Entwicklung ökologischen Denkens im Informatikunterricht

Ilona Petrenko[1], Marco Thomas[2]

Abstract: Die hohe Relevanz von Ökologie und Informatiksystemen (IS) für unsere heutige Welt ist vermutlich unstrittig. In ökologischer Hinsicht beeinflusst der Zustand der Welt die Möglichkeiten der Menschheit, auf der Erde zu überleben. IS gehören zunehmend zum Werkzeug der Menschheit und haben sich in allen Bereichen des Lebens verbreitet. Weniger offensichtlich sind die Zusammenhänge zwischen Ökologie und IS, sowohl im positiven als auch im negativen Sinne. Um den rationalen Umgang mit beiden zu realisieren, kann man ökologisches Denken im Zusammenhang mit IS entwickeln. Die Grundidee des Projektes ÖKI ist es, ökologisches Denken der Schülerinnen und Schüler im Rahmen des Faches Informatik zu vertiefen. Dieser Beitrag dient zur Vorstellung von ersten Studien und Modulen zur unterrichtlichen Vermittlung ökologischer Aspekte im Kontext von Informatiksystemen.

Keywords: Informatik, Unterricht, Schule, Ökologie, Bildung, Informatiksystem, Umwelt

1 Einleitung

Die Idee des Projektes „Ökologie als Kontext im Informatikunterricht“ (ÖKI) entstand im Rahmen eines Praktikums unter Förderung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt[3] im Jahr 2017. Der Projekttitel mag ungewöhnlich klingen, aber sowohl Informatik mit den sich ergebenden digitalen Artefakten als auch Ökologie sind zwei zentrale Schlüsselthemen in unserer Welt geworden. Obwohl es nicht immer sichtbar wird, sind die Informatik und ihre Systeme in viele ökologische Zusammenhänge eingebunden und von großer Bedeutung – so beschränkt sich der Begriff »Ökologie« in seiner ursprünglichen Bedeutung nicht nur auf den schonenden Umgang mit natürlichen Ressourcen, sondern befasst sich allgemein mit den Wechselwirkungen von Organismen und ihrer unbelebten Umwelt. Das Denken in diesen Zusammenhängen kann als »ökologisches Denken« bezeichnet werden.

Als eine negative Folge der Einwirkung von Informatiksystemen (IS) auf die Umwelt kann man den hohen Energieverbrauch nennen oder auch die nicht einfache Wiederverwertung von wertvollen Materialien in der Elektronik. Es gibt aber auch positive Auswirkungen, wie eine mögliche Reduzierung des Papierverbrauchs in der Zukunft mit Hilfe des

[1] Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Didaktik der Informatik, Corrensstraße 80, 48149 Münster, ilona.petrenko@uni-muenster.de
[2] Anschrift s.o., Marco.Thomas@uni-muenster.de
[3] https://www.dbu.de (15.02.2019)

elektronischen Dokumentenverkehrs[4], Videotelefonate zur Reduzierung von Reisen oder eine ökologisch nachhaltigere Landwirtschaft. Aus diesen wenigen Überlegungen kann eine mögliche allgemeinbildende Relevanz hinsichtlich einer Auseinandersetzung mit Informatiksystemen in ökologischen Kontexten abgeleitet werden, um ökologisches Denken zu fördern. Ökologisches Denken basiert auf dem vernetzten Denken und erfordert eine kontinuierliche Auseinandersetzung mit den Auswirkungen auf die Umwelt, die eine bestimmte Tätigkeit oder Entscheidung auslösen kann (vgl. [Wi19]). Die Entwicklung ökologischen, vernetzten Denkens ist ein wichtiges, fächerverbindendes Ziel, um mit unserer Umwelt in Einklang zu gelangen.

Ist es möglich und sinnvoll, ökologisches Denken gerade im Informatikunterricht zu entwickeln? Diese Frage führt zu ersten Forschungsfragen:

1. Welche Projekte und Literatur existieren zum Spannungsfeld Ökologie-Medien-Informatik, die Impulse für einen ökologischen Informatikunterricht geben?
2. Welche ökologischen Probleme bzw. Fragen können in den Informatikunterricht integriert werden?
3. Wie muss ein ökologischer Informatikunterricht konzipiert sein bzw. welche fachdidaktischen Ansätze sind geeignet?
4. Welche Informatiksysteme gibt es, die untersucht werden könnten?
5. Was umfasst ökologisches Denken und warum sollte es in den Informatikunterricht integriert werden?

Die Methodik ist in dem Projekt ÖKI noch nicht endgültig festgelegt, aber neben einer Literaturrecherche und dem Erfassen von Expertenmeinungen (s. u.) haben wir mit der Entwicklung von Modulen begonnen, die mittels Design-based-research [DRC03] evaluiert und optimiert werden sollen. Auch eine Anbindung an das Projekt „Informatik im Kontext“[5] (IniK) erscheint uns geeignet und wurde mit Studierenden in einem Seminar diskutiert und bearbeitet.

2 Konzeptentwicklung

2.1 Zusammenhang Ökologie und Informatik

Die Auseinandersetzung mit und die Simulation von dynamischen Systemen – insbesondere in ökologischen und ökonomischen Zusammenhängen – wurde bereits vor 25 Jahren für den Informatikunterricht diskutiert ([Th93] u. a.) und ist auch heute noch in

[4] Allerdings steigt derzeit der Papierverbrauch eher, insbesondere aufgrund des zunehmenden Paketversands. Immerhin haben ca. 30% der Unternehmen ihre Kommunikation weitestgehend digitalisiert. S. https://www.verbraucherservice-bayern.de/themen/umwelt/papierverbrauch-steigt-trotz-digitalisierung (15.02.2019).

[5] Informatik im Kontext. http://www.informatik-im-kontext.de (15.02.2019)

einigen Curricula verankert[6]. Die Idee, eine »Dimension Ökologie« in den Informatikunterricht zu integrieren, wurde von J. Koubek im Zusammenhang mit der Integration von Informatik und Gesellschaft für das Projekt „Informatik im Kontext" (IniK) eingebracht. Koubek hat auch Kriterien für die Auswahl von geeigneten Kontexten beschrieben [In19]:

- Mehrdimensionalität: rechtliche, ökonomische, ökologische, ethische, informatische Fragestellungen sind u.a. möglich.
- Breite: Der Kontext ist gesellschaftlich relevant.
- Tiefe: Der Kontext ist informatisch relevant.
- Lebenswelt: Bezug zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler.
- Stabilität: Der Kontext ist über einen längeren Zeitraum relevant.

Auf den Folien zum Vorlesungs-Podcast „Dimensionen der Informatik - Ökologie" nennt Koubek auch ethische Aspekte, wo er unter anderem das Prinzip der Nachhaltigkeit definiert: „*Nachhaltigkeit bedeutet, dass die gegenwärtige Generation ihre Bedürfnisse befriedigt, ohne die Fähigkeit der zukünftigen Generation zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse befriedigen zu können"* [KK08]. Ein nachhaltiges Handeln ist sicherlich eine Grundlage ökologischen Denkens und gehört zur Allgemeinbildung.

2.2 Existierende Projekte

In einem ersten Schritt auf der Suche nach passenden Themen haben wir verschiedene Quellen analysiert, um existierende Erfahrungen in dem Zusammenhang Schule-Informatik-Ökologie zu analysieren und aufzuarbeiten (vgl. 1. Forschungsfrage). Es ergab sich ein Modell, in das Projekte oder Themen in die Bereiche Informatik, Mediennutzung und Ökologie und ihre Schnittmengen eingeordnet werden können (Abb.1).

Die senseBox ist beispielsweise ein erfolgreiches Projekt der Geoinformatiker in Münster zum Messen von Umweltphänomenen und wird mittlerweile kommerziell vertrieben [Se19]. Allerdings liegen bisher kaum Erfahrungen zum Einsatz im Informatikunterricht[7] vor, eher zum Einsatz im Fach Geographie. Das länderübergreifende MINT-Bildungsprogramm Experimento [Ex19] scheint vor allem für Kinder im Grundschulalter geeignet zu sein. Unsere Suche und Auswertung hierzu ist nicht abgeschlossen und offen für Neues.

[6] Unterrichtsbeispiel zu dynamischen Systemen für den Hamburger Schulinformatik Lehrplan in der Oberstufe: https://haukemorisse.de/blog/?p=2300 und https://bildungsserver.hamburg.de/simulation/ (17.02.2019)

[7] Ein Vorteil der senseBox liegt in dem abgestimmten und vorbereiteten Informatiksystem. Denkbar sind sicherlich auch der Einsatz von alternativen Informatiksystemen, die selbst zusammengebaut werden.

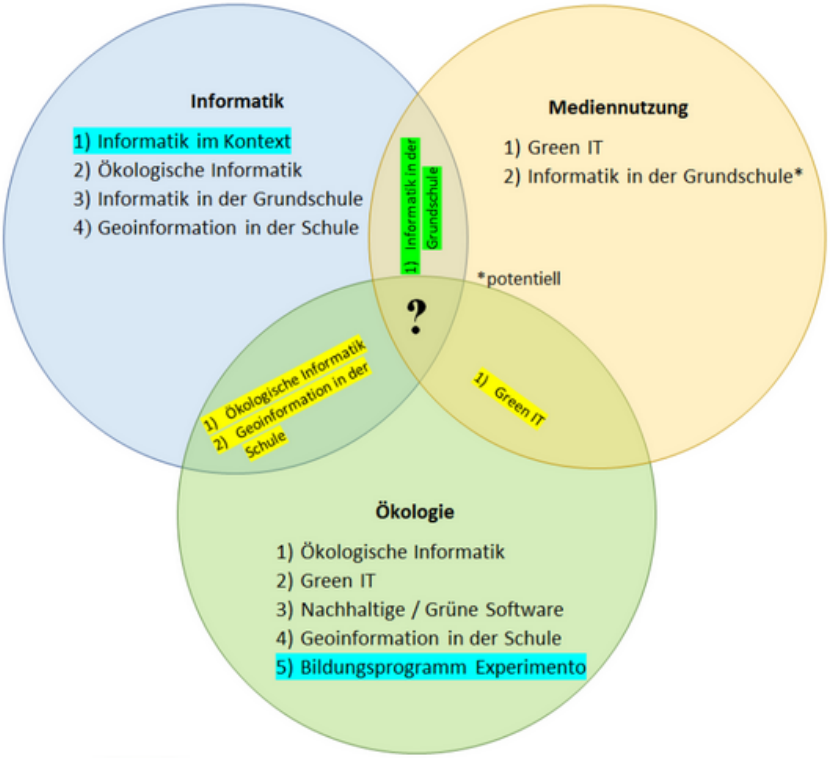


Abb. 1: Modell zur Gruppierung der Themen im Projekt ÖKI

2.3 Überlegungen für ein Konzept

Für die Konzeptentwicklung ist es erforderlich, praktische Aufgaben für den Schulunterricht zu entwickeln, die an einer Schule evaluiert bzw. für den Schulunterricht diskutiert werden können. Es ist zu überlegen, welche ökologischen Probleme in den Informatikunterricht integriert werden können (Forschungsfrage 2) und welche fachdidaktischen Ansätze geeignet sind (Forschungsfrage 3).

Zunächst wurde ein Modul skizziert, das die grundlegenden Ideen für den Informatikunterricht mit ökologischen Aspekten gesammelt hat [Pe18]. Das Modul „Umweltfreundlicher Umgang mit IT im Alltagsleben“ basiert auf der Idee eines rationalen Umgangs mit IT aus Sicht der Ökologie. Als Beispiele werden Probleme in Bezug auf das Recycling von IT, ihr Energieverbrauch sowie ihr allgemeiner Einfluss auf die Umwelt angeboten. Dabei wurde geplant, den Unterricht mit realen Beispielen aus dem Alltag zu unterstützen. Als Ziel sollten die Lernenden am Ende des Moduls einen umweltbewussteren Umgang mit IT-Mitteln verinnerlichen und die angeeigneten Kenntnisse im Alltag anwenden können. Konkrete Aufgabenbeispiele dienen der

Berechnung des Energieverbrauchs einer IT-Workstation pro Tag. Zudem sollte eine App Thema „Mülltrennung“ (Abb. 2) entworfen werden. Teilnehmer eines Workshops im Jahr 2018 hielten dieses für die Schüler der Sekundarstufe I für wenig motivierend.

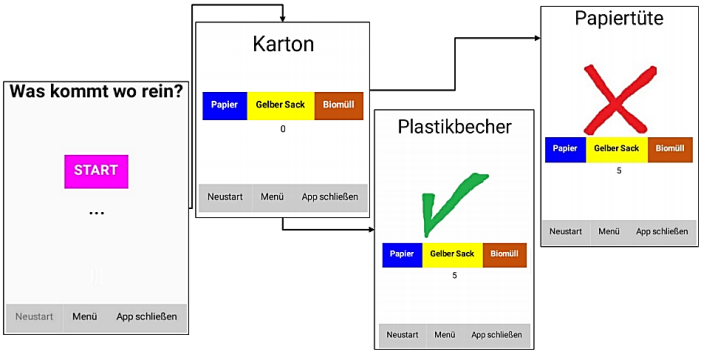


Abb. 2: Prototyp einer Mülltrennungs-App

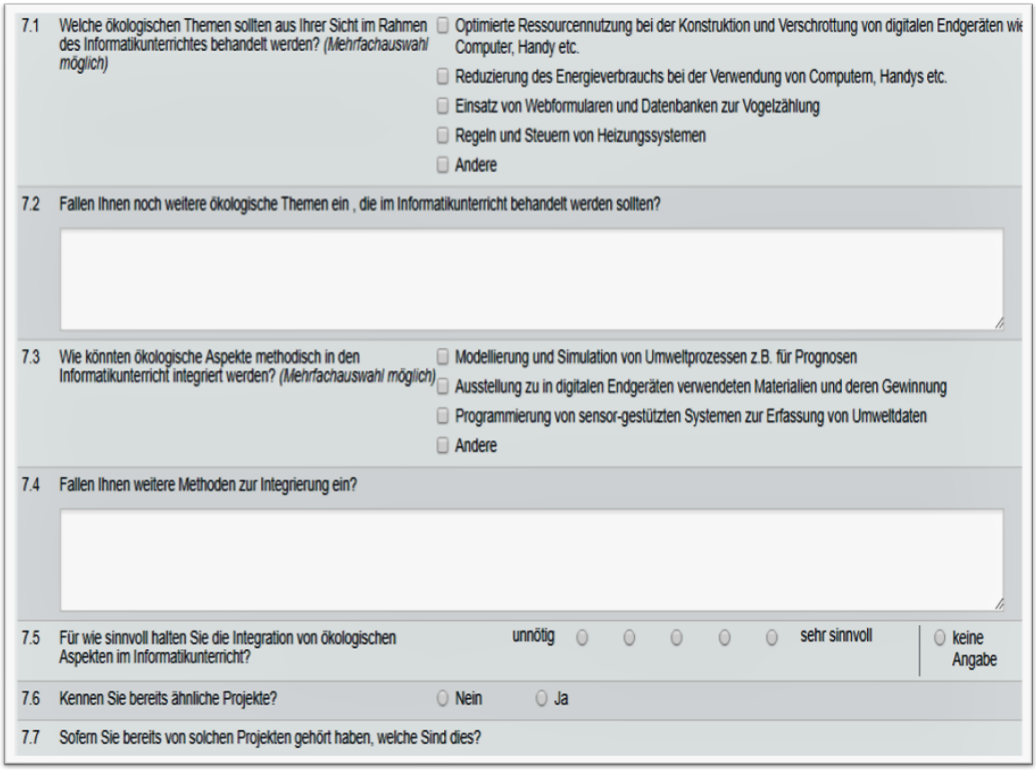
3 Befragung von Lehrenden

Im Schuljahr 2017/18 wurde im Rahmen einer Umfrage unter Lehrenden ein Meinungsbild eingeholt. An der Umfrage haben 65 Lehrende aus NRW teilgenommen.

3.1 Methodik und Durchführung

Der Fragebogen wurde in EvaSys[8] generiert und bestand aus 4 quantitativen und 3 qualitativen Fragen (Abb.3). Das Ziel der Umfrage für die weitere Konzept- und Modulentwicklung war, die Expertenmeinungen für die Beantwortung der zweiten Forschungsfrage einzuholen: welche ökologischen Probleme in den Informatikunterricht integriert werden können. Einladungen für die Teilnahme an der Umfrage wurden per Fax an Schulen der Sekundarstufe in NRW geschickt.

[8] Eine in Münster verfügbare Evaluationssoftware für automatisierte Befragungen



7.1 Welche ökologischen Themen sollten aus Ihrer Sicht im Rahmen des Informatikunterrichtes behandelt werden? *(Mehrfachauswahl möglich)*
- Optimierte Ressourcennutzung bei der Konstruktion und Verschrottung von digitalen Endgeräten wie Computer, Handy etc.
- Reduzierung des Energieverbrauchs bei der Verwendung von Computern, Handys etc.
- Einsatz von Webformularen und Datenbanken zur Vogelzählung
- Regeln und Steuern von Heizungssystemen
- Andere

7.2 Fallen Ihnen noch weitere ökologische Themen ein , die im Informatikunterricht behandelt werden sollten?

7.3 Wie könnten ökologische Aspekte methodisch in den Informatikunterricht integriert werden? *(Mehrfachauswahl möglich)*
- Modellierung und Simulation von Umweltprozessen z.B. für Prognosen
- Ausstellung zu in digitalen Endgeräten verwendeten Materialien und deren Gewinnung
- Programmierung von sensor-gestützten Systemen zur Erfassung von Umweltdaten
- Andere

7.4 Fallen Ihnen weitere Methoden zur Integrierung ein?

7.5 Für wie sinnvoll halten Sie die Integration von ökologischen Aspekten im Informatikunterricht? unnötig ○ ○ ○ ○ ○ sehr sinnvoll | ○ keine Angabe

7.6 Kennen Sie bereits ähnliche Projekte? ○ Nein ○ Ja

7.7 Sofern Sie bereits von solchen Projekten gehört haben, welche Sind dies?

Abb. 3: Aufbau der Fragen zum Projekt ÖKI in dem Fragebogen

3.2 Auswertung und Interpretation

Quantitativ auszuwertende Daten wurden in EvaSys gesammelt und von uns mittels der Statistiksoftware SPSS ausgewertet. Qualitative Daten wurden von uns ohne Software ausgewertet, weil nicht viele Teilnehmer solche Fragen beantwortet haben.

Viele Teilnehmer haben die Idee des Projektes eher skeptisch gesehen: rund ein Drittel von den Befragten fand es nicht sehr sinnvoll, ökologische Aspekte in den Informatikunterricht zu integrieren, ein Drittel fand die Idee gut und ein Drittel hatte eine neutrale Haltung.

Die Lehrenden wurden auch gefragt, welche ökologischen Themen im Rahmen des Informatikunterrichtes behandelt werden sollten und wie ökologische Aspekte methodisch in den Informatikunterricht integriert werden könnten. Aus den angegebenen Themen wurden die folgenden häufiger ausgewählt (Mehrfachauswahl):

- Optimierte Ressourcennutzung bei der Konstruktion und Verschrottung von digitalen Endgeräten wie Computer, Handy etc. (59%)
- Reduzierung des Energieverbrauchs bei der Verwendung von Computern, Handys etc. (52%)
- Regelung und Steuerung von Heizungssystemen (43%)

In einem Freitextfeld haben die Lehrpersonen die angegebene Liste um die folgenden Themen ergänzt (jeweils eine Nennung):

- Papierflut durch Ausdrucken.
- Rechnerarchitektur in Bezug auf Energieverbrauch.
- Softwareoptimierung, um Endgeräte länger nutzen zu können (2 Nennungen).
- Fahrzeugsteuerung zur Verbrauchsreduktion
- Simulationen zur Folgenabschätzung menschlichen Handels
- Ressourcenhunger von Bitcoingenerierung und -transferierung
- Keine konkreten Themenfelder oder Inhalte vorgeben, sondern stattdessen jeweils Saison oder tagesaktuelle Themen ad hoc integrieren.

Alle drei Vorschläge zur Unterrichtsmethodik (s. Abb. 3) wurden von den Befragten angewählt:

- Modellierung und Simulation von Umweltprozessen z.B. für Prognosen (55%)
- Programmierung von sensorgestützten Systemen zur Erfassung von Umweltdaten. (55%)
- Ausstellung zu in digitalen Endgeräten verwendeten Materialien und deren Gewinnung. (37%)

Die Auswahl „Andere“ wurden nur von knapp 8% der Befragten angekreuzt, was dahingehend interpretiert werden könnte, dass nur wenige Lehrende eine Vorstellung zu dem Thema entwickelt haben. Diese Annahme wird gestützt durch die Aussage, dass 97% kein ähnliches Projekt kennen und nur 11% sich auch andere ökologische Themen als die vier von uns vorgeschlagenen für eine Behandlung im Informatikunterricht vorstellen können (vgl. [Pe18]).

4 Modulentwicklung

Aktuell arbeiten wir im Projekt ÖKI an drei Modulen. Die ersten Rückmeldungen von Experten wurden Ende März 2019 im Rahmen des Informatiktages NRW[9] gesammelt. Dort wurden die Module zum ersten Mal präsentiert und beim Workshop durchgearbeitet.

[9] https://informatiktag-nrw.de/informatiktag/informatiktag2019 (15.02.2019)

Im folgenden Abschnitt skizzieren wir den Stand der Überlegungen zu den Modulen, wie sie im Workshop präsentiert wurden.

Jedes Modul enthält eine Problembeschreibung zu dem Kontext „Informatik und Ökologie“ und Vorschläge für praktische Aufgaben. Die Empfehlungen zu Bildungsstandards für das Fach Informatik ([GI08], [GI16]) und die IniK-Kriterien werden berücksichtigt.

4.1 Modul: Nachhaltige Nutzung von Smartphones

Die Lernenden bekommen in immer früherem Alter ein Smartphone. Die Eltern bringen ihnen die Nutzung allerdings höchstens oberflächlich bei. Hintergrundwissen zu umweltrelevanten Informationen wird dabei i. d. R. nicht vermittelt. Dies kann im Informatikunterricht als Themengebiet für den Aufbau ökologischer und informatischer Kompetenzen behandelt werden.

In diesem Modul müssen sich die Lernenden zuerst mit theoretischen Aspekten der nachhaltigen Nutzung von Smartphones auseinandersetzen und danach ein Quiz entwickeln, das Fragen zum Thema enthält. Die notwendigen theoretischen Kenntnisse für das Quiz werden im ersten, theoretischen Teil erworben. Denkbar ist auch eine App-Entwicklung o. ä., wenn die Lernenden zuvor entsprechende Fertigkeiten erworben haben (z. B. mit dem „MIT App Inventor“[10]), so dass Softwareentwicklung und Ökologie im Informatikunterricht miteinander verbunden werden. Die App könnte dann entsprechende Kenntnisse zur Nachhaltigkeit bei Handynutzung als Auskunft und das Quiz als Spiel (oder Umfrage) enthalten. Im Rahmen der Unterrichtseinheit werden u. a. die folgenden Fragen gestellt: Welche Gefahrstoffe sind in einem Handy versteckt? Wie viel Strom verbraucht ein Handy? Wie kann ich Energie bei der Handynutzung sparen? Was ist ein Fairphone?

4.2 Modul: Smart Farming

Die modernen Informations- und Kommunikationstechnologien werden immer häufiger in der Landwirtschaft zum Steuern, Regeln und Messen von Abläufen [Ba18] eingesetzt, auch verbunden mit ökologischen Zielen. Hierfür steht der Begriff Smart Farming oder Landwirtschaft 4.0. Die Lernenden können die (ökologischen) Auswirkungen der Automatisierung an diesem Beispiel in der Arbeitswelt kennenlernen und bewerten.

In einem Seminar zur Didaktik der Informatik haben wir im Wintersemester 2018/19 einen ersten Entwurf für das Modul erstellt und eine Integration in das Projekt IniK angedacht. Als Einstieg bekommen die Lernenden einen Überblick zum Thema und überlegen sich, was in der Landwirtschaft digitalisiert werden könnte. Es folgen drei weitestgehend

[10] www.appinventor.mit.edu/explore

unabhängig einsetzbare Bausteine: Stall, Feld, Kommunikation. Ökologische Aspekte können sich beispielsweise auf die optimale Versorgung des Viehs unter Nutzung einer Vieh-Datenbank und eine ökologisch-ökonomische Düngung von Feldern beziehen. Im Rahmen der Unterrichtseinheit werden unter anderem folgende Fragen thematisiert: Wie kann man die Landwirtschaft sinnvoll digitalisieren bzw. was ist bereits digitalisierbar? Welche positiven und negativen Auswirkungen sind bei dem Einsatz von Informatiksystemen in der Landwirtschaft zu bedenken?

4.3 Modul: Reduktion des Energieverbrauchs mit Informatiksystemen

Vielen Menschen fehlt das Bewusstsein, dass die tägliche Nutzung von Elektrogeräten einen hohen und ökologisch schädlichen Energieverbrauch verursacht. Im Informatikunterricht kann darauf aufmerksam gemacht werden, wie man allgemein Elektrogeräte stromsparend nutzt (ggf. fächerverbindend mit dem Physikunterricht).

Im Rahmen dieses Moduls wird eine Simulation entwickelt, in der ein Smart-Homesystem die Heizung ausschalten bzw. niedriger stellen kann, wenn die Temperatur im Raum hoch genug ist bzw. wenn niemand daheim ist. Zudem soll das System die Beleuchtung ausschalten können. Das Hauptziel des Unterrichts ist, dass die Lernenden ein solches System modellieren und programmieren – auch im Sinne eines physical computings, indem man beispielsweise verschiedene Sensoren programmiert, die auf das Licht bzw. auf die Bewegung reagieren. Messen oder Simulieren des Strom- bzw. Gasverbrauchs können eine ökologische Dimension integrieren uvm. Im Rahmen der Unterrichtseinheit werden unter anderem die folgenden Fragen gestellt: Welche Informatiksysteme können für das Energiesparen verwendet werden? Welche „grüneren“[11] Methoden zur Stromerzeugung kann es geben und wie können solche Methoden z. B. in den Smarthome-Systemen eingesetzt werden?

5 Fazit und Ausblick

Obwohl bei der ersten Umfrage ein Drittel der befragten Lehrer die Idee einer Integration von ökologischen Aspekten eher ablehnend bewertet haben, sehen wir ein Potenzial zur Bereicherung des Informatikunterrichts. Auch hat ein Workshop im Rahmen des NRW Informatiktags 2019 gezeigt, dass die Lehrpersonen unser Projekt interessant und sinnvoll finden: alle 14 Teilnehmer haben positive Rückmeldungen gegeben und 3 davon sind bereit, die fertigen Module in ihrem Unterricht auszuprobieren und sie danach zu evaluieren.

Ein weiterer Schritt ist nun, die Module weiter zu entwickeln und besonders die dritte und die vierte Forschungsfrage anzugehen, indem wir uns unter Berücksichtigung der GI-

[11] Mit „grüneren“ Methoden werden alternative, umweltfreundlichere Methoden zur Energieerzeugung bezeichnet (z.B. Solarenergie): http://www.ess.co.at/URBANECOLOGY/Banzer_Froehlich.pdf (17.02.2019)

Empfehlungen zu Bildungsstandards überlegen werden, welche fachdidaktischen Ansätze für die Entwicklung eines Informatikunterrichtes mit diesen Modulen am besten geeignet sind. Parallel muss nach Informatiksystemen recherchiert werden, die als Gegenstände und Inhalte geeignet sind (4. Forschungsfrage).

Die letzte Forschungsfrage – was umfasst ökologisches Denken und warum sollte es in den Informatikunterricht integriert werden – wird das Projekt dauerhaft begleiten und führt immer wieder zu neuen Überlegungen, indem wir neue Literaturquellen durcharbeiten, die Module überarbeiten und auf Fachtagungen und Konferenzen diskutieren.

Literaturverzeichnis

[Ba18] Bayer, M.: Was Sie über Landwirtschaft 4.0 wissen müssen. Computerwoche.de, veröffentlicht am 07.08.2018, https://www.computerwoche.de/a/was-sie-ueber-landwirtschaft-4-0-wissen-muessen,3544215, Stand: 11.02.2019

[DRC03] The Design-Based Research Collective: Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry, Educational Researcher Vol.32 No.1, S.5-8, 2003

[Ex19] Experimento - Naturwissenschaft und Technik lebensnah vermitteln, https://www.siemens-stiftung.org/de/projekte/experimento, Stand: 11.02.2019

[GI08] Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule - Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I: GI, Gesellschaft für Informatik e.V., Beilage zu LOG IN, 28. Jg. (2008), Heft Nr. 150/151

[GI16] Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule - Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe II: GI, Gesellschaft für Informatik e.V., Beilage zu LOG IN, 36. Jg. (2008), Heft Nr. 183/184.

[In19] Informatik im Kontext - Kriterien für die Auswahl von Kontexten, https://medienwissenschaft.uni-bayreuth.de/inik/konzepte/kriterienkontexte/, Stand: 14.02.2019

[KK08] Koubek, J.; Klumpp S.: Dimensionen der Informatik. 25-Ökologie. Folien zur Vorlesung Informatik & Informationsgesellschaft II., 2008.

[Pe18] Petrenko, I.: Bildung ökologischen Denkens im Informatikunterricht. In (Thomas, M.; Weigend, M. Hrsg.): Informatik und Medien. 8. Münsteraner Workshop zur Schulinformatik 18. Mai 2018. BoD- Books on Demand, Norderstedt, S. 81-88, 2018.

[Se19] senseBox, www.sensebox.de, Stand: 14.02.2019

[Th93] Thomas, M.: Computersimulation als Hilfsmittel zur Erkenntnisgewinnung über das Verhalten dynamischer Wirkungsgefüge, Schriftliche Hausarbeit im Rahmen der 1. Staatsprüfung an der Universität Paderborn 1993

[Wi19] Willi, Josef: Ökologisch denken heißt Gesamtzusammenhänge erfassen, http://www.landwirtschaftundleben.at/downloads/lehrbrief2.2.2.pdf, Stand: 16.02.2019