

Konzept eines Orientierungsrahmens für den Lernbereich Globale Entwicklung im Fach Informatik im Rahmen der Bildung für Nachhaltige Entwicklung

Jacqueline Anthes,¹ Ira Diethelm,² Eva Kern,³ Gerhard Röhner,⁴ Peer Stechert⁵

Abstract: Der Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung ist eine von der Kultusministerkonferenz (KMK) verabschiedete Empfehlung, um Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE) in Schule und Unterricht zu verankern. 2019 wurde beschlossen, den Orientierungsrahmen auf die Oberstufe zu erweitern und erstmalig das Fach Informatik aufzunehmen. Der vorliegende Artikel folgt der für alle Fächer gleichen Struktur des Orientierungsrahmens: Er legt Anknüpfungspunkte für BNE im Fach Informatik dar (Abschnitt 2) und setzt diese in Zusammenhang mit didaktischen Überlegungen (Abschnitt 3). Zudem werden Kernkompetenzen des Lernbereiches Globale Entwicklung aufgezeigt (Abschnitt 4) und mit Fachkompetenzen der Informatik in der Sekundarstufe II verknüpft. Abschließend wird anhand zweier Unterrichtsbeispiele, Kryptowährung und Simulation, aufgezeigt, wie die vorgestellten Ansätze in die Schulpraxis überführt werden können (Abschnitt 5).

Keywords: BNE; Phänomenorientierung; Computational Action; Simulation; Kryptowährung

1 Einleitung

Digitalisierung und Nachhaltigkeit können als größte Herausforderung der Zukunftsgestaltung in einer globalisierten Welt angesehen werden. Zur Einbettung von BNE in Schule ist der Orientierungsrahmen Globale Entwicklung entstanden [En17]. Es ist ein gemeinsames Projekt der Kultusministerkonferenz (KMK) und des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ). Die KMK-Amtscheffkonferenz beschloss Ende 2019 die Erweiterung des Orientierungsrahmens auf die gymnasiale Oberstufe und die Aufnahme des Fachs Informatik. Der Orientierungsrahmen Globale Entwicklung macht deutlich, wie BNE an Schulen verankert werden kann – fächerübergreifend und in den einzelnen Fächern. Der vorliegende Artikel zielt darauf ab, einen Einblick in den Arbeitsstand des Facharbeitskreises Informatik zu geben, dessen Auftrag es ist, aus dem Fach Informatik heraus, d. h. explizit nicht fächerübergreifend, mögliche Unterrichtsthemen vorzustellen, die BNE- sowie fachbezogene Kompetenzen adressieren.

¹ RWTH Aachen, Learning Technologies, Ahornstr. 55, 52074 Aachen, anthes@informatik.rwth-aachen.de

² Universität Oldenburg, Didaktik der Informatik, Uhlhornsweg 84, 26129 Oldenburg, ira.diethelm@uol.de

³ Leuphana Universität Lüneburg, Universitätsallee 1, 21335 Lüneburg, eva.kern@leuphana.de

⁴ Am Schlangensee 20a, 64807 Dieburg, groehner@t-online.de

⁵ RBZ Technik, Geschwister-Scholl-Str. 9, 24143 Kiel, peer.stechert@rbz-technik.de

2 Anknüpfungspunkte zwischen Informatik und BNE

Im Nachhaltigkeitsdiskurs werden traditionell drei Hauptakteure und Handlungsfelder betrachtet: Wirtschaft, Soziales und Umwelt [EK98]. Diese drei Bereiche sollen in einem ganzheitlichen Entwicklungskonzept ausbalanciert werden, um wirtschaftliches Wachstum, Umweltschutz und soziale Gerechtigkeit zu gewährleisten. Insbesondere angesichts wachsender Kritik am vorherrschenden Wachstumsparadigma und den Risiken der Finanzmärkte, wurde der Forderung nachgekommen, auch Politik (Good Governance) als vierte Dimension in das Modell der BNE einzubeziehen [En17].

Informatik hat neben mathematischen und ingenieurwissenschaftlichen auch gesellschafts-, geistes- und naturwissenschaftliche Züge und ist darum prädestiniert, Fragen der BNE in einer digitalen Welt zu thematisieren und handelnd Antworten zu finden. Die Inhalts- und Prozessbereiche der Informatik-Bildungsstandards [Ge16] beinhalten eine Reihe naheliegender Verbindungen zur BNE. Im Inhaltsbereich *Algorithmen* lassen sich Algorithmen auf ihre Energieeffizienz untersuchen, so sind heuristische Algorithmen oftmals besonders energieeffizient. Der Inhaltsbereich *Informatiksysteme* kann für den Rohstoffbedarf, Lieferketten und die Notwendigkeit für Recycling sensibilisieren. Der Prozessbereich *Modellieren und Implementieren* in Kombination mit dem Prozessbereich *Strukturieren und Vernetzen* erlaubt durch die Gestaltung von Modellen und Simulationen die Veranschaulichung wichtiger Zusammenhänge und Vorhersagen über das Verhalten komplexer Systeme. In den Inhaltsbereichen *Information und Daten* sowie *Informatiksysteme* können Fragen der IT-Sicherheit, z. B. Verschlüsselung und Netzwerksicherheit, betrachtet werden, die für eine demokratische Politikgestaltung wichtig sind. In diesen Bereichen können anhand von aktuellen Trends wie Big Data der Energiebedarf und die CO₂-Bilanz für die Speicherung und Verarbeitung von Daten in Rechenzentren thematisiert werden. Die Gewinnung, Verarbeitung, Auswertung und Darstellung von Daten sind essenziell für die Sicherung der Datensouveränität mündiger Bürger*innen. Künstliche Intelligenz als Querschnittsthema hat neben einem hohen Bedarf an Daten und Energie auch ethische und rechtliche Implikationen.

Der Inhaltsbereich *Informatik, Mensch und Gesellschaft* korrespondiert mit der gesellschaftlich-kulturellen Perspektive des Dagstuhl-Dreiecks⁶. Es visualisiert, dass für eine Bildung in der digitalen Welt die technologische, anwendungsorientierte und gesellschaftlich-kulturelle Perspektive eingenommen werden müssen. Dabei kann deutlich werden, dass Informatik sowohl Ursache als auch Lösung für BNE-Problemstellungen sein kann.

3 Didaktische Überlegungen

3.1 Computational Action

Die universelle Gestaltbarkeit von Informatiksystemen erlaubt eine handelnde und schöpferische Auseinandersetzung mit den Informatik-Inhalten, für die Papert den Begriff des

⁶ <https://dagstuhl.gi.de/dagstuhl-erklaerung>

Konstruktionismus geprägt hat. Computational Action ist dennoch ein relativ neues Konzept für den Informatikunterricht. Nach Tissenbaum, Sheldon und Abelson [TSA19] wurde im Informatikunterricht der Schwerpunkt zu oft auf die „Grundlagen“ des Programmierens gelegt. Sogar der fortschrittlichere Informatikunterricht, der auf Computational Thinking abzielt, habe sich weitgehend darauf konzentriert, dass die Lernenden die grundlegenden Abläufe in Informatiksystemen verstehen, wie Variablen, Schleifen, Bedingungen, Parallelität und Verarbeitung von Daten. Dieser anfängliche Schwerpunkt auf die Konzepte der Informatik, der reale Anwendungen für „später“ aufschiebt, birgt die Gefahr, dass die Lernenden das Gefühl bekommen, dass Informatik nicht wichtig für sie ist. In dem Computational-Action-Ansatz – mit den beiden Dimensionen „*Computational Identity*“ und „*Digital Empowerment*“ – leisten informatische Kompetenzen einen wichtigen Beitrag zu Selbstwirksamkeitsüberzeugungen und zur Handlungsfähigkeit der Schüler*innen. Die folgenden beiden Ziele charakterisieren die Dimension „*Computational Identity*“:

- Die Lernenden erkennen, dass sie für die Formulierung und den Entwurf ihrer Lösungen verantwortlich sind, anstatt auf „richtige“ Antworten hinzuarbeiten.
- Die Lernenden arbeiten mit authentischen Methoden und Produkten der Informatik.

Die nachfolgenden beiden Ziele beschreiben die Dimension „*Digital Empowerment*“:

- Die Lernenden müssen das Gefühl haben, dass ihre Arbeit einen Einfluss auf ihr eigenes Leben oder ihre Gemeinschaft haben kann.
- Die Lernenden müssen das Gefühl haben, aufgrund ihrer aktuellen Tätigkeit zukünftigen informatischen Herausforderungen erfolgreich begegnen zu können.

3.2 Phänomenorientierung

Zur Erreichung dieser Ziele des Computational-Action-Ansatzes sollte eine große Anzahl von Aktivitäten und Entwicklungen in für die Schüler*innen authentischen und persönlich relevanten Kontexten stattfinden. Die Notwendigkeit solcher Kontexte liefert eine Begründung für den fachdidaktischen Ansatz „Informatik im Kontext“, der informatische Phänomene in den Mittelpunkt stellt. Phänomene der Informatik sind Erscheinungen und Konsequenzen von Informatik, die im alltäglichen Leben auftreten. Humbert und Puhlmann [HP04] unterscheiden dabei drei Arten:

- P1: Phänomene, die direkt mit Informatiksystemen verbunden sind. Sie treten auf, wenn ein Informatiksystem bewusst genutzt wird. Mit Blick auf BNE können dies z. B. Elektroschrott durch Informatiksysteme oder die Nutzung von Apps zur Erreichung der 17 globalen Nachhaltigkeitsziele sein.

- P2: Phänomene, die indirekt mit Informatiksystemen verbunden sind. Sie treten in Alltagssituationen auf, die mit Informatiksystemen einhergehen, ohne direkt wahrgenommen zu werden. Die Verbindung tritt erst deutlich hervor, wenn das Phänomen analysiert wird, z. B. der hohe Energieverbrauch bei Bitcoin.
- P3: Phänomene, die nicht mit Informatiksystemen verbunden sind, aber eine inhärente informatische Struktur beinhalten oder informatisches Denken (Computational Thinking) nahelegen. Im Kontext von BNE können dies u. a. Optimierungsprobleme wie z. B. die Ressourcen-Effizienz von Software sein.

Unabhängig von diesen drei Phänomenen impliziert der „Computational-Action“-Ansatz, dass Schüler*innen selbst informatische Phänomene erschaffen. Dies führt zu einer möglichen vierten Phänomenart:

- P4: Phänomene, die scheinbar nichts mit Informatik zu tun haben, aber durch informatische Werkzeuge und Methoden erschlossen werden können. Beispiele könnten die Entwicklung einer App sein, um regional Lebensmittelreste an Bedürftige zu vermitteln, oder die Simulation eines biologischen Systems, um eine Abschätzung des Wachstums nachhaltiger Rohstoffe vornehmen zu können.

Zusammenfassend sind viele informatische Phänomene für BNE relevant, da Informatiksysteme einerseits natürliche Ressourcen verbrauchen, aber andererseits mittels Informatik-Methoden Abläufe optimiert sowie Ressourcen sparsamer eingesetzt werden können. Zusätzlich verändert Informatik unsere Gesellschaft hinsichtlich der Dimensionen Soziales, Wirtschaft und Politik (gesellschaftliche und individuelle Meinungsbildungsprozesse, Wahlen, Medien, soziale Beziehungen, ökonomische Strukturen und Prozesse, ...).

3.3 Informatik im Kontext

Der kontextorientierte Ansatz beginnt mit der Begegnungsphase, die in der Regel ein Phänomen nutzt, um Interesse zu wecken. In der anschließenden Neugier- und Planungsphase werden die Schüler*innen motiviert, eigene Fragen zu dem Phänomen oder dem ganzen Kontext zu entwickeln und deren Beantwortung gemeinsam zu planen. In der meist in Gruppen durchgeführten Erarbeitungsphase werden die dem Phänomen zugrunde liegenden Prinzipien herausgearbeitet. Die Vernetzungsphase dient dem Zusammentragen, Verknüpfen, Dekontextualisieren und anschließenden Bewerten der Gruppenarbeit. Die Schüler*innen formulieren allgemeingültige Prinzipien, Gesetzmäßigkeiten und Ideen, können diese anschließend auf andere Kontexte übertragen (Rekontextualisierung) und ihre Urteilskompetenz auf Basis der neu erlangten Sachkompetenz ausbauen. In Anlehnung an Diethelm, Koubek und Witten [DKW11] können einem idealen Kontext folgende Merkmale zugeschrieben werden: Mehrdimensionalität, Breite, Tiefe, Lebenswelt und Stabilität. Als

Merkmal	Erläuterung am Beispiel
Mehrdimensionalität	Die Simulation von Algenwachstum hat neben den informatischen Aspekten auch ökologische, ökonomische und gesellschaftliche Dimensionen.
Breite	Wachstumsprozesse wie in der Algensimulation sind in einer Vielzahl von Kontexten relevant. Algen als Nahrungsmittel werden Einfluss auf die Ernährung vieler Menschen gewinnen.
Tiefe	Die Implementation erfordert vertiefte Kenntnisse in der Objektorientierung und in der iterativen Modellierung von Abläufen sowie Fähigkeiten bei der Planung und Durchführung des Softwareentwicklungsprozesses.
Lebensweltbezug	Vielen Jugendlichen sind Simulationen vor allem aus dem Gaming-Bereich vertraut. Eine Übertragung auf weitere Anwendungsfälle muss gelernt werden. Darüber hinaus werden sie über den Konsum von Medien mit einer Vielzahl an Simulationen (z. B. über demografische Entwicklungen, Klimaveränderungen, Bildungschancen) konfrontiert.
Stabilität	Das Thema Simulation von Wachstumsprozessen ist ein zeitloses Thema.

Tab. 1: Die Merkmale guter Kontexte am Beispiel „Simulation von Algenwachstum“

Beispiel für einen guten Kontext, der eine Vielzahl der genannten Eigenschaften aufweist, kann das Thema „Simulation von Algenwachstum“ gelten (Tab. 1).

Nicht alle curricular bedeutsamen Inhalte sind gleichermaßen mit dem Konzept des kontextorientierten Unterrichts zu vermitteln. Wann immer anwendbar, ist das Konzept „Informatik im Kontext“ aber eine Bereicherung des didaktischen Instrumentariums, um die Lernmotivation, die Verankerung der gelernten Inhalte im semantischen Netz der Schüler*innen und damit auch die Lernergebnisse zu verbessern.

3.4 Didaktische Rekonstruktion für den Informatikunterricht zu BNE

Die didaktische Rekonstruktion⁷ ist gut mit dem Ansatz „Informatik im Kontext“ vereinbar. Sie geht von der Überlegung aus, dass die wissenschaftlichen Inhalte, die in der Regel sehr abstrakt und komplex sind, nicht einfach unverändert in den schulischen Fachunterricht übernommen werden können, sondern in interdisziplinäre und überfachliche Bezüge unter der Berücksichtigung umweltlicher, gesellschaftlicher und individueller Zusammenhänge eingebettet werden sollen. In besonderem Maße werden die Lernvoraussetzungen der Schüler*innen, ihre Lernbedingungen und ihre Vorstellungswelt berücksichtigt.

Im Prozess der didaktischen Rekonstruktion werden zunächst komplexe *Sachstrukturen einer wissenschaftlichen Disziplin* in elementare Sinneinheiten zerlegt, d. h. elementarisiert. Anschließend erfolgt der Wiederaufbau von *Sachstrukturen des Unterrichts* unter Nutzung

⁷ <https://service.zfl.uni-kl.de/wp/glossar/didaktische-rekonstruktion>

der elementaren Sinneinheiten. Der Begriff der Sachstruktur hat somit zwei voneinander verschiedene Bedeutungsaspekte. Die *Sachstruktur einer wissenschaftlichen Disziplin* umfasst Inhalte, Begrifflichkeiten, Prinzipien und Prozesse (Arbeits- und Denkweisen) des Bereichs sowie grundsätzliche Vorstellungen über die Perspektive der Bezugswissenschaft. Bei der Entwicklung einer *Sachstruktur des Unterrichts* werden die Sachinhalte für den Unterricht nicht nur vereinfacht, sondern auch – die Perspektiven der Schüler*innen berücksichtigend – neu gegliedert und in Bezug zu anderen für die Schüler*innen relevanten Sachverhalten gesetzt. Dies kann auch explizit unter Beachtung von Fragen der BNE geschehen. Die vermeintliche Reduktion und die nicht der fachwissenschaftlichen Tradition folgende Strukturierung des Inhalts wird durch die Expansion eines Themas über die Bezugnahme auf Alltagserfahrungen und -anwendungen sowie die Herstellung eines Bezuges zur Lebenswelt der Schüler*innen aufgewogen. Die so erlebte persönliche Relevanz der Unterrichtsinhalte wirkt sich förderlich auf die Erwartungen der Schüler*innen an den Unterricht und an das eigene Verhalten im Unterricht, z. B. bezüglich der Selbstwirksamkeitserwartung und des fachbezogenen Selbstkonzepts aus.

Diethelm et al. [Di11] fügen diesem Modell für die Informatik u. a. den Bereich „Perspektive der Lehrkräfte“ hinzu, da betont werden sollte, dass gerade in der Informatik häufig Personen unterrichten, die selbst keinen oder keinen guten Informatikunterricht erlebt und auch kein Informatik-Lehramtsstudium absolviert haben. Daher sind auch ihre Kenntnisse und Einstellungen zur Sachstruktur ganz unterschiedlich, ebenso wie ihre Vorstellungen, wie guter Informatikunterricht aussieht oder ihre selbst wahrgenommene Unterrichtskompetenz in Informatik. Im Modell wurde außerdem die „Klärung gesellschaftlicher Ansprüche an das Fach bzw. Thema“ ergänzt, da die Informatik und spezielle Themen immer noch einer breiten Begründung bedürfen.

Im Bereich BNE können beispielsweise Windkraftanlagen, die sich trotz Wind nicht drehen, als Phänomen und Ausgangspunkt für ein Physical-Computing-Projekt genommen werden, in dem ein Modell einer Windkraftanlage durch 3D-Design, 3D-Druck und anschließende Arduino-Programmierung erstellt wird. Bei der Perspektive der Lehrkräfte gibt es beispielsweise gelegentlich den Fall, dass die Lehrkraft aus der Windkraftbranche über den Quereinstieg an die Schule gekommen ist, deren spezielle Kenntnisse in die Planung einfließen und den Unterricht bereichern können. Bei der Klärung gesellschaftlicher Ansprüche kann diskutiert werden, inwieweit die Modellierung und der 3D-Druck der Windkraftanlage ebenfalls zum Informatikunterricht gehören.

3.5 Zusammenfassung der didaktischen Überlegungen

Durch den Computational-Action-Ansatz können Schüler*innen aktiv selbstgewählte Probleme lösen und nachhaltige Lösungen entwickeln. Dieser Ansatz adressiert insbesondere die höchste Kompetenzstufe im Kompetenzmodell des Orientierungsrahmens, das Handeln (siehe nächster Abschnitt). Die „Didaktische Rekonstruktion“ bezieht sich auf den Prozess der Unterrichtsplanung, in dem Lerninhalte so aufbereitet werden, dass sie den Bedürfnissen

und Erfahrungen der Lernenden gerecht werden. Durch „Informatik im Kontext“ erkennen die Lernenden die Anwendbarkeit der Informatik auf reale Herausforderungen und setzen sich mit ethischen Fragen und sozialen Auswirkungen auseinander. Zusammen fördern diese Konzepte das Verständnis für BNE handelnd sowie anhand von Phänomenen und ermöglichen den Schüler*innen, aktiv globale Entwicklung mitzugestalten.

4 Umsetzung der BNE-Kernkompetenzen für Informatik

Das Kompetenzmodell des Orientierungsrahmens für den Lernbereich Globale Entwicklung gliedert sich in die drei Kompetenzbereiche *Erkennen*, *Bewerten* und *Handeln* mit insgesamt elf Kernkompetenzen. Im Kompetenzbereich *Erkennen* werden Kernkompetenzen zu folgenden Bereichen formuliert: *Informationsbeschaffung und -verarbeitung*, *Erkennen von Vielfalt*, *Analyse des globalen Wandels* und *Unterscheidung von Handlungsebenen*. Im Kompetenzbereich *Bewerten* zu den Bereichen *Perspektivenwechsel und Empathie*, *Kritische Reflexion und Stellungnahme*, *Beurteilen von Entwicklungsmaßnahmen*, *Solidarität und Mitverantwortung* sowie *Verständigung und Konfliktlösung*. Im Kompetenzbereich *Handeln* beziehen sich die Kernkompetenzen auf *Handlungsfähigkeit im globalen Wandel* sowie *Partizipation und Mitgestaltung*. Das Kompetenzmodell ist Grundlage für alle Fächer und zeigt so auf, dass jedes Unterrichtsfach einen Beitrag zur Entwicklung dieser Kernkompetenzen leistet. Dazu werden sie in jedem Fach durch fachbezogene Kompetenzen untersetzt, die sich an den Kompetenzmodellen der Fächer orientieren. Für die Informatik sind das die GI-Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe II [Ge16] und der Gemeinsame Referenzrahmen Informatik [MG20].

Der Orientierungsrahmen widmet den digitalen Medien ein eigenes Kapitel. Darüber hinaus hat Engagement Global infolge der KMK-Strategie „Bildung in der digitalen Welt“ [KM16] im Diskussionspapier „Orientierung gefragt – BNE in einer digitalen Welt“ [En18] die Weiterentwicklung des Orientierungsrahmens hinsichtlich der wechselseitigen Ergänzung von digitaler Bildung und BNE angestoßen. Die Kompetenzen der KMK-Strategie und des Diskussionspapiers werden daher auch bei der Umsetzung der Kernkompetenzen für Informatik berücksichtigt.

Die fachbezogene Untersetzung der Kernkompetenzen erfolgt durch jeweils drei informatische Kompetenzen. Dabei hat eine Kompetenz einen stärkeren Fachbezug und eine einen stärkeren BNE-Bezug. Exemplarisch wird für die Kernkompetenz 1 „*Die Schüler*innen können sich Informationen zu Fragen der Globalisierung und Entwicklung beschaffen und themenbezogen verarbeiten*“ die Untersetzung mit Informatikkompetenzen dargestellt:

Die Schüler*innen können ...

- 1.1 Suchstrategien für die Recherche im Internet zu einer informatischen Fragestellung anwenden und ihre Suchergebnisse organisieren.

- 1.2 auch unter Einsatz einer Datenbanksprache in öffentlich zugänglichen Datenbanken zielgerichtet recherchieren und die Ergebnisse automatisiert weiterverarbeiten.
- 1.3 Rechercheergebnisse überprüfen, nach Relevanz und Eignung auswerten und in digitaler Form problemorientiert visualisieren.

5 Unterrichtsbeispiele

5.1 Algen: Chancen für die Welternährung oder Risiko für Gewässer? Gleichgewichte und Kipp-Punkte objektorientiert simulieren

Den Schüler*innen als Indiz für einen eutrophierten See und Badeverbote im erneut zu warmen Sommer bekannt, gehört die Mikro-Alge zum Hoffnungsträger, z. B. als Super-Food und als nachwachsender Rohstoff. Sie nimmt CO₂ im gesunden Gewässer auf oder gibt es bei Ungleichgewicht an die Atmosphäre ab. Während in Asien auf Algen-Farmen zur Gewinnung von Lebensmitteln gesetzt wird, werden Algen in Europa vor allem natürlichen Ökosystemen entnommen. Die Alge ist somit nicht nur ein relevantes Thema in Hinblick auf die Nachhaltigkeitsziele 2) kein Hunger, 3) Gesundheit und Wohlbefinden, 6) Sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen, 7) Bezahlbare und Saubere Energie, 12) Nachhaltige/r Konsum und Produktion und 14) Leben unter Wasser, an ihr werden ökonomische und ökologische Zielkonflikte sichtbar und die Notwendigkeit, Konsequenzen menschlichen Handelns kritisch zu reflektieren. Um derart komplexe Zusammenhänge zu verstehen, eignen sich computergesteuerte Simulationen, die im Zusammenhang mit den Anforderungen des Klimawandels in der medialen Öffentlichkeit eine große Rolle spielen. Der kompetente Umgang mit medial verbreiteten Simulationen und Modellrechnungen ist für die gesellschaftliche Teilhabe der Schüler*innen deshalb höchst relevant. Dies soll durch die Analyse, Bewertung und insbesondere durch die eigenständige Optimierung und Erweiterung einer objektorientierten Algen-Farm-Simulation im Informatikunterricht angebahnt werden.

Die Vorgehensweise im Unterricht greift dabei Elemente des Reengineering bzw. Use-Modify-Create auf. In einem ersten Schritt testen Schüler*innen eine das Gleichgewicht zwischen O₂- und CO₂-Molekülen simulierende Anwendung. Sie beschreiben natürlichsprachlich, welche Objekte sie identifizieren und welche Vorgänge sie beobachten können. Sie verknüpfen die Beobachtungen mit ihrem Vorwissen über Eutrophierung. Das überfachliche Vernetzen von Wissen und Beobachtungen wird hier gefördert. Konform mit den meisten Lehrplänen für die gymnasiale Oberstufe werden in einem nächsten Schritt identifizierte Objekte in einem UML-Klassendiagramm formell modelliert. Dadurch erkennen die Schüler*innen die Reduktion des Datenmodells zur Simulation des biologischen Prozesses. Chancen und Risiken computergestützter Simulationen werden daraufhin diskutiert. Die Mehrdimensionalität wird erkannt und reflektiert. Anschließend verändern die Schüler*innen experimentell die CO₂-Parameterwerte in der Simulation und ermitteln sogenannte „Kipp-Punkte“. Den Vorgang stellen sie in einem UML-Sequenzdiagramm dar und stärken damit erneut ihre Modellierungskompetenzen. Informatische Konzepte der

Implementierung können nun in den Blick genommen werden; beispielsweise die Frage nach der internen Speicherung von CO₂-Objekten (Datenstrukturen, Objekte und Daten) oder Gemeinsamkeiten von CO₂- und O₂-Objekten (Vererbung). Nun schließt sich eine Implementierungsphase an, in der die Schüler*innen eigene Ideen projektartig umsetzen können. Hierfür eignen sich agile Methoden wie Scrum oder Kanban.

5.2 Kryptowährung

Das zweite Unterrichtsbeispiel ist das Thema Kryptowährung. Es ist in den Medien und damit auch in der Lebenswelt der Schüler*innen präsent: Bei Ransomware-Angriffen wird Lösegeld in Bitcoin gefordert, Tweets von Elon Musk können den Bitcoin-Kurs in die Höhe treiben oder abstürzen lassen und Schüler*innen können auf die Idee kommen, selbst zu spekulieren oder gar Coins zu schürfen. Der dezentrale Ansatz ohne die Notwendigkeit eines Bankkontos verspricht einen besseren und einfacheren Zugang zu Finanztransaktionen, steht aber im Zielkonflikt mit dem hohen Energieverbrauch beim Mining. Digitalen Zahlungsmitteln gehört die Zukunft und das Thema Kryptowährungen ist langfristig gesellschaftlich relevant.

Zum Einstieg in die Unterrichtseinheit werden die Schüler*innen gebeten, in einem Brainstorming ihre Eindrücke zum Thema Kryptowährung zu schildern. Relevante offene Fragen werden notiert, um sie später bearbeiten und beantworten zu können. In der nächsten Phase der Unterrichtseinheit modellieren und implementieren die Schüler*innen Bausteine einer Kryptowährung. Im projektorientierten Informatikunterricht werden zunächst einzelne Bausteine der Blockchain-Technologie wie z. B. Hashfunktion SHA256, Block, Mining, Blockchain, Wallet und kryptografische Signatur in Arbeitsgruppen entwickelt. Mit diesen Bausteinen werden Simulationsprogramme erstellt. Die dafür benötigten Informationen recherchieren die Schüler*innen im Internet. Der Arbeitsstand und die Ergebnisse werden in einem Blog oder Wiki dokumentiert. Im zweiten Teil der Unterrichtseinheit erhalten die Arbeitsgruppen den Auftrag, sich unter einer bestimmten Fragestellung mit politischen, wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Auswirkungen von Kryptowährungen auseinanderzusetzen und diese Fragestellung mit den 17 Nachhaltigkeitszielen in Beziehung zu setzen. Als Anregung kann die Lehrkraft beispielhafte Fragestellungen zur Verfügung stellen: „Untersucht die Klimaauswirkungen der Bitcoin-Technologie und klimafreundliche Alternativen“, „Recherchiert die Bedeutung von Kryptowährungen als offizielles Zahlungsmittel für El Salvador“.

Die Schüler*innen recherchieren die für ihre Fragestellung relevanten Informationen und stellen diese in digitaler Form dar. Da sie in der ersten Projektphase ein grundlegendes technisches Verständnis einer Kryptowährung erworben haben, können sie fundierte Schlussfolgerungen ziehen und Bewertungen vornehmen. Dabei berücksichtigen sie die Entwicklungsdimensionen und Handlungsebenen von BNE und beziehen ihre Ergebnisse auf die Nachhaltigkeitsziele. Auf diese Weise beteiligen sie sich engagiert an der Auseinandersetzung mit globalen Herausforderungen.

6 Fazit

In diesem Artikel wurden Anknüpfungspunkte zwischen Informatik und BNE als Grundlage für ein Konzept eines Orientierungsrahmens für den Lernbereich Globale Entwicklung im Fach Informatik aufgezeigt. Der sich in Vorbereitung befindliche Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung beinhaltet in jedem Fach ein großes Aufgabenbeispiel und Unterrichtsskizzen. Im Fach Informatik bildet die objektorientierte Algensimulation das große Aufgabenbeispiel. Ziel ist, die fächerverbindende Wirkungsmacht des informatischen Modellierens und von Simulationen aufzuzeigen. Dazu kommen zwei Unterrichtsskizzen. Mit der Skizze zum Thema Kryptowährung greift der Orientierungsrahmen exemplarisch notwendige Kompetenzen auf, um die durch Informatiksysteme veränderte Lebenswelt verstehen, beurteilen und mitgestalten zu können. Eine zweite Unterrichtsskizze beschreibt den Computational-Action-Ansatz am Beispiel der App-Entwicklung, um speziell die Handlungskompetenz der Schüler*innen im BNE-Kontext zu fördern.

Literatur

- [Di11] Diethelm, I.; Dörge, C.; Mesaros, A.; Dünnebie, M.: Die Didaktische Rekonstruktion für den Informatikunterricht. In (Thomas, M., Hrsg.): Informatik in Bildung und Beruf — INFOS 2011. Köllen, Bonn, S. 77–86, 2011.
- [DKW11] Diethelm, I.; Koubek, J.; Witten, H.: IniK – Informatik im Kontext: Entwicklungen, Merkmale und Perspektiven. Log In, S. 169–170, 2011.
- [EK98] Enquete-Kommission: Schutz des Menschen und der Umwelt – Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung (Drucksache 13/11/200). Deutscher Bundestag. 1998. <https://dserver.bundestag.de/btd/13/112/1311200.pdf>.
- [En17] Engagement Global: Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung. Kurzfassung. 2017. <https://ges.engagement-global.de/orientierungsrahmen.html>.
- [En18] Engagement Global: Orientierung gefragt – BNE in einer digitalen Welt. 2018. https://www.engagement-global.de/files/2_Mediathek/Mediathek_EG/Angebote_A_Z/GES/Diskussionspapier_Orientierung_gefragt_BNE_in_einer_digitalen_Welt.pdf.
- [Ge16] Gesellschaft für Informatik e. V.: Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe II. 2016. <https://dl.gi.de/handle/20.500.12116/2350>.
- [HP04] Humbert, L.; Puhlmann, H.: Essential Ingredients of Literacy in Informatics. In (Magenheim, J.; Schubert, S., Hrsg.): Informatics and Student Assessment. GI-Dagstuhl-Seminar. Köllen, Bonn, S. 65–76, 2004.
- [KM16] KMK: Strategie „Bildung in der digitalen Welt“. 2016. <https://www.kmk.org/aktuelles/artikelansicht/strategie-bildung-in-der-digitalen-welt.html>.
- [MG20] MNU; GI: Gemeinsamer Referenzrahmen Informatik (GeRRI). Mindeststandards für die auf Informatik bezogene Bildung. 2020. https://www.mnu.de/images/publikationen/Informatik/GeRRI_komplett_WEB.pdf.
- [TSA19] Tissenbaum, M.; Sheldon, J.; Abelson, H.: From Computational Thinking to Computational Action. *Communications of the ACM*, 62(3):34–36, 2019.