

Research-Based Report of Practice

Digitale Werkzeuge im Natur- und Technikunterricht – Ein Projekt mit Studierenden der Sekundarstufe 1

Clemens Waibel¹, Robbert Smit¹

Received: January 2024 / Revised: December 2024 / Accepted: December 2024

Structured Abstract

Hintergrund: Die Integration von Informatik in den NT-Unterricht spielt heute noch keine grosse Rolle in der Ausbildung von Lehrpersonen. Es mangelt an Vorbildern und Selbstvertrauen bei den angehenden Lehrpersonen.

Zweck: Die Absicht des Projekts DIWENT war es, dass Studierende mit der Unterstützung von den Kursleitenden, selbständig eine Unterrichtssequenz erarbeiten können, und diese auf der Zielstufe anwenden. Es wird erwartet, dass die zukünftigen Lehrpersonen durch das exemplarische Umsetzen auch langfristig digitale Werkzeuge im NT-Unterricht erproben und einsetzen werden.

Stichprobe/Setting: Der Beitrag fusst auf Erfahrungen der beiden Dozierenden zum Einsatz von Sensoren und Mikrocomputern in einer Kurswoche und auf Beobachtungen in der Begleitung von vier Teilnehmenden in der Umsetzungsphase.

Design und Methode: Im Sinne der designbasierten Forschung werden das Seminar und die Umsetzungsprojekte der beteiligten Studierenden beschrieben und es wird über ausgewählte Beobachtungen im Prozess berichtet.

Ergebnisse: Die individuellen Projekte der Teilnehmenden lassen sich grundsätzlich als gelungen betrachten. Dabei sind sie eher komplexer ausgefallen als für die Unterrichtspraxis sinnvoll. Es hat sich zudem gezeigt, dass die individuellen Voraussetzungen der Teilnehmenden die Begleitung durch die Kursleitung anspruchsvoll macht, sowohl im didaktischen wie auch im fachlichen Bereich.

Folgerungen: Durch vermehrte Vorgaben lässt sich verhindern, dass die Teilnehmenden sich selbst und die technischen Möglichkeiten überfordern. Unser Ansatz bietet wertvolle Anregungen für eine Aufnahme von angewandten Informatikkenntnissen in das reguläre NT-Ausbildungscurriculum an pädagogischen Hochschulen.

Schlüsselbegriffe: *Computer programmieren, Naturwissenschaftsdidaktik, Messverfahren, Sensoren, Ausbildung Lehrer:innen*

¹Pädagogische Hochschule St.Gallen
✉ clemens.waibel@phsg.ch

Digital tools in science and technology lessons – a project with pre-service teachers for lower secondary school

Structured Abstract

Background: The integration of computer science in science classes does not yet play a major role in the training of teachers. There is a lack of role models and self-confidence among prospective teachers.

Purpose: The aim of the DIWENT project was for pre-service teachers to develop a lesson sequence independently with the support of the course leaders and to apply it at the target level. It is expected that by implementing examples, the future teachers will also try out and use digital tools in science lessons in the long term.

Sample/setting: The article is based on the experiences of the two lecturers in the use of sensors and microcomputers in a one-week course and on observations made while supporting four participants in the implementation phase.

Design and method: In the sense of design-based research the seminar and the implementation projects of the participating pre-service teachers are described and selected observations in the process are reported.

Results: The individual projects of the participants can be considered a success in principle. The projects turned out to be more complex than is useful for classroom practice. It also became apparent that the individual prerequisites of the participants made it challenging for the course management to provide support in both didactic and technical areas.

Conclusions: By providing more guidelines, we were able to prevent the participants from overwhelming themselves and the technical possibilities. Our approach offers valuable suggestions for incorporating applied computer science knowledge into the regular science and technology training curriculum at teacher education universities.

Keywords: *computer programming, science pedagogical practices, science measurement methods, sensors, teacher training*

1 Einleitung

Die Studierenden der pädagogische Hochschule St.Gallen, PHSG, haben die Möglichkeit, sich im Fach Medien und Informatik (MI) ausbilden zu lassen. Es fehlt jedoch in der Ausbildung an Anwendungsmöglichkeiten in anderen Fächern, wie dies im Deutschschweizer Lehrplan 21 vorgesehen ist. Das Problem ist, dass die fachorientierte Ausbildung an der Hochschule eher wenig Möglichkeiten zu fächerübergreifenden Projekten bietet. Auch im Praktikum fehlen den Studierenden entsprechende Erfahrungsmöglichkeiten, da mentorierende Praxis-Lehrpersonen für diese Kompetenzen bisher noch nicht ausgebildet wurden. Schweizweit bestehen noch wenig Erfahrungen, wie Studierende am besten für praxisorientierte Anwendungen von digitalen Werkzeugen in MINT-Fächern ausgebildet werden sollen. Das vorliegende Entwicklungs-Projekt hatte die Absicht exemplarisch im Fach Natur und Technik (NT) aufzuzeigen, wie eine solche zukunftsorientierte vertiefende Ausbildung an einer pädagogischen Hochschule aussehen könnte und darzulegen, warum sie sinnvoll ist.

Ein fächerübergreifender, projektartiger Einsatz von digitalen Werkzeugen erweitert den NT-Unterricht und ermöglicht es Lernenden, ein tieferes Verständnis eines Themas zu erlangen, als dies beim Nachvollziehen eines vorbereitenden Versuches mittels Schulbuchs möglicherweise geschieht.

Natur und Technik eignet sich nicht nur für den Informatik-Bereich der Datenerhebung, sondern auch für die Vermittlung von Problemlösungskompetenz bspw. beim Einsatz von Algorithmen zum Modellieren von Ereignissen. Durch digitale Werkzeuge können die Schüler:innen mit Unterstützung der Lehrperson auf individuellere Art und Weise arbeiten, recherchieren, zusammenarbeiten und ihre Ergebnisse präsentieren. Allerdings ist diese Art des Lernens sowohl für Schüler:innen wie auch für die Lehrperson durchaus anspruchsvoll.

Das vorliegende Projekt Digitale Werkzeuge im NT-Unterricht (DIWENT) unterstützte angehende Lehrpersonen der Sekundarstufe 1 dabei, ihr Wissen aus der Fachausbildung für Informatik-Unterricht in den NT-Unterricht zu transferieren und praktisch umzusetzen. Im Rahmen einer Pilot-Studie wurde an der PHSG eine einwöchige Projektwoche mit dem Ziel der Entwicklung eines Unterrichtsangebots zur Nutzung von digitalen Werkzeugen im NT-Unterricht – spezifisch Sensoren - angeboten. Im Folgenden werden der theoretische Hintergrund, die Umsetzung und die Ergebnisse vorgestellt. Die Fragestellung war, welche Lernumgebungen die Studierenden entwickeln, welche Qualität diese Lernumgebungen aufweisen und welche Kompetenzen und Motivation sich bei den Studierenden beobachten lassen. Diskutiert wird, ob und wie sich solche Projekte vermehrt in der Ausbildung integrieren lassen.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Transversale Anwendung von Informatik-Kompetenzen

Der aktuelle nationale Lehrplan der deutschsprachigen Schweiz, Lehrplan21, sieht die NT-Lehrpersonen in einer führenden Rolle bei der Umsetzung der transversalen Kompetenzen des Faches Informatik (Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz (D-EDK), 2016). In vielen Lehrplänen weltweit wird davon ausgegangen, dass Informatik – englisch: Computer Science (CS) – eine wichtige Rolle in der NT-Bildung spielen wird (Mukherjee, 2013). In jüngster Zeit wurde in der Ausbildung von Informatik-Lehrpersonen an Schweizer Schulen damit begonnen, erste Schritte in der Programmierung zu unternehmen, z. B. auf der Grundlage von Computerspielen und Simulationen oder Robotik (El-Hamamsy et al., 2021; Repenning et al., 2020). Allerdings sind nicht alle angehenden Lehrpersonen an solchen Themen interessiert, da einige lieber etwas über Medien als über Informatik lernen (Schmalfeldt, 2021). Insgesamt (und nicht spezifisch für die Schweiz) nimmt der Einsatz von Medien im Unterricht zu, während die Umsetzung von Informatik-Themen wie Modellierung oder Codierung im Fachunterricht weniger häufig zu sein scheint (Döbeli Honegger et al., 2019; Kurth & Wodzinski, 2020; Mouza et al., 2022). Die Naturwissenschaften haben sich in den letzten Jahrzehnten stark verändert, wobei der zunehmende Einsatz experimenteller Ansätze vor allem auf die Verfügbarkeit leistungsfähiger Computer, den Zugang zu neuen Analysemethoden und die Entwicklung detaillierterer Berechnungsmodelle zurückzuführen ist (Weintrop et al., 2016). Es besteht ein wachsender Bedarf, Schüler:innen in der Anwendung digitaler Werkzeuge auszubilden, um diese sich schnell verändernde Landschaft in allen mathematischen und naturwissenschaftlichen Disziplinen zu unterstützen. Die Integration von NT und Informatik mit angepassten Aufgaben für beide Fächer wird wahrscheinlich einen Wechsel zwischen text- und papierbasierten Aktivitäten und digitalbasierten Tools erfordern (Cateté et al., 2018; Waterman et al., 2020). Die Lehrpersonen sollten jedoch die Anzahl der Tools begrenzen und den Schüler:innen ausreichend Zeit geben, damit sie sich mit jedem Tool/jeder Software vertraut machen können. Giannakos et al. (2015) empfehlen, der Entwicklung geeigneter Lernszenarien und Beispiele für den Informatik-Unterricht besondere Aufmerksamkeit zu widmen, die zur Verbesserung des Lernerfolgs der Schüler:innen beitragen, da sie den Unterricht der Lehrperson erleichtern. Genauer gesagt, könnte an der Schnittstelle zum naturwissenschaftlichen Unterricht die Sammlung von Computerdaten (Datenprotokollierung) mit Hilfe von Sensoren ein attraktiver Weg sein, um solche Werkzeuge für die weitere Visualisierung und Modellierung zu nutzen (Barbor, 2013). Im Projekt Eco-sensors4Health beispielsweise wurden Sensoren von Primarschüler:innen verwendet, um die Gesundheit der Umwelt zu messen und die Daten für die konsequente Verbesserung der Schulumgebung zu diskutieren (Silva, 2020). Barr and Stephenson (2011) zeigen auf, wie spezifische CS-Fähigkeiten in spezifische oder kombinierte MINT-Fächer integriert werden könnten. Weintrop et al. (2016) haben diese Arbeit weiterentwickelt und eine andere Taxonomie mit Unterrichtsbeispielen vorgeschlagen. Das GUTS-Projekt (Growing Up Thinking Scientifically;

<https://www.projectguts.org/>) ist ein Beispiel dafür, wie CS durch CS-Praktiken wie Modellierung und Simulation in den naturwissenschaftlichen Unterricht integriert werden kann (Ridgway, 2018). Weitere Beispiele für die Integration von CS in den naturwissenschaftlichen Unterricht finden sich in Anhang 3 des kalifornischen Science Framework von 2016 für öffentliche Schulen (California State Board of Education, 2018). In der Schweiz liefert das Smartfeld-Projekt (<http://www.smartfeld.ch/>), an dem die Autoren mit einer Studie beteiligt waren, ein konkretes Beispiel dafür, wie CS- und Engineering-Praktiken in einer leistungsstarken Lernumgebung kombiniert werden können. Die Studie ermöglichte es angehenden Lehrpersonen, Erfahrungen in einem naturwissenschaftlichen Unterricht zu sammeln, in dem CS integriert ist (Smit et al., 2024).

2.2 Fehlende Praxiserfahrungen in der Lehrpersonenausbildung

Angehende Lehrpersonen der Sekundarstufe 1 haben wenig Anwendungsmöglichkeiten von Informatikkompetenzen im NT-Unterricht (Tsybulsky & Levin, 2017). Einerseits wird dies in der Ausbildung eher am Rand behandelt, andererseits fehlt es in der Praxis an kompetenten Praxislehrpersonen (Sadik & Ottenbreit-Leftwich, 2023). Amtierende Lehrpersonen des Faches NT könnten Informatik-Kompetenzen erwerben, indem sie mit ihren Schüler:innen an Kursen teilnehmen, die von Informatik-Fachpersonen angeboten werden (Cateté et al., 2018). Doch selbst dann zeigen einige Lehrpersonen der Naturwissenschaften eine mangelnde Sensibilität für Informatik-Aktivitäten. So hatten die Lehrpersonen beispielsweise Schwierigkeiten mit alternativen Codierungslösungen, die von den Schüler:innen gefunden wurden. Sie waren der Ansicht, dass doch eigentlich nur die Lösung der Lehrperson richtig sei. Aus didaktischer Sicht sollte die Lehrperson weniger instruieren, nicht den Schüler:innen zeigen, wie sie vorgehen sollen, sondern mehr moderieren und mögliche Lösungen diskutieren. Weiter benötigen die Lehrpersonen auch Hilfe beim Verstehen von der Informatik nahestehender Konzepte in ihren didaktischen Unterlagen, wie bspw. das Konzept «computational thinking» (Cateté et al., 2018).

Eines der grössten Hindernisse bei der Umsetzung eines effektiven Informatikunterrichts in Schulen sind die mangelnden Selbstwirksamkeitsüberzeugungen der Lehrpersonen (Elstad & Christophersen, 2017; Han, Shin, & Ko, 2017). Leider mangelt es selbst amtierenden Lehrpersonen, die ein gutes Verständnis von Informatik haben, an Selbstvertrauen beim Unterrichten. Einerseits weil ihnen das fachdidaktische Wissen fehlt und andererseits, weil es an passenden Lehrmitteln mangelt (Wu et al., 2018). Eine genauere Betrachtung legt nahe, dass es sich dabei hauptsächlich um einen Mangel an Selbstwirksamkeitsüberzeugungen der Lehrpersonen handelt in Bezug auf das Aufzeigen wie Informatik zu nutzen ist. Es geht weniger um Überzeugungen, die sich auf ihre eigene Informatik-Kompetenzen beziehen (Tondeur et al., 2018). Folglich berichten angehende Lehrpersonen, dass sie in ihren Praktika nicht viele schüler:innenzentrierte, offenere Informatik-Lernsituationen vorfinden (McGarr & Gavaldon, 2018; Røkenes & Krumsvik, 2016).

In der Lehrpersonenausbildung wird immer noch untersucht, wie Lehrpersonen aus anderen Fachbereichen darauf vorbereitet werden können, Informatik in ihren Fachunterricht zu integrieren (Yadav et al., 2017). Insbesondere müssen die Ausbilder:innen den künftigen Lehrer:innen die Inhalte, die Didaktik und die Unterrichtsstrategien vermitteln, um Informatik auf sinnvolle Weise in ihre Lehrpläne und ihre Praxis einzubinden. Zukünftige Lehrer:innen müssen ihre Schüler:innen in die Lage versetzen können, die Kernkonzepte der Informatik zur Lösung disziplinspezifischer und interdisziplinärer Probleme zu nutzen. Milner-Bolotin (2019) hebt hervor, dass angehende NT-Lehrpersonen vielfältige Gelegenheiten benötigen, um zu lernen, ihr digitales Wissen in der Praxis anzuwenden. Sie fügt hinzu, dass die Gestaltung solcher Lernumgebungen im Fachdidaktik-Unterricht am besten in gemeinsamen Projekten mit Mitstudierenden erprobt werden sollte. Ähnliche Empfehlungen für mehr Angebote, in denen Lehrpersonen Informatik in andere Fächer integrieren können, finden sich in Untersuchungen von Mouza et al. (2022).

Insgesamt hat die Forschung noch nicht geklärt, wie künftige Lehrpersonen am besten geschult werden können, um ihre Einstellungen oder Überzeugungen gegenüber der Nutzung von Informatik positiv zu entwickeln (Wilson, 2021). Das Geschlecht könnte eine weitere Variable sein, die es hier zu berücksichtigen gilt. Frauen scheinen in Bezug auf ihre Informatik-Kompetenzen weniger Selbstvertrauen zu haben als Männer und sind in der Informatik-Berufswelt viel weniger sichtbar, insbesondere in der Schweiz (Cussó-Calabuig et al., 2018). In einer Studie von Tondeur et al. (2018) hatten jedoch weder das Geschlecht noch das Alter einen Einfluss auf die Überzeugungen von angehenden Lehrpersonen, während sich in einer Studie aus Estland positivere Wahrnehmungen von männlichen angehenden Lehrpersonen und weniger positive Wahrnehmungen in Bezug auf das Alter zeigte (Luik et al., 2018). Auch Repenning et al. (2019) betonen, dass das Geschlecht bei der Vorbereitung von Lehramtsstudiengängen in Informatik berücksichtigt werden muss. Sie berichteten, dass sich die Selbstwirksamkeit von Frauen in Informatik-Pflichtkursen angehender Lehrpersonen im Vergleich zu männlichen Lehramtsstudenten weniger positiv entwickelte.

2.3 Gestaltung von NT-Lernumgebungen zur Integration von Informatik-Anwendungen

Aus der Sicht der Schüler:innen hat sich gezeigt, dass die Integration von computergestützter Modellierung und Programmierung in naturwissenschaftliche Fächer einen grossen Lernerfolg bringt (Dickes & Farris, 2019; Leonard et al., 2016). Das Verständnis der Schüler:innen für naturwissenschaftliche Konzepte kann durch die Integration von Informatik-Anwendungen verbessert werden (Dickes & Farris, 2019). NT-Lehrpersonen sollten verstärkt Anwendungen von Informatik nutzen, beispielsweise Programmieren oder auch den Umgang mit Informationen, um Ergebnisse zu

kommunizieren und die Zusammenarbeit zwischen Schüler:innen zu fördern. Dabei sollten auch Elemente der Digitalisierung in den Naturwissenschaften und der Technik, wie etwa die Sensorik, einbezogen werden. Die Suche nach Informationen im Internet, die Bewertung der Zuverlässigkeit von Informationsquellen und die Interpretation von Daten, die in externen Datenbanken verfügbar sind, sind Beispiele für die Beschaffung, Bewertung und Kommunikation von Informationen (California State Board of Education, 2018). Informatik-Anwendungen unterstützen das forschende Lernen in den Naturwissenschaften (Chu et al., 2017; Lai et al., 2018). So halfen beispielsweise virtuelle Modelle den Schüler:innen, physikalische Experimente zum Bakterienwachstum besser zu verstehen (Blikstein et al., 2016). Durch die Integration von Informatik in den naturwissenschaftlichen Unterricht werden die Schüler:innen der Sekundarstufe besser auf die Arbeitswelt des 21. Jahrhunderts vorbereitet, in der sich die Computer-Technologien in rasantem Tempo weiterentwickeln (Pringle et al., 2015). Umgekehrt gilt auch, dass Naturwissenschaften und Mathematik einen sinnvollen Kontext (und eine Reihe von Problemstellungen) anbieten, innerhalb dessen Informatik angewendet werden kann (Wilensky et al., 2014). Ein solcher integrativer Informatik-Unterricht unterscheidet sich vom Unterricht in Form eines fachspezifischen Kurses dadurch, dass die Aufgaben, die den Schüler:innen gestellt werden, weniger von realen Problemen und Anwendungen abgekoppelt sind (Weintrop et al., 2016). Reichhaltige, ergebnisoffene Aufgaben für Mathematik und Naturwissenschaften, die absichtlich so gestaltet sind, dass sie Schüler:innen zum Denken auf höherer Ebene anregen, sind effektive Lernmöglichkeiten für CS (Rich et al., 2020). Ein Gefühl der Authentizität und der Anwendbarkeit in der realen Welt ist wichtig, um Schüler:innen der Sekundarstufe für mathematische und naturwissenschaftliche Aktivitäten zu motivieren. Neben den Vorteilen für das Wissen der Schüler:innen zeigt die Integration von Informatik in den Naturwissenschaften auch Auswirkungen auf ihre Überzeugungen und Orientierungen (Einstellungen), die wiederum die Lernmotivation beeinflussen. Nützlichkeitsüberzeugungen können bspw. gefördert werden, wenn Schüler:innen den Lernstoff als mit ihrem Leben verbunden erleben (Hulleman & Harackiewicz, 2009; Hulleman et al., 2017).

3 Methode

Im Projekt DIWENT lernten Studierende der Sekundarstufe 1 auf Projektbasis, digitale Werkzeuge (digitale Sensoren, Mikro-Computer, visuelle Computerprogramme) für den NT-Unterricht anzupassen, zu entwickeln und einzusetzen. Die Pädagogische Hochschule Bern (PHBern) bietet als interdisziplinär-überfachliches Wahlangebot einen vergleichbaren Kurs an. Unter der Leitung von Prof. Dr. Michele Notari erarbeiten die Student:innen dort Szenarien, um den NT-Unterricht mit Hilfsmitteln aus dem Bereich der Informatik das Fach Natur und Technik wesentlich zu unterstützen und zu ergänzen. Das Projekt DIWENT weist insofern eine Erweiterung auf, da es im Gegensatz zum Kurs der PH-Bern auch eine praktische Umsetzungsphase beinhaltet. Ziel ist es zu zeigen, dass die Kombination der Fächer «Natur und Technik» und «Informatik» einen festen Platz in der Ausbildung angehender Lehrpersonen haben sollte. Zu diesem Zweck wurden Unterrichtssequenzen entwickelt und auf der Zielstufe erprobt. Damit knüpfen wir an die Tradition der designbasierten Forschung an. Designbasierte Forschung ist eine Methodik, die empirische Bildungsforschung mit der Gestaltung von Lernumgebungen verbindet, um die Wirksamkeit von Bildungsinnovationen zu untersuchen (None, 2003). Es handelt sich um einen systematischen und flexiblen Ansatz, der darauf abzielt, Bildungspraktiken durch iterative Analyse, Gestaltung, Entwicklung und Umsetzung zu verbessern und die Zusammenarbeit zwischen Forschenden und Lehrpersonen in realen Umgebungen zu fördern (Bakker, 2018).

Im Rahmen des designbasierten Forschungsansatzes wurde das Wahlangebot als Intervention genutzt, um die Entwicklung und Gestaltung von Lernumgebungen zu fördern (Sandoval, 2004). In einer conjecture map (Sandoval, 2004) wäre die unabhängige Variable die Werkzeuge, welche den Rahmen für die Entwicklung der Lernumgebungen vorgeben und die gestalterischen Möglichkeiten der Studierenden beeinflussen (Abbildung 1). Die Artefakte stellen hierbei die vier Lernumgebungen dar, die die Studierenden im Laufe des Kurses erarbeiteten. Die Beschreibung der Lernumgebungen für die Praxis entwickelte sich individuell zwischen Kursleitung und Student:innen im Laufe des nächsten Semesters. Auch wurden die Tätigkeiten der Studierenden von der Kursleitung beobachtet, rückgemeldet und ihre Motivation wurde spontan, aber auch am Kursende erhoben. Als abhängige Variablen lassen sich erworbenes Wissen sowie die Motivation der Studierenden bezeichnen. Erfolg zeigt sich in der designbasierten Forschung, wenn Bildungspraktiken verbessert werden konnten, systematisch und zielgerichtet gearbeitet wurde und die Teilnehmenden während des gesamten Forschungsprozesses einbezogen waren (Trimmer, 2020). Das Design des Wahlangebots wurde durch die Rückmeldungen und Ergebnisse der Studierenden laufend angepasst, aber nicht als Ganzes iterativ wiederholt. Das Wahlangebot konnte im folgenden Jahr nicht mehr ausgeschrieben werden.

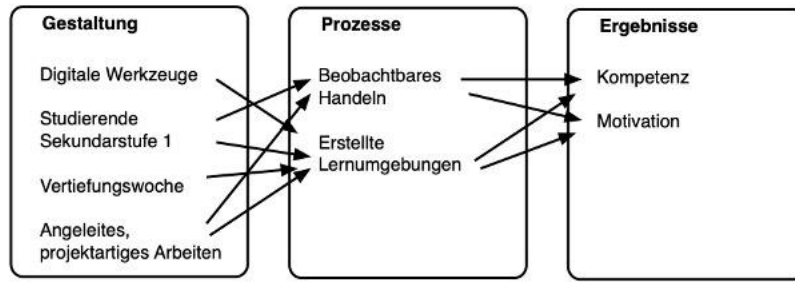


Abb. 1. Conjecture map zur Durchführung des Projektes DIWENT

Das Projekt startete mit der Vorbereitung im Herbst 2022. Dazu gehört auch die Anwerbung der teilnehmenden Studierenden. Die eigentliche Durchführung mit den Teilnehmenden geschah dann im ersten Halbjahr 2023, gefolgt von der Umsetzungsphase im zweiten Halbjahr 2023. Das Projekt wurde als Wahlangebot an der Hochschule ausgeschrieben.

Im Rahmen des Projekts nahmen vier Teilnehmer teil, darunter drei männliche Studenten verschiedener Semester und ein ausgebildeter Lehrer. Die Altersspanne der Teilnehmer reichte von 20 bis 30 Jahren, mit unterschiedlichen akademischen und beruflichen Hintergründen. Einer der Teilnehmer hat eine technische Grundausbildung absolviert und war zum Zeitpunkt des Kurses im Studiengang Phil II an der Pädagogischen Hochschule St. Gallen (PHSG). Die beiden anderen Teilnehmer waren im Studiengang Phil I an der PHSG eingeschrieben. Die teilnehmende Lehrperson unterrichtet auf der Primarstufe und engagiert sich zusätzlich im Smartfeld St. Gallen. Insbesondere leitet sie dort Coding-Kurse für Kinder und Jugendliche.

Der einwöchige Kurs gliederte sich in drei Teile und bestand aus einem Theorie-, Erarbeitungs- und Praxisteil (Abbildung 2).

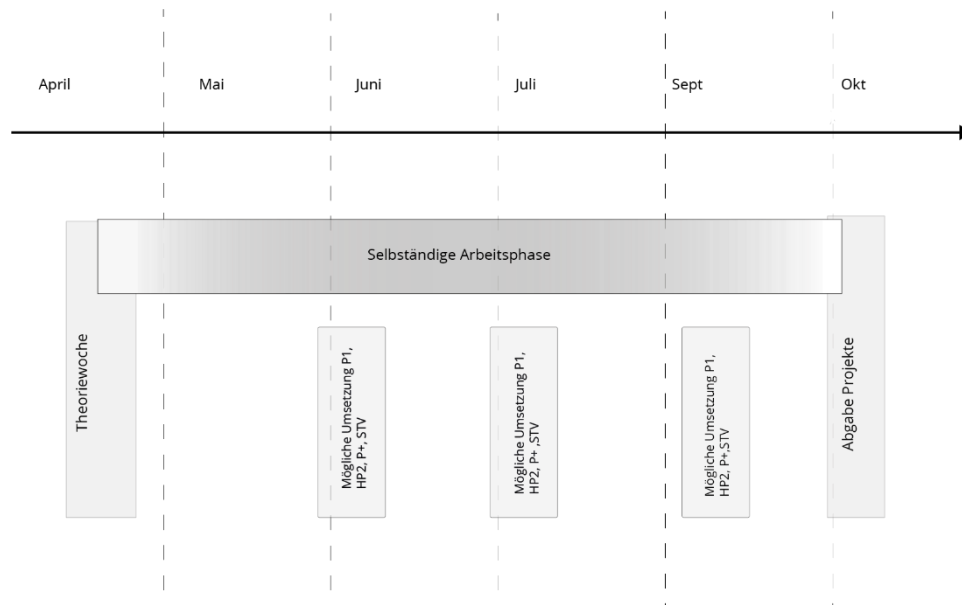


Abb. 2. Projekttablauf: Durchführung zweites Halbjahr 2023. HP = Halbtagespraktikum, P = Praktikum, STV = Stellvertretung.

Die Teilnehmenden wurden in den Umgang mit digitalen Werkzeugen, wie z.B. Programmierplattformen, eingeführt und erhielten eine exemplarische Vermittlung, wie sie diese Werkzeuge in den Fachbereich Natur und Technik integrieren konnten. Es folgte die Entwicklung der Unterrichtssequenz in Form einer selbstständigen Arbeitsphase. Für die Gestaltung der Unterrichtseinheiten wurde umfangreiches Material aus dem sogenannten Maker-Bereich verwendet, das kreative, technisch orientierte Projekte ermöglicht. Ein zentrales Element war der Einsatz von Mikrocontroller-Boards wie Arduino UNO und BBC micro:bit, die als kompakte, programmierbare Einheiten dienen. Diese Geräte ermöglichen es, digitale Technologien mit der physischen Welt zu verknüpfen – ein Ansatz, der als “Physical Computing” bezeichnet wird. Dabei können verschiedene externe Sensoren angeschlossen werden, um physikalische Messgrößen wie Sauerstoff- oder Kohlendioxidgehalt zu erfassen.

Neben den internen Sensoren dieser Mikrocontroller-Boards wurden auch externe Sensoren genutzt, um komplexere Messungen durchzuführen. Zur Datenübertragung und -verarbeitung kamen zudem unterschiedliche Kommunikationsprotokolle zum Einsatz, beispielsweise für kabellose Verbindungen.

Eine Reflexions- und Austauschphase mit der Kursleitung und den Kursteilnehmenden fand parallel und abschliessend statt.

Im praktischen Teil wurden die Unterrichtseinheiten von den Teilnehmenden entweder an einer Schule oder in einem schulnahen Umfeld umgesetzt. Die Umsetzung konnte im Rahmen einer Stellvertretung (STV) oder in verschiedenen Formaten an der Pädagogischen Hochschule erfolgen. Beispiele hierfür sind das dreiwöchige Kompaktpraktikum (P1) oder das Halbtagespraktikum (HPC), in denen die Studierenden an Schulen unterrichteten, oder das selbstorganisierte Kompaktpraktikum (P+).

4 Ergebnisse

Wir beschreiben im Folgenden den Verlauf des Designprozesses. Beginnen wir mit der Gestaltung des Projektes (Abbildung 1). Die Kurswoche erstreckte sich über vier Tage und umfasste einen theoretischen Überblick sowie die Präsentation vorhandener Unterrichtsmaterialien. Der Schwerpunkt der Einführung lag auf der Vorstellung digitaler Plattformen als Lehrwerkzeuge mit dem Ziel der Entwicklung von einzelnen Unterrichtseinheiten. Dazu gehörte eine theoretische Einführung in die Bedeutung digitaler Werkzeuge im NT-Unterricht. Hierbei wurden das Forschungsprojekt USEFIT (Smit et al., 2024) und das TPACK-Modell (Mishra & Koehler, 2006) vorgestellt, gefolgt von einer Erläuterung des erwarteten Produkts des DIWENT-Projektes.

Eine Einführungsaufgabe forderte die Teilnehmenden auf, Schnittstellen zwischen NT- und Informatik-Kompetenzen zu identifizieren. Weiter diente eine bestehende Unterrichtssequenz als Referenz. In dieser wurde die Bewegungsmessung mittels verschiedener Sensoren in Smartphones durchgeführt. Eine App ermöglichte dabei das Auslesen der Sensordaten als Zahlenwerte. Am darauffolgenden Tag wurden verschiedene Entwicklungsplattformen exemplarisch vorgestellt. Ein besonderer Fokus lag auf der Programmierung von Mikrocontrollern und deren Möglichkeiten zur Einbindung von Sensoren. Die Tage drei und vier des Workshops waren für individuelle Arbeiten vorgesehen. Hier liessen sich die Designprozesse (Abb. 1) beobachten. Die Teilnehmer entwickelten zügig thematische Schwerpunkte und konkretisierten diese anhand ihrer Lernziele aus dem Lehrplan, die als Grundlage für die Unterrichtseinheiten dienten. Tabelle 1 enthält eine Übersicht der Lernziele und Kompetenzen gemäss Lehrplan 21 (Deutscheschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz (D-EDK), 2016). Dabei verknüpften die Teilnehmer ihre Projektideen oft mit persönlichen Interessen und Vorerfahrungen. Zum Beispiel basiert die Idee einer Unterrichtseinheit zur Pulsmessung auf dem sportlichen Engagement eines Teilnehmers, während ein anderes Projekt die CO₂-Messung und drahtlose Übertragungstechnik integrierte, inspiriert von einer im Unterricht genutzten umständlichen CO₂-Nachweis-Methode. Ein weiterer Teil der Designprozesse sind die erstellten Lernumgebungen in Form von Unterrichtseinheiten. Die Unterrichtseinheiten sollten den Schüler:innen praktische Erfahrungen im Umgang mit digitalen Werkzeugen und Sensoren ermöglichen und ihnen zeigen, wie solche Technologien im Alltag und in der Wissenschaft eingesetzt werden können. Die Kursleitung unterstützte die Teilnehmer sowohl technisch als auch pädagogisch-didaktisch. In einem weiteren Schritt wurden die meisten Ideen für Lernumgebungen bereinigt und reduziert. Zudem wurde betont, dass der Fokus nicht nur auf persönlichen Interessen, sondern auch auf den Bedürfnissen der zukünftigen Nutzer:innen, insbesondere Lehrpersonen, liegen sollte. Dies erforderte eine kontinuierliche Anpassung (Schleifen im Designprozess) der Lernumgebungen im Hinblick auf die praktische Anwendbarkeit im Unterricht. In den Tabellen 1 und 2 sind die vier Unterrichtseinheiten, die verknüpften Lernziele und Kompetenzen aufgeführt, respektive beschrieben.

Tab. 1. Übersicht Unterrichtseinheiten und Lernziele

Unterrichtseinheit	Lernziele	Kompetenzen gemäss Lehrplan 21
“Pulsierend” - Sensorik im NT-Unterricht	<p>Die Schüler:innen können:</p> <ul style="list-style-type: none"> - die Funktion eines Sensors nachvollziehen und verstehen. - mit einer Anleitung den BBC micro:bit richtig bedienen. - einen Puls mit dem Pulssensor messen. - ihren Puls gefühlt am Handgelenk messen. - die Funktion von Arterien, Venen und Kapillaren verstehen. 	<p>NT.1.2.c MI.2.1.b NT 7.2.3a</p>
“YourAir” - lässt dich Aufatmen	<p>Die Schüler:innen können:</p> <ul style="list-style-type: none"> - physikalische Grössen (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Kohlenstoffdioxid und Sauerstoff) in Diagrammen darstellen und erkennen. - technische Geräte auf verschiedene Anwendungsmöglichkeiten hin austesten. - Fragestellungen und Hypothesen festlegen und entsprechend bearbeiten. - Daten auf den Computer übertragen und bearbeiten. - Einflussfaktoren bei der Durchführung von Versuchen identifizieren. - Stoffumwandlungen untersuchen und beschreiben. 	<p>MI.2.1.j NT.1.2.b NT 3.1 NT.7.2</p>
“Smart Farming” - Digitale Wetterstation	<p>Die Schüler:innen können:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vermutungen anstellen, wie verschiedene Wetterbedingungen eine Pflanze beeinflussen, und die optimalen Bedingungen für Temperatur, Feuchtigkeit, Lichtintensität und Schutz vor Niederschlag ermitteln. - mithilfe von Makecode ein Programm schreiben, das zur Messung und Anzeige von Sensordaten dient. - mithilfe eines BBC micro:bit die Temperatur, Bodenfeuchtigkeit, Luftdruck und Helligkeit messen und auf einem PC anzeigen lassen. 	<p>MI.2.2.h MI.2.1.j NT.1.2.b NT.9.3.b NT.9.3.c RZG.3.1.c</p>
“Vivarium” - messbares Mini-Ökosystem	<p>Die Schüler:innen können</p> <ul style="list-style-type: none"> - verschiedene abiotische Faktoren aufzählen. - Zusammenhänge zwischen biotischen und abiotischen Wechselwirkungen erkennen. - verschiedene Messmethoden anwenden. - Messdaten über einen längeren Zeitraum sammeln und visuell darstellen. - Daten von einem BBC micro:bit auf einen PC übertragen. - Diagramme (pH-Kurve / Temperaturdiagramm) lesen und daraus Hypothesen über den Zustand ihres Ökosystems ableiten. 	<p>MI.1.4.f MI.2.1.j NT.9.1.a NT.9.1.b NT.9.1.c</p>

Tab. 2. Projekttitel

Projekttitel	Kurze Beschreibung der Ziele/Lektionsinhalte (Stichworte)
<p>„Pulsierend“ - Sensorik im NT-Unterricht</p>	<p>(Erstes Projekt exemplarisch ausführlicher beschrieben)</p> <p>Dieses Projekt ist eine Unterrichtssequenz für die Sekundarstufe I, die aus zwei Lektionen besteht. Die Schüler:innen lernen den Umgang mit einem Pulsoximeter, Pulssensor und einem BBC micro:bit kennen.</p> <p>Zu Beginn gibt es einen kurzen Theorieteil über die Rolle des Herzens und des Blutes. Dann arbeiten die Schüler:innen an vier verschiedenen Stationen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Puls am Handgelenk messen 2. Pulsoximeter verwenden und Puls bei verschiedenen Aktivitäten messen 3. Pulssensor mit einem BBC micro:bit verbinden und Funktion verstehen 4. Aufgaben aus dem Lehrmittel NaTech 7 zum Stofftransport und Blutkreislauf bearbeiten <p>Der Pulssensor und das Pulsoximeter funktionieren nach dem gleichen Prinzip - sie messen die Lichtabsorption/Remission, um den Puls zu erkennen. Im konkreten Fall funktioniert ein optischer Sensor mit einer Licht-emittierenden Diode (LED) und einem Photosensor. Das Grundprinzip basiert darauf, dass Blut je nach Sauerstoffgehalt unterschiedlich Licht absorbiert.</p> <p>Der Sensor wird typischerweise am Finger, der Ohrmuschel oder einer anderen gut durchbluteten Stelle platziert. Die LED sendet Licht einer bestimmten Wellenlänge (meist Infrarotlicht) in die Haut. Dieses Licht wird von den Blutgefäßen in der Haut unterschiedlich stark absorbiert, je nachdem wie viel Blut sie gerade führen.</p> <p>Der Photosensor befindet sich auf der gegenüberliegenden Seite und misst die Menge des transmittierten/remittierten Lichts, das die Haut passiert hat. Bei jeder Kontraktion des Herzens strömt kurzzeitig mehr Blut in die Gefäße. Dadurch ändert sich die Absorption und der Photosensor registriert einen kurzzeitigen Abfall der empfangenen Lichtintensität. Durch Auswertung dieser zyklischen Intensitätsschwankungen kann der Sensor die Pulsfrequenz ermitteln.</p> <p>Die Messung profitiert davon, dass Hämoglobin im Blut je nach Sauerstoffsättigung unterschiedliche Absorptionsspektren aufweist. Im Prinzip arbeiten auch Pulsoximeter und die Sensoren in Smartwatches nach diesem optischen Messprinzip, nur robuster und mit genaueren Algorithmen ausgestattet.</p> <p>Die Lernziele sind unter anderem, die Funktion eines Sensors nachvollziehen zu können, den Puls richtig zu messen und die BBC micro:bits zu bedienen. Der pädagogische Mehrwert liegt darin, dass die Schüler:innen die Funktionsweise ihres Körpers und moderner Sensoren besser verstehen.</p> <p>Das Projekt wurde in einer 7. Klasse erprobt.</p>
<p>„YourAir“ - lässt dich Aufatmen</p>	<p>Das Projekt YourAIR wurde entwickelt, um Schüler:innen durch die Messung von CO₂, O₂, Temperatur und Luftfeuchtigkeit ein besseres Verständnis von Natur und Technik zu vermitteln. Es ermöglicht nicht nur die Datenerfassung, sondern auch die Einstellung von Messparametern, um zeitliche Veränderungen zu analysieren. Mit diesem flexiblen System können Schüler:innen direkt in den Messprozess eingreifen und lernen, wie verschiedene Faktoren, wie z.B. geöffnete Fenster, die Messungen beeinflussen.</p>
<p>„Smart-Farming“ - Digitale Wetterstation</p>	<p>Dieses Projekt zielt darauf ab, Schüler:innen der 6. und 7. Klasse die Erstellung und Nutzung einer digitalen Wetterstation beizubringen, um die Pflege von Pflanzen zu optimieren. In ca. 8-12 Unterrichtseinheiten lernen die Schüler:innen, verschiedene Wetterdaten wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftdruck und Helligkeit zu messen und auszuwerten, wobei sie die Programmierumgebung Makecode und einen BBC micro:bit verwenden.</p> <p>Durch eigenständige Recherche und Beobachtungen sollen sie die optimalen Bedingungen für ihre Pflanzen ermitteln und entsprechende Programme erstellen. Das Projekt fördert das Verständnis für moderne landwirtschaftliche Technologien und deren Anwendung im eigenen Garten.</p>
<p>„Vivarium“ - Ein Mini-Ökosystem mit Sensoren</p>	<p>Mit einem überschaubaren Mini-Ökosystem, sowie Sensoren zur Messung von Temperatur, Trübung und pH-Wert, soll den Schüler:innen veranschaulicht werden, welche Faktoren die Qualität eines Biotops beeinflussen und wie diese im größeren Zusammenhang unsere Umwelt betreffen. Gleichzeitig lernen die Schüler:innen durch den Einsatz digitaler Werkzeuge wie dem BBC micro:bit und den zugehörigen Sensoren, Daten zu erfassen, auszulesen und zu visualisieren.</p>

Die Unterrichtseinheiten sind praxisnah gestaltet und wurden bereits im Unterricht getestet, was eine Optimierung der Materialien und deren praktische Umsetzbarkeit ermöglichte. Die Bewertung der Qualität der Unterrichtseinheiten durch die Kursleitung erfolgte im Anschluss an die Erprobung und lieferte wichtige Erkenntnisse für die Weiterentwicklung. Die Bewertung wird im Folgenden genauer erläutert.

Die Unterrichtseinheiten sind im Lehrplan 21 verankert und orientieren sich an den vorgegebenen Kompetenzen, wodurch eine klare fachliche Relevanz gewährleistet ist. Themen wie Messverfahren, Datenerhebung und Sensorik stehen im Mittelpunkt, und die methodische Umsetzbarkeit im Klassenzimmer ist grundsätzlich gegeben. Allerdings zeigte sich, dass komplexere Einheiten einen höheren Vorbereitungsaufwand oder zusätzliche Unterstützung durch externe Personen erfordern. Obwohl die benötigte Infrastruktur bezahlbar und in der Regel verfügbar ist, fehlen Hinweise, ob die Hardware ausgeliehen werden kann, um die Budgetfreundlichkeit weiter zu steigern. Einige Unterrichtseinheiten, die auf eine geringe Anzahl Lektionen ausgelegt sind, erweisen sich als nur in kleineren Gruppen oder unter idealisierten Bedingungen durchführbar. Hierbei wurde das Vorwissen der Schüler:innen und Lehrpersonen nicht immer ausreichend berücksichtigt, was für einen reibungslosen Ablauf und ein effizientes Fortschreiten entscheidend ist. Eine klarere Hervorhebung des erforderlichen Fachwissens und dessen Einfluss auf den Zeitbedarf in den Materialien wäre hilfreich.

Die Kompetenzentwicklung der Kursteilnehmenden war eng mit den Prozessen und Herausforderungen während der Projektwoche verknüpft. Technische Unterstützung war insbesondere bei der visuellen Programmierung, der Auswahl geeigneter Hardware und der Integration von Sensoren erforderlich. Häufig mussten Kompromisse zwischen optimalen Lösungen und kostengünstigeren Alternativen gefunden werden. Beispielsweise war die Einbindung analoger Signale oft einfacher, erforderte jedoch eine aufwändigere Kalibrierung. Bei der Programmiersprache Makecode bestand die Herausforderung häufig in der Auswahl passender Bibliotheken zur Kommunikation mit den Sensoren.

Im Folgenden wird eine Einschätzung zur erworbenen Kompetenz und zur Motivation der Studierenden im Projekt gegeben. Die Studierenden entwickelten im Rahmen der Projektwoche, der anschließenden Umsetzungsphase und der Erprobung im Praxisumfeld verschiedene Informatik-Kompetenzen und Problemlösestrategien. Besonders herausfordernd waren die anspruchsvollen, selbst gewählten Aufgaben im Bereich des Physical Computing. Dabei setzten die Studierenden oft komplexe Messverfahren und Datenübertragungsprotokolle ein, die in kleinere, funktionale Einheiten zerlegt werden mussten – ein zentraler Bestandteil des Computational Thinking.

Die Entwicklung der Kompetenzen war eng mit den Vorerfahrungen und der Ausbildung der Teilnehmenden verknüpft. Insbesondere die begrenzte informatische Vorbildung der Studierenden erschwerte die weitere Entwicklung von Informatik-Kompetenzen. Gespräche während der Projektwoche verdeutlichten, dass diese Kompetenzen oft erst während der Projektwoche grundlegend erarbeitet werden mussten.

Im Gegensatz dazu konnten die Studierenden im fachdidaktischen Bereich auf fundierte Kenntnisse und Methoden aus ihrer Ausbildung an der PHSG zurückgreifen. Dadurch waren sie in der Lage, Unterrichtskonzepte sicher zu gestalten, um effektive Lernumgebungen zu entwickeln.

Die Erprobung in einem schulischen oder schulnahen Umfeld trugen wesentlich zur Weiterentwicklung der Fähigkeiten digitale Werkzeuge im NT-Unterricht einzubetten bei.

Die Motivation der Studierenden war zu Beginn hoch, nahm jedoch ab, als die Umsetzung der Projekte zunehmend komplexer wurde. Dies hatte damit zu tun, dass die selbstgewählten Aufgabenstellungen mit einer Vielzahl von Sensoren oder umfangreichen Datenverarbeitungsprozessen die technischen und zeitlichen Ressourcen teilweise überforderten. Dies führte zu Frustration, insbesondere bei Aufgaben, die mehrfach überarbeitet werden mussten oder deren technische Umsetzung langwieriger war als erwartet. In solchen Fällen war intensive Unterstützung durch die Kursleitung erforderlich, um Fortschritte zu erzielen. Dennoch konnten die Teilnehmenden durch den iterativen Charakter der Projekte und die Erprobung in einem schulnahen Umfeld wertvolle Kompetenzen entwickeln, auch wenn die Entwicklung der Informatik-Kompetenzen hinter den fachdidaktischen Kompetenzen zurückblieb.

5 Diskussion und Folgerungen

Während der Projektwoche und im individuellen Coaching wurde deutlich, dass sich die vier Studierenden intensiv mit digitalen Werkzeugen, wie Sensoren und Mikrocontroller, auseinandersetzten und bestrebt waren, diese in alltagsrelevante Kontexte zu integrieren. Die Lernumgebungen sind in mehreren Design-Schleifen mit Hilfe der Kursleitung zu einem für die Praxis nutzbaren Produkt geworden (siehe Tab. 1 und 2). Alle Kursteilnehmenden haben auf ihrem individuellen Kompetenzniveau zusätzliches Wissen erworben. Der Motivationszuwachs war bei den Studierenden grösser, die eine für ihr Niveau geeignetes Projekt verfolgt haben. Beispielsweise musste bei einer Lernumgebung viel Aufwand seitens der Kursleitung geleistet werden, damit das Produkt in eine brauchbare Beschreibung für die Praxis geendet ist. Der zuständige Student hatte hier etwas die Motivation verloren.

Die erarbeiteten Lernumgebungen erreichten eine Qualität, die darauf hinweist, dass die Studierenden die Integration digitaler Werkzeuge im NT-Unterricht nachvollziehen konnten. Solche Wahlangebote könnten daher eine sinnvolle Ergänzung darstellen, um die oft fehlenden Gelegenheiten zur Verknüpfung von Medien und Informatik mit Natur und Technik im Rahmen von Praktika zumindest teilweise auszugleichen (Tsybulsky & Levin, 2017).

Allerdings ist es nicht trivial in Ausbildungskursen an pädagogischen Hochschulen auf die unterschiedlichen Lernstände der Studierenden einzugehen. Während einige Studierende über hohes Fachwissen verfügen – sowohl naturwissenschaftlich wie auch im digitalen Bereich, sind andere gut in der didaktischen Umsetzung, besitzen aber bspw. nur Grundwissen im Bereich der Informatik. Hier gilt es für die Kursleitung eine gute Mischung zwischen geführter Kursstruktur und selbständigem Arbeiten zu finden, damit am Schluss das Resultat auch im Klassenzimmer anwendbar ist.

Bezüglich Gestaltung des Kurses lässt sich festhalten, dass sich die zeitliche, organisatorische und inhaltliche Durchführung des viertägigen Kurses als angemessen erwies. Die Dreiteilung in Theorie, Erarbeitung und Praxis hat sich organisatorisch bewährt, wobei die geringe Teilnehmerzahl vorteilhaft war und eine individuelle Betreuung durch die Kursleitung im Praxisteil ermöglichte. Für die Zukunft wäre ein noch grosszügigerer Zeitrahmen für den Praxisteil wünschenswert. Dies basiert auf der Beobachtung, dass einige Kursteilnehmer mehr Zeit benötigten, um die entwickelten Ideen in praxistaugliche Unterrichtseinheiten zu überführen. Die Anpassung und Vereinfachung der Projekte, insbesondere bei komplexeren Themen, war zeitaufwändig und führte bei einigen Studierenden zu Frustration oder unvollständigen Ergebnissen. Obwohl die Gestaltung der Unterrichtseinheiten offen war, könnte eine etwas enger gefasste Struktur von Vorteil sein, insbesondere wenn die Gefahr besteht, dass sich die Teilnehmenden in der Komplexität der Materie verlieren und durch die technischen, methodischen und pädagogischen Freiheiten überfordert werden.

Inhaltlich sollte deshalb mehr Wert auf formale Aspekte gelegt werden. Diese Empfehlung ergab sich aus der Feststellung, dass die Kursleitung erhebliche Nachbearbeitung leisten musste, um die Materialien für die Öffentlichkeit nutzbar zu machen. Dies weist darauf hin, dass eine stärkere Betonung auf formale Vorgaben und Qualitätsmerkmale in der Entwicklung der Unterrichtseinheiten erforderlich ist, um Studierende gezielter anzuleiten und gleichzeitig die Nachbearbeitung zu minimieren.

Wie lässt sich nun vor dem Hintergrund dieser Beobachtungen das Potenzial des Projektes für die Lehreraus- und -weiterbildung einschätzen? Gemäss Wilson (2021) ist es wichtig, dass Wissenschaftler:innen und Praktiker:innen für die Ausbildung bewährte Verfahren definieren, welche die Integration von CS in anderen Fächern fördern. Lehrveranstaltungen zur Integration von CS bieten Ausbilder:innen die Möglichkeit, die Anwendung von Informatik in den Klassenräumen zu fördern. Ertmer and Ottenbreit-Leftwich (2010) sind der Ansicht, dass Ausbildungsprogramme der Hochschule die künftige Integration von CS beim Übergang der Studierenden in die Berufspraxis positiv beeinflussen können. Wilson (2021) identifizierte bei der Durchsicht der einschlägigen Literatur acht bedeutsame Merkmale der Kursgestaltung, die sich auf die Einstellungen und Überzeugungen von CS-Integration auswirken können. In unserem Projekt fanden sich davon die meisten: Coaching durch die Kursleitung, eigene Ziele verfolgen, Praktisches Lernen, Erprobung/Felderfahrung, Planung von Übungsstunden und Reflexion/Selbsteinschätzung. Was wir nicht bieten konnten, waren die Beobachtung realer Unterrichtssituationen und die Analyse bestehender Lernumgebungen. Dies liegt, wie schon in der Theorie erwähnt, an der noch nicht existierenden Praxis in den Schulen. Hier bietet sich an, dass die Ausbildungsstätten exemplarische Videos in Zusammenarbeit mit der Schulpraxis entwickeln.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass unser Projekt wertvolle Informationen liefert über die Möglichkeiten für zukünftige NT-Lehrpersonen Kompetenzen für die Integration von digitalen Werkzeugen in projektartigen Seminaren zu erwerben. Solche Kompetenzen finden sich ausführlicher beschrieben im Orientierungsrahmen für die digitalen Kompetenzen von Lehrpersonen in den Naturwissenschaften "DiKoLAN". Der Rahmen wurde positiv auf seine Struktur und Gültigkeit für die Schweiz getestet (Thoms et al., 2022). Limitierend ist sicherlich der Faktor, dass unsere Stichprobe relativ klein ist und dadurch eine intensive Betreuung gewährleistet werden konnte. Ob die vorgestellte Umsetzung in einer grösseren Gruppe, die allenfalls auch über weniger Kompetenzen verfügt, ebenfalls so möglich ist, müsste geprüft werden.

Wir gehen davon aus, dass zusätzliche Lernangebote an unseren Universitäten in den nächsten Jahren notwendig sein werden, da gute Praxis noch selten ist (Mouza et al., 2021). Erst mittelfristig werden gut ausgebildete Praktikumslehrpersonen zur Verfügung stehen, die sich auf die Vermittlung von transversalen Informatikanwendungen im Rahmen anderer Fächer spezialisiert haben. Unsere Ergebnisse bieten auch Hinweise an für entsprechende CS-Lernumgebungen in anderen Fächern. Praxisorientierte Forschungsvorhaben in anderen Fächern als NT sind wünschenswert.

Danksagung

Wir danken der Asuera-Stiftung für die finanzielle Unterstützung des Projektes.

Weitere Materialien

Die Unterrichtsideen sind abrufbar unter: <https://github.com/orgs/DIWENT-23/repositories>.

Literatur

- Bakker, A. (2018). What is design research in education? 1. In *Design research in education* (pp. 3-22). Routledge.
- Barbor, M. (2013). Science education and information and communications technology. In S. Alsop & K. Hicks (Eds.), *Teaching Science: A Handbook for Primary and Secondary School Teachers* (pp. 103-116). Routledge.
- Barr, V., & Stephenson, C. (2011). Bringing computational thinking to K-12: what is involved and what is the role of the computer science education community? *ACM Inroads*, 2(1), 48–54. <https://doi.org/10.1145/1929887.1929905>
- Blikstein, P., Fuhrmann, T., & Salehi, S. (2016). Using the bifocal modeling framework to resolve “discrepant events” between physical experiments and virtual models in biology. *Journal of Science Education and Technology*, 25(4), 513-526. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9623-7>
- California State Board of Education. (2018). *2016 Science framework for California public schools, appendix 3, computer science in science*. Sacramento, CA: California department of education
- Cateté, V., Lytle, N., Dong, Y., Boulden, D., Akram, B., Houchins, J., Barnes, T., Wiebe, E., Lester, J., & Mott, B. (2018). Infusing computational thinking into middle grade science classrooms: lessons learned. 13th Workshop in Primary and Secondary Computing Education (WiPSCE '18), Potsdam, Germany.
- Chu, S. K. W., Reynolds, R. B., Tavares, N. J., Notari, M., & Lee, C. W. Y. (Eds.). (2017). *21st century skills development through inquiry-based learning*. Springer.
- Cussó-Calabuig, R., Farran, X. C., & Bosch-Capblanch, X. (2018). Effects of intensive use of computers in secondary school on gender differences in attitudes towards ICT: A systematic review. *Education and Information Technologies*, 23(5), 2111-2139. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-9706-6>
- Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz (D-EDK). (2016). *Lehrplan 21* <https://www.lehrplan21.ch>
- Dickes, A. C., & Farris, A. V. (2019). Beyond isolated competencies: Computational literacy in an elementary science classroom. In P. Sengupta, M.-C. Shanahan, & B. Kim (Eds.), *Critical, transdisciplinary and embodied approaches in STEM education* (pp. 131-149). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-29489-2_8
- Döbeli Honegger, B., Hermida, M., & Schmid, R. (2019). Zur Entwicklung des Masterstudiengangs «Medien und Informatik». In A. Pasternak (Ed.), *Informatik für alle, Lecture Notes in Informatics (LNI)* (pp. 231-236). Gesellschaft für Informatik.
- El-Hamamsy, L., Chessel-Lazzarotto, F., Bruno, B., Roy, D., Cahlikova, T., Chevalier, M., Parriaux, G., Pellet, J.-P., Lanarès, J., Zufferey, J. D., & Mondada, F. (2021). A computer science and robotics integration model for primary school: evaluation of a large-scale in-service K-4 teacher-training program. *Education and Information Technologies*, 26(3), 2445-2475. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10355-5>
- Ertmer, P. A., & Ottenbreit-Leftwich, A. T. (2010). Teacher technology change: How knowledge, confidence, beliefs, and culture intersect. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(3), 255-284.
- Giannakos, M. N., Doukakis, S., Pappas, I. O., Adamopoulos, N., & Giannopoulou, P. (2015). Investigating teachers' confidence on technological pedagogical and content knowledge: an initial validation of TPACK scales in K-12 computing education context. *Journal of Computers in Education*, 2(1), 43-59. <https://doi.org/10.1007/s40692-014-0024-8>
- Hulleman, C. S., & Harackiewicz, J. M. (2009). Promoting interest and performance in high school science classes. *Science*, 326(5958), 1410-1412. <https://doi.org/10.1126/science.1177067>
- Hulleman, C. S., Kosovich, J. J., Barron, K. E., & Daniel, D. B. (2017). Making connections: replicating and extending the utility value intervention in the classroom. *Journal of Educational Psychology*, 109(3), 387.
- Kurth, C., & Wodzinski, R. (2020). Veränderung der Einstellungen von Lehramtsstudierenden zum Einsatz digitaler Messwerterfassung. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, 1(0). <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/1068>
- Lai, C.-L., Hwang, G.-J., & Tu, Y.-H. (2018). The effects of computer-supported self-regulation in science inquiry on learning outcomes, learning processes, and self-efficacy. *Educational Technology Research and Development*, 66(4), 863-892. <https://doi.org/10.1007/s11423-018-9585-y>
- Leonard, J., Buss, A., Gamboa, R., Mitchell, M., Fashola, O. S., Hubert, T., & Almughyirah, S. (2016). Using robotics and game design to enhance children's self-efficacy, STEM attitudes, and computational thinking skills. *Journal of Science Education and Technology*, 25(6), 860-876.
- Luik, P., Taimalu, M., & Suviste, R. (2018). Perceptions of technological, pedagogical and content knowledge (TPACK) among pre-service teachers in Estonia. *Education and Information Technologies*, 23(2), 741-755. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9633-y>
- Milner-Bolotin, M. (2019). Technology as a Catalyst for Twenty-First-Century STEM Teacher Education. In S. Yu, H. Niemi, & J. Mason (Eds.), *Shaping Future Schools with Digital Technology: An International Handbook* (pp. 179-199). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-9439-3_11
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.
- Mouza, C., Coddling, D., & Pollock, L. (2022). Investigating the impact of research-based professional development on teacher learning and classroom practice: Findings from computer science education. *Computers & Education*, 186, 104530. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104530>

- Mouza, C., Yadav, A., & Ottenbreit-Leftwich, A. (2021). *Preparing pre-service teachers to teach computer science: Models, practices, and policies*. IAP.
- Mukherjee, M. M. (2013). *Technological tools for science classrooms: choosing and using for productive and sustainable teaching and learning experiences* The University of Queensland].
- None, N. (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8. <https://doi.org/10.3102/0013189x032001005>
- Pringle, R. M., Dawson, K., & Ritzhaupt, A. D. (2015). Integrating science and technology: Using technological pedagogical content knowledge as a framework to study the practices of science teachers [journal article]. *Journal of Science Education and Technology*, 24(5), 648-662. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9553-9>
- Repenning, A., Escherle, N. A., & Lamprou, A. (2020). Die ersten 1000: Computational Thinking als obligatorische Ausbildung für Primarschullehrpersonen in der Schweiz. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 17(Jahrbuch Medienpädagogik), 595-616. <https://doi.org/10.21240/mpaed/jb17/2020.05.23.X>
- Repenning, A., Lamprou, A., Petralito, S., & Basawapatna, A. (2019). *Making Computer Science Education Mandatory: Exploring a Demographic Shift in Switzerland* the 2019 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, Aberdeen, Scotland UK. <https://doi.org/10.1145/3304221.3319758>
- Rich, K. M., Yadav, A., & Larimore, R. A. (2020). Teacher implementation profiles for integrating computational thinking into elementary mathematics and science instruction. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10115-5>
- Ridgway, R. (2018). Project GUTS Using, modifying, and creating computer models for simulating phenomena. *Science Scope*, 42(3), 28-33. <https://doi.org/10.2307/26611860>
- Sadik, O., & Ottenbreit-Leftwich, A. T. (2023). Understanding U.S. secondary computer science teachers' challenges and needs. *Computer Science Education*, 1-33. <https://doi.org/10.1080/08993408.2023.2209474>
- Schmalfeldt, T. (2021). Einsatz eines für den Unterricht konzipierten Mikrocontrollers im ersten Modul der Informatikausbildung von angehenden Lehrkräften der Sekundarstufe I. *INFOS 2021–19. GI-Fachtagung Informatik und Schule*.
- Silva, M. J. (2020). Children using electronic sensors to create and use knowledge on environmental health. *First Monday*, 25(3). <https://doi.org/10.5210/fm.v25i3.9646>
- Smit, R., Waibel, C., & Schmid, R. (2024). Assisting in a computer science education centre as a field-based internship for pre-service teachers. *Computer Science Education*, 1-25.
- Thoms, L.-J., Colberg, C., Heiniger, P., & Huwer, J. (2022). Digital Competencies for Science Teaching: Adapting the DiKoLAN Framework to Teacher Education in Switzerland. *Frontiers in Education*, 7. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.802170>
- Tondeur, J., Aesaert, K., Prestridge, S., & Consuegra, E. (2018). A multilevel analysis of what matters in the training of pre-service teacher's ICT competencies. *Computers & Education*, 122. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.03.002>
- Trimmer, K. (2020). Skilling up: Evaluation of a design-based research methodology. *The Australian Educational Researcher*, 47(2), 357-375.
- Tsybulsky, D., & Levin, I. (2017). Inquiry-based science education and the digital research triad. In *Digital tools and solutions for inquiry-based STEM learning* (pp. 140-165). IGI Global.
- Waterman, K. P., Goldsmith, L., & Pasquale, M. (2020). Integrating Computational Thinking into Elementary Science Curriculum: an Examination of Activities that Support Students' Computational Thinking in the Service of Disciplinary Learning. *Journal of Science Education and Technology*, 29(1), 53-64. <https://doi.org/10.1007/s10956-019-09801-y>
- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L., & Wilensky, U. (2016). Defining computational thinking for mathematics and science classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(1), 127-147. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9581-5>
- Wilensky, U., Brady, C. E., & Horn, M. S. (2014). Fostering computational literacy in science classrooms. *Communications of the ACM*, 57(8), 24-28.
- Wilson, M. L. (2021). The impact of technology integration courses on preservice teacher attitudes and beliefs: A meta-analysis of teacher education research from 2007–2017. *Journal of Research on Technology in Education*, 1-29. <https://doi.org/10.1080/15391523.2021.1950085>
- Wu, L., Looi, C.-K., Liu, L., & How, M.-L. (2018). Understanding and developing in-service teachers' perceptions towards teaching in computational thinking: Two studies. Proceedings of the 26th international conference on computers in education,
- Yadav, A., Gretter, S., Good, J., & McLean, T. (2017). Computational thinking in teacher education. In P. J. Rich & C. B. Hodges (Eds.), *Emerging research, practice, and policy on computational thinking* (pp. 205-220). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-52691-1>