

## DER DOKUMENTIER-FÜHRERSCHEIN - A RESEARCH PLAN USING A DESIGN-BASED RESEARCH APPROACH FOR THE DEVELOPMENT OF A SET OF TASKS FOR THE INTRODUCTION OF DOCUMENTATION IN CHEMISTRY TEACHING – A THEORY-BASED REPORT OF PRACTICE

## DER DOKUMENTIER-FÜHRERSCHEIN - EIN FORSCHUNGSPLAN ZUR ENTWICKLUNG VON AUFGABENSETS ZUR EINFÜHRUNG DES DOKUMENTIERENS IM CHEMIE-UNTERRICHT IM DESIGN-BASED RESEARCH ANSATZ – THEORIEGESTÜTZTER PRAXISBERICHT

---

Martina Cavelti<sup>a,b,\*</sup>, Wolfgang Bühler<sup>a</sup>, Thomas Berset<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Pädagogische Hochschule Zürich (PHZH), Fachbereich Natur und Technik, Lagerstrasse. 2, 8090 Zürich

<sup>b</sup> Pädagogische Hochschule St. Gallen (PHSG), Notkerstrasse 27, 9000 St. Gallen

<sup>c</sup> Fachhochschule Nordwestschweiz Pädagogische Hochschule, Zentrum für Naturwissenschafts- und Technikdidaktik, Steinentorstrasse 30, 4051 Basel

\* Korrespondenzadresse Martina Cavelti, Pädagogische Hochschule Zürich (PHZH), Fachbereich Natur und Technik, Lagerstrasse 2, 8090 Zürich, [martina.cavelti@phzh.ch](mailto:martina.cavelti@phzh.ch)

### ABSTRACT

**Research background:** The new science curriculum 21 (LP21), as well as HarmoS and SWiSE, demand teaching documentation competences from primary and secondary I school teachers in Switzerland; however, available teaching materials rarely help teacher to fulfil these competencies. In contrast to the state of available teaching materials, an analysis of the literature shows the great potential of documentation for effective science learning.

**Purpose:** The goal of our Design-Based Research is to develop a set of tasks that help teacher to build up the documentation competencies of their students. Additionally, this set of tasks can be used as a measurement and research instrument to study students' documentation competencies.

**Methods:** We performed a literature research to record the current state of research regarding the efficacy of documentation associated with science learning. Subsequently, we developed a set of tasks according to Wilhelm, Luthiger and Wespi (2014) using a Design-Based Research approach. This set of tasks will be optimized in the future design process.

**Results:** We developed a set of tasks that promotes graphic, written and oral documentation of different chemical experiments conducted by students in the context of the science inquiry cycle. The set is currently being tested with a group of 66 students at secondary school level one.

**Discussion:** Scientific documentation includes aspects of practical scientific work as well as aspects regarding the reflection of scientific results. While working through the competence-oriented set of tasks 'Dokumentier-Führerschein', the students also gain competences in documentation of different phases in the research cycle. The intended prototype will be composed of the following elements: teaching materials (tested), learning objectives, teacher's commentary, student assessments (formative and summative), questionnaire to evaluate student's motivation for science education and an evaluation tool to measure competencies in performing inquiry based science experiments. Along with the alpha version of the set of tasks, we will develop specific research questions that will be explored in during the development of the beta version of the 'Dokumentier-Führerschein'.

The sophisticated development of the set of tasks and the accompanying materials will also help to develop teachers' own documentation competences. These may be helpful to develop and improve teaching modules at university colleges of science education.

**ABSTRACT**

**Hintergrund:** Der neue Lehrplan 21 (LP21) wie auch HarmoS und SWiSE fordern von den Lehrpersonen unter anderem Dokumentierkompetenzen zu vermitteln. Lehrmittel enthalten jedoch oft nur punktuell Hilfestellungen für Lehrpersonen, um diese Forderung umzusetzen. Eine Literaturübersicht zeigt die Wirksamkeit des Dokumentierens für den naturwissenschaftlichen Unterricht auf der Sekundarstufe I.

**Zweck:** Das sich in Entwicklung befindende Aufgabenset ‚Dokumentier-Führerschein‘ ist als Hilfsmittel für Lehrpersonen gedacht, um Dokumentierkompetenzen der Schülerinnen und Schüler integral mit Chemiekompetenzen aufzubauen. Desweiteren können damit Dokumentierkompetenzen der Lernenden erfasst und erforscht werden.

**Methoden:** Der derzeitige Stand der Forschung zur Wirksamkeit des Dokumentierens im naturwissenschaftlichen Unterricht wird in der Literatur recherchiert. Davon ausgehend wird mit Hilfe eines Design-Based Research-Ansatzes ein Aufgabenset konstruiert, welches im Verlauf der Forschungsarbeit optimiert werden soll.

**Resultate:** Das Aufgabenset, nach dem Prozessmodell von Wilhelm, Luthiger und Wespi (2014) entwickelt, fördert die sprachliche und zeichnerische Dokumentation von Planung, Durchführung und Beobachtung sowie der Auswertung eines Experiments. Eine erste Erprobung erfolgt zurzeit mit 66 Schülerinnen und Schülern.

**Diskussion:** Dokumentieren ist sowohl Teil des praktischen naturwissenschaftlichen Arbeitens wie auch der Reflexion über gewonnene und dokumentierte Daten. Mit dem ‚Dokumentier-Führerschein‘ eignen sich die Lernenden, mittels eines kompetenzorientierten Aufgabensets, Dokumentierkompetenzen in verschiedenen Phasen des Forschungszyklus an. Der intendierte Prototyp soll folgende Elemente beinhalten: Erprobte Unterrichtsmaterialien, Lernziele, Lehrerkommentar, Schüler-Beurteilung (formativ und summativ), Befragungsinstrument zur Motivation für den naturwissenschaftlichen Unterricht und ein Beurteilungsinstrument zur Experimentierkompetenz in offenen Settings. Mit dem ‚Dokumentier-Führerschein‘ können weiterführende Forschungsfragen erforscht werden. Beispielsweise können damit die Dokumentierkompetenzen angehender Lehrpersonen erfasst und für die Modulentwicklung an Pädagogischen Hochschulen verwendet werden.

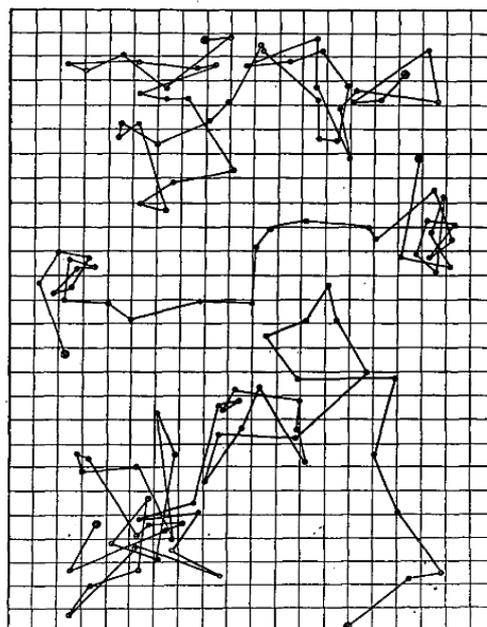
**Keywords:** documentation, chemistry, competence, LP21, set of tasks, Sek I

## 1 EINLEITUNG

*Dokumentieren des Unsichtbaren: Jean Perrin und die Brownsche Bewegung*

Zufällig verlaufende, mit Punkten verbundene Linien auf kariertem Papier – die Zeichnung in Abbildung 1 zeigt, reduziert auf nur zwei Elemente, mikroskopisch sichtbare Bewegungen kolloidaler Partikel in Flüssigkeiten. Die vom französischen Physiker Jean Perrin 1909 publizierte Zeichnung ist heute eine Ikone der experimentellen Naturwissenschaften (vgl. Perrin, 1909, S. 81; Bigg, 2011). Sie steht für die experimentelle Bestätigung von theoretischen Befunden und, als deren Visualisierung, gleichberechtigt mit Einsteins Formel zur Wärmebewegung kleinster Teilchen (Einstein, 1905). Die Abbildung 1 findet sich allerdings nicht so in Perrins Laborjournalen – sie ist eine Zusammenstellung und Vereinfachung aus einer Reihe von Zeichnungen zu Beobachtungen, welche Perrin während seinen Experimenten festgehalten hat. Perrins Zeichnungen stehen damit für einen umfassend verstandenen Begriff des Dokumentierens in den Naturwissenschaften: Dokumentieren ist im Rahmen der Erkenntnisgewinnung einerseits Arbeitsweise (practical

Fig. 6.



**Abb. 1.** Perrins Zeichnung der Brownschen Bewegung (Perrin, 1909, S. 81)

skill), welche der Konstruktion von Wissen dient, andererseits ist Dokumentieren immer auch Teil der Reflektion über das durch Betrachtung, Beobachtungen, Erkundungen, Messungen und Experimente gewonnene Wissen. Diesem bivalenten Charakter des Dokumentierens tragen auch verschiedene Kompetenzrahmen für den naturwissenschaftlichen Unterricht Rechnung (Mayer, 2007; Kunz et al., 2016.)

Übersetzt auf die Ebene des naturwissenschaftlichen Unterrichts heisst das, dass sich Dokumentieren nicht nur auf das (Ab)zeichnen von Objekten im Rahmen von Betrachtungen oder Beobachtungen beschränkt, sondern sämtliche Phasen des Forschungszyklus (Frischknecht-Tobler und Labudde, 2010) unterstützt.

#### *Dokumentieren bei HarmoS, LP21, SWiSE*

Durch die Handlungsaspekte im HarmoS-Kompetenzmodell der Naturwissenschaften (EDK, 2011) wie auch durch die Einführung des neuen Lehrplans 21 (LP21) in der Schweiz (D-EDK, 2016) erhalten prozedurales und erkenntnistheoretisches Wissen im naturwissenschaftlichen Unterricht einen grösseren Stellenwert. Dabei werden immer auch Fertigkeiten und Fähigkeiten im Bereich des Dokumentierens benannt. HarmoS legt als Grundkompetenz der Schülerinnen und Schüler im 8. Schuljahr u. a. „Ergebnisse aus Erkundungen, Untersuchungen und Experimenten in verschiedenen Formen einfach darstellen (insbesondere als Skizze, Bericht, Tabelle, Diagramm, Plan) und kommentieren“ (EDK, 2011, S. 26) als zu erreichendes Ziel im Handlungsaspekt „Fragen und Austauschen“ fest.

Der LP21 enthält in den Didaktischen Hinweisen (NMG/NT) ebenfalls die Forderung, dass Schülerinnen und Schüler „Beobachtungen und Gedanken sprachlich präzise ausdrücken und sie sich anderen mitteilen können.“ (D-EDK, 2016, S. 253). Explizit wird das Dokumentieren in den Kompetenzbereichen NT.6.1 „können beobachten, beschreiben und dokumentieren...“ (D-EDK, 2016, S. 324) und NT.8.2 „können Experimente ... planen, durchführen und dokumentieren“ (D-EDK, 2016, S. 328) genannt, in NT.3.1 indirekt „das Vorgehen fachlich korrekt beschreiben können...“ (D-EDK, 2016, S. 316) Im Kompetenzbereich NT.3 (Chemische Reaktionen erforschen) sollen die Schülerinnen und Schüler u. a. angeleitet Reaktionen mit Sauerstoff durchführen, protokollieren, Fragen stellen, Vermutungen formulieren und diese experimentell überprüfen können. Die Kompetenzstufe NT.3.1.c – „können angeleitet Reaktionen mit Sauerstoff durchführen, protokollieren, Fragen stellen, Vermutungen formulieren und diese experimentell überprüfen“ (D-EDK, 2016, S. 316) bettet das Dokumentieren bereits umfassend in den Forschungszyklus ein.

Eine Schlagwortanalyse des LP21 zeigt, dass Dokumentieren im Zusammenhang mit Experimenten erwähnt wird wie auch mit den Begriffen ‚beschreiben‘ und ‚erklären‘. Die Analyse zeigt zudem, dass Dokumentieren zwar eine Forderung des LP21 ist, jedoch wird die Forderung nicht mit einer genaueren Angabe, *wie* dokumentiert werden soll verbunden.

Von SWiSE (Kunz et al., 2016) werden Kompetenzbereiche mit 4-7 Kompetenzen, die Lehrpersonen beherrschen sollen, vorgeschlagen. Dokumentieren wird explizit in der Kompetenz E4 (Dokumentation von Ergebnissen anregen und begleiten) genannt: „Die Lehrperson kann Experimente, Beobachtungen und Untersuchungen so gestalten, dass Schülerinnen und Schüler die Ergebnisse auf angemessene Art und Weise (z. B. mit Diagrammen, Tabellen, Zeichnungen, beschrifteten Graphiken, Protokollen) dokumentieren können“ (Kunz et al., 2016, S. 228).

#### *Dokumentieren als Lernmethode*

Als Lernmethode unterstützt Dokumentieren die Transformation von oberflächlichem Wissen in vertieftes Fachwissen und Erkenntnisgewinnung. Beispielsweise schlagen Quillin und Thomas (2015) in ihrem Drawing-to-Learn Framework vor, in den Naturwissenschaften mit Zeichnungen Modell-basiertes Denken zu betreiben. Ähnlich empfehlen Cooper, Stieff und DeSutter (2017) mittels Zeichnungen Modell-basiertes Denken in Chemie zu fördern und Zeichnen nicht als isolierte Aktivität, sondern als Teil unterschiedlicher Aktivitäten im Forschungszyklus zu verstehen.

#### *Dokumentieren in aktuellen naturwissenschaftlichen Lernsettings*

Im Schulkontext bzw. Lehrmitteln findet das Zeichnen hauptsächlich im Rahmen der Planung von Experimenten statt, oft im Zusammenhang mit dem Aufbau von Experimenten. Ausserdem findet Zeichnen als ‚wissenschaftliches (Ab)Zeichnen‘ im Rahmen des Betrachtens, z. B. beim Mikroskopieren von Zellen, statt. Zeichnungen als Möglichkeit der Datenauswertung- und Interpretation wird in Lehrmitteln dagegen kaum thematisiert. Zeichnerische Aufträge in Lehrmitteln sind zudem oft diffus formuliert und arbiträr gesetzt: „Mach eine Zeichnung“, „Male ein passendes Bild, was du gesehen hast“, „Zeichne auf der Rückseite“ sind Beispiele von Schüler-Instruktionen im Zusammenhang mit Zeichnen im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Der LP21 basiert jedoch auf einem breiteren Verständnis von naturwissenschaftlicher Grundbildung, wie die folgende Kompetenzformulierung zeigt: „Schülerinnen und Schüler können Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Pflanzen und Tieren mit geeigneten Instrumenten untersuchen, Vergleiche anstellen sowie Informationen dazu



suchen und wiedergeben“ (D-EDK, 2016, S. 280). Neben Faktenwissen wird hier prozedurales Wissen (untersuchen, vergleichen, Informationen wiedergeben) und erkenntnistheoretisches Wissen (mit für den naturwissenschaftlichen Kontext geeigneten Instrumenten) eingefordert.

Lehrpersonen haben jedoch wenig eigene Forschungserfahrungen, welche solches Wissen hervorbringen. Zudem decken Lehrmittel diese Handlungsaspekte oft nur wenig ab bzw. enthalten dazu selten best-practise Aufgaben. Das vorliegende, in Entwicklung stehende Aufgabenset soll als Hilfestellung für Lehrperson dienen, um die im LP21 geforderte Dokumentierkompetenz im Fachteilbereich Chemie umzusetzen.

## 2 METHODEN

### *Literaturrecherche*

Wie werden Schülerinnen und Schüler ins Dokumentieren eingeführt? Ausgehend von dieser Forschungsfrage erfolgte eine Überblicks-Literaturrecherche mit folgender Strategie: Mittels Schlüsselbegriffen („Labor“, „Protokoll“, „nature of science“, „Dokumentieren“, „Chemie“, sowie „Naturwissenschaften“ und „Förderung“) wurde mit UND verknüpft auf Datenbanken wie ReseachGate und Google Scholar nach Literatur gesucht. Ausgehend davon wurde die jeweils dort referenzierte Literatur berücksichtigt.

### *Design-Based Research (DBR)*

Die Entwicklung des Aufgabensets erfolgt im Design-Based Research-Ansatz (The Design-Based Research Collective, 2003; Reinmann, 2005). Im Rahmen von DBR wird die Entwicklung von Unterrichtsettings über die disziplinären Fachgrenzen hinweg und im engen Zusammenspiel von Theorie und Praxis praktiziert, um die Innovationsleistung von Wissenschaft zu erhöhen (The Design-Based Research Collective, 2003). Für die hier vorgeschlagene Entwicklungsforschung wurde das Modell der gestaltungsorientierten Forschung zur Verbindung von Forschung und Praxis gewählt („R ↔ P Modelle“) (Burkhardt und Schoenfeld, 2003). Ziel ist die zyklische (Entwicklung – Erprobung – Verbesserung) Entwicklung von pilotierbaren Prototypen, die in der Praxis funktionieren, deren Beforschung aber gleichzeitig der Theoriebildung dient.

### *Aufgabenentwicklung*

Das Aufgabenset wird nach dem Prozessmodell von Wilhelm, Luthiger und Wespi (2014) entwickelt. Eine Konfrontationsaufgabe soll den Kontakt zum Lerngegenstand herstellen, darauf folgt eine Erarbeitungsaufgabe mit dem Ziel den Kompetenzaufbau zu unterstützen. Eine Konsolidierung findet durch Üben und Wiederho-

len statt. In einer Transferaufgabe werden die Kompetenzen in einer anderen Situation angewandt.

## 3 RESULTATE

### *Wirksamkeit des Dokumentierens für den Naturwissenschaftlichen Unterricht – eine Literaturübersicht*

In der aktuellen Praxis werden Experimente oft unzureichend in den Unterricht eingebunden (Prenzel und Parchmann, 2003; Walpuski und Hauck, 2017). Keineswegs sollten Experimente dem Selbstzweck dienen, sondern die Lernenden sollen durch die ein grundlegendes Verständnis der naturwissenschaftlichen Arbeitsweise erhalten können.

Häufig wird ohne systematische Dokumentation experimentiert, und falls die Lernenden selbst ein Protokoll führen, ist dieses häufig lückenhaft und fachlich fehlerhaft wie auch im Wege der Erkenntnisgewinnung unzureichend (Engl und Risch, 2017; Walpuski und Hauck, 2017). Um das Dokumentieren zu verbessern ist Übung notwendig.

Die Fachsprache muss im Laufe des Unterrichts entwickelt werden (Heitzmann, 2010). Dies braucht Zeit und ein hohes Mass an sprachlicher Eigenaktivität der Lernenden (Philipp, 2013). Beschreiben eines Experiments, ein Teilprozess des Dokumentierens, ist aufgrund der dafür notwendigen fachspezifischen Sprache für Lernende oft eine Hürde (Neugebauer, 2012). Dokumentieren fördert den Übergang von der Alltags- zur Fach- und Bildungssprache. Hilfestellungen wie Textbausteine können gerade sprachlich schwächeren Lernenden einen grossen Mehrwert für den Sprachaufbau und die Erweiterung der Dokumentierkompetenzen bringen (Auf der Maur, Berset und Spaar, 2017).

Dokumentieren ist prinzipiell förderlich für den fachlichen Lernzuwachs: Engl und Risch (2015) haben empirische Studien zum Lernzuwachs durch Protokolle mit 115 Lernenden durchgeführt. In zwei Gruppen wurden an drei Terminen total 18 Experimente durchgeführt. Gruppe 1 erstellte (Erarbeitungs-)Protokolle während die Gruppe 2 die ganze zur Verfügung stehende Zeit experimentierte. Lernende, die während des Experimentierens Protokolle schrieben, haben über drei Messpunkte (Pre, Post und Follow-up) signifikant, wenn auch mit kleiner Effektstärke, mehr gelernt (Lineares Modell, Vergleich durch Punktedifferenz Pre- zu Post-Test im Vergleich Kontrollgruppe zu Protokollgruppe;  $p = 0.09$ ). Die Protokolle wurden allerdings auf formale Kriterien überprüft, nicht jedoch auf fachliche Korrektheit. Es ist daher zu vermuten, dass der Lernzuwachs höher sein könnte wenn auch auf fachliche und erkenntnistheoretische Korrektheit geachtet worden wäre.

Handgeschriebenes kann gemäss der Studie von Mueller und Oppenheimer (2014) mit 65 Probanden nachhaltiger gelernt werden. Eine Gruppe durfte die Lerninhalte mit Papier und Stift notieren, der anderen Gruppe stand ein elektronisches Gerät zur Verfügung. Da man per Hand nicht schnell genug schreiben kann, um alles zu notieren, muss man überlegen, wie die Inhalte sinnvoll verdichtet und zusammengefasst werden können. Dadurch werden die Inhalte tiefer verarbeitet, was das Behalten fördert. Daher werden im Aufgabenset explizit nur handschriftliche Dokumentationsformen vorgestellt und eingeübt.

Lerntagebücher und Lernprotokolle, also Lerndokumentationen, sind Formen des epistemischen Schreibens, mit denen eine tiefe Verarbeitung von Lerninhalten und eine Reflektion über die eigenen Lernprozesse unterstützt werden (Nückles, Renkl, und Fries, 2005). Dokumentationen des naturwissenschaftlichen Arbeitens können als Lernprotokolle des Erkenntnisgewinnungs-Prozesses gesehen werden. Dies bedarf jedoch einer ausreichenden Einübungsphase sonst neigen die Lernenden dazu Zusammenfassungen zu schreiben, die wenig elaboriert sind und wenig kritische Auseinandersetzung mit den Lerninhalten erkennen lassen.

Darüber hinaus wird die Teamarbeit gefördert: Durch die Bildung von Lerntandems wird nach Friedrich und Mandl (1997) die an sich individuelle Methode des Lerntagebuchschreibens zu einem sozialen Lernarrangement, wodurch Vorteile in Hinblick auf die Lernmotivation sowie den Erwerb kognitiver Fähigkeiten entstehen können.

Der Anreiz zum Verfassen eigener Protokolle erhöht sich, wenn man damit rechnen kann, dass diese vom Partner aufmerksam gelesen werden (Friedrich und Mandl, 1997). Diese Erkenntnis wird in der Konstruktion des Aufgabensets durch die Wahl entsprechender Gruppenaktivitäten berücksichtigt.

#### *Aufgabenset zum Dokumentieren*

Kompetenzorientierung kann mit Aufgabensets für den Unterricht operationalisiert werden (Luthiger, Wilhelm und Wespi, 2014). Ausgehend von der Literaturrecherche zum Dokumentieren haben wir, basierend auf dem Prozessmodell für kompetenzorientierte Aufgabensets (Wilhelm, Luthiger und Wespi, 2014), ein erstes Aufgabenset für den experimentellen Chemieunterricht konzipiert. Dieses Aufgabenset (siehe Tabelle 1) setzt fachlich im Anfangsunterricht der Chemie an. Bei der Entwicklung der Aufträge wurde darauf geachtet, dass sich diese gut im Rahmen des LP21 umsetzen lassen. Das Aufgabenset fördert einerseits das Erstellen von Forschungszeichnungen und schult somit die Wahrnehmung, andererseits fördert es die schriftliche Dokumentation von Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten. Letzteres praktizieren die Schülerinnen und Schüler auch, indem sie über ihre Zeichnungen nachdenken, im Plenum diskutieren und sie anschliessend überarbeiten.

Das Aufgabenset zielt darauf ab, dass das vom LP21 verordnete Fachwissen (hier chemische Reaktionen) in einem Kontext eines kompetenzorientierten und weitgehend eigenständigen Lernens stattfinden kann. Neben dem Erwerb von Dokumentierkompetenzen durchlaufen die Schülerinnen und Schüler an einem konkreten Beispiel den Weg der Erkenntnisgewinnung (D-EDK, 2016, S. 314). Dies wiederum fördert die Fähigkeit der Lernenden in einem umfassenden Sinn zu dokumentieren.

#### *Hilfestellungen für das Dokumentieren - Zeichnungsregeln und Textbausteine*

Verschiedene Arten von Forschungszeichnungen (Planungszeichnungen, Beobachtungszeichnungen, Auswertungszeichnungen) werden mit den jeweiligen Zeichnungsregeln im Aufgabenset einzeln eingeführt und den Schülerinnen und Schülern sowohl Erarbeitungs- als auch Übungsaufgaben gegeben. Beispielsweise gelten für eine Beobachtungszeichnung folgende Regeln:

- Nur zeichnen, was man sieht
- Jene Vorgänge und Stellen zeichnen, welche zur Forschungsfrage gehören
- Wichtige Details vergrössert zeichnen
- Perspektive wechseln (z. B. von der Seite, von oben zeichnen)
- Wenn sich Dinge verändern, mehrere Zeichnungen machen
- Wenn zwei Dinge oder Vorgänge verglichen werden, diese nebeneinander zeichnen

Die Lernenden erhalten Gelegenheit ihre Forschungszeichnungen mit anderen Lernenden abzugleichen und erneut zu überarbeiten. Zudem werden den Lernenden für die Beobachtungsphase Textbausteine als Hilfestellung zur Dokumentation zur Verfügung gestellt. Mit Hilfe von Sätzen wie: ‚Wir beobachten, dass (wie)...‘ oder ‚Sofort (nach einer gewissen Zeit) beobachten wir ...‘ fällt es auch sprachlich schwächere Schülerinnen und Schüler leichter, sprachlich korrekt zu dokumentieren.

#### *Lernspuren*

Das Aufgabenset wird zurzeit mit 66 Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I erprobt. Die 39 Jungen (65%) und 27 Mädchen (35%) im Alter von 12-15 Jahren stammen aus zwei Sprachregionen (Zürich und Graubünden) und werden auf unterschiedlichen Leistungsniveaus unterrichtet. Mehr als 80% der Jugendlichen sind nicht deutscher Muttersprache. Aus dieser Erprobung zeigen wir im Folgenden zwei Lernspuren (Abbildungen 2 und 3). Die Fragestellung beim dargestellten Experiment lautet: Wie löst sich ein Tropfen Tinte in kaltem (20°C) und warmen (40°C) Wasser auf? Die abgebildeten Lernspuren zeigen Planungszeichnungen (jeweils obere Zeichnung), Beobachtungszeichnungen (jeweils mittlere Zeichnung) sowie Auswertungs-

zeichnungen (jeweils untere Zeichnung), letztere nach einer Diskussion unter den Lernenden.

Bei beiden Lernspuren ist eine Abfolge der Vorgänge des Experiments klar ersichtlich (mittlere Zeichnung) sowie auch eine eindeutige Unterscheidung zwischen den beiden Wassertemperaturen. Die untere Zeichnung zeigt die Auswertungszeichnung nach der Reflexion über das Experiment. Die Schülergruppe hat in der gemeinsamen Reflexion herausgefunden, dass die Diffusion beim wärmeren Wasser schneller geschieht und dies auch in einer neuen, verbesserten Zeichnung dargestellt.

Konfrontationsaufgabe:	Die Lernenden werden mit Bildern von Forscherinnen und Forschern bei der Arbeit sowie Abbildungen aus Forschungsarbeiten konfrontiert. Als Diskussionsgrundlage dient die Frage ‚Warum müssen Forscherinnen und Forscher so exakt wie möglich dokumentieren?‘ und die Aufgabe ‚die Bilder einem Teilprozess des Experimentierzyklus‘ zuordnen.
Lehrerinput:	Verschiedene Arten von Forschungszeichnungen (Planungszeichnungen, Beobachtungszeichnungen, Auswertungszeichnungen) werden im Plenum eingeführt. Den Lernenden werden zu jeder Art von Zeichnung Kriterien an die Hand gegeben.
Erarbeitungsaufgabe:	Die Lernenden erstellen ihre Forschungszeichnungen im Kontext eines einfachen Experiments. Eine Fragestellung hilft den Lernenden den Beobachtungsfokus zu finden. Die Zeichnungen werden im Klassenverband diskutiert. Anschliessend fertigen die Lernenden eine Auswertungszeichnung an. Als Grundlage dazu dient die eigene Beobachtungszeichnung.
Übungsaufgabe:	Ein weiteres Experiment dient dazu, das Erstellen von Forschungszeichnungen zu üben. Zudem werden den Lernenden Textbauteile für die Verschriftlichung ihrer Beobachtungen zur Verfügung gestellt. Nach der Durchführung des Experiments suchen die Lernenden nach Gemeinsamkeiten und Unterschieden in ihren Dokumentationen.
Transferaufgabe: halb-offenes Experiment	In den Erarbeitungs- und Übungsaufgaben haben die Lernenden in beiden Phasen Forschungszyklus (Wissen konstruieren bzw. über Wissen reflektieren) gearbeitet. In der Transferaufgabe erhalten sie eine neue Fragestellung. Zu deren Beantwortung wählen sie Experimente aus, die sie bereits im vorangegangenen Unterricht erarbeitet haben. Dazu müssen sie Gelerntes im Bereich des Dokumentierens einerseits auf andere Experimente übertragen, andererseits bearbeiten sie weitere Phasen des Forschungszyklus.

**Tab. 1.** Aufgabenset (nach dem Prozessmodell von Wilhelm, Luthiger und Wespi, 2014)

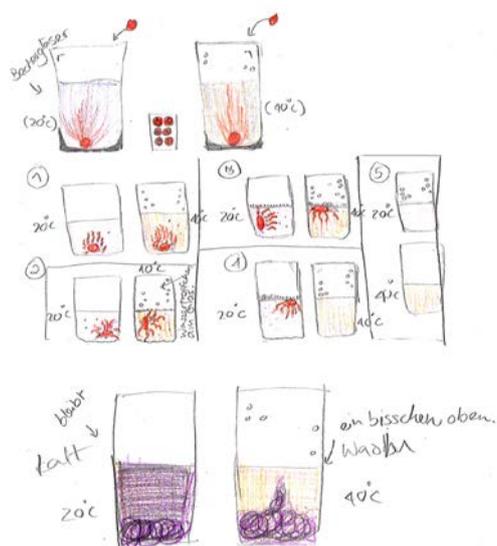


Abb. 2. Lernspur 1

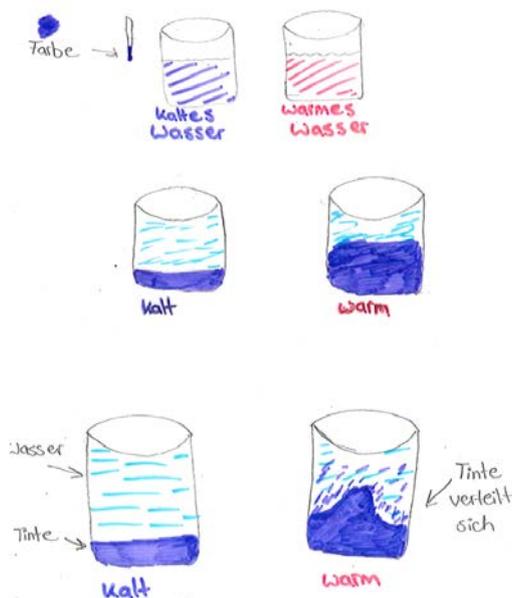


Abb. 3. Lernspur 2

## 4 DISKUSSION

Der sogenannte ‚Laborführerschein‘ (Lengen-Mertel und Arends, 2004) dient an vielen Schulen zur Einführung in die Laborarbeit im Rahmen des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Im LP21 Natur und Technik wird der Laborführerschein im Zyklus 3 als verbindlicher Inhalt aufgeführt (D-EDK, 2016). Mit dem ‚Laborführerschein‘ erwerben Lernende, zu Beginn des Kompetenzbereichs ‚Chemische Reaktionen erforschen‘, Kenntnisse über chemisch-labortechnische Fertigkeiten und Sicherheitsaspekte. Im Rahmenkonzept wissenschaftsmethodischer

Kompetenzen (Mayer, 2007) gehört der Laborführerschein damit zur Dimension ‚wissenschaftliche Arbeitstechniken‘ (‚practical work‘) innerhalb der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung.

Dokumentieren ist einerseits Teil des praktischen naturwissenschaftlichen Arbeitens und, umfassend verstanden, Teil der Reflektion über die mittels Beobachtung, Betrachtung, Erkundung und Experiment gewonnenen und dokumentierten Daten (Wilhelm und Kunz, 2017). Das Rahmenkonzept wissenschaftsmethodischer Kompetenzen (Mayer, 2007) ordnet das Dokumentieren denn auch den Dimensionen ‚wissenschaftliche Arbeitstechniken‘ (‚practical work‘) und ‚wissenschaftliche Untersuchungen‘ (‚scientific inquiry‘) naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung zu. Dokumentieren im fachdidaktisch reflektierten Unterricht bietet Lehrpersonen demzufolge immer auch die Möglichkeit, naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung zu lehren. Als Lernmethode wiederum wird Dokumentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht propagiert, um oberflächliches in vertieftes Fachwissen zu transformieren (Quillin und Thomas, 2014). Idealerweise fallen die fachdidaktischen und lernmethodischen Aspekte des Dokumentierens in naturwissenschaftlichen Aufgaben zusammen. Solche Aufgaben beinhalten Hilfestellungen (Scaffolds), auf welche Lernende beim Dokumentieren, z. B. beim zeichnerischen und schriftlichen Festhalten von Beobachtungen oder Erstellen von Diagrammen, in Anforderungssituationen zurückgreifen können (Auf der Maur, Berset und Spaar, 2017). Best-practise Aufgaben, welche das Dokumentieren umfassend einsetzen, mit Hilfestellungen vorstrukturieren und für Lehrpersonen damit zu Entwicklungskernen eigener Aufgaben werden, sind aktuell jedoch kaum publiziert bzw. für Lehrpersonen zugänglich.

Ziel der hier vorgestellten Entwicklungsforschung ist es deshalb, in einem Design-based Research-Ansatz (Reinmann, 2005) ein Set von Hilfestellungen für das Dokumentieren (‚Dokumentier-Führerschein‘) in Anlehnung an den ‚Laborführerschein‘ im naturwissenschaftlichen Unterricht zu entwickeln, welches Lernenden ermöglicht, Dokumentieren, der jeweiligen Anforderungssituation angepasst, zunehmend selbstständig zu praktizieren und dadurch Dokumentierkompetenzen aufzubauen. Mittels Erprobungen auf der Sekundarstufe I soll ein pilotierbarer Prototyp (Alpha-Version) entstehen, welcher einerseits für Lehrpersonen im Unterricht umsetzbar ist, andererseits den Autoren der Beforschung des Dokumentierens im Unterricht sowie der Theoriebildung dient. Für die Aufgabenentwicklung orientieren wir uns am Modell des Forschungszyklus für naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung (Tobler-Frischknecht und Labudde, 2010).

Der intendierte Prototyp ist ein Aufgabenset (Wilhelm, Luthiger und Wespi, 2014) für den experimentellen

Chemieunterricht, passend zum Kompetenzbereich ‚Chemische Reaktionen erforschen‘ bzw. zur Kompetenz ‚Die Schülerinnen und Schüler können Stoffumwandlungen untersuchen und beschreiben‘ im Lehrplan 21 Natur und Technik (D-EDK, 2016) (siehe Tabelle 1). In dieser Kompetenz lässt sich einerseits der Forschungszyklus und damit Erkenntnisgewinnung erarbeiten und üben, andererseits fordern die verwendeten Verben der Arbeits-, Denk- und Handlungsweisen ‚handwerkliche‘ Fertigkeiten des Dokumentierens. Das Aufgabenset ist einerseits entlang der Achse geschlossenes - offenes Experimentieren strukturiert, andererseits entlang der Achse inhaltliche Strukturierung, wobei Hilfestellungen zum Dokumentieren bei allen Teilaufgaben gegeben werden. Inhaltliche Strukturierung ist ein wichtiger Gelingensfaktor für offenes Experimentieren (Alfieri, Brooks, Aldrich, und Tenenbaum, 2011), Beispiele hierfür sind das (strukturierte) Erlernen der Variablenkontrolle und fachliche Input-Lektionen durch zahlreiche Studien belegt (Hammann, 2004; Klahr, 2002). Die offene Teilaufgabe des Aufgabensets wird denn auch zusätzlich mit Variablenkontrolle, Forschungszyklus und fachlichem Input zu den ‚Kleinsten Teilchen‘ inhaltlich strukturiert.

Mit dem ‚Dokumentier-Führerschein‘ eignen sich die Lernende über mehrere Wochen verteilt, mittels eines kompetenzorientierten Aufgabensets, Dokumentierkompetenzen in verschiedenen Phasen des Forschungszyklus an. Der intendierte Prototyp soll folgende Elemente beinhalten: Erprobte Unterrichtsmaterialien, Lernziele, Lehrerkommentar, Schüler-Beurteilung (formativ und summativ), Befragungsinstrument zur Motivation für

den naturwissenschaftlichen Unterricht und ein Beurteilungsinstrument Experimentierkompetenz in offenen Settings. Die Hilfestellungen im Bereich des Dokumentierens unterstützen die Phasen Planung, Beobachtung (Erhebung von Daten) und Auswertung und Nachdenken über Ergebnisse (Produktion von Evidenz). Mit dem Prototyp können, mit einer grösseren Gruppe von Lernenden, spezifische Forschungsfragen untersucht werden. Mögliche Forschungsfragen sind: Wie bewältigen Lernende offene Aufgaben zum Experimentieren, wenn vorgängig inhaltliche Strukturierung im Bereich des Dokumentierens gelehrt und gelernt wurde? Welchen Einfluss hat inhaltliche Strukturierung im Bereich des Dokumentierens auf die Motivation der Lernenden für den Naturwissenschaftlichen Unterricht im Allgemeinen und für das Experimentieren im Speziellen? Welche Wirkung hat inhaltliche Strukturierung im Bereich des Dokumentierens auf vertieftes Fachwissen? Können Lernende Dokumentieren umfassend nützen, beispielsweise um über Ergebnisse nachzudenken? In den nächsten Entwicklungsschritten muss berücksichtigt werden, dass die Lehrpersonen die Wirksamkeit des, zeitintensiven, Dokumentierens erkennen müssen. Zudem müssen andere bekannte Faktoren für erfolgreiches offenes Experimentieren, z.B. Variablenkontrolle, in die Weiterentwicklung des Aufgabensets miteinbezogen werden. Mit Aufgabensets ‚Dokumentier-Führerschein‘ sollen zudem die Dokumentierkompetenzen angehender Lehrpersonen erhoben und die daraus gewonnen Erkenntnisse für die Modulentwicklung der Pädagogischen Hochschulen verwendet werden.

## DANKSAGUNGEN

Wir danken Ramun Corradin, Gino Högler und Dominik Bauer herzlich für die Erprobung des Aufgabensets der Dokumentier-Führerschein wie auch für ihre ausführlichen konstruktiven Rückmeldungen.

## REFERENZEN

Alfieri, L., Brooks, P. J., Aldrich, N. J., & Tenenbaum, H. R. (2011). Does discovery-based instruction enhance learning? *Journal of Educational Psychology*, 103(1).

Auf der Maur, S., Berset, T., & Spaar, R. (2017). Vogelstimmen mit digitalen Geräten entdecken und erforschen. In C. Stübi, U. Wagner, & M. Wilhelm (Hrsg.), *Naturwissenschaften unterrichten* (S. 58–67). Bern: Haupt.

Bigg, C. (2011). A visual history of Jean Perrin's Brownian motion curves. In L. Daston & E. Lunbeck (Hrsg.), *Histories of Scientific Observations* (S. 156–

179). Chicago, London: The University of Chicago Press.

Burkhardt, H., & Schoenfeld, A. H. (2003). Improving educational research: Toward a more useful, more influential, and better-funded enterprise. *Educational researcher*, 32(9), 3–14.

Cooper, M. M., Stieff, M., & DeSutter, D. (2017). Sketching the invisible to predict the visible: from drawing to modeling in chemistry. *Topics in cognitive science*, 9(4), 902–920.

D-EDK (2016). Lehrplan 21 - Gesamtausgabe - von der D-EDK Plenarversammlung am 31.10.2014 zur Einführung in den Kantonen freigegebene Vorlage. Bereinigte Fassung vom 29.02.2016. Luzern. Abgerufen von <http://www.lehrplan.ch>

EDK (Hrsg.) (2011). Grundkompetenzen für die Naturwissenschaften - Nationale Bildungsstandards | Freigegeben von der EDK-Plenarversammlung am 16. Juni 2011. Abgerufen von



[https://edudoc.ch/record/96787/files/grundkomp\\_nawi\\_d.pdf](https://edudoc.ch/record/96787/files/grundkomp_nawi_d.pdf)

Einstein, A. (1905). Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen. *Annalen der Physik*, 17, 549–560.

Engl, L., & Risch, B. (2015). Auswirkung der Protokollierfähigkeit auf die Lernwirksamkeit. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität* (S. 265–267). Kiel.

Engl, L., & Risch, B. (2017). Protokollieren trainieren. *Unterricht Chemie*, 28(158), 30–33.

Friedrich, H. F., & Mandl, H. (1997). Analyse und Förderung selbstgesteuerten Lernens. In F. E. Weinert & H. Mandl (Hrsg.), *Psychologie der Erwachsenenbildung* (Bd. D.I.4). Göttingen: Hogrefe.

Frischknecht-Tobler, U., & Labudde, P. (2010). Beobachten und Experimentieren. In P. Labudde (Hrsg.), *Fachdidaktik Naturwissenschaft 1.-9. Schuljahr* (S. 133–148). Bern: Haupt.

Hammann, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 57(4), 196–203.

Heitzmann, A. (2010). Von der Alltagssprache zur Fachsprache gelangen. In P. Labudde (Hrsg.), *Fachdidaktik Naturwissenschaft 1.-9. Schuljahr* (S. 73–86). Bern: Haupt.

Klahr, D. (2002). *Exploring science: The cognition and development of discovery processes*. MIT press.

Kunz, P., Colberg, C., Bäumler, E., Beerenwinkel, A., Bernhard, F., Labudde, P., Sieber-Suter, B., Stübi, C., Wagner, U. & Wilhelm, M. (2016). SWiSE-Kompetenzrahmen: Was müssen Lehrpersonen für gutes naturwissenschaftlich-technisches Unterrichten können? In S. Metzger, C. Colberg, & P. Kunz (Hrsg.), *Naturwissenschaftsdidaktische Perspektiven. Naturwissenschaftliche Grundbildung und didaktische Umsetzung im Rahmen von SWiSE* (S. 217–233). Bern: Haupt.

Lengen-Mertel, C., & Arends, B. (2004). Der Laborführerschein. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*, 15, 17–20

Luthiger, H., Wilhelm, M., & Wespi, C. (2014). Entwicklung von kompetenzorientierten Aufgabensets - Prozessmodell und Kategoriensystem. *journal für lehrerInnenbildung*, 14(3), 56–66.

Mayer, J. (2007) Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt, (Hrsg.), *Theorien in der biomedizinischen Forschung* (S. 177–186). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Mueller, P. A., & Oppenheimer, D. M. (2014). The pen is mightier than the keyboard: Advantages of longhand over laptop note taking. *Psychological science*, 25(6), 1159–1168.

Nückles, M., Renkl, A., Fries, S. (2005). Wechselseitiges Kommentieren und Bewerten von Lernprotokollen in einem Blended Learning Arrangement. *Unterrichtswissenschaft*, 33(3), 227–243.

Perrin, J. (1909). Mouvement brownien et réalité moléculaire. *Annales de Chimie et de Physique*, 18, 5–104.

Philipp, M. (2013). *Motiviert lesen und schreiben*. Seelze: Klett Kallmayer.

Prenzel, M., & Parchmann, I. (2003). Kompetenz entwickeln. Vom naturwissenschaftlichen Arbeiten zum naturwissenschaftlichen Denken. *Unterricht Chemie*, 14(76/77), 15–19.

Quillin, K., & Thomas, S. (2015). Drawing-to-learn: a framework for using drawings to promote model-based reasoning in biology. *CBE-Life Sciences Education*, 14(1), es2.

Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. *Unterrichtswissenschaft*, 33(1), 52–69.

The Design-Based Research Collective. 2003. „Design-Based Research: an emerging paradigm for educational inquiry“. *Educational Researcher* 1 (32): 5–8.

Walpuski, M., & Hauck, A. (2017). Experimente und Lernerfolg. *Unterricht Chemie*, 158, 8–13.

Wilhelm, M., & Kunz, P. (2016). Praktisch-naturwissenschaftliches Arbeiten im Unterricht. In S. Metzger, C. Colberg, & P. Kunz (Hrsg.), *Naturwissenschaftsdidaktische Perspektiven. Naturwissenschaftliche Grundbildung und didaktische Umsetzung im Rahmen von SWiSE* (S. 124–138). Bern: Haupt.

Wilhelm, M., Luthiger, H., & Wespi, C. (2014). *Prozessmodell zur Entwicklung von kompetenzorientierten Aufgabensets*. Luzern: Pädagogische Hochschule Luzern.

