mithilfe des Kerncurriculums die in der Arbeit mit ELIF zu erwerbenden Kompetenzen festlegen
- Unter Berücksichtigung der Merkmalskategorien einen zu den Kompetenzen passenden, aus der Lebenswelt der Kinder stammenden Kontext entwickeln
- Lernfragen antizipieren, um sich bezüglich der anzubahnenden Kompetenzen rückzuversichern

Abschließend ist es nun möglich, die dem Artikel zugrunde liegende Fragestellung, wie eine auf PBL aufbauende im Mathematikunterricht der dritten und vierten Klasse durchführbare Unterrichtskonzeption gestaltet sein kann, zu beantworten. Hinter ELIF verbirgt sich eine aus drei Hauptkomponenten – zehn Unterrichtsphasen, einem Fall als Aufgabenformat und dem Lerntagebuch als kindgerechtes Unterstützungsinstrument – bestehende, auf konstruktivistischen Lehr-Lerntheorien aufbauende und auf die Ziele des Mathematikunterrichts abgestimmte Unterrichtskonzeption für die Primarstufe, die auf die Forderungen nach einer höheren Anwendungs- und Schülerinnen- und Schülerorientierung im Mathematikunterricht bewusst reagiert. Dies wird über die vier sich aus dem Ansatz des problembasierten Lernens ergebenden Grundideen (Offenheit, Eigenaktivität, Kommunikation und Kooperation, ein Fall als Initiation individueller Lernzielentwicklung) und die daraus gewonnenen 17 Merkmalskategorien im Unterricht realisiert.

Der mit ELIF intendierte Lernprozess wird folglich anhand der Präsentation eines lebensweltbezogenen Falls initiiert. Die Schülerinnen und Schüler entwickeln auf Grundlage dieses Falls inhaltliche Lernziele, zumeist in Form von Lernfragen, die sie sich selbstständig in Gruppen erarbeiten und im Anschluss ihre Ergebnisse in Bezug auf das dem Fall inhärente Ausgangsproblem reflektieren. Dadurch sollen die Schülerinnen und Schüler die mit ELIF intendierten Ziele erreichen. Dabei wird ausdrücklich kein Anspruch darauf erhoben, dass eine solche Unterrichtskonzeption das Lernen der Schülerinnen und Schüler an sich verbessert. Sie soll jedoch die Gelegenheit bieten, das Erreichen dieser Ziele für Schülerinnen und Schüler im Unterricht zu ermöglichen.

ELIF reiht sich damit in die Vielzahl verschiedener aktueller Ansätze, wie zum Beispiel das dialogische Lernen, den Projektunterricht und die Freiarbeit, ein, die im (Mathematik-)Unterricht Anwendung finden, unterscheidet sich aber von diesen insbesondere durch den Einsatz von Lernfällen als Aufgabenformat und kann klar von diesen abgegrenzt werden (vgl. Strunk & Wichers i. Vorb.).

5. Ausblick auf das Gesamtprojekt

Der im vorliegenden Beitrag dargestellte erste Teil des Forschungsprojekts soll abschließend im Gesamtprojekt verortet und diskutiert werden.

Das Konzept ELIF wurde unter Einbezug der aus der Theorie identifizierten Merkmalskategorien mit der Intention hergeleitet und entwickelt, dass durch den Einsatz im Unterricht diese Merkmalskategorien und dadurch die intendierten Ziele erfüllt werden. Inwiefern dies auch tatsächlich der Fall ist, muss in der praktischen Umsetzung jedoch noch überprüft werden. Daher schließt sich für das Gesamtprojekt folgende Fragestellung an.

Wie sieht eine Unterrichtskonzeption für den Mathematikunterricht der 3. und 4. Klasse aus, durch welche die im Rahmen der theoriegeleiteten Entwicklung des Ausgangskonzepts identifizierten zentralen Merkmalskategorien in der praktischen Umsetzung erfüllt werden?

Darin zeigt sich die Intention, nach abgeschlossener Forschung ein Konzept bereitzustellen, welches mithilfe mehrerer Mikrozyklen, bestehend aus der Durchführung eines Prototypens, der Analyse der Ergebnisse zur Identifikation von Modifizierungsmöglichkeiten und dem Re-Design, entwickelt werden kann. In jedem Mikrozyklus stellt sich daher bereits die Frage „Inwieweit erfüllt die jeweilige Version von ELIF die Merkmalskategorien in der praktischen Umsetzung?“. Als Evaluationsaspekte werden dabei die Merkmalskategorien herangezogen. In der Sichtung dieser wird bereits deutlich, dass sich einige Kategorien wechselseitig ausschließen. So fordert ELIF auf der einen Seite eine hohe Offenheit in vielen Bereichen des Lernprozesses der Schülerinnen und Schüler, wie zum Beispiel in der Wahl der Inhalte oder der Rahmenbedingungen des Lernprozesses, gibt aber gleichzeitig vor, dass eine Strukturierung des Unterrichts förderlich ist. Da sich erst in der praktischen Umsetzung der Konzeption ergeben wird, welcher Grad an Unterstüt-



zung bzw. Offenheit für die Schülerinnen und Schüler angemessen ist, werden die Evaluationsaspekte im Rahmen der weiteren Forschungsarbeit unter der Fragestellung „Welche der theoriegeleitet identifizierten Kriterien erweisen sich in der praktischen Durchführung von ELIF als anwendbar und inwieweit sind diese zur Analyse der Durchführbarkeit und Erfüllung der Grundideen in der praktischen Umsetzung von ELIF ausreichend?“ dementsprechend überarbeitet und angepasst.

Zur Beantwortung der genannten Fragen werden zwei Erhebungsmethoden ausgewählt. Um den nach der Konzeption gestalteten Unterricht kontinuierlich und unabhängig von den Fähigkeiten und Fertigkeiten der Schüler erfassen zu können, ist eine Beobachtung geeignet. Diese bietet darüber hinaus den Vorteil, dass das Verhalten der Schüler und der Lehrpersonen dokumentiert und für die Auswertung gesichert werden können. Um dennoch adressatenorientierte Ergebnisse zu erhalten, wird zusätzlich eine Dokumentenanalyse der Arbeitsergebnisse der Schüler herangezogen. Beide Instrumente ermöglichen einen Einblick in die Arbeitsweisen der Lernenden und eröffnen die Sichtweise der Lehrperson auf die Unterrichtskonzeption, wodurch die Eignung der Konzeption aus unterschiedlichen Perspektiven betrachtet wird. Zudem kann eine enge Zusammenarbeit zwischen Lehrpersonen und Forschenden im Rahmen des DBR-Prozesses realisiert werden, indem die Durchführung der Konzeption und die Beobachtung an die Lehrpersonen übertragen werden.

Weiterhin wird es neben der Weiterentwicklung der Konzeption und seiner Komponenten ermöglicht, theoretische, zielgruppenspezifische Merkmale und Ziele in Hinblick auf die zentralen Bestandteile der Konzeption zu explorieren und aus diesen in der vierten Phase des DBR-Prozesses kontextualisierte Theorien zu generieren. Somit kann neben dem praktischen Output des DBR-Zyklus, eine adäquate Unterrichtskonzeption in Form eines in der Praxis zielgerichtet umsetzbaren Konzepts von ELIF, ebenso ein theoretischer Output erzielt werden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass durch das Gesamtprojekt ein wesentlicher Beitrag zur Erforschung von PBL als Gegenstand der Bildungsforschung, insbesondere bezogen auf die Umsetzung im Mathematikunterricht der Grundschule, geleistet werden kann. Die Wahl der Forschungsmethodologie trägt hier im Wesentlichen dazu bei, da sie eine theoretisch und praktisch verzahnte Entwicklung ermöglicht. Zudem hat die hier in Ansätzen dargestellte Forschung Potenzial, in der Fachdidaktik einen neuen Lehr-Lernansatz stärker in den Blick zu rücken, um den Mathematikunterricht lebensnäher und offener zu gestalten. Darüber hinaus kann sie dazu anregen, über das Aufgabenformat des Falls im Mathematikunterricht zu diskutieren und das Lerntagebuch als wichtigen Begleiter im selbstgesteuerten Lernprozess der Schülerinnen und Schüler zu etablieren.

Literatur

- Bartnitzky, J. (2004). *Einsatz eines Lerntagebuchs zur Förderung der Lern- und Leistungsmotivation. Eine Interventionsstudie*. Zugl.: Universität Dortmund, Diss., 2004.
- Barzel, B., Büchter, A. & Leuders, T. (2011). *Mathematik Methodik. Handbuch für die Sekundarstufe I und II*. Berlin: Cornelsen Verlag Scriptor.
- Brophy, J. (1986). *Where Are the Data?: A Reply to Confrey*. In: Journal for Research in Mathematics Education, 17 (5), S. 361–368.
- Capon, N. & Kuhn, D. (2004). *What's So Good About Problem-Based Learning?* In: Cognition and Instruction, 22 (1), S. 61–79.
- Clark, C. E. (2006). *Problem-based learning: how do the outcomes compare with traditional teaching?* In: The British Journal of General Practice, 56 (530), S. 722–723.
- Dochy, F., Segers, M., van den Bossche, P. & Gijbels, D. (2003). *Effects of problem-based learning: a metaanalysis*. In: Learning and Instruction 13 (5), S. 533–568.
- Dole, S., Bloom, L. & Doss, K. K. (2017). *Engaged Learning: Impact of PBL and PjBL with Elementary and Middle Grade Students*. In: Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning, 11 (2). Verfügbar unter: <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1685> [11.12.2017]
- Drake, K. N. & Long, D. (2009). *Rebecca's in the Dark: A Comparative Study of Problem-Based Learning and Direct Instruction/Experiential Learning in Two 4th-Grade Classrooms*. In: Journal of Elementary Science Education, 21 (1), S. 1–16.
- Gräsel, C. (1997). *Problemorientiertes Lernen – Strategieranwendung und Gestaltungsmöglichkeiten* (Münchener Universitätsschriften Psychologie und Pädagogik). Göttingen: Hogrefe.



- Hatisaru, V. & Küçüküran, A. G. (2009). *Vocational and technical education problem-based learning exercise: Sample scenario*. In: *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 1 (1), S. 2151–2155.
- Herrington, J., Reeves, T. C. & Oliver, R. (2010). *A Guide to Authentic eLearning*. New York: Routledge.
- Herrmann, U. (2009). Gehirnforschung und die neurodidaktische Revision des schulisch organisierten Lehrens und Lernens. In: Herrmann, U. (Hrsg.). *Neurodidaktik. Grundlagen und Vorschläge für gehirngerechtes Lehren und Lernen* (Beltz-Pädagogik). Weinheim: Beltz. S. 148–181.
- Hmelo-Silver, C. E. & Barrows, H. S. (2006). *Goals and Strategies of a Problem-based Learning Facilitator*. In: *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1(1), S.21–39.
- Hußmann, S., Thiele, J., Hinz, R., Prediger, S. & Ralle, B. (2013). Gegenstandsorientierte Unterrichtsdesigns entwickeln und erforschen. Fachdidaktische Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell. In: Komorek, M. & Prediger, S. (Hrsg.). *Der lange Weg zum Unterrichtsdesign. Zur Begründung und Umsetzung genuin fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme* (Fachdidaktische Forschung, Bd. 5). Münster: Waxmann. S. 25–42.
- Hüther, G. (2009). Für eine neue Kultur der Anerkennung. Plädoyer für einen Paradigmenwechsel in der Schule. In: Herrmann, U. (Hrsg.). *Neurodidaktik. Grundlagen und Vorschläge für gehirngerechtes Lehren und Lernen* (Beltz-Pädagogik). Weinheim: Beltz. S. 199–206.
- Imhof, M. (2016). *Psychologie für Lehramtsstudierende*. Wiesbaden: Springer.
- Jannack, V. (2017). *Empirische Studie zum Einsatz von Problembasiertem Lernen (PBL) im interdisziplinären naturwissenschaftlichen Unterricht. Kompetenzentwicklung bei Schülerinnen und Schülern und Akzeptanz bei Lehrerinnen und Lehrern*. Zugl.: Pädagogische Hochschule Heidelberg, Diss., 2017. Verfügbar unter: <https://opus.ph-heidelberg.de/frontdoor/index/index/docId/229> [24.08.2018]
- Kaiser, F.-J. & Kaminski, H. (2012). *Methodik des Ökonomieunterrichts. Grundlagen eines handlungsorientierten Lernkonzepts mit Beispielen* (UTB Wirtschaftspädagogik). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Kek, M. Y. C. A. & Huijser, H. (2017). *Problem-based Learning into the Future. Imagining an Agile PBL Ecology for Learning*. Singapore: Springer.
- KMK – Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) (2005). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Primarbereich. Beschluss vom 15.10.2004*. München: Wolters Kluwer. Verfügbar unter: http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_10_15-Bildungsstandards-Mathe-Primar.pdf [19.12.2017]
- Levin, A. & Arnold, K.-H. (2009). Selbstgesteuertes und selbstreguliertes Lernen. In: Arnold, K.-H., Sandfuchs, U. & Wiechmann, J. (Hrsg.). *Handbuch Unterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt. S. 154–159.
- Martin, P.-Y. (2015). Lerntagebuch als metakognitives Instrument im Schulalltag. In: Martin, P.-Y. & Nicolaisen, T. (Hrsg.). *Lernstrategien fördern. Modelle und Praxisszenarien*. Weinheim & Basel: Beltz Juventa. S. 185–201.
- Masek, A. & Yamin, S. (2012). *A Comparative Study of the Effect of PBL and traditional Learning Approaches of Students' Knowledge Acquisition*. In: *The international journal of engineering education*, 28 (5), S. 1161–1168.
- McKenney, S. & Reeves, T. (2012). *Conducting Educational Design Research*. London: Routledge.
- Merritt, J., Lee, M. Y., Rillero, P. & Kinach, B. M. (2017). *Problem-Based Learning in K–8 Mathematics and Science Education: A Literature Review*. In: *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 11 (2). Verfügbar unter: <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1674> [03.01.2018]
- Merseeth, K. K. (1996). Cases and case methods in teacher education. In: Sikula, J. (Hrsg.). *Handbook of research on teacher education*. New York: MacMillan Publishing Company. S. 722–744.
- Meyer, H. (2009). *Unterrichtsmethoden I: Theorieband*. Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Niedersächsisches Kultusministerium (Hrsg.) (2017). *Kerncurriculum für die Grundschule Schuljahrgänge 1–4. Mathematik*. Hannover: Unidruck.
- Pease, M. A. & Kuhn, D. (2010). *Experimental analysis of the effective components of problem-based learning*. In: *Science Education*, 95 (1), S. 57–86.
- Pinquart, M., Schwarzer, G. & Zimmermann, P. (2011). *Entwicklungspsychologie - Kindes- und Jugendalter*. Göttingen: Hogrefe.
- Plomp, T. (2013). Educational Design Research: An Introduction. In: Plomp, T. & Nieveen, N. (Hrsg.). *Educational Design Research: Illustrative Cases*. Enschede: SLO, Netherlands Institute for Curriculum Development. S. 11–52.



- Reeves, T. (2006). Design research from a technology perspective. In: van den Akker, J., Gravemeijer, K., McKenney, S. & Nieveen, N. (Hrsg.). *Educational design research*. London: Routledge. S. 52–66.
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (2006). Unterrichten und Lernumgebungen gestalten. In: Krapp, A. & Weidenmann, B. (Hrsg.). *Pädagogische Psychologie. Ein Lehrbuch*. Weinheim: Beltz. S. 612–658.
- Savery, J. R. (2006). *Overview of Problem-based Learning: Definitions and Distinctions*. In: *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 1 (1), S. 9–20.
- Schmidt, H. G. (1983). *Problem-based Learning – rationale and description*. In: *Medical Education*, 17 (1), S. 11–16.
- Stern, E. (2008). Verpasste Chancen? Was wir aus der LOGIK-Studie über den Mathematikunterricht lernen können. In: Schneider, W. (Hrsg.). *Entwicklung von der Kindheit bis zum Erwachsenenalter. Befunde der Münchner Längsschnittstudie LOGIK*. Weinheim: Beltz PVU. S. 187–202.
- Strobel, J. & van Barneveld, A. (2009). *When is PBL More Effective? A Meta-synthesis of Meta-analyses Comparing PBL to Conventional Classrooms*. In: *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 3 (1), S. 44–58.
- Strunk, S. & Wichers, J. (in Vorbereitung). *ELIF (Eigenständige Lernzielentwicklung und Inhaltserschließung am Fall) - Eine Konzeption zur Implementierung vom Problembasierten Lernen (PBL) im Mathematikunterricht der dritten und vierten Klasse*.
- Tillman, D. (2013). *Implications of Problem Based Learning (PBL) in Elementary Schools Upon the K-12 Engineering Education Pipeline*. In: 120th ASEE Annual Conference & Exposition. Verfügbar unter: <https://www.asee.org/public/conferences/20/papers/7729/view> [31.12.2017]
- Trinter, C. P., Moon, T. R. & Brighton, C. M. (2015). *Characteristics of Students' Mathematical Promise When Engaging With Problem-Based Learning Units in Primary Classrooms*. In: *Journal of Advanced Academics*, 26 (1), S. 24–58.
- Walker, A. & Leary, H. (2009). *A Problem Based Learning Meta Analysis: differences Across Problem Types, Implementation Types, Disciplines, and Assessment Levels*. In: *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 3 (1), S. 12–43.
- Walsh, A. (2005). *The Tutor in Problem Based Learning: A Novice's Guide*. Program for Faculty Development, McMaster University, Faculty of Health Sciences. Hamilton, ON Canada.
- Walton, H. J. & Matthews, M. B. (1989). *Essentials of problem-based learning*. In: *Medical Education*, 23 (6), S. 542–558.
- Wang, F. & Hannafin, M. J. (2005). *Design-Based Research and Technology-Enhanced Learning Environments*. In: *Educational Technology Research and Development*, 53(4), S. 5–23.
- Weber, A. (2007). Problem-Based Learning. In: Zumbach, J., Weber, A. & Olsowski, G. (Hrsg.). *Problembasiertes Lernen. Konzepte, Werkzeuge und Fallbeispiele aus dem deutschsprachigen Raum*. Bern: h e p. S. 15–31.
- Wiater, W. (2012). *Theorie der Schule*. Donauwörth: Auer.
- Wisniewski, B. (2016). *Psychologie für die Lehrerbildung*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Zumbach, J. (2003). *Problembasiertes Lernen* (Internationale Hochschulschriften, Bd. 424). Zugl.: Universität Hamburg, Diss., 2003. Münster: Waxmann.
- Zumbach, J., Kumpf, D. & Koch, S. C. (2004). *Using Multimedia to Enhance ProblemBased Learning in Elementary School*. In: *Information Technology in Childhood Education Annual*, 1 (1), S. 25–37.

