
Themenheft Nr. 49: Schulentwicklungsprozesse für Bildung in der digitalen Welt.
Herausgegeben von Marco Hasselkuß, Anna Heinemann, Manuela Endberg und Lisa Gageik

Der steinige Weg in den Unterricht. Entwicklung und Implementation einer digitalen Lernleiter im Fach Chemie

Eine praxisorientierte Zusammenarbeit zwischen Universität und Schulen

Helena van Vorst¹ , Sebastian Habig² , Michelle Möhlenkamp¹ und Mathias Ropohl¹ 

¹ Universität Duisburg-Essen

² Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Zusammenfassung

Nur wenige pädagogische und fachdidaktische Innovationen lassen sich ohne Hindernisse in den Unterricht übertragen. Dies liegt vor allem daran, dass das System Schule von vielen ineinandergreifenden und voneinander abhängigen Faktoren und Variablen bestimmt wird, die im Zuge der Entwicklung und Evaluation von Innovationen kaum umfassend berücksichtigt und unmöglich in ihrem (wechselseitigen) Einfluss untersucht werden können. Daher wird zunehmend nach Transferlösungen gesucht, die eine Implementation von empirisch erprobten oder auch theoretisch abgeleiteten Innovationen in der Praxis begünstigen. Ein vielversprechender Ansatz sind Wissenschaft-Praxis-Kooperationen. Wesentliches Kennzeichen ist die gemeinsame Entwicklung, Evaluation und Implementation von Innovationen durch Akteur:innen der Bildungsforschung und der Unterrichtspraxis mit dem Ziel, die Innovationen nachhaltig und für die Schüler:innen lernwirksam anzulegen. Ein solcher Ansatz ist der symbiotische Implementationsansatz, der im Rahmen des im Ruhrgebiet laufenden und durch die RAG-Stiftung ermöglichten Projekts «Lernerfolg mit der digitalen Lernleiter» Anwendung findet. Im Beitrag werden die Herausforderungen des Ansatzes im Kontext der Digitalisierung von Schule und Unterricht dargestellt und Erkenntnisse für zukünftige Projekte abgeleitet.

The Long Road to Teaching. Development and Implementation of a Digital Scaffold of Learning for Chemistry Classrooms

Abstract

Few pedagogical and instructional innovations make it into the classroom without encountering obstacles. This is mainly due to the fact that the school system is determined by many connected and interdependent factors and variables. In the course of developing and evaluating innovations, these can hardly be taken into account and their influence cannot possibly be investigated. Therefore, there is a need for transfer strategies that promote the implementation of empirically tested or theoretically derived innovations in practice. One promising approach is a research-practice-partnership. An essential characteristic is the joint development, evaluation and implementation of innovations by stakeholders from educational research and teaching practice with the aim of making the innovations sustainable and effective for students. Such an approach is the symbiotic implementation approach, which is applied in the project «Learning Success with the Digital Scaffold of Learning», funded by RAG-Stiftung and running in the Ruhr area. The paper reports on the challenges of the approach in the context of the digitisation of school and teaching and derives insights for future projects.

1. Ausgangslage für die Implementation digitaler Unterrichtskonzepte

Bereits in den 1990er-Jahren begann mit der Verbreitung von Personal Computer und Internet eine Diskussion um die Integration digitaler Technik in den Unterricht sowie um deren didaktische Potenziale für das Lehren und Lernen, die in einer Unterstützung der Kommunikation und Kollaboration der Lernenden sowie in der Förderung von Motivation und Interesse liegen (vgl. Lindmeier 2018; Petko 2020). Durch effiziente und individualisierte Diagnostik sowie Rückmeldungen während des Lernprozesses können digitale Medien zudem die Umsetzung eines adaptiven Unterrichts erleichtern (Ropohl et al. 2018, 98; Ropohl 2021, 66). Medien können zudem als Werkzeug zur Repräsentation von Inhalten oder zur Präsentation von Ergebnissen genutzt werden. Aufgrund der wachsenden Bedeutung digitaler Medien in Beruf und Gesellschaft hat Schule die Aufgabe, Schüler:innen auf die damit verbundenen Anforderungen vorzubereiten und damit ihre Medienkompetenz zu fördern (Gräsel, Schledjewski, und Hartmann 2020, 209). Medien und der mündige Umgang mit ihnen werden dadurch zusätzlich selbst zum Lerngegenstand.

Vor diesem Hintergrund zeigen nationale und internationale Untersuchungen einen grossen Handlungsbedarf zum Ausbau der digitalen Infrastruktur und der Einführung entsprechender Unterrichtskonzepte. Ergebnisse der internationalen ICILS-Studie 2018 belegen eine deutlich unterdurchschnittliche IT-Ausstattung an

deutschen Schulen, an denen viele Lernende weder Zugang zu WLAN noch zu entsprechender Hardware erhalten (Eickelmann, Bos, und Labusch 2019, 14). Die sich offenbarenden Defizite bezüglich der Digitalisierung an deutschen Schulen werden umso grösser, wenn nichtgymnasiale Schulen der Sekundarstufe I betrachtet werden. Diese Schulen hinken der vergleichsweise besseren Ausstattung der Gymnasien teilweise erheblich hinterher (Lorenz und Endberg 2017, 57).

Inwiefern es den deutschen Schulen gelungen ist, die in der Corona-Pandemie aufgezeigten Lücken im Bereich der Digitalisierung zu schliessen, kann zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht anhand einer verlässlichen Datengrundlage beurteilt werden. Die Forderung nach erprobten und leistungsfähigen digitalen Unterrichtskonzepten wurde jedoch durch die herrschende pandemiebedingte Situation weiter verstärkt. Zudem führt die blossere Verfügbarkeit von Medien nicht zwangsläufig zu deren Nutzung. Entscheidend sind hierfür insbesondere eine positive Einstellung zur Bedeutung des Mediums für den Lernprozess (Lorenz, Endberg, und Eickelmann 2017, 114f.) und die persönliche (wahrgenommene) Kompetenz der Lehrpersonen (Endberg und Lorenz 2017, 169). Beides zeigt sich bei Lehrpersonen in Deutschland als vergleichsweise gering ausgeprägt (vgl. Drossel et al. 2019). Um dieser Situation entgegenzuwirken, ist eine regelmässige Teilnahme an digitalisierungsbezogenen Fortbildungen unerlässlich. Entsprechende Fortbildungen können sowohl durch innerschulische professionelle Lerngemeinschaften als auch durch externe Partner angeboten werden, müssen aber der Schnellebigkeit der Entwicklung von Soft- und Hardware angepasst sein und setzen eine stetige Implementations- und Innovationskultur im Unterricht voraus (Gräsel, Schledjewski, und Hartmann 2020, 215).

Aktuelle Angebote in den Naturwissenschaften erfüllen diese Anforderungen nicht (vgl. Diepolder et al. 2021). Empirische Befunde der Implementationsforschung sowie Best-Practice-Beispiele aus der Schulpraxis zeigen, dass innerschulische Kooperationen zwischen Lehrpersonen (z. B. Ropohl 2021, 61f.) sowie eine schulübergreifende stetige Vernetzung von Lehrpersonen (z. B. van Holt, Berkemeyer, und Bos 2015, 146ff.) eine grosse Wirkung auf den Erfolg einer Implementation haben. Schliesslich können eine nachhaltige Implementation und didaktisch sinnvolle Nutzung einer digitalen Ausstattung an Schulen nur gelingen, wenn technischer und pädagogisch-didaktischer Support vorhanden sind (Gräsel, Schledjewski, und Hartmann 2020, 215). Hier zeigen sich jedoch ebenfalls grosse Lücken innerhalb der deutschen Schullandschaft (vgl. Eickelmann et al. 2019; Drossel et al. 2019).

Anknüpfend an die skizzierte Ausgangslage stellt der vorliegende Beitrag die theoriebasierte Konzeption eines Implementationsansatzes für eine digitale Lernumgebung exemplarisch für das Fach Chemie an nordrhein-westfälischen Real- und Gesamtschulen vor. Eingebettet in eine Kooperation zwischen Wissenschaftler:innen der Universität und Chemielehrpersonen der Projektschulen wird im Rahmen des zugrunde liegenden Projekts «Lernerfolg mit der digitalen Lernleiter» ein

symbiotischer Implementationsansatz zu einer digitalen Lernumgebung umgesetzt. Das entwickelte Vorgehen wird in seiner theoretischen Anlage sowie in seiner praktischen Umsetzung beschrieben und vor dem Hintergrund der herrschenden Einschränkungen durch die Corona-Pandemie diskutiert.

2. Implementation von Innovationen in Schule und Unterricht

Unter *Innovationen im schulischen Kontext* werden im Allgemeinen planmässige und zielgerichtete Aktivitäten verstanden, die nach Altrichter und Wiesinger (2005, 31) sowie Goldenbaum (2012, 81) das Wissen, Handeln und die Einstellungen von Personen sowie materielle Aspekte und soziale Strukturen betreffen, verbunden mit dem Ziel einer Veränderung und bestenfalls Verbesserung des Schulsystems, der Einzelschule oder des Unterrichts. Innovationsvorhaben im schulischen System fokussieren in erster Linie auf die Entwicklung eines Innovationsprodukts und bestenfalls dessen Wirksamkeitsprüfung unter möglichst kontrollierten Bedingungen (Altrichter und Wiesinger 2005, 30). Meist endet dieser Prozess mit der Publikation der Ergebnisse und des Innovationsprodukts selbst. Werden die entstandenen Produkte eines Innovationsprozesses in das alltägliche Handeln der adressierten Personen übernommen, sprechen u. a. Berkemeyer und van Holt (2015, 71) von einer erfolgreichen Implementation. Da dieser Weg in die schulische Praxis oft steinig ist und damit als zeitaufwendig, ressourcenintensiv und fehleranfällig bezeichnet werden kann, kommen Innovationen häufig nicht im Unterrichtsalltag an oder zumindest nicht in der ursprünglich vorgesehenen Form (Altrichter und Wiesinger 2005, 31). Gräsel und Parchmann (2004) schlagen deshalb eine symbiotische Implementationsstrategie vor, bei der Vertreter:innen der Schulpraxis mit weiteren Akteur:innen, z. B. aus der Wissenschaft oder Administration, an der Entwicklung, Erprobung, Optimierung und Verbreitung arbeiten. Beispiele für diese Form einer Implementationsstrategie finden sich u. a. in den Projekten «Chemie im Kontext» (vgl. Demuth et al. 2008) oder «Schulen im Team» (vgl. Berkemeyer und Bos 2015).

In der Literatur werden typische Phasen von Implementationen im Schulkontext beschrieben. Sie umfassen eine Phase der Initialisierung, in der Ziele definiert und das weitere Vorgehen geplant werden, eine anschliessende Umsetzungsphase, in der eine Innovation entwickelt und erstmals in der Zielinstitution eingesetzt wird, und eine abschliessende Phase der Institutionalisierung oder Verankerung, in der die Innovation in eine routinemässige Anwendung in der Zielinstitution übergeht und eine Verbreitung beginnt (vgl. Hameyer 2005; Goldenbaum 2012). Reinmann und Vohle (2004) fügen zusätzlich im Anschluss an eine Umsetzungsphase die Phase der Evaluation hinzu und stärken damit den Aspekt der Überprüfung des Implementationserfolgs.

Verlauf und schliesslich Erfolg eines Implementationsvorhabens in der Schule sind von zahlreichen Faktoren – wie den Merkmalen der Innovation, der Lehrpersonen, dem organisatorischen und administrativen Rahmen der Schule sowie dem gewählten Implementationsansatz – abhängig (Altrichter und Wiesinger 2005, 32f.). Grundsätzlich zeigen Ergebnisse der Implementationsforschung, dass Innovationen dann erfolgreich in den Schulalltag implementiert werden, wenn sie eine hohe Passung an die Anforderungen der Zielgruppe aufweisen. Dies äussert sich unter anderem durch eine hohe wahrgenommene Qualität des Produkts und seiner Nützlichkeit (Berkemeyer und van Holt 2015, 92) sowie eine hinreichend einfache Umsetzbarkeit (Gogolin und Souvignier 2021, 767). Gräsel, Schledjewski und Hartmann (2020, 219f.) betonen, dass sich die Implementation digitalisierungsbezogener Innovationen von anderen Implementationsvorhaben unterscheidet. Die Integration digitaler Medien in den Unterricht bringt grundlegende Veränderungen der bisherigen Unterrichtsgestaltung und des Lehrpersonenhandelns mit sich und ist damit tiefgreifender als andere bisher umgesetzte Implementationsvorhaben. Digitalgestützte Innovationen setzen zusätzlich vergleichsweise hohe finanzielle Investitionen voraus. Ist die Technik erst einmal angeschafft, erfordert sie eine regelmässige Wartung und Aktualisierung. Damit ist ein geregelter technischer Support an den Schulen unerlässlich (Lorenz und Endberg 2017, 53f.).

Eine Schlüsselrolle für eine gelingende Implementation von Innovationen in die Unterrichtspraxis kommt Lehrpersonen zu. Studien konnten dazu eine Vielzahl einflussnehmender Merkmale der Lehrpersonen zeigen: Neben einer positiven Einstellung gegenüber der Innovation, sind die Selbstwirksamkeitserwartung, vorhandene subjektive Theorien sowie die Motivation der Lehrpersonen bei der Umsetzung der Innovation relevante Faktoren (z. B. Altrichter und Wiesinger 2005; Souvignier und Mokhlesgerami 2005). Zusätzlich müssen Lehrpersonen über die erforderlichen Kompetenzen verfügen, um eine Innovation angemessen im Unterricht umzusetzen (Fullan 2007, 87ff.). Dies gilt insbesondere für digitalisierungsbezogene Innovationen, die neben fachlichem und fachdidaktischem Vorwissen auch die entsprechenden technischen Kompetenzen erfordern. In einem praxisorientierten Beitrag von Ropohl (2021) wird deshalb auf die Bedeutung regelmässiger, eher kurzer Fortbildungen für Lehrpersonen verwiesen, damit ein zeitgemässer, routinierter Einsatz digitaler Technik im Unterricht erfolgreich umgesetzt werden kann. Entscheidende Faktoren für den Erfolg sind eine klare Zielorientierung auf Lernprozesse der Schüler:innen sowie strukturierte und angeleitete Aktivitäten, die Beispiele für konkrete Möglichkeiten der unterrichtlichen Umsetzung liefern und damit eine Kollaboration und Partizipation der Lehrpersonen fördern (vgl. Prenger et al. 2021). Letztlich spiegelt sich der Erfolg von Fortbildungen in der Zufriedenheit und Akzeptanz der Lehrpersonen, im erworbenen Wissen, einer daraus resultierenden Weiterentwicklung der unterrichtlichen Handlung sowie gewünschten Veränderungen auf der Ebene der Lernenden wider (Lipowsky und Rzejak 2021, 20).

Die Lehrpersonenfortbildung soll den Grundstein für die dauerhafte Implementation von Innovationen legen. Einen wichtigen Ansatzpunkt hierfür, von dem aus die Weiterentwicklung der unterrichtlichen Tiefenstruktur im Vordergrund steht, sieht Lipowsky (2020, 54) in der Zusammenarbeit von Lehrpersonen in Lerngemeinschaften. Neben innerschulischen Lerngemeinschaften verdeutlichen Ergebnisse der Forschung zu Lehrpersonennetzwerken das Potenzial schulübergreifender Zusammenarbeit. Ergebnisse des Projekts «Schulen im Team» zeigen, dass die Zugehörigkeit zu einem solchen Netzwerk von grösserer Bedeutung ist als das Umfeld der Einzelschule (Berkemeyer und van Holt 2015, 90). Externe Partner aus Wissenschaft oder Verwaltung können ebenfalls Teil des Netzwerks werden. Aderhold (2004) beschreibt den Prozess der Netzwerkarbeit in drei Phasen: Während der Konstituierungsphase erfolgen Ausrichtung und Planung der Netzwerkarbeit, indem Interessen und Ziele ausgehandelt und Beziehungen und Funktionen verschiedener Akteur:innen definiert werden. In der anschliessenden zweiten Phase findet die inhaltliche Erarbeitung statt. In der letzten Phase wird die Zusammenarbeit abgeschlossen und das Netzwerk weiterentwickelt oder neu ausgerichtet. Anschliessend kann im Rahmen einer erneuten Konstituierung an weiteren Aufgaben gearbeitet werden.

3. Ziele des Projekts «Lernerfolg mit der digitalen Lernleiter» (LDLL)

Die einleitend skizzierten Lücken und Defizite bezüglich der Digitalisierung des Unterrichts in Deutschland verdeutlichen den Bedarf an innovativen, digital gestützten Unterrichtskonzepten für die Schulpraxis. Insbesondere für den Chemieunterricht existieren solche Konzepte kaum. Dabei mangelt es nach wie vor an Ansätzen zu Implementation und Evaluation konkreter Unterrichtskonzepte in die schulische Praxis (Lindmeier 2018, 68). Aus diesem Grund ist es das übergeordnete Ziel des in diesem Beitrag beschriebenen Projekts LDLL, adaptives digitales Unterrichtsmaterial in den Chemieunterricht zu implementieren und dessen Effektivität zu evaluieren. Das dreijährige, von der RAG-Stiftung geförderte Projekt startete im Frühjahr 2020.

Unter Berücksichtigung der beschriebenen Erfolgsfaktoren für eine gelingende Implementation von Innovationen in die Unterrichtspraxis wurde zu Beginn des Projekts ein regionales Netzwerk aus Chemielehrpersonen im Ruhrgebiet sowie aus Chemiedidaktiker:innen der Universität initiiert. Der vorliegende Beitrag beschreibt insbesondere die theoriebasierte Konzeption des Implementationsprozesses und das sich daraus ergebende Vorgehen bei der Entwicklung der digitalen Lerneinheit, das anschliessend unter besonderer Berücksichtigung der aktuellen Einschränkungen durch die Corona-Pandemie diskutiert wird. Dabei erhält die Darstellung der vielschichtigen Rollen der unterschiedlichen Akteur:innen aus der Wissenschaft und Schulpraxis einen besonderen Fokus. Eine empirische Begleitung des

Implementationsansatzes selbst konnte durch eine fragebogenbasierte Zwischenevaluation vorgenommen werden. Die Ergebnisse zum Erfolg der Implementation werden in einer anschliessenden Publikation nach Projektabschluss vorgestellt.

4. Konzeption des gewählten Implementationsansatzes

Gemäss aktuellen Erkenntnissen der Implementationsforschung wurde ein symbiotischer Implementationsansatz gewählt, in welchem die teilnehmenden Lehrpersonen systematisch von Beginn des Projekts an der Entwicklung der zu implementierenden Innovation arbeiteten (vgl. Gräsel, Schledjewski, und Hartmann 2020). Dazu wird die Arbeit der Lehrpersonen innerhalb eines schulübergreifenden regionalen Netzwerks organisiert, das in regelmässigen Arbeitstreffen das gemeinsame Produkt entwickelt. In Anlehnung an das Phasenmodell zur Gliederung eines Netzwerks nach Aderhold (2004) sowie des Vier-Phasen-Modells zur Strukturierung von Implementationsprozessen nach Reinmann und Vohle (2004) wird die Netzwerkarbeit innerhalb des LDLL-Projekts in sechs Phasen untergliedert: (1) Initiierung, (2) Input, (3) Erarbeitung und Entwicklung, (4) Implementation, (5) Auswertung und Optimierung sowie (6) Institutionalisierung.

4.1 Phase 1: Initiierung

Die Phase der Initiierung ist wesentlich von der Rekrutierung der Projektschulen gekennzeichnet. Sie begann bereits bei der Vorbereitung des Projektantrags mit ersten Interessensabfragen bei bestehenden Kontakten zu umliegenden Realschulen. Unmittelbar nach Bewilligung des Projekts setzte im Frühjahr 2020 eine verbindliche Rekrutierung ein. Hierzu wurden vorab kontaktierte Schulen sowie weitere, potenziell infrage kommende Schulen aus dem Ruhrgebiet (insbesondere Gesamtschulen) telefonisch angefragt. Bei grundsätzlichem Interesse am Projekt erhielten die Schulen nähere Informationen in schriftlicher Form. Mithilfe eines beigefügten Rückmeldebogens konnten dann Lehrpersonen für das Auftakttreffen angemeldet werden. Bei der Auswahl der Schulen wurde auf eine regionale Nähe geachtet, um regelmässige Projekttreffen zu ermöglichen und Voraussetzungen für die Etablierung fester Kooperationsstrukturen zu schaffen. Das Projekt richtet sich bewusst an Real- und Gesamtschulen, da gerade diese Schulformen im Ruhrgebiet weit verbreitet sind und gleichzeitig einen deutlichen Nachholbedarf bei der Digitalisierung haben (vgl. Eickelmann et al. 2019). Weitere spezifische Anforderungen hinsichtlich der Schulausstattung oder sonstiger Rahmenbedingungen bestanden nicht.

Um eine Implementation der digitalen Lernumgebung in den Unterricht zu ermöglichen, wurden die Projektschulen mit jeweils einem Klassensatz iPads ausgestattet. Dieser verbleibt nach Projektabschluss im Besitz der Schule, sodass ein

Anreiz für die Projektteilnahme geschaffen wurde. Zusätzlich wird der IT-Support für die Projektlaufzeit sichergestellt. Im Gegenzug wird eine regelmässige Teilnahme der Chemielehrpersonen an allen Projektphasen erwartet, um eine beständige Materialentwicklung und -erprobung zu gewährleisten. Um die Einhaltung der Rahmenbedingungen durch alle Projektbeteiligten verbindlich sicherzustellen, wurden zwischen allen Projektbeteiligten schriftliche Kooperationsvereinbarungen getroffen. Insgesamt konnten für die Teilnahme am Projekt fünf Real- und fünf Gesamtschulen aus sieben Städten des Ruhrgebiets mit insgesamt 22 Chemielehrpersonen gewonnen werden.

4.2 Phase 2: Input

Die Inputphase wurde zu Beginn des Schuljahres 2020/2021 mit einem Auftakttreffen gestartet. Im Rahmen dieses Treffens wurden die inhaltlichen und organisatorischen Rahmenbedingungen vorgestellt.

Während des ersten Schulhalbjahres 2020/2021 fanden drei Inputveranstaltungen für die Lehrpersonen statt – zwei halbtägige Treffen zu den Themen «Entwicklung binnendifferenzierender Aufgaben» und «Entwicklung computergestützter Diagnostik» sowie eine ganztägige Veranstaltung zum Thema «Multimediales Lernen im Fach Chemie». Inhaltlich wurden die Veranstaltungen durch die wissenschaftliche Begleitung des Projekts gestaltet, verbunden mit der Zielsetzung, die Lehrpersonen auf die anschliessende Entwicklungsphase vorzubereiten. Aufgrund des zunehmenden Infektionsgeschehens während der Corona-Pandemie mussten die Inputveranstaltungen in den virtuellen Raum verlegt und über eine Videokonferenzsoftware durchgeführt werden.

Parallel zur Netzwerkarbeit wurden die vorhandene technische Infrastruktur der Schulen ermittelt und erste Kontakte zu den zuständigen sieben Medienzentren der Kommunen aufgenommen, um eine Integration der zur Verfügung gestellten iPads in das jeweilige Schulnetz zu ermöglichen.

4.3 Phase 3: Erarbeitung und Entwicklung

Die dritte Phase des Projekts bildet die Erarbeitung der digitalen Lernumgebung, die von der Adaptation und Neu- bzw. Weiterentwicklung des bereits bestehenden Lernleiter-Konzepts zum Thema «Atombau» im Chemieunterricht bestimmt wurde (vgl. van Vorst und Sumfleth 2020). Grundsätzlich handelt es sich beim Lernleiter-Konzept um eine Strukturierungsmethode, in welcher sowohl die Inhalts- als auch Prozessstruktur des Unterrichts für Lernende transparent abgebildet wird und binnendifferenzierende Bausteine enthalten sind (eine detaillierte Beschreibung des Konzepts findet sich in den Originalquellen Girg, Lichtinger und Müller, 2012 sowie

van Vorst und Sumfleth, 2020). Ziel des Gesamtprojekts ist die Überführung des bestehenden analogen Materials der Lernleiter «Atombau» in ein digitales Format. Dabei war es ein besonderes Anliegen, den Aspekt der Binnendifferenzierung über die gesamte Unterrichtseinheit zu stärken, indem die Möglichkeiten und Vorteile eines adaptiven Mediums genutzt werden (z. B. Vorlesefunktion für Texte, passgenaue adaptive Hilfestellungen zur Aufgabenbearbeitung, kurze Videosequenzen zur Erklärung).

Zur Vorbereitung dieser Phase bildeten die Projektlehrpersonen selbstständig drei Teilgruppen, bestehend jeweils aus etwa sieben Lehrpersonen, die sich bei ihrer Materialentwicklung einem Schwerpunktthema der Lernleiter widmeten. Durch dieses arbeitsteilige Vorgehen wurde eine positive Abhängigkeit und gleichzeitig für den vergleichsweise grossen Entwicklungsaufwand ein zeitlich angemessener Rahmen geschaffen. Koordiniert durch die wissenschaftliche Begleitung vereinbarten die gebildeten Teilgruppen regelmässige Arbeitstreffen, die über ein Halbjahr etwa alle vier bis sechs Wochen halbtägig nachmittags digital stattfanden. Während dieser Treffen erarbeiteten die Lehrpersonen digitale Unterrichtsmaterialien zu ihrem gewählten inhaltlichen Schwerpunkt. Bei jedem Treffen war mindestens eine Person aus der wissenschaftlichen Begleitung anwesend und stand für inhaltliche, technische oder organisatorische Rückfragen zur Verfügung, wirkte jedoch nicht aktiv an der inhaltlichen Arbeit mit.

Als Software wurde für die entwickelte Lernumgebung Microsoft PowerPoint genutzt. Diese Software ist den meisten Lehrpersonen in ihren Grundfunktionen bekannt und erlaubt durch ein umfangreiches Angebot an Animationen und Entwicklungstools sowie durch die Integration von Plug-Ins vielfältige Gestaltungsmöglichkeiten ohne Programmierkenntnisse. Diese vergleichsweise niederschwellige Software sollte die aktive Mitarbeit möglichst vieler Lehrpersonen ermöglichen.

Um ein vollständiges und kohärentes Implementationsprodukt zu erhalten, wurden die in den Teilgruppen erarbeiteten Abschnitte der digitalen Lernumgebung anschliessend zusammengeführt und aufeinander abgestimmt. Aus Zeitgründen wurde dieser Teil der Entwicklungsarbeit durch die universitäre Begleitung erledigt und in einem weiteren Netzwerktreffen vorgestellt. Die dabei aufgetretenen Diskussionspunkte und Überarbeitungsvorschläge der Lehrpersonen wurden anschliessend eingearbeitet.

Neben der Arbeit in den Teilgruppen des Netzwerks wurde der Austausch mit den kommunalen Medienzentren weiter vorangetrieben, um so die erforderliche technische Infrastruktur für die nachfolgende Implementationsphase aufzubauen. Gleichzeitig wurden die Vorbereitungen für die wissenschaftliche Evaluationsstudie während der Implementationsphase getroffen. Die Phase der Erarbeitung und Entwicklung wurde durch ein gemeinsames Treffen aller Netzwerk Beteiligten abgeschlossen, bei welchem die organisatorischen und inhaltlichen Rahmenbedingungen der Implementationsphase abgestimmt wurden.

Das Ende der Erarbeitungs- und Entwicklungsphase stellt eine wichtige Zäsur innerhalb der Netzwerkarbeit dar. Sie beendet vorerst die aktive, regelmässige schulübergreifende Zusammenarbeit der Lehrpersonen. Aus diesem Grund wurde eine Zwischenevaluation der Netzwerkarbeit bis zu diesem Zeitpunkt mithilfe einer anonymen Befragung in digitaler Form durchgeführt. Dazu wurden der wahrgenommene Projektpflicht, die erwartete Projektentlastung, die Praxistauglichkeit der entwickelten Lernumgebung, das Vertrauen in die Netzwerkkolleg:innen und die Qualität der Zusammenarbeit innerhalb des Netzwerks, ausserdem eine Bewertung der Netzwerkarbeit im virtuellen Raum sowie eine abschliessende Gesamtbewertung der bisherigen Netzwerkarbeit erfasst. Für diesen Zweck wurden Aussagen aus Skalen des Projekts «Schulen im Team» adaptiert und von den Lehrpersonen auf einer vierstufigen Likert-Skala bewertet (vgl. Berkemeyer et al. 2015). Es liegen Rückmeldungen von 15 Lehrpersonen vor. Die Mittelwerte sind in Abbildung 1 dargestellt.

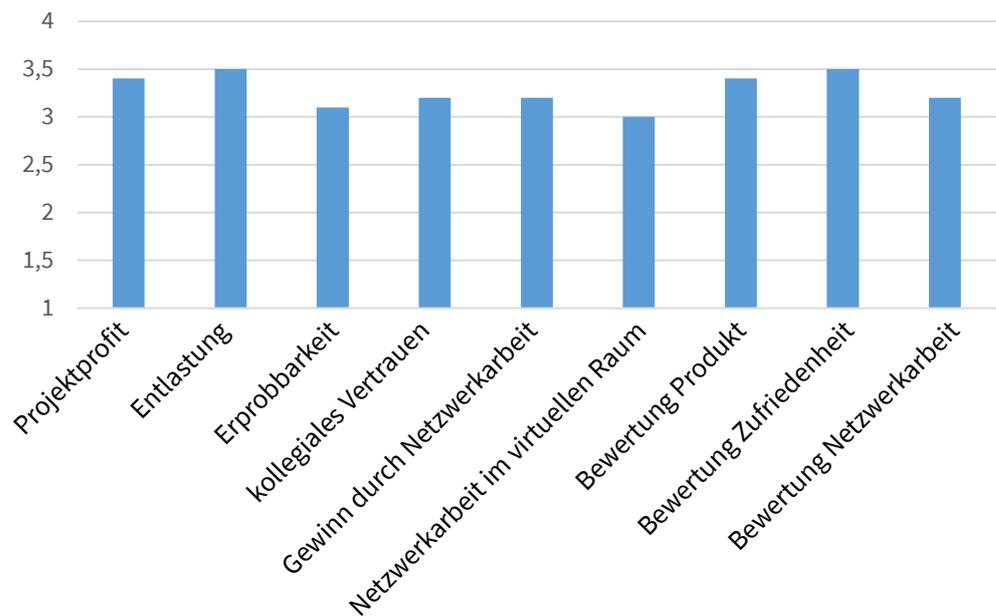


Abb. 1: Mittelwerte der Zwischenevaluation der Netzwerkarbeit (1 = trifft nicht zu; 4 = trifft voll zu).

Insgesamt zeigen die Ergebnisse ein positives Bild der bisherigen Projektarbeit. Alle Bewertungen liegen auf der zugrunde gelegten vierstufigen Antwortskala bei 3,0 und darüber. Auch die Netzwerkarbeit im virtuellen Raum wurde insgesamt positiv bewertet und als eher vorteilhaft und entlastend wahrgenommen.

4.4 Phase 4: Implementation

Während der Implementationsphase findet die Erprobung der entwickelten Lernumgebung an den Projektschulen durch die Projektlehrpersonen statt. Um die Effektivität des entwickelten Implementationsproduktes gemäss dem Modell von Lipowsky (2011) auf Ebene der Schüler:innen erfassen zu können, wird diese Projektphase mit einer empirischen quasi-experimentellen Studie im Kontrollgruppendesign begleitet. Diese Aufgabe obliegt im Wesentlichen der universitären Betreuung. Jede Projektschule nimmt mit mindestens zwei Parallelklassen teil – eine Klasse bildet die Interventionsgruppe und erarbeitet das Thema zur Einführung des Atomkonzepts nach Bohr mithilfe der entwickelten digitalen Lernumgebung, eine zweite Klasse stellt die Kontrollgruppe, die inhaltlich identisches Lernmaterial in Form von Arbeitsblättern erhält. Um für alle Klassen identische Bedingungen herzustellen, erhielt jede Schule einen Klassensatz iPads (32 Geräte) für die Interventionsgruppe und das vollständige analoge Arbeitsmaterial für die Kontrollgruppe. Der Unterrichtsverlauf während der Implementationsphase wird durch Implementationstagebücher begleitet, die von den Lehrpersonen im Anschluss an jede Unterrichtsstunde ausgefüllt werden. Insgesamt nehmen 22 Lehrpersonen mit 33 Klassen und etwa 700 Lernenden an der Studie teil. Das dabei umgesetzte Prä-, Post-, Follow up-Design ist in Abbildung 2 zusammengefasst.

Im Anschluss an die unterrichtliche Umsetzung der digitalen Lernumgebung ist ein Reflexionstreffen des Netzwerks vorgesehen, sodass ein Erfahrungsaustausch ermöglicht wird und Optimierungsbedarfe der digitalen Lernumgebung für die weitere Netzwerkarbeit gesammelt werden.

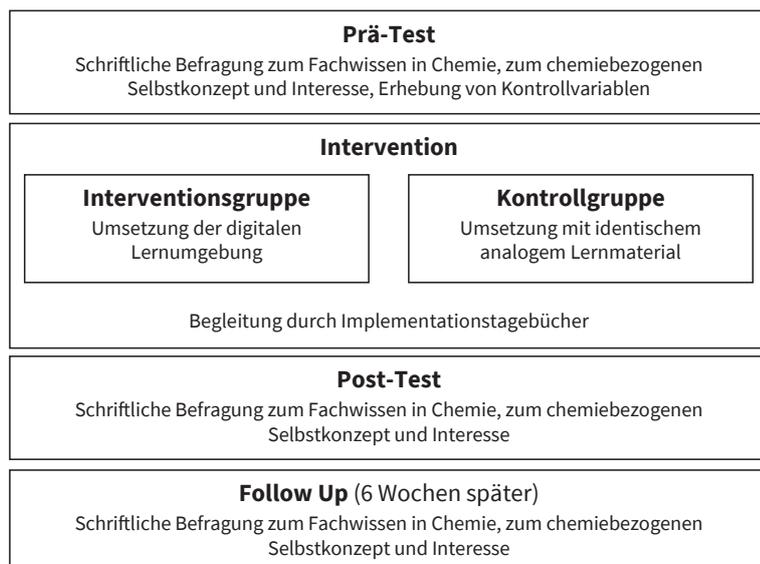


Abb. 2: Studiendesign der Begleitforschung.

4.5 Phase 5: Auswertung und Optimierung

Im Rahmen der Auswertungs- und Optimierungsphase erfolgt durch die wissenschaftliche Begleitung die Auswertung der erhobenen Daten der Begleitstudie. Die erhaltenen Ergebnisse werden sowohl an die Schulen in Form einer schriftlichen Zusammenfassung für die Schulleitungen als auch im Rahmen der nachfolgenden Netzwerktreffen an die Projektlehrpersonen kommuniziert. Insgesamt sind für diese Phase wieder regelmässige Netzwerktreffen etwa alle vier bis sechs Wochen vorgesehen. In Abhängigkeit von den dann geltenden pandemiebedingten Bestimmungen und den Wünschen der Lehrpersonen finden die Treffen in Präsenz oder online statt. Wünschenswert wären wechselseitige Besuche an den Projektschulen, um auch einen Einblick in unterschiedliche schulische Rahmenbedingungen zu erhalten und gleichzeitig eine stärkere Vernetzung innerhalb des Netzwerks zu fördern. Inhaltlich erfolgt eine arbeitsteilige Optimierung der entwickelten digitalen Lernumgebung in den ursprünglich gebildeten Gruppen auf der Grundlage der vorab gesammelten unterrichtspraktischen Erfahrungen der Lehrpersonen sowie der Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung. Darüber hinaus wird die abschliessende Institutionalisierungsphase vorbereitet, indem die Bedarfe und das Interesse der Lehrpersonen bezüglich einer weiteren Zusammenarbeit im Netzwerk ermittelt und mögliche organisatorische sowie inhaltliche Neuausrichtungen diskutiert werden.

4.6 Phase 6: Institutionalisierung

Die Institutionalisierung innerhalb des Projekts LDLL ist auf zwei Ebenen vorgesehen: Zum einen soll die entwickelte digitale Lernumgebung im regulären Chemieunterricht der Projektschulen verankert werden, zum anderen wird eine Institutionalisierung des gegründeten Lehrpersonennetzwerks angelegt. Die Voraussetzungen für die Verankerung der entwickelten Lernumgebung wurden im Projektverlauf systematisch aufgebaut. Dazu wurden die Schulen mit der notwendigen digitalen Technik zur Umsetzung der Lernumgebung im Unterricht ausgestattet. Zudem werden die Projektlehrpersonen durch die vorbereitende Input- sowie die Erarbeitungs- und Entwicklungsphase sowohl mit der technischen als auch inhaltlichen Bearbeitung der Lernumgebung vertraut gemacht, da ein entsprechender Support durch die universitäre Begleitung nach Projektende nicht mehr sichergestellt werden kann. Aus diesem Grund wurden die Lehrpersonen gemäss den Empfehlungen der Implementationsforschung bereits von Beginn an in den Entwicklungsprozess aktiv einbezogen (z. B. Putter-Smits et al. 2012, 716) und damit ihre Selbstwirksamkeit zur Erstellung digitaler Lernumgebungen gefördert (z. B. Goldenbaum 2012, 108).

Zur Institutionalisierung des Lehrpersonennetzwerks werden in Anlehnung an Manitijs, Junker und Berkemeyer (2015) organisatorische und inhaltliche Vorbereitungen getroffen. Dazu wird die Koordination des Netzwerks an eine Lehrperson

oder ein kleines Team aus Lehrpersonen des Netzwerks übertragen, da diese Aufgabe bisher von der universitären Begleitung übernommen worden war. Zudem werden Ort und Frequenz der nächsten Treffen festgelegt. Dieser Punkt ist in Teilen auch von der weiteren inhaltlichen Schwerpunktsetzung des Netzwerks abhängig. Diese soll grundsätzlich aus den Bedarfen der Lehrpersonen erwachsen. Die bisherige universitäre Begleitung des Netzwerks steht dann weiterhin als Ansprechpartner zur Verfügung und gibt auf Anfrage neuen inhaltlichen Input, zieht sich grundsätzlich aber aus der aktiven Netzwerkarbeit zurück.

5. Besondere Herausforderungen während des Implementationsprozesses

Die im vorherigen Kapitel beschriebene Konzeption des Implementationsansatzes für eine digitale Innovation in den regulären Unterricht stiess bis zum Zeitpunkt der Niederschrift dieses Beitrags auf einige Herausforderungen. Diese waren zum einen bedingt durch die Restriktionen im Rahmen der Corona-Pandemie, zum anderen kamen technische, rechtliche und schulorganisatorische Hindernisse hinzu, die die weitere Projektarbeit beeinflussten.

5.1 Herausforderungen aufgrund der Corona-Pandemie

Die Rekrutierung der Projektschulen fiel im Frühjahr 2020 in den Beginn der Corona-Pandemie und erfolgte damit während der Phase der Schulschliessungen. Dies erschwerte deutlich die Erreichbarkeit der zuständigen Personen an den Schulen. Gleichzeitig fand eine Verschiebung in der Priorisierung der schulischen Arbeit statt, sodass angefragte Schulen zunächst mit organisatorischen Herausforderungen des Homeschoolings beschäftigt waren und die Teilnahme an einem zusätzlichen Projekt als zu zeitintensiv wahrnahmen. Andererseits setzten das übergeordnete Projektthema «Digitalisierung» sowie die in Aussicht gestellten iPads in dieser besonderen Situation einen deutlichen Anreiz zur Projektteilnahme und weckten das Interesse zahlreicher Schulleitungen.

Erheblichen Einfluss hatten die Kontaktbeschränkungen aufgrund der Corona-Pandemie auf die Erarbeitungs- und Entwicklungsphase, da dieser Teil des Projekts ausschliesslich virtuell umgesetzt werden musste. Zwar empfand ein Grossteil der Lehrpersonen dies nicht als hinderlich oder sah darin sogar Vorteile, jedoch konnten über den inhaltlichen Austausch hinaus kaum persönliche Kontakte zwischen den Lehrpersonen entstehen. Inwiefern sich dies auf die Erarbeitung der digitalen Lernumgebung auswirkte, lässt sich nicht verlässlich rekonstruieren. Jedoch ist zu befürchten, dass diese fehlende persönliche Beziehung zwischen den Lehrpersonen einen negativen Einfluss auf den Fortbestand des Netzwerks im Anschluss an die Projektlaufzeit haben könnte und so die Haltekraft im Netzwerk verringert wird (vgl. Järvinen et al. 2015).

Zusätzlich führt die Quarantänepflicht für infizierte Lehrpersonen und Schüler:innen zu noch nicht absehbaren Ausfällen und Unterbrechungen während der Implementationsphase. Da die digitale Lernumgebung in einem moodle-Kursraum hinterlegt ist, steht das dazugehörige Material den Lernenden jederzeit sowohl zu Hause als auch in Vertretungsstunden zur Verfügung. Dies kann jedoch nicht für das analoge Material der Kontrollgruppe durchgehend gewährleistet werden.

5.2 Technische Herausforderungen

Technische Hindernisse im Projekt erwachsen vor allem aus der gewählten Software und der kommunalen Verantwortlichkeit für digitale Technik an Schulen.

Die Gründe für die Wahl der Software PowerPoint wurden oben bereits aufgeführt. Im Rahmen der Absprachen mit den kommunalen Medienzentren zeigte sich jedoch, dass einem Teil der Schulen diese Software nicht zur Verfügung gestellt wird, da zu diesem Zeitpunkt unklare datenschutzrechtliche Bestimmungen der aktuellen Cloud-Lösung von Microsoft zu entsprechenden Empfehlungen vonseiten des zuständigen Ministeriums führten. Aus diesem Grund musste auf eine alternative Software zurückgegriffen werden, die den erforderlichen Funktionsumfang bietet und gleichzeitig von den Schulen genutzt werden kann. Diskutiert wurden die Apple-Programme Keynote und Pages sowie Adobe Acrobat Reader und die freie Software H5P. Eine detaillierte Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile der verschiedenen Software-Lösungen würde an dieser Stelle zu weit führen. Die finale Entscheidung im Projekt fiel auf H5P, da diese Software z. B. die Integration von Audio- und Videodateien sowie zahlreicher interaktiver Elemente ermöglicht. Aufgrund des zeitlichen Projektfortschritts bestand jedoch nicht die Möglichkeit, einen Software-Wechsel in der Arbeit der Lehrpersonen umzusetzen, sodass die in PowerPoint entwickelte Lernumgebung durch die wissenschaftliche Begleitung in H5P überführt wurde. Als Konsequenz dieses Umstandes ist eine Einführung in die Arbeit mit H5P für die Lehrpersonen zu Beginn der Optimierungsphase erforderlich.

Auch für die Integration der iPads in die bestehenden Schulinfrastrukturen mussten Absprachen mit den kommunalen Medienzentren erfolgen. Dabei zeigte sich ein extrem heterogenes Bild bezüglich der Art der Verwaltung der IT-Infrastruktur in den beteiligten Kommunen, woraus sich die zweite technische Herausforderung ergab. Für jede Kommune musste eine individuelle Lösung für die Einbindung der digitalen Technik gefunden werden, was zu erheblichen Verzögerungen in der Auslieferung der iPads führte. Hinzu kamen in diesem Zusammenhang ungeklärte rechtliche Fragen, etwa zur Haftung und Überlassung der Geräte während der Projektlaufzeit.

5.3 Weitere Herausforderungen während des Projekts

Eine weitere Herausforderung war die Personalfuktuation an den Schulen, die dazu führte, dass einzelne Lehrpersonen im Verlauf der Erarbeitungs- und Implementationsphase aus dem Projekt ausschieden und neue Lehrpersonen hinzukamen, die dann in den aktuellen Projektstand eingearbeitet werden mussten. Ausserdem erwies sich die geringe Anzahl an Chemielehrpersonen an nordrhein-westfälischen Real- und Gesamtschulen als limitierender Faktor für die Projektteilnahme. Einige Schulen konnten trotz grundsätzlichen Interesses am Projekt nicht sicherstellen, dass der Chemieunterricht während der Implementation mit voller Stundenzahl abgedeckt wird. Eine andere Schule musste nach dem ersten Jahr aus dem Projekt ausscheiden, da die teilnehmenden Lehrpersonen die Schule verliessen und vorerst keine neuen Lehrpersonen rekrutiert werden konnten. Ein weiteres Hindernis bildet die Verteilung von verschiedenen Standorten einer Schule innerhalb des Stadtgebiets, sodass die bereitgestellte Ausstattung für die Implementation nicht von allen interessierten Kolleg:innen für ihre Unterrichtsgestaltung genutzt werden kann.

6. Reflexion der Erfahrungen während der Projektarbeit und Implikationen

6.1 Resümee der Netzwerkarbeit

Mit Blick auf den Verlauf des Initiierungs- sowie Erarbeitungs- und Entwicklungsprozesses lässt sich eine positive Bilanz ziehen. Dabei ist insbesondere das Engagement der Lehrpersonen in der bisherigen Netzwerkarbeit zu betonen. Eine überwiegende Mehrheit der Lehrpersonen nimmt kontinuierlich aktiv an der Arbeit im Netzwerk teil. Von den 22 Lehrpersonen zum Projektstart beteiligen sich nach wie vor 18 Personen an den Netzwerktreffen, sodass eine hohe Haltekraft zu verzeichnen ist. Zudem lässt sich eine grosse Unterstützung durch die Schulleitungen feststellen, die alle erforderlichen Rahmenbedingungen für die Implementation sowie die wissenschaftliche Begleitforschung fristgerecht umgesetzt haben. Insgesamt konnte während der ersten Hälfte der Projektlaufzeit eine vertrauensvolle Beziehung zwischen den Schulen und der universitären Begleitung entstehen. Inwiefern dies auch für die Beziehung zwischen den Schulen gilt, kann – wie zuvor bereits diskutiert – zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht hinreichend beurteilt werden. Das insgesamt positive Resümee der bisherigen Netzwerkarbeit wird durch die Rückmeldungen der Lehrpersonen im Rahmen der Zwischenevaluation unterstützt. Bei Betrachtung der von Lipowsky (2014, 515) definierten Erfolgsebenen von Lehrpersonenfortbildungen lassen die Daten einen Erfolg auf Ebene der Akzeptanz und Zufriedenheit sowie auf der Ebene der Motivation und des Wissens erkennen. Ausgehend von den eingesetzten Items in der Befragung kann die aktive Partizipation der Lehrpersonen

mit Beginn des Implementationsprozesses als Erfolgsfaktor bestätigt werden (vgl. Fußangel, Schellenbach-Zell, und Gräsel 2008; Putter-Smits et al. 2012). Eine transparente Strukturierung des Arbeitsprozesses – verbunden mit einer klaren Zielorientierung, die einen Fokus auf ein zentrales und aktuelles unterrichtspraktisches Thema legt, – bewirkt einen konstruktiven Austausch zwischen den Lehrpersonen während der Arbeitsphasen und trägt zur Produktivität der einzelnen Treffen bei (vgl. Prenger, Poortman, und Handelzalts 2021; Lipowsky und Rzejak 2021). Zusätzlich ist auch ein Einfluss durch extern gesetzte Anreize denkbar. Hier sind insbesondere die iPad-Klassensätze zu nennen, die den Schulen im Anschluss an das Projekt dauerhaft überlassen werden. Inwiefern sich dieser Punkt positiv auf die Teilnahme der Lehrpersonen auswirkt, ist zu untersuchen. Schellenbach-Zell et al. (2008) konnten bei einer Untersuchung des Einflusses von Ausgleichsstunden für die Teilnahme am Implementationsprojekt «Chemie im Kontext» keinen Effekt feststellen. Insofern ist fraglich, ob die den Schulen überlassenen iPads positiv auf die Teilnahme der Lehrpersonen im Projekt LDLL wirken. Die persönlichen Gespräche während der Initialisierungsphase lassen jedoch vermuten, dass die überlassenen iPad-Klassesätze die Bereitschaft der Schulleitungen zur Projektteilnahme positiv beeinflussten. Zusätzlich zu den iPads wurde zum Beginn der Netzwerkarbeit die Verbindlichkeit der Teilnahme am Projekt durch die Kooperationsvereinbarungen hergestellt. Auch hier ist ein Einfluss auf die Haltekraft der Lehrpersonen im Netzwerk denkbar, aber zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht empirisch nachweisbar. Unter Berücksichtigung aktueller Forschungsbefunde ist davon auszugehen, dass das Interesse und die Bereitschaft der aktiven Arbeit im Netzwerk zum Projektende und über das Projekt hinaus abhängig vom wahrgenommenen Erfolg auf Ebene der Lernenden (z. B. Lipowsky und Rzejak 2021) sowie von der Umsetzbarkeit der entwickelten Lernumgebung in der Unterrichtspraxis bestimmt wird (z. B. Goldenbaum 2012).

6.2 Resümee der strukturellen Projektorganisation

Bei einer Reflexion der Erarbeitungs- und Entwicklungsphase lässt sich feststellen, dass hierfür ein deutlich grösserer Zeitbedarf bestand. Insgesamt fielen die Ergebnisse der drei arbeitsteilig vorgehenden Teilgruppen sehr unterschiedlich aus: Während eine Gruppe sehr kleinschrittig sowohl an den Inhalten als auch an der technischen Umsetzung arbeitete und es dadurch nicht schaffte, alle inhaltlichen Punkte ihres Arbeitspakets abzuarbeiten, entwarf eine andere Gruppe zunächst einen groben Plan für die vollständige inhaltliche Überarbeitung und technische Umsetzung, sodass dieser Gruppe schliesslich die Zeit für die praktische Umsetzung ihrer umfangreichen Ideen fehlte. Um eine inhaltliche Kohärenz zwischen den Produkten der Teilgruppen herzustellen, fehlte die Möglichkeit des direkten Austauschs während des Entwicklungsprozesses, da die Teilgruppen in separaten virtuellen Räumen

arbeiteten. In allen Fällen war deshalb die Fertigstellung einer ersten vollständigen Version der digitalen Lernumgebung von der intensiven Überarbeitung des Materials durch die universitäre Begleitung abhängig. Die Dauer dieser Projektphase wurde auf der Grundlage von Erfahrungen aus vorherigen, ähnlich angelegten Netzwerkprojekten kalkuliert, in denen ein innovatives Unterrichtsvorhaben in einem Umfang von etwa zwölf Unterrichtsstunden entwickelt wurde. Unterschätzt wurde dabei jedoch der enorme Zeitbedarf, der durch die fehlende Routine der Lehrpersonen bei der technischen Umsetzung ihrer kreativen Ideen für die digitale Lernumgebung entstand. Zusätzlich erfolgte die Arbeit an der Lernumgebung ausschliesslich während der Netzwerktreffen, eine eigenständige Erarbeitung der Lernumgebung ausserhalb der Projektarbeitszeit wurde vonseiten der universitären Begleitung nicht erwartet, um keine zusätzliche Belastung für die Lehrpersonen zu erzeugen. Für künftige Implementationsvorhaben in einem vergleichbaren Format ist deshalb zu empfehlen, die Arbeitspakete deutlich zu reduzieren oder aber die vorgesehene Zeit für die Entwicklung digitaler Lernumgebungen zu erhöhen, was aufgrund regulärer Projektlaufzeiten häufig nur schwer umsetzbar ist.

7. Limitationen

Der vorliegende Beitrag verfolgt das Ziel, einen grundsätzlichen und theoriebasierten Ansatz zur Konzeption des Implementationsvorhabens einer digitalen Lernumgebung in den regulären Fachunterricht an Schulen vorzustellen sowie ein erstes Zwischenfazit über identifizierte Herausforderungen während der Initiierungs- und Entwicklungsphase aufzuzeigen. Eine Evaluation des Projekterfolgs auf Ebene der Lernenden ist erst nach erfolgreicher Datenauswertung der wissenschaftlichen Begleitstudie möglich. Die Umsetzung des Ansatzes mit nur einem Netzwerk führt zudem zu einer nur geringen Anzahl an Lehrpersonen, sodass die in diesem Beitrag beschriebenen Erfahrungen einem Fallbeispiel entsprechen und durch eine deutliche Ausweitung der Stichprobe sowie Systematisierung in der Evaluation der Netzwerkarbeit empirisch zu bestätigen sind. Inwiefern die besonderen Rahmenbedingungen, hervorgerufen durch die Corona-Pandemie, Einfluss auf die Gründung des Netzwerks und dessen inhaltliche Arbeit haben, bleibt ebenfalls unklar. Denkbar ist einerseits ein Anreizeffekt aufgrund der Aktualität des Themas «Digitalisierung» und die dadurch stark gestiegene Relevanz bezüglich der Entwicklung digitaler Kompetenzen bei Lehrpersonen. Andererseits bringt die aktuelle Situation zahlreiche neue Aufgaben für Schule und Lehrpersonen, sodass die Kapazitäten, die für die Arbeit in zusätzlichen Projekten zur Verfügung stehen, deutlich reduziert sind. Die Initiierung, Organisation und Strukturierung der Netzwerkarbeit im Rahmen des Projekts erfolgt massgeblich durch die universitäre Begleitung. Es ist fraglich, inwiefern eine solche Struktur mit entsprechend häufigen Arbeitstreffen im regulären Berufsalltag

der Lehrpersonen dauerhaft umsetzbar ist. Hier fehlt es trotz aller Empfehlungen vonseiten der Forschung zu Lehrpersonenfortbildungen an institutionellen Strukturen, um einen regelmässigen Austausch von Lehrpersonen und eine gemeinsame Arbeit an Innovationsvorhaben in die tägliche Arbeit zu integrieren. Nach wie vor ist der Erfolg solcher Initiativen vom Engagement einzelner Lehrpersonen abhängig, die bereitwillig einen Teil ihrer Freizeit in solche Vorhaben investieren.

Literatur

- Aderhold, Jens. 2004. *Form und Funktion sozialer Netzwerke in Wirtschaft und Gesellschaft: Beziehungsgeflechte als Vermittler zwischen Erreichbarkeit und Zugänglichkeit*. Wiesbaden: VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-322-83386-0>.
- Altrichter, Herbert, und Sophie Wiesinger. 2005. «Implementation von Schulinnovationen – aktuelle Hoffnungen und Forschungswissen». *Journal für Schulentwicklung* (4): 28–36.
- Berkemeyer, Nils, und Wilfried Bos. 2015. «Das Projekt Schulen im Team – Theoretische Annahmen, Konzeption und wissenschaftliche Begleitforschung». In *Netzwerkbasierter Unterrichtsentwicklung. Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitforschung zum Projekt «Schulen im Team»*, herausgegeben von Nils Berkemeyer, Wilfried Bos, Hanna Järvinen, Veronika Manitus und Nils van Holt, 7–36. Münster: Waxmann.
- Berkemeyer, Nils, Wilfried Bos, Hanna Järvinen, Veronika Manitus, und Nils van Holt, Hrsg. 2015. *Netzwerkbasierter Unterrichtsentwicklung: Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitforschung zum Projekt «Schulen im Team»*. Netzwerke im Bildungsbereich Band 7. Münster: Waxmann.
- Berkemeyer, Nils, und Nils van Holt. 2015. «Zwischen Netzwerk und Einzelschule – Transfer- und Implementationsprozesse im Projekt Schulen im Team». In *Netzwerkbasierter Unterrichtsentwicklung. Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitforschung zum Projekt «Schulen im Team»*, herausgegeben von Nils Berkemeyer, Wilfried Bos, Hanna Järvinen, Veronika Manitus und Nils van Holt, 69–118. Münster: Waxmann.
- Demuth, Reinhard, Cornelia Gräsel, Ilka Parchmann, und Bernd Ralle, Hrsg. 2008. *Chemie im Kontext: Von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzepts*. Münster: Waxmann.
- Diepolder, Charlotte, Holger Weitzel, Johannes Huwer, und Sarah Lukas. 2021. «Verfügbarkeit und Zielsetzungen digitalisierungsbezogener Lehrkräftefortbildungen für naturwissenschaftliche Lehrkräfte in Deutschland». *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 27 (1): 203–14. <https://doi.org/10.1007/s40573-021-00134-1>.

- Drossel, Kerstin, Birgit Eickelmann, Heike Schaumburg und Amelie Labusch. 2019. «Nutzung digitaler Medien und Prädiktoren aus der Perspektive der Lehrerinnen und Lehrer im internationalen Vergleich». In *ICILS 2018 #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking*, herausgegeben von Birgit Eickelmann, Wilfried Bos, Julia Gerick, Frank Goldhammer, Heike Schaumburg, Knut Schwippert, Martin Senkbeil und Jan Vahrenhold, 205–40. Münster, New York: Waxmann. <https://doi.org/10.25656/01:18166>.
- Eickelmann, Birgit, Wilfried Bos, Julia Gerick, Frank Goldhammer, Heike Schaumburg, Knut Schwippert, Martin Senkbeil, und Jan Vahrenhold, Hrsg. 2019. *ICILS 2018 #Deutschland: Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking*. Münster, New York: Waxmann. <https://doi.org/10.25656/01:18166>.
- Eickelmann, Birgit, Wilfried Bos, und Amelie Labusch. 2019. «Die Studie ICILS 2018 im Überblick – Zentrale Ergebnisse und mögliche Entwicklungsperspektiven». In *ICILS 2018 #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking*, herausgegeben von Birgit Eickelmann, Wilfried Bos, Julia Gerick, Frank Goldhammer, Heike Schaumburg, Knut Schwippert, Martin Senkbeil und Jan Vahrenhold, 7–31. Münster, New York: Waxmann. <https://doi.org/10.25656/01:18166>.
- Eickelmann, Birgit, Julia Gerick, Amelie Labusch, und Mario Vennemann. 2019. «Schulische Voraussetzungen als Lern- und Lehrbedingungen in den ICILS-2018-Teilnehmerländern». In *ICILS 2018 #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking*, herausgegeben von Birgit Eickelmann, Wilfried Bos, Julia Gerick, Frank Goldhammer, Heike Schaumburg, Knut Schwippert, Martin Senkbeil und Jan Vahrenhold, 137–71. Münster, New York: Waxmann. <https://doi.org/10.25656/01:18166>.
- Endberg, Manuela, und Ramona Lorenz. 2017. «Selbsteinschätzung medienbezogener Kompetenzen von Lehrpersonen der Sekundarstufe I im Bundesländervergleich und im Trend von 2015 bis 2017». In *Schule digital – der Länderindikator 2017. Schulische Medienbildung in der Sekundarstufe I mit besonderem Fokus auf MINT-Fächer im Bundesländervergleich und Trends von 2015 bis 2017*, herausgegeben von Ramona Lorenz, Wilfried Bos, Manuela Endberg, Birgit Eickelmann, Silke Grafe und Jan Vahrenhold, 151–77. Münster: Waxmann.
- Fullan, Michael. 2007. *The New Meaning of Educational Change*. 4. Auflage. New York: Teachers College Press.
- Fußangel, Kathrin, Judith Schellenbach-Zell, und Cornelia Gräsel. 2008. «Die Verbreitung von Chemie im Kontext: Entwicklung der symbiotischen Implementationsstrategie». In *Chemie im Kontext. Von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzepts*, herausgegeben von Reinhard Demuth, Cornelia Gräsel, Ilka Parchmann und Bernd Ralle, 49–81. Münster: Waxmann.
- Girg, Ralf, Ulrike Lichtinger, und Thomas Müller. 2012. *Lernen mit Lernleitern. Unterrichten mit der MultiGradeMultiLevel-Methodology (MGML)*. Immenhausen, Hess: Prolog.

- Gogolin, Ingrid, und Elmar Souvignier. 2021. «Interventions-, Transfer- und Implementationsforschung im Kontext von Mehrsprachigkeit und sprachlicher Bildung». *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 24 (4): 767–73. <https://doi.org/10.1007/s11618-021-01045-0>.
- Goldenbaum, Andrea. 2012. *Innovationsmanagement in Schulen*. Wiesbaden: Springer VS.
- Gräsel, Cornelia, und Ilka Parchmann. 2004. «Implementationsforschung – oder der steinige Weg, Unterricht zu verändern». *Unterrichtswissenschaft* 32 (3): 196–214. <https://doi.org/10.25656/01:5813>.
- Gräsel, Cornelia, Janine Schledjewski, und Ulrike Hartmann. 2020. «Implementation digitaler Medien als Schulentwicklungsaufgabe». *Zeitschrift für Pädagogik* 66 (2): 208–24. <https://doi.org/10.25656/01:23629>.
- Hameyer, Uwe. 2005. «Wissen über Innovationsprozesse: Forschungsergebnisse und praktischer Nutzen». *Journal für Schulentwicklung* 9 (4): 7–19.
- Härtig, Hendrik, Anje Ostermann, Mathias Ropohl, Julia Schwanewedel, Lorenz Kampschulte, und Anke Lindmeier. 2021. «Gibt es einen fachspezifischen Medieneinsatz im naturwissenschaftlichen Fachunterricht? Ergebnisse einer Fragebogenerhebung». *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 27 (1): 139–54. <https://doi.org/10.1007/s40573-021-00130-5>.
- Järvinen, Hanna, Veronika Manitius, Kathrin Müthing, und Nils Berkemeyer. 2015. «Arbeiten in interschulischen Netzwerken». In *Netzwerkbasierende Unterrichtsentwicklung. Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitforschung zum Projekt «Schulen im Team»*, herausgegeben von Nils Berkemeyer, Wilfried Bos, Hanna Järvinen, Veronika Manitius und Nils van Holt, 37–67. Münster: Waxmann.
- Lindmeier, Anke. 2018. «Innovation durch digitale Medien im Fachunterricht? Ein Forschungsüberblick aus fachdidaktischer Perspektive». In *Medieneinsatz im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Fachübergreifende Perspektiven auf zentrale Fragestellungen*, herausgegeben von Mathias Ropohl, Anke Lindmeier, Hendrik Härtig, Lorenz Kampschulte, Andreas Mühling und Julia Schwanewedel, 55–97. Hamburg: Joachim Herz Stiftung.
- Lipowsky, Frank. 2014. «Theoretische Perspektiven und empirischen Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfort- und Weiterbildung». In *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf*, herausgegeben von Ewald Terhart, Hedda Bennewitz und Martin Rothland. 2. Auflage, 511–42. Münster: Waxmann.
- Lipowsky, Frank, und Daniela Rzejak. 2021. «Fortbildungen für Lehrpersonen wirksam gestalten: Ein praxisorientierter und forschungsgestützter Leitfaden». https://www.berthelmann-stiftung.de/fileadmin/files/user_upload/Fortbildungen_fuer_Lehrpersonen_wirksam_gestalten.pdf.
- Lorenz, Ramona, Wilfried Bos, Manuela Endberg, Birgit Eickelmann, Silke Grafe, und Jan Vahrenhold, Hrsg. 2017. *Schule digital – der Länderindikator 2017: Schulische Medienbildung in der Sekundarstufe I mit besonderem Fokus auf MINT-Fächer im Bundesländervergleich und Trends von 2015 bis 2017*. Münster: Waxmann.

- Lorenz, Ramona, und Manuela Endberg. 2017. «IT-Ausstattung der Schulen der Sekundarstufe I im Bundesländervergleich und im Trend von 2015 bis 2017». In *Schule digital – der Länderindikator 2017. Schulische Medienbildung in der Sekundarstufe I mit besonderem Fokus auf MINT-Fächer im Bundesländervergleich und Trends von 2015 bis 2017*, herausgegeben von Ramona Lorenz, Wilfried Bos, Manuela Endberg, Birgit Eickelmann, Silke Grafe und Jan Vahrenhold, 49–83. Münster: Waxmann. <https://doi.org/10.25656/01:15656>.
- Lorenz, Ramona, Manuela Endberg, und Birgit Eickelmann. 2017. «Unterrichtliche Nutzung digitaler Medien durch Lehrpersonen in der Sekundarstufe I im Bundesländervergleich und im Trend von 2015 bis 2017». In *Schule digital – der Länderindikator 2017. Schulische Medienbildung in der Sekundarstufe I mit besonderem Fokus auf MINT-Fächer im Bundesländervergleich und Trends von 2015 bis 2017*, herausgegeben von Ramona Lorenz, Wilfried Bos, Manuela Endberg, Birgit Eickelmann, Silke Grafe und Jan Vahrenhold, 84–121. Münster: Waxmann. <https://doi.org/10.25656/01:15656>.
- Manitius, Veronika, Robin Junker, und Nils Berkemeyer. 2015. «Entwicklungsverläufe und Nachhaltigkeit schulischer Netzwerke». In *Netzwerkbasierter Unterrichtsentwicklung. Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitforschung zum Projekt «Schulen im Team»*, herausgegeben von Nils Berkemeyer, Wilfried Bos, Hanna Järvinen, Veronika Manitius und Nils van Holt, 153–87. Münster: Waxmann.
- Petko, Dominik. 2020. *Einführung in die Mediendidaktik: Lehren und Lernen mit digitalen Medien*. 2., vollständig überarbeitete Aufl. Weinheim: Beltz.
- Prenger, Rilana, Cindy L. Poortman, und Adam Handelzalts. 2021. «Professional learning networks: From teacher learning to school improvement?». *Journal of Educational Change* 22 (1): 13–52. <https://doi.org/10.1007/s10833-020-09383-2>.
- Putter-Smits, Lesley G. A. de, Ruurd Taconis, Wim Jochems, und Jan van Driel. 2012. «An analysis of teaching competence in science teachers involved in the design of context-based curriculum materials». *International Journal of Science Education* 34 (5): 701–21. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.656291>.
- Reinmann, Gabi, und Frank Vohle. 2004. «Implementation als Designprozess». In *Psychologie des Wissensmanagements: Perspektiven, Theorien und Methoden*, herausgegeben von Gabi Reinmann und Heinz Mandl, 234–74. Göttingen: Hogrefe.
- Ropohl, Mathias. 2021. «Traut euch! Vom Mehrwert digitaler Technik und Minifortbildungen». In *Menschen machen Schule: Mutig eigene Wege gehen*, herausgegeben von Michael Schratz, Inge Michels, Angelika Wolters, Helga Boldt, Karin Brügelmann, Monika Buhl, Ralf Dietl et al., 58–77. Hannover: Klett | Kallmeyer.
- Ropohl, Mathias, Kirsten Diehl, Markus Gebhardt, Marja van den Heuvel-Panhuizen, Andreas Mühling, und Sascha Schanze. 2018. «Lernprozesse und Lernprodukte mit digitalen Medien diagnostizieren?». In *Medieneinsatz im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Fachübergreifende Perspektiven auf zentrale Fragestellungen*, herausgegeben von Mathias Ropohl, Anke Lindmeier, Hendrik Härtig, Lorenz Kampschulte, Andreas Mühling und Julia Schwanewedel, 98–137. Hamburg: Joachim Herz Stiftung.

- Ropohl, Mathias, Anke Lindmeier, Hendrik Härtig, Lorenz Kampschulte, Andreas Mühling, und Julia Schwanewedel, Hrsg. 2018. *Medieneinsatz im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht: Fachübergreifende Perspektiven auf zentrale Fragestellungen*. Hamburg: Joachim Herz Stiftung.
- Schellenbach-Zell, Judith, Matthias Rürup, Kathrin Fußangel, und Cornelia Gräsel. 2008. «Bedingungen erfolgreichen Transfers am Beispiel von Chemie im Kontext». In *Chemie im Kontext. Von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzepts*, herausgegeben von Reinhard Demuth, Cornelia Gräsel, Ilka Parchmann und Bernd Ralle, 83–123. Münster: Waxmann.
- Souvignier, Elmar, und Judith Mokhlesgerami. 2005. «Implementation eines Programms zur Vermittlung von Lesestrategien im Deutschunterricht: Die Rolle der Lehrenden». *Zeitschrift für pädagogische Psychologie* 19 (4): 249–61. <https://doi.org/10.1024/1010-0652.19.4.249>.
- van Holt, Nils, Nils Berkemeyer, und Wilfried Bos. 2015. «Netzwerkarbeit und Schülerleistungen». In *Netzwerkbasierende Unterrichtsentwicklung. Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitforschung zum Projekt «Schulen im Team»*, herausgegeben von Nils Berkemeyer, Wilfried Bos, Hanna Järvinen, Veronika Manitius und Nils van Holt, 119–51. Münster: Waxmann.
- van Vorst, Helena und Elke Sumfleth, Hrsg. 2020. *Von Sprosse zu Sprosse: Innovative Erarbeitung des Bohrschen Atomkonzepts mit der Lernleiter*. Münster, New York: Waxmann.

Danksagung

Ein besonderer Dank richtet sich an die Lehrpersonen des Netzwerks sowie ihre Schulleitungen, die durch ihr Engagement erst die Umsetzung des Vorhabens in der Praxis ermöglicht haben. Ausserdem richtet sich unser besonderer Dank an die RAG-Stiftung, die das Projekt finanziell und ideell unterstützt.