

Von der Lehrveranstaltung zur ko-konstruktiv entwickelten Lehrpersonenfortbildung im DiKoLAN Framework – ein Erfahrungsbericht

Anna Henne,^{*[a, b]} Sabrina Syskowski,^{*[a, b]} Philipp Möhrke,^{*[c]} Lars-Jochen Thoms,^{*[a, b]} Sebastian Becker-Genschow^{*[d]} und Johannes Huwer^{*[a, b]}

Zusammenfassung: Im Rahmen der Initiative lernen:digital entstehen deutschlandweit neue Fortbildungsangebote für Lehrkräfte. In diesem Artikel wird ein Ansatz zur ko-konstruktiven Entwicklung von Fortbildungen basierend auf Konzepten der partizipativen Aktionsforschung vorgestellt. Zur Entwicklung des Aufbaus und der Inhalte der Fortbildung werden Erkenntnisse aus der fachdidaktischen Literatur, Lernziele aus den Bildungsplänen und die Expertise von Forschenden, Lehrpersonen und Fachleiterinnen und Fachleitern an staatlichen Seminaren für Aus- und Weiterbildung zusammengeführt, um eine Fortbildung zu entwickeln, die die Bedürfnisse aller Beteiligten berücksichtigt.

Stichworte: Fortbildung · Digitale Medien · Partizipative Aktionsforschung · Ko-Konstruktion · DiKoLAN

From lectures to co-constructively developed inservice teacher training with the DiKoLAN framework

Abstract: As part of the lernen:digital initiative, new training courses are being developed throughout Germany. This article presents a new approach to develop training courses for teachers in a co-constructive way based on concepts of participatory action research. In order to develop the structure and content of the training, findings from the didactic literature, learning objectives from the educational plans and the expertise of researchers, teachers and subject leaders at state seminars for training and further education are brought together to develop training that takes into account the needs of all involved.

Keywords: advanced training · digital media · participatory action research · co-construction · DiKoLAN

1. Einleitung

Aus dem Trendbericht zur Chemiedidaktik 2023 geht hervor, dass es vergleichsweise wenig Forschung aus chemiedidaktischer Perspektive zur Fortbildung von Lehrkräften gibt [1]. Weiter ist eine Vernetzung zwischen den unterschiedlichen Phasen der Lehrpersonenbildung nicht erkennbar [2]. Zudem

wird eine enge Zusammenarbeit von Unterrichtspraxis und fachdidaktischer Forschung gefordert [3].

Anhand einer Fortbildung im Bereich „digital gestütztes Experimentieren“ aus dem Projekt MINT-ProNeD Konstanz wollen wir in diesem Artikel eine Herangehensweise zur ko-konstruktiven (gemeinsam mit Dozierenden der Universität, Studienseminaren und Lehrpersonen unterschiedlichen Dienstalters) Entwicklung und Weiterentwicklung von Fortbildungen vorstellen. Dabei beschreiben wir den Prozess exemplarisch anhand der Generierung einer an die Bedürfnisse von Lehrpersonen im aktiven Dienst angepassten Fortbildung auf Basis einer universitären Lehrveranstaltung [4] zu den Kompetenzen des DiKoLAN Orientierungsrahmens [5].

[a] A. Henne, S. Syskowski, L.-J. Thoms, J. Huwer
Universität Konstanz
Lehrstuhl Fachdidaktik der Naturwissenschaften
Universitätsstraße 10
78464 Konstanz
* E-Mail: anna.henne@uni-konstanz.de
sabrina.syskowski@uni-konstanz.de
lars.thoms@uni-konstanz.de
johannes.huwer@uni-konstanz.de

[b] A. Henne, S. Syskowski, L.-J. Thoms, J. Huwer
Pädagogische Hochschule Thurgau
Unterer Schulweg 3
CH-8280 Kreuzlingen

[c] P. Möhrke
Universität Konstanz
Fachbereich Physik
Universitätsstraße 10
78464 Konstanz
* E-Mail: philipp.moehrke@uni-konstanz.de

[d] S. Becker-Genschow
Universität zu Köln
Professur für Digitale Bildung mit Schwerpunkt Künstliche Intelligenz
Herbert-Lewin-Str. 10
50931 Köln
* E-Mail: sebastian.becker-genschow@uni-koeln.de

1.1 MINT-ProNeD - Förderung adaptiver, prozessbezogener, digital-gestützter Innovationen in der MINT-Lehrpersonenbildung

„Professionelle Netzwerke zur Förderung adaptiver, prozessbezogener digital-gestützter Innovationen in der MINT-Lehrpersonenbildung“ (MINT-ProNeD) steht für ein Verbundprojekt für digitales und digital gestütztes Unterrichten. An mehreren Standorten in Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Bayern arbeiten Forschende und Lehrpersonen zusammen, um praxisnahe Schulungskonzepte zu erstellen und neue digitale Technologien (z. B. Künstliche Intelligenz, KI) für den MINT-Unterricht zu erproben. Diese Konzepte sollen Lehrpersonen dabei unterstützen, digitale Technologien gezielt und an die Bedürfnisse der Lernenden angepasst im Unterricht einzusetzen. Dazu gehört die Erstellung fachspezifischer Fortbildungen, der Aufbau von Netzwerken für die Unterrichtsentwicklung und das Testen neuer Technologien im MINT-Unterricht. Alle Materialien der Fortbildungsangebote

werden als frei zugängliche Lernressourcen (Open Educational Resources, OER) für Lehrpersonen und Fortbildende zur Verfügung gestellt.

Anhaltspunkt für die zu entwickelnden Professionalisierungsangebote und die Auswahl medienbezogener zu fördernden Kompetenzen bilden der Europäische Rahmenplan für digitale Kompetenz von Lehrenden (DigCompEdu) [6] sowie die Orientierungsrahmen zu digitalisierungs- und KI-bezogenen Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften DiKoLAN [5, 7], DiKoLAN PLUS [8] sowie DiKoLAN^{KI} [9], welche die Kompetenzerwartungen in Bezug auf fachspezifische Anforderungen konkretisieren. Im Zentrum steht die Befähigung von Lehrpersonen zur Nutzung und Gestaltung von adaptiven Lernumgebungen und zur Förderung von prozessbezogenen Kompetenzen der Lernenden.

1.2 Ko-konstruktion und partizipative Aktionsforschung

Partizipative Aktionsforschung (PAF) zielt darauf ab, Theorie und Praxis im Bildungsbereich enger zu verknüpfen [10]. Dieser Forschungsansatz basiert auf dem Ansatz Lehrpersonen aktiv in den Forschungsprozess einzubeziehen, um praxisnahe und anwendbare Ergebnisse zu erzielen und die Kluft zwischen theoretischer Forschung und praktischer Anwendung im Unterricht zu überbrücken [10]. Dabei arbeiten Lehrpersonen und Forschende aus der Fachdidaktik gemeinsam an der Entwicklung und Verbesserung von Unterrichtskonzepten.

Die gemeinsame Entwicklung erfolgt phasenweise. In jeder Phase werden Lehrstrategien und -medien entwickelt, in der Praxis erprobt, anschließend evaluiert und diese am Ende jedes Zyklus auf Basis der Evaluationsergebnisse reflektiert und überarbeitet. Eilks und Ralle [9] sehen drei Phasen vor, wobei in jeder Phase die Anzahl der involvierten Lerngruppen zunimmt und der oben beschriebene Zyklus mehrfach durchlaufen werden kann. Während in der ersten Phase erste Konzepte entwickelt werden und singuläre Erprobungen mit einzelnen Lerngruppen stattfinden, werden in Phase zwei die Entwicklung, Erprobungen und Evaluation mit mehreren Lerngruppen systematisiert und in der letzten Phase auf viele Lerngruppen ausgeweitet sowie das Konzept implementiert. PAF findet bislang Anwendung bei der Entwicklung unterschiedlichster Lernszenarien für den Unterricht und der curricularen Weiterentwicklung von Lehrveranstaltungen an der Hochschule [11, 12]. Nun sollen Teile des Vorgehens auch für die ko-konstruktive Entwicklung praxisorientierter Fortbildungen für (naturwissenschaftliche) Lehrkräfte adaptiert werden.

1.3 (Lern)Wirksamkeit von Fortbildungen

In einem Leitfaden für die Gestaltung von Lehrpersonenfortbildungen stellen Lipowsky und Rzejak Merkmale wirksamer und erfolgreicher Fortbildungen vor [13]. Die Verknüpfung von Input-, Erprobungs- und Reflexionsphasen in modular aufgebauten Fortbildungen, die sich über mehrere Monate erstrecken, hat sich als erfolgsversprechend herausgestellt. Hingegen weist eine kürzere Fortbildungsdauer, beispielsweise für sich stehende halb- oder eintägige Fortbildungen, nur eine bedingte nachhaltige Lernwirksamkeit auf die Weiterentwicklung wichtiger Kompetenzen von Lehrpersonen und wirkt sich nur bedingt positiv auf die Weiterentwicklung des Unterrichts und auf das Lernen von Schülerinnen und Schülern aus. Weiter sollen der kollegiale Austausch und die Anregung zur unterrichtsbezogenen Zusammenarbeit im Vordergrund stehen. Darüber hinaus wird dem Feedback und Coaching, insbesondere zu kurzen Erprobungen in der eigenen Schulpraxis, eine bedeutende Rolle zugesprochen. Dabei heben Lipowsky und Rzejak hervor, dass durch inhaltliche Nähe zur unter-

richtlichen Praxis der Nutzen und die Relevanz der Fortbildungsinhalte zu verdeutlichen ist.

Um die Fortbildung bestmöglich lernwirksam für die Lehrpersonen gestalten zu können, ist es unabdingbar, diese kognitiv zu aktivieren. Dem 4K-Modell [14] folgend sollen hierfür interaktive Kommunikationsübungen eingebaut, Kollaborative Gruppenarbeiten integriert, Kreative Problemlösungsansätze gefördert und die Kritische Reflexion des eigenen Unterrichts anregt werden. In Anlehnung an das ICAP-Modell [15] sollen Peer-Learning und Diskussionsrunden integriert (Interactive), eigenständige Entwicklung von Unterrichtskonzepten gefördert (Constructive), Hands-on Aktivitäten eingefügt (Active) und Frontalvorträge minimiert (Passive) werden.

2. Gemeinschaftliches (Weiter-) Entwickeln der Fortbildung – die einzelnen Schritte

Hier wird das an Lehrpersonenfortbildungen adaptierte Vorgehen einer PAF beschrieben, wobei zunächst eine kurze Beschreibung der einzelnen Phasen und im Anschluss ein Erfahrungsbericht folgt. In Anlehnung an PAF wird zunächst ein hinreichend weit verbreitetes Problem in Bezug auf Lehrpersonenfortbildung aufgeworfen und die zu adressierenden Kompetenzbereiche werden ausgewählt (Phase 1). In Phase 2 werden bereits bestehende Materialien einer Lehrveranstaltung zu Materialien einer Lehrpersonenfortbildungen (weiter-)entwickelt und die Lehrpersonenfortbildungsinhalte werden erprobt und Rückmeldungen dazu systematisch gesammelt. Auf die Erprobung folgt eine Reflexion der Rückmeldungen und Überarbeitung des Materials zur Widervorlage bei den in der PAF beteiligten Lehrpersonen. Abschließend ist in Phase 4 die Durchführung und Verstetigung der Fortbildung vorgesehen. Der Aufbau ist in Abbildung 1 dargestellt (Abb. 1).

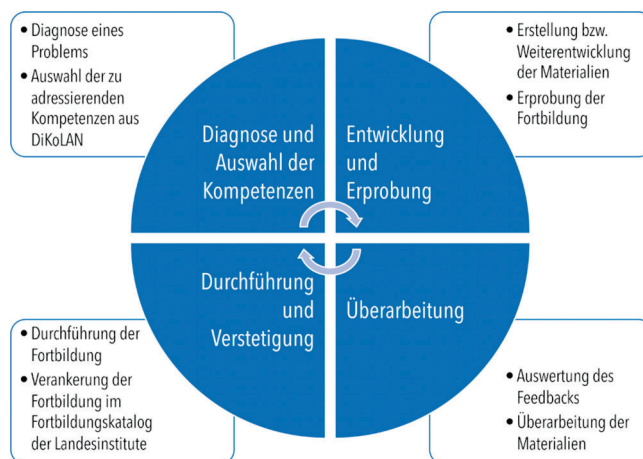


Abb. 1: Vorgehen zur Weiterentwicklung einer Fortbildung (angelehnt an partizipative Aktionsforschung (PAF)).

2.1 Phase 1: Diagnose des Problems und Auswahl der zu adressierenden DiKoLAN Kompetenzen

Im ersten Handlungsschritt wurde ein Problem aus der Schulpraxis oder Fortbildungspraxis als Anhaltspunkt für die ko-konstruktive Weiterbildung identifiziert. Dabei wurde darauf geachtet, dass das Problem häufig zu beobachten und von allgemeinem Interesse ist. Weiter im Schema der PAF tauschten sich die beteiligten Personen über ihre Erfahrungen in Bezug auf das identifizierte Problem aus. Aktuelle fachdidaktische Literatur wurde berücksichtigt und unter Beachtung der Blickwinkel der Forschenden und Praktizierenden fand eine Analyse der Problemstellung statt. Im Anschluss wählten

Lehrpersonen mit Expertise im Bereich Lehrpersonenfortbildung und -ausbildung gemeinsam (beispielsweise Personen der Landesfachberatung, oder Studienseminaren und Fachdidaktikdozierende der Universität) zu adressierenden Kompetenzen aus dem Orientierungsrahmen DiKoLAN, welche das gefundene Problem adressieren.

2.1.1 Erfahrungsbericht aus Phase 1

Aus dem Austausch mit den in dieser Phase beteiligten Lehrpersonen ging hervor, dass eine Auseinandersetzung mit Messwerterfassungssystemen mit Bluetooth-Schnittstelle zu mobilen Endgeräten als relevant eingeschätzt wird. In den letzten Jahren wurden diese verstärkt an Schulen angeschafft. Ebenso stünden immer häufiger mobile Endgeräte im Klassensatz zur Verfügung, die digitale Möglichkeiten zur Kollaboration eröffnen. Nun gelte es „zu vermeiden, dass die teuren Geräte mangels sinnvoller Anwendungsideen und aufgrund fehlender Kenntnisse im Troubleshooting ungenutzt im Schrank verstauben.“ (Zitat, Lehrperson A) Dies deckt sich mit den Forderungen der Kultusministerkonferenz in der Strategie „Bildung in der digitalen Welt“ [16], die die Medienbildung der Kinder und Jugendlichen zu einem expliziten und hervorgehobenen Bildungsziel der Schulen macht. In allen Fächern sollen die digitalen Grundkompetenzen der Lernenden auf der Grundlage von DigCompEdu [6] gefördert werden. Die Qualifizierung von Lehrpersonen mit den hierfür notwendigen Kompetenzen ist damit in jeder Phase der Lehrpersonenbildung wichtig. Derzeit sind entsprechende Angebote an Fortbildungen für naturwissenschaftliche Lehrkräfte zu gering, um der Zielsetzung der Kultusministerkonferenz gerecht zu werden [17]. Es bedarf demnach ein passendes Angebot, welches den Lehrpersonen die Möglichkeiten des digital-gestützten Experimentierens vermittelt. Für das hier aufgeworfene Problem sind in Bezug auf die in DiKoLAN beschriebenen Kompetenzbereiche die „Messwert- und Datenerfassung“, „Datenverarbeitung“ und „Kommunikation und Kollaboration“ relevant. Aus diesen Kompetenzbereichen wurden einerseits von drei Dozierenden der Universität und andererseits je einer Fachleiterin und einem Fachleiter aus den Fächern Chemie und Physik eine Auswahl an zu adressierenden Teilkompetenzen getätigt. Im Vergleich der zu adressierenden Kompetenzbereiche zeigte sich, dass die Fachleiter aus der Chemie größtenteils dieselben Teilkompetenzen für die Bereiche „Messwert- und Datenerfassung“ und „Kommunikation und Kollaboration“ wählten. Lediglich wenige von Dozierenden gewählte Teilkompetenzen, wurden von den Fachleiterinnen und Fachleiter als nicht relevant deklariert, da alle Lehrpersonen solche Kompetenzen bereits in ausreichendem Maße besitzen würden, z.B. könnten bereits alle Lehrpersonen die Anwendung eines gemeinsam nutzbaren Cloud-Speicher-Dienstes beschreiben und fachwissenschaftliche Bereiche/Kontexte nennen, in denen digitale Messwerterfassung Anwendung findet (z.B. zur Messung elektrischer Spannungen, Temperaturen oder pH-Werte, Elektrokardiographie oder Videoanalyse).

Für die Datenverarbeitung unterschied sich die Wahl jedoch grundlegend. Die Fachleiterinnen und Fachleiter wählten lediglich eine Teilkompetenz als zu adressieren („Lehrpersonen können Möglichkeiten des Exports und Imports von digitalen Daten der genannten Datentypen und Kodierungen nennen.“) und bescheinigten weiteren 15 einen lediglich geringen Fortbildungsbedarf, während die Dozierenden deutlich mehr Teilkompetenzen als relevant auswählten. Diese Diskrepanz wurde diskutiert und es stellte sich heraus, dass von den Fachleiterinnen und Fachleitern die Kompetenzen und Inhalte zwar als relevant für die Konzeption und Durchführung von

Unterricht durch Lehrpersonen angesehen werden, jedoch inhaltlich nur in geringem Maße Gegenstand des Unterrichtens sind. Daher ist der Bereich Datenverarbeitung durchaus berechtigt Gegenstand der Fortbildung, um die Lehrpersonen in diesem Bereich zu schulen.

2.2 Phase 2: Weiterentwicklung der Materialien ausgehend von der Lehrveranstaltung und Erprobung

In diesem Schritt wurde ausgehend von einer bestehenden Lehrveranstaltung für Lehramtsstudierende unter Berücksichtigung der Literaturlage der fachdidaktischen Forschung ein zu den in Phase 1 ausgewählten Kompetenzen geeigneter Aufbau der Fortbildung geplant und passende Materialien erstellt bzw. (weiter)entwickelt. Dies geschah unter Einbindung der Expertise aus den Studienseminaren erfolgen. Mit einem ersten Entwurf der Materialien wurde die Erprobung mit Lehrpersonen gestartet und diese begleitend zur Durchführung in vorher festgelegter Form evaluiert. Für die Erprobung der Selbstlernmodule wurde begleitend nach der Relevanz für ihre Lehrtätigkeit, dem bisherigen Anwenden der vermittelten Konzepte und Methoden, nach fehlenden Themen und nach den drei wichtigsten Punkten, die angepasst werden sollten, gefragt.

Am Präsenztermin wurden in Blitzlichtfragebögen an den Stationen die Relevanz des fachlichen Inhalts und der digitalen Elemente für den eigenen Unterricht eingeschätzt und positive Aspekte und Veränderungs- und Verbesserungsbedarf mitgeteilt. Neben den schriftlichen Rückmeldungen zu Selbstlernkurs und Präsenztermin wurden Gruppeninterviews mit den beteiligten Lehrkräften der PAF-Gruppe durchgeführt.

2.2.1 Erfahrungsbericht aus Phase 2

Mit Blick auf publizierte Ergebnisse zu lernwirksamen Fortbildungen (vgl. 1.3) wurden hier als Fortbildungsformat eine Kombination aus interaktiven Selbstlernmodulen mit begleitenden Aufgabenstellungen und einem Präsenztermin gewählt. Für die Selbstlernmodule wurden ausgehend von den in DiKoLAN beschriebenen Kompetenzerwartungen kleinere Einheiten in Articulate Rise (webbasierte Plattform zur Erstellung interaktiver und responsiver E-Learning-Kurse) entworfen, welches auf einfache Art und Weise die Möglichkeit bietet, Inhalte interaktiv zu gestalten, sodass die einzelnen Teile je nach persönlichem Interesse und Kenntnisstand bearbeitet werden können. Die Inhalte der Module können Tabelle 1 entnommen werden (Tab. 1).

Für das Selbstlernmodul „Datenverarbeitung“ wurde eine kursbegleitende Aufgabe mit gestufter Hilfestellung entworfen. Im Selbstlernmodul „Kollaboration“ wurden die vorgestellten Tools ausprobiert. Bei der „Messwerterfassung“ wurde entschieden, sich im Selbstlernmodul auf die informative Ebene und Selbstreflexion zu beschränken und das konkrete Ausprobieren im Präsenztermin zu platzieren, um größtmögliche Hilfestellung für diesen Bereich zu bieten. Anhand der 13 schriftlichen und 6 mündlichen Rückmeldungen zu den Selbstlernmodulen, kann vermutet werden, dass 15 Lehrpersonen (unter Berücksichtigung von doppelten Rückmeldungen) vollständig oder nahezu vollständig bearbeitet haben. Im Sinne der Datensparsamkeit wurde darauf verzichtet, auf der öffentlich zugänglichen Plattform weitere Daten zu erheben.

Für den Präsenztermin wurden Stationen zu den in DiKoLAN beschriebenen Kompetenzbereichen entwickelt. Die Kontexte für die bislang mit Blick auf fachdidaktische Literatur entwickelten Stationsaufgaben zur Messwerterfassung sind in Tabelle 2 dargestellt (Tab. 2).

Neben der Bearbeitung der Inhalte aus den Bereichen „Messwerterfassung“ und „Datenverarbeitung“ wurden kollaborati-

ve Tools (Etherpads, geteilte Dokumente und digitale Pinnwände) eingesetzt, die die Erfassung und Verarbeitung von Messwerten erleichtern. Darüber hinaus wurde eine Kurzanleitung für die verwendeten Sensoren erstellt, welche neben schriftlichen Schritt-für-Schritt-Anleitungen kurze Erklärvidéos für erste Basisschritte im Umgang mit der App und den verwendeten Bluetooth-Sensoren enthält.

Für den Bereich „Datenverarbeitung“ wurde eine weitere Station für den Präsenztermin entwickelt: Die Erstellung von Graphen in Numbers auf iPads für aufgenommene Messdaten (beispielsweise pH-Werte zu Titrationen oder Temperaturwerte).

Parallel zur Bearbeitung aller Stationen wurde ein über die universitätseigene Cloud geteiltes Word-Dokument zur Reflexion eingesetzt. In diesem sollten wahrgenommene Vorteile und Schwierigkeiten festgehalten und erste weitere Unterrichtsideen skizziert werden, sodass der Erfahrungsaustausch allen Beteiligten schriftlich zur Verfügung steht.

Zur Erprobung wurden die Selbstlernmodule an Lehrpersonen herausgegeben und um Feedback gebeten. Weiter wurden Termine für das Erproben des Präsenztermins vereinbart, an dem die Lehrpersonen gebeten wurden, Rückmeldung zur Konzeption und den erstellten Materialien zu geben. Darüber hinaus wurden von den Lehrkräften im Anschluss an den Präsenztermin professionelle Lerngemeinschaften gebildet, um in diesen die Inhalte der Fortbildung in der Schule anzuwenden. Der schematische Aufbau kann Abbildung 2 entnommen werden (Abb. 2).

2.3 Phase 3: Überarbeitung der Fortbildung anhand des Feedbacks und Wiedervorlage bei den beteiligten Lehrpersonen

Aufgrund des Feedbacks und den Ergebnissen der Erprobung wurden die Materialien von den Dozierenden überarbeitet. Dabei traten Dozierende erneut in Austausch mit den Beteiligten aus Seminar und Schule, um für aufgetretene Probleme ko-konstruktiv Lösungen zu erarbeiten. Die überarbeiteten Materialien wurden den beteiligten Lehrpersonen anschließend wieder vorgelegt.

2.3.1 Rückmeldungen zum Selbstlernteil

Aus den Kommentaren zu den Selbstlernmodulen und den Rückmeldungen aus den leitfadengestützten Interviews von insgesamt sechzehn Lehrpersonen (13 schriftliche Rückmeldungen, Interviews mit 6 Personen) konnten Erkenntnisse über die Relevanzeinschätzung der behandelten Themen aus Sicht der Lehrpersonen, die aktuelle Anwendung der vermittelten Kompetenzen und Methoden im eigenen Unterricht sowie fehlende Themen und konkrete Veränderungsvorschläge gewonnen werden.

Eine Inhaltsanalyse angelehnt an Mayring zeigte, dass die Selbstlernkurse als relevant eingeschätzt wurden. Der Kurs zum kollaborativen Arbeiten wurde zudem als fächerübergreifend relevant eingeschätzt, beispielsweise, „um den Unterricht spannender zu gestalten und die Möglichkeiten, die Tablets im Unterricht bieten, stärker nutzen zu können.“ (Zitat, Lehrperson B)

Tab. 1: Inhalte der Selbstlernmodule.

Messwarterfassung	Datenverarbeitung	Kollaboration
Lernziele	Lernziele	Lernziele
Messwarterfassung früher und heute	Nutzung von CSV-Dateien aus der Messwarterfassung	Kollaborationstools
Möglichkeiten der Messwarterfassung in der Schule	Datenformatierung und -organisation	Cloudspeicher an der Schule
Analyse von Multimediadaten wie Bildern und Videos	Nice-to-know: Big-Data-Analysen	Grenzen und Auswirkungen
Computergestützte Messwarterfassung	Datenvisualisierungen	Abschlussquiz
Interne Sensoren von Mobilgeräten	Statistische Analysen	
Externe Sensoren für Mobilgeräte	Messunsicherheiten, Standardabweichung, Streuungen & Co.	
Messgeräte mit digitaler Schnittstelle	Abschlussquiz	
Messwerte, Messgrößen und Daten		
Abschlussquiz		

Tab. 2: Inhalte der Präsenzstationen.

Station Temperaturerfassung mit Bluetooth-Sensor Temperaturmessung beim Lösen von Salzen Temperaturmessung beim Verdunsten von Flüssigkeiten Phasenübergänge beim Erhitzen von Eis	Station Temperaturerfassung mit Wärmebildkamera Beobachtung u. A. von: Belebte & unbelebte Natur (Menschen, Tiere, Fassaden, ...) Spiegel und Fenster Neutralisationswärme Temperaturentwicklung bei Löslichkeitsversuchen	Station pH-Messung bei der Titration mit Bluetooth-Sensor Optional mit Dropcounter Essigsäurekonzentration von Haushaltsessig Phosphorsäurekonzentration von Cola weitere Titrationen
Station Fotometrie Konzentration einer unbekannteren Stärkelösung durch Vergleich mit Stärkelösungen bekannter Konzentration	Physik-Stationen Station Beschleunigung mit Bluetooth-Sensor bzw. Arduino nano Station Stromstärke und Spannung mit Bluetooth-Sensoren	Biologie-Stationen in Planung

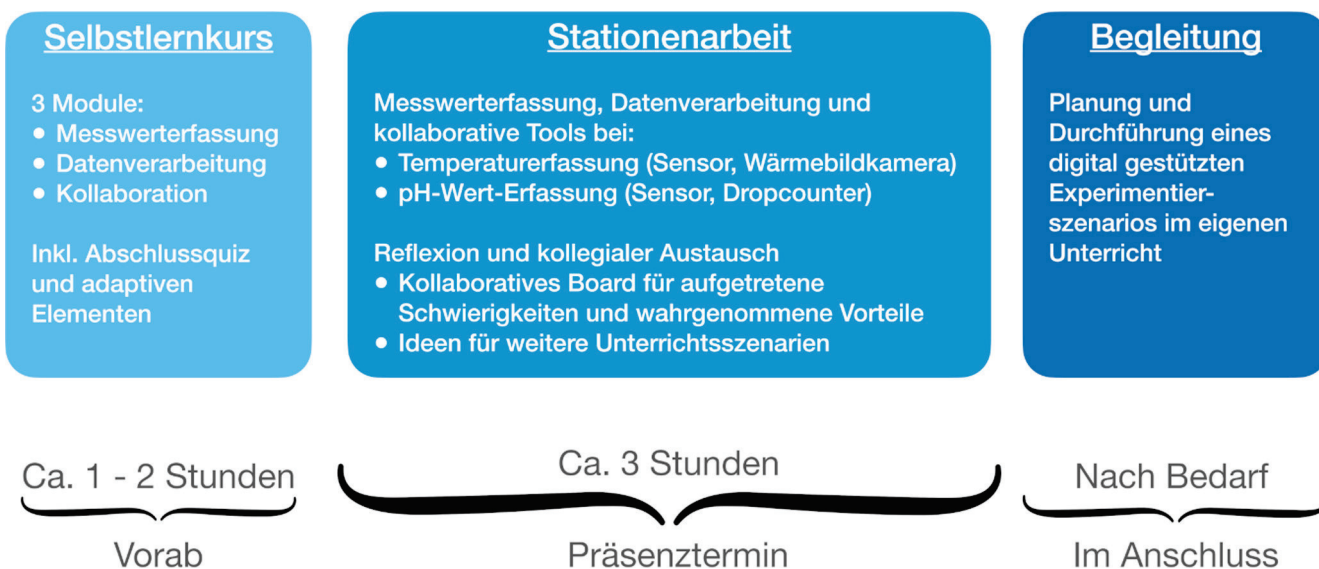


Abb. 2: Aufbau der Fortbildung.

Bezüglich der Anwendung im eigenen Unterricht zeigte sich hingegen ein sehr gemischtes Bild. Es fanden sich Lehrpersonen, besonders die Lehrpersonen an den Studienseminaren, die angaben, große Teile der Inhalte bereits im eigenen Unterricht anzuwenden. Dennoch gab es für alle Bereiche einzelne Lehrpersonen in dieser nicht repräsentativen Stichprobe, denen die Methoden nicht bekannt sind oder die diese noch nicht im eigenen Unterricht anwenden (u. A. „Der Selbstlernkurs *„Kollaborativ Arbeiten“* ist für mich völlig fern.“, Zitat, Lehrperson C).

Die Liste der Punkte, die den Lehrkräften fehlten, lässt sich in drei Kernpunkten zusammenfassen. Es wird mehrfach ein explizit hergestellter Bildungsplanbezug gewünscht. Für die Kursteile Messwerverfassung und Kollaboratives Arbeiten wurde ein parallel zum Selbstlernkurs zu bearbeitende, praktische und unterrichtsrelevante Aufgabe eingefordert, wie sie bereits im Kursteil Datenverarbeitung integriert wurde. Weiter wurde gewünscht, den Datenverarbeitungskurs auf weitere Tabellenkalkulationsprogramme auszuweiten.

Grundsätzlich regten die Lehrpersonen an, die Inhalte des Selbstlernkurses auch direkt für den Unterricht einsetzbar vorzubereiten. Hierfür sei eine feingliedrigere Unterteilung der Kursinhalte und eine Anleitung für die Integrierung der Einheiten in Moodle notwendig, sodass die einzelnen Kapitel eines Selbstlernmoduls auch separat eingesetzt werden können.

2.3.2 Rückmeldungen zum Präsenztermin

Mithilfe der Blitzlichtfragebögen, die während des Ausprobierens der Stationen ausgefüllt wurden, wurden Rückmeldungen von elf Lehrpersonen gewonnen, welche durch schriftliches Feedback von drei weiteren Lehrpersonen ergänzt wurde.

Der Temperaturerfassung mit Bluetooth-Sensoren und Wärmebildkamera sowie der Titration mit Beteiligung digitaler Sensoren wird eine hohe Relevanz in Bezug auf den fachlichen Inhalt und die digitalen Elemente zugemessen. Insbesondere die Wärmebildkamera begeisterte die Lehrkräfte. Obgleich Versuche mit Wärmebildkameras schon länger in der fachdidaktischen Literatur diskutiert werden [18], waren an den kooperierenden Schulen keine Wärmebildkameras vorhanden oder wenn doch, wurden diese bislang nur in der Physik eingesetzt. Für den Einsatz im Chemieunterricht wurden konkretere Anleitungen für Unterrichtseinsatzszena-

rien gewünscht. Diese wurden im Reflexionsteil erarbeitet und werden für zukünftige Durchführungen zur Verfügung stehen.

Generell waren die Lehrpersonen von der einfachen Handhabung der digitalen Messwerverfassung mit Bluetooth-Sensoren verblüfft. Dies wurde auch in den Abschlussinterviews betont. Dem Versuch zur Smartphone-Fotometrie (vgl. Tab. 2) wurde lediglich im Profulfach Naturwissenschaft und Technik (NWT) hohe inhaltliche Relevanz zugewiesen, da er in Chemie keinen konkreten Bildungsplanbezug in Baden-Württemberg habe. Die Durchführung zeigte zudem Probleme bei der Reproduzierbarkeit der Daten. Für künftige Durchführungen wird dieser daher nicht mehr für die Durchführung in Baden-Württemberg angeboten werden, obgleich er für andere Bundesländer hohe Relevanz aufzeigt.

Die Datenverarbeitung mit Numbers, um Daten direkt auf dem Endgerät der Lernenden zu visualisieren und auszuwerten, wurde als relevante Idee wahrgenommen. Weil jedoch die technische Umsetzung durch die als im Vergleich zum PC eingeschränkt empfundenen Möglichkeiten an Tablets herausfordernd ist, wurde von den Lehrpersonen empfohlen „im Zuge der Berufsorientierung [...] Datenverarbeitung am PC“ (Zitat, Lehrperson D) zu realisieren. Dies sei besser für die „Nerven der Lernenden und Lehrpersonen“ (Zitat, Lehrperson D). Der Wunsch nach Visualisierung der Messergebnisse trete zwar wieder auf, es sei allerdings aufgrund der knappen Zeit kaum möglich auf die eingeschränkten Möglichkeiten mit Tabellenkalkulationsprogrammen auf mobilen Endgeräten einzugehen. Daher sei es relevanter die App-internen Auswertungsmöglichkeiten zu kennen und diese zu nutzen, „auch wenn das für die SuS teilweise eine Blackbox“ (Zitat, Lehrperson E) sei. Daher wurden Messwerverfassung und Datenverarbeitung stärker verwoben und anstelle separater Datenverarbeitungsstationen direkt bei den Messwertstationen Anmerkungen und Anleitungen zur Auswertung der gewonnenen Daten integriert. Eine Anleitung zur Grafenerstellung mit einem Tabellenkalkulationsprogramm an einem PC ist bereits im Selbstlernkurs enthalten und dessen Relevanz wird durch die Rückmeldungen zu den Präsenzstationen noch einmal verstärkt.

2.3.3 Rückmeldungen aus dem Abschlussinterview

Im Abschlussinterview wurden die Teilnehmenden im Kontrast zu den vorhergehenden Feedbackrunde nicht ausschließ-

lich nach dem Inhalt der Fortbildung und deren Verbesserung, sondern nach dem Erleben der ko-konstruktiven Fortbildungserstellung im Vergleich dazu eine Fortbildung als rein teilnehmende Lehrperson zu besuchen, gefragt. Daneben wurden fehlende Inhalte, Versuche oder digitalen Elemente und gewünschter Output, den aus dieser Fortbildung mitgenommen wurden, erfragt. Schließlich wurde danach gefragt, ob die teilnehmenden Lehrpersonen sich in der Lage sehen, den Inhalt dieser Fortbildung anderen Lehrpersonen nahe zu bringen.

Die Lehrpersonen empfanden die aktive Mitentwicklung der Stationen als angenehm und gewinnbringend und bemerkten beispielsweise *„Man fühlt sich natürlich ernst genommen, weil man das Gefühl hat, wenn uns jetzt wirklich was Tolles einfallen würde, dann würde die wahrscheinlich sogar an der Fortbildung was ändern, was so eine Art von Teilhabe“* (Zitat Lehrperson F) ermöglicht.

Als besonders angenehm wurde erwähnt, dass der Präsenztermin keine Inputphasen enthalten habe, sodass wirklich die ganze Zeit für Ausprobieren der Versuche und Austausch zur Verfügung gestanden habe, *„dass man selbst merkt, was geht gut, was geht schlecht, wo sind Stolpersteine?“* (Zitat, Lehrperson G) Der Aufbau solle bleiben wie er sei, so dass *„einmal ein Example gezeigt ist, okay, so funktioniert es, so kann man es einsetzen“* (Zitat, Lehrperson D) und im Anschluss die Reflexion angeregt würde (*„Was fällt dir noch ein, wie kannst du das in deinen Alltag einbauen?“*, Zitat Lehrperson D)

Als Output wurde neben den Stationsanleitungen noch einmal der Wunsch nach konkreten Versuchsanleitungen für den direkten Einsatz im Unterricht geäußert, um die Hemmschwelle für den Einsatz zu senken. Darüber hinaus wurde eine Zeitangabe gewünscht, wie viel Zeit für die vorgeschlagenen Versuche im Demoversuch oder als Schülerpraktikum benötigt würde. Eine (sich ständig weiterentwickelnde) Übersicht von Ideen für Einsatzmöglichkeiten der vorgestellten Sensoren würde darüber hinaus den künftigen Einsatz erleichtern.

Für die eingesetzten technischen Geräte (Hardware) und Apps (Software) wurde eine Info über Bestellmöglichkeiten und Kosten bei unterschiedlichen Herstellern vermisst.

Bei den Lehrpersonen trat der Wunsch auf, die kollaborativen Tools noch ausgiebiger auszuprobieren, da es für sie der unbekannteste Bereich war. Kollaborative Tools seien bekannt im Zusammenhang mit Brainstorming, jedoch nicht im Kontext naturwissenschaftlichen Sammeln und Auswerten von Daten und Erstellen von Diagrammen.

2.3.4 Überarbeitung der Materialien

Die Rückmeldungen wurden eingearbeitet. Zur Konzeption neuer Stationen in Hinblick auf den Einsatz kollaborativer Tools wurde in ko-konstruktiver Zusammenarbeit mit einzelnen Lehrpersonen neue Materialien erstellt. Anschließend wurden die Materialien den Lehrpersonen erneut zur Verfügung gestellt.

2.4 Phase 4: Durchführung und Verstetigung der Fortbildung

Ziel war es, dass die Fortbildung in den Fortbildungskatalog der Studienseminare und Landesfortbildungszentren aufgenommen werden. Durch die ko-konstruktive Zusammenarbeit mit den Lehrpersonen an den Seminaren in einem frühen Entwicklungsstadium der Fortbildung, wurde die Fortbildung an deren Bedürfnisse angepasst und kann so auch über deren Kanäle angeboten werden. In unserem Fall ist es gelungen, die Fortbildungen dort anbieten zu können.

3. Diskussion und Ausblick

Die Zusammenarbeit mit den Lehrpersonen zeigte, dass diese gerne bereit sind, aktiv an der Gestaltung und Auswahl der Fortbildungsinhalte mitzuarbeiten, obwohl sie freiwillig und unentgeltlich mitwirkten. Es handelte sich also um eine rein intrinsisch motivierte Gruppe an partizipativ Aktionsforschenden. Die Rückmeldungen der Lehrpersonen zur Fortbildungsentwicklung waren über alle Phasen hinweg überwiegend positiv. Viele Lehrpersonen gaben an, dass die vermittelten Inhalte relevant und praxisnah waren und ihnen konkrete Ideen für die Unterrichtsgestaltung geliefert hätten. Dies bietet auf einfache Art und Weise die Möglichkeit, Fortbildungen regelmäßig zu aktualisieren; d. h. an die aktuellen Bedürfnisse von Chemieunterricht anzupassen und auch neue technologische Entwicklungen zu integrieren. Ähnlich wie schon bei der Anwendung der Partizipativen Aktionsforschung durch Krause und Eilks in der Entwicklung einer Lehrveranstaltung [19] ist es dadurch gelungen, für die Zielgruppe weniger relevante Inhalte und Kompetenzen zu reduzieren und neuere Entwicklungen im Bereich der digitalen Medien aufzugreifen und schrittweise in die Fortbildung zu integrieren. Trotz der positiven Ergebnisse gibt es aber weiterhin Herausforderungen, insbesondere bei der nachhaltigen Integration der neuen Methoden in den Alltag der Lehrpersonen. Ob die Lehrpersonen ihre digitalen Kompetenzen im Umgang mit spezifischen Tools und Technologien deutlich verbessern konnten und insbesondere die Hemmschwelle für den Einsatz gesunken ist, kann nur anhand der allgemeinen positiven Rückmeldungen vermutet werden. Für eine Beurteilung der digitalen Kompetenz der Lehrpersonen und die Auswirkung der Fortbildung auf die langfristige Unterrichtsgestaltung der teilnehmenden Lehrpersonen wäre eine höhere Stichprobe und beispielsweise eine Erhebung im Prä-Post-Follow-Up Design nötig. Dies war jedoch nicht Ziel dieses Entwicklungsschrittes, bei dem die Einbindung von unterrichtspraktischem Wissen der Lehrpersonen und der Austausch mit Lehrpersonen im Fokus stand. Durch die Zusammenarbeit mit den Lehrpersonen an den Studienseminaren und die aktive Einbindung dieser in den Entwicklungsprozess, erhoffen wir uns eine größere Reichweite der Fortbildung.

Für teilnehmende Lehrpersonen stehen wir als ko-konstruktive Gegenüber in den professionellen Lerngemeinschaften weiterhin zur Verfügung und werden in Zukunft noch weitere Umsetzungsideen aus der Schulpraxis und universitären Forschung und Lehre austauschen und weiterentwickeln.

4. Materialien

Auf der Homepage Dibana (www.dibana.de) sind Tutorials zu den unterschiedlichsten Themen rund um digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht zu finden, auch über die in dieser Fortbildung behandelten Themenbereiche hinaus. Die Anleitungen auf Dibana sind im fachdidaktischen Setting erstellt, beschreiben einen fachlichen Kontext und behandeln eine konkrete unterrichtliche oder vorbereitende Tätigkeit einer (naturwissenschaftlichen) Lehrperson.

Die Onlinekurse und die Stationsanleitungen werden als Open Educational Resources (OER) zur Verfügung stehen und können unter www.dibana.de abgerufen werden.

Danksagung:

Diese Forschung wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (Projekt „MINT-ProNeD“, Förderkennzeichen 01JA23M02K) gefördert.

Literatur

- [1] Rosenberg, D., Rautenstrauch, H. (2023). Trendbericht Chemiedidaktik 2023. Nachr. Chemie 71/12, 8–17.
- [2] Cramer, C., Johannmeyer, K., Drahm, M. (2019). Fortbildungen von Lehrerinnen und Lehrern in Baden-Württemberg. GO Druck Media GmbH & Co. KG, Tübingen.
- [3] von Borstel, G., Böhm, A., Eusterholz, M. (2021). Leserbrief: Plädoyer für ein stärkeres Miteinander von fachdidaktischer Forschung und Unterrichtspraxis. CHEMKON 28/5, 219–220.
- [4] Henne, A. et al. (2022). Implementing Digital Competencies in University Science Education Seminars Following the DiKoLAN Framework. Educ. Sc. 12(5), 356.
- [5] AG Digitale Basiskompetenzen: Becker, S. et al. (2020). Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften – DiKoLAN. In: Becker, S., Meßinger-Koppelt, J., Thyssen, C. (Hrsg.). Digitale Basiskompetenzen – Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften, 14–43. Joachim Herz Stiftung, Hamburg. https://www.joachim-herz-stiftung.de/fileadmin/Redaktion/Projekte/Naturwissenschaften/2020_Nawi_Digitale_Basiskompetenzen_web.pdf (letzter Zugriff am 06.09.2024).
- [6] Redecker, C., Punie, Y. (2017). European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- [7] Kotzebue, L. v. et al. (2021). The Framework DiKoLAN (Digital Competencies for Teaching in Science Education) as Basis for the Self-Assessment Tool DiKoLAN-Grid. Education sciences 11(12), 775.
- [8] Meier, M. et al. (2024). Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften – DiKoLAN PLUS, in: Thyssen, C. et al. (Hrsg.). Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften – DiKoLAN PLUS, Joachim Herz Stiftung, Hamburg.
- [9] Huwer, J. et al. (2024). Kompetenzen für den Unterricht mit und über Künstliche Intelligenz in den Naturwissenschaften: DiKoLAN^{KI}. In: Huwer, J. et al. (Hrsg.). Kompetenzen für den Unterricht mit und über Künstliche Intelligenz. Perspektiven, Orientierungshilfen und Praxisbeispiele für die Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften, 4–59. Waxmann, Münster.
- [10] Eilks, I., Ralle, B. (2002). Partizipative Fachdidaktische Aktionsforschung. Ein Modell für eine begründete und praxisnahe curriculare Entwicklungsforschung in der Chemiedidaktik. CHEMKON 9/1, 13–18.
- [11] Bullock, M., Graulich, N., Huwer, J. (2024). Using an Augmented Reality Learning Environment to Teach the Mechanism of an Electrophilic Aromatic Substitution. J. Chem. Educ. 101(4), 1534–1543.
- [12] Eilks, I. (2018). Action Research in Science Education: A twenty-year personal perspective. ARISE 1(1), 3–14.
- [13] Lipowsky, F., Rzejak, D. (2021). Fortbildungen für Lehrpersonen wirksam gestalten: Ein praxisorientierter und forschungsgestützter Leitfaden. Bertelsmann Stiftung, Gütersloh.
- [14] Battelle for Kids. (2019). Framework for 21st century learning. <https://www.battelleforkids.org/networks/p21> (letzter Zugriff am 06.09.2024).
- [15] Chi, M. T. H., Wylie, R. (2014). The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes. Educ. Psychol. 49(4), 219–243.
- [16] KMK (Kultusministerkonferenz). (2016). Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 8. Dezember 2016, Sekretariat der Kultusministerkonferenz, Berlin. <https://www.kmk.org/aktuelles/thema-2016-bildung-in-der-digitalen-welt.html> (letzter Zugriff am 06.09.2024).
- [17] Diepolder, C. et al. (2021). Verfügbarkeit und Zielsetzungen digitalisierungsbezogener Lehrkräftefortbildungen für naturwissenschaftliche Lehrkräfte in Deutschland. ZfDN 27(1), 203–214.
- [18] Bohrmann-Linde, C., Kleefeldt, S. (2020). Der Wärme auf der Spur - Einsatz von Wärmebildkameras bei chemischen Schulversuchen. NiU-Chemie 177/178, 20–23.
- [19] Krause, M., Eilks, I. (2015). Lernen über digitale Medien in der Chemielehrerbildung. CHEMKON 22/4, 173–178.

Eingegangen am 8. September 2024

Angenommen am 5. November 2024

Online veröffentlicht am 2. Dezember 2024



Anna Henne ist wissenschaftliche Mitarbeiterin (Promotion) in der AG Huwer an der Universität Konstanz. Sie ist Mitglied des Teilprojekts MINT-ProNeD Konstanz und ist an einem fachdidaktisch fundierten und gewinnbringenden Einsatz digitaler Hilfsmittel im Fachunterricht interessiert.



Lars-Jochen Thoms ist Professor der Pädagogischen Hochschule Thurgau und Postdoc in der AG Huwer an der Universität Konstanz. Lars-Jochen Thoms ist Mitglied der Arbeitsgruppe Digitale Basiskompetenzen und forscht u. a. zur Lehrpersonenprofessionalisierung, insb. zu digitalisierungsbezogenen Kompetenzen in den Naturwissenschaften.



Sabrina Syskowski ist Postdoc in der AG Huwer an der Universität Konstanz. In ihrer Forschung interessiert sie sich für die Wirkung von Augmented Reality beim naturwissenschaftlichen Experimentieren sowie die Nutzung von Eyetracking als Forschungswerkzeug. Zudem untersucht sie, wie digitale Medien die Lehre in Schulen und Hochschulen bereichern können, wobei ein Fokus auf der Professionalisierung von Lehrpersonen liegt.



Sebastian Becker-Genschow leitet das Forschungsgebiet Digitale Bildung mit Schwerpunkt Künstliche Intelligenz am Department Didaktiken der Mathematik und der Naturwissenschaften an der Universität zu Köln. Seine Forschungsschwerpunkte sind die Unterstützung von Lehr-Lernprozessen im MINT-Bereich durch KI-basierte Technologien in Schule und Universität sowie die digitalisierungsbezogene Professionsentwicklung von Lehrkräften.



Philipp Möhrke ist akademischer Oberrat am Fachbereich Physik an der Universität Konstanz und Lehrperson an der Pädagogischen Hochschule Thurgau. Philipp Möhrke lehrt u. a. zu digitalen Basiskompetenzen für Lehramtsstudierende in den Naturwissenschaften.



Johannes Huwer ist Professor für Fachdidaktik der Naturwissenschaften an der Universität Konstanz. Johannes Huwer ist Mitglied der Arbeitsgruppe Digitale Basiskompetenzen. Seine Arbeitsschwerpunkte sind u. a. Digitalisierung im Chemie- und Naturwissenschaftsunterricht (der Schule und Hochschule) sowie Nachhaltigkeitsbildung in Schule und Schülerlabor.