



Von Phänomenen zum Handeln: Informatikunterricht im Kontext globaler Herausforderungen

Kryptowährungen im Unterricht

GERHARD RÖHNER – PEER STECHERT

Mit der Erweiterung des Orientierungsrahmens Globale Entwicklung auf die Oberstufe im Auftrag der Kultusministerkonferenz (KMK) wurde Informatik erstmalig in den Orientierungsrahmen aufgenommen. Das Fachkapitel Informatik zeigt auf, wie Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) in den Informatikunterricht der gymnasialen Oberstufe integriert werden kann (KERN et al., 2025). In diesem Artikel werden die ausgewählten didaktischen Ansätze zur praktischen Umsetzung vorgestellt, nämlich Computational Action, Phänomenorientierung, Informatik im Kontext und Didaktische Rekonstruktion. Sie unterstützen (auch in der Sekundarstufe I) einen handlungsorientierten Unterricht, der fachliche Tiefe mit gesellschaftlicher Relevanz verbindet. Während im Fachkapitel drei Unterrichtsbeispiele die unterrichtliche Umsetzung verdeutlichen (Algen-simulation, Kryptowährung und App-Entwicklung), wird in diesem Artikel das Unterrichtsbeispiel Kryptowährung in einer erweiterten und aktualisierten Version vorgestellt.

1 Einleitung

Informatikunterricht steht heute vor der doppelten Herausforderung, Schüler/innen sowohl auf eine informatisch geprägte Lebens- und Arbeitswelt vorzubereiten als auch einen Beitrag zur Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) zu leisten. Der vorliegende Artikel nimmt diese Aufgabe auf und verknüpft fachdidaktische Ansätze mit den Anforderungen des Orientierungsrahmens Globale Entwicklung in der gymnasialen Oberstufe. Die Entwicklung des Fachkapitels Informatik lief dabei zeitweise parallel zu der Erarbeitung der neuen Bildungsstandards für die Sekundarstufe I durch die Gesellschaft für Infor-

matik (GI) und diese haben sich wechselseitig befruchtet (Gesellschaft für Informatik, 2025). Dies ist besonders wichtig, da das Fach Informatik bei der Entwicklung des Orientierungsrahmens Globale Entwicklung für die Sekundarstufe I noch nicht berücksichtigt wurde. Die Aufnahme in den Katalog für die Erweiterung auf die Oberstufe geht mit der Einführung des Pflichtfachs Informatik in immer mehr Bundesländern einher (Informatik-Monitor, 2025).

Der für das Informatikkapitel zuständige Facharbeitskreis Informatik setzt sich aus Personen mit unterschiedlichen Arbeitsschwerpunkten zusammen, darunter Informatikunterricht, Infor-

matikdidaktik, Umweltinformatik und Informatik und Gesellschaft. Der Erstellungsprozess durchlief mehrere Qualitätssicherungsschritte: Präsentation von Zwischenergebnissen in Vorträgen und Workshops auf Fachtagungen, ein öffentlicher Beteiligungsprozess mit Akteuren der Zivilgesellschaft sowie Rückmeldungen aus Bildungsadministrationen unterschiedlicher Bundesländer.

Nach der Verortung von Informatik und BNE im bildungspolitischen Kontext werden in diesem Artikel zentrale didaktische Überlegungen präsentiert: Computational Action, Phänomenorientierung, Informatik im Kontext und didaktische Rekonstruktion. Diese Konzepte verdeutlichen, wie fachliches Lernen, gesellschaftliche Relevanz und Handlungskompetenz miteinander verbunden werden können. Ergänzend werden die BNE-Kernkompetenzen aufgezeigt und ihre Umsetzung im Informatikunterricht diskutiert.

Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf dem Unterrichtsbeispiel „Kryptowährung“. Es zeigt exemplarisch, wie Lernende sowohl zentrale informatische Kompetenzen erwerben als auch Aspekte nachhaltiger Entwicklung kritisch reflektieren können, während sie sich mit einem lebensweltlich bedeutsamen Phänomen auseinandersetzen. Dabei wird deutlich, dass fundiertes Informatikwissen eine notwendige Voraussetzung ist, um sich in der heutigen, zunehmend digitalisierten Welt als mündiger Bürger/in zu behaupten und informierte Entscheidungen zu treffen bzw. Informationen kritisch hinterfragen und bewerten zu können.

Abschließend gibt der Artikel einen Ausblick auf die Chancen, die sich durch die Verbindung von Informatik und BNE für die zukünftige Unterrichtsgestaltung ergeben.

2 Informatik und BNE

Als Gestaltungswissenschaft ist die Informatik prädestiniert, Fragen der nachhaltigen Entwicklung in einer digitalisierten Welt aufzugreifen. Informatiksysteme sind heute in nahezu allen gesellschaftlichen, ökonomischen und ökologischen Bereichen präsent und beeinflussen somit sowohl die Chancen als auch die Risiken nachhaltiger Entwicklung. Einerseits tragen sie durch energieintensive Rechenzentren, die Produktion von Hardware oder algorithmische Diskriminierung zu Problemstellungen bei. Andererseits eröffnen sie Lösungswege, etwa durch die Optimierung von Energienetzen, die Simulation ökologischer Prozesse oder die Unterstützung partizipativer Entscheidungsprozesse. Somit wird deutlich, dass die Informatik sowohl Ursache als auch Lösung von Herausforderungen der BNE sein kann.

Die Bedeutung von BNE im schulischen Bildungskontext hat in den vergangenen Jahren zugenommen. Einen wichtigen Meilenstein für die Integration der Informatik in schulische Bildungsprozesse stellten die ersten GI-Bildungsstandards für die Sekundarstufe I aus dem Jahr 2008 dar (Gesellschaft für Informatik, 2008). Mit der Verabschiedung der Bildungsstandards Informa-

tik für die Sekundarstufe II durch die Gesellschaft für Informatik im Jahr 2016 wurden konkrete Anknüpfungspunkte in Form von inhalts- und prozessbezogenen Kompetenzen geschaffen (Gesellschaft für Informatik, 2016). Auf diese konnte bei der Erweiterung des Orientierungsrahmens Globale Entwicklung auf die Oberstufe zurückgegriffen werden. Durch die Aufnahme des Fachs Informatik in die Weiterentwicklung des Orientierungsrahmens durch die KMK wurde dessen Rolle im fächerübergreifenden Diskurs der BNE systematisch verankert.

Eine besondere Orientierungshilfe bietet dabei das Dagstuhl-Dreieck, das drei Perspektiven auf die digitale Welt unterscheidet: die technologische, die anwendungsorientierte und die gesellschaftlich-kulturelle Perspektive (Dagstuhl-Erklärung, 2016). Für die Umsetzung von BNE im Informatikunterricht bedeutet dies, dass neben technischen Funktionsweisen auch Fragen der Nutzung und die gesellschaftlichen Auswirkungen betrachtet werden. Thematisiert werden können beispielsweise die Energieeffizienz von Algorithmen, Fragen der IT-Sicherheit oder die ethischen Dimensionen Künstlicher Intelligenz.

Der Informatikunterricht trägt somit zur Entwicklung zentraler Kompetenzen nachhaltiger Bildung bei. Die Lernenden sollen einerseits in die Lage versetzt werden, globale digitale Prozesse zu erkennen und zu analysieren. Andererseits sollen sie lernen, Chancen und Risiken abzuwägen und schließlich selbst aktiv an der Gestaltung nachhaltiger digitaler Lösungen mitzuwirken.

2.1 Exkurs: BNE in den neuen Informatikbildungsstandards für die Sek. I

Die neuen *Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I* (Gesellschaft für Informatik, 2025) greifen die Forderung nach einer systematischen Integration von Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) explizit auf. In allen Inhaltsbereichen der Bildungsstandards lassen sich Anknüpfungspunkte an die Zieldimensionen der nachhaltigen Entwicklung finden, nämlich soziale Gerechtigkeit, ökologische Verträglichkeit, demokratische Politikgestaltung sowie wirtschaftliche Leistungsfähigkeit (Engagement Global gGmbH, 2025).

Im Inhaltsbereich „*Information und Daten*“ (ID) ergibt sich ein BNE-Bezug beispielsweise durch den reflektierten Umgang mit Daten. Schüler/innen lernen, wie Daten entstehen, verarbeitet und gespeichert werden. Sie können dies mit Fragen des Ressourcenverbrauchs, der Energieeffizienz von Rechenzentren oder der Verantwortung für Datensouveränität verknüpfen. Dabei verdeutlichen Themen wie Datenreduktion, Verschlüsselung oder Datenschutz auch die gesellschaftlichen und ethischen Dimensionen. Datenzugänglichkeit ist auch aus globaler Perspektive relevant. Wer hat Zugang zu welchen Daten und damit auch zu Informationen?

Der Inhaltsbereich „*Algorithmen*“ (AL) bietet die Möglichkeit, die Effizienz und Nachhaltigkeit von Problemlösungen zu thematisieren. So lassen sich unterschiedliche algorithmische Verfahren nicht nur hinsichtlich ihrer Korrektheit, sondern auch in Bezug auf ihren Energieverbrauch, ihre Ressourcennutzung

(z.B. Software-Bloat, also das Überladen von Software mit überflüssigen Funktionen) oder ihren Beitrag zur Lösung von bzw. Polarisierung bei gesellschaftlich relevanten Problemen untersuchen. Darüber hinaus spielt die Auseinandersetzung mit Ansätzen der Künstlichen Intelligenz eine Rolle, deren Chancen und Risiken für eine nachhaltige Entwicklung kritisch reflektiert werden müssen.

Im Inhaltsbereich „*Sprachen und Automaten*“ (SA) können Schüler/innen die Bedeutung von Standardisierung und formalen Sprachen für Interoperabilität und Ressourcenschonung erkennen. So lässt sich beispielsweise diskutieren, inwiefern einheitliche Formate den Austausch und die Wiederverwendung von Daten erleichtern und somit nachhaltige IT-Strukturen fördern.

Der Inhaltsbereich „*Informatiksysteme*“ (IS) weist besonders konkrete Bezüge zu BNE auf. Hier geht es um den Aufbau, die Vernetzung und die Sicherheit von Systemen sowie deren Einbettung in soziotechnische Kontexte. Nachhaltigkeitsaspekte betreffen unter anderem den Rohstoffverbrauch, Elektroschrott, Click-Farms, Lieferketten und die Energieeffizienz von Hardware, aber auch die Frage nach langlebigen und reparierbaren Systemen. Ebenso kann die Rolle von Informatiksystemen in Smart Grids oder in nachhaltiger Mobilität thematisiert werden.

Der Inhaltsbereich „*Informatik, Mensch und Gesellschaft*“ (IMG) verknüpft schließlich die technische Dimension mit gesellschaftlich-kulturellen Perspektiven. Im Zentrum stehen dabei ethische Fragen, soziale Auswirkungen und politische Dimensionen digitaler Technologien. Schüler/innen reflektieren unter anderem digitale Teilhabe, die Auswirkungen von Plattformökonomien, Rechte an digitalen Gütern sowie die Chancen und Risiken neuer Technologien für globale Nachhaltigkeitsziele.

Insgesamt verdeutlichen die Standards, dass BNE nicht als zusätzliches Thema, sondern als integraler Bestandteil des Informatikunterrichts verstanden wird.

3 Didaktische Überlegungen

3.1 Computational Action

Computational Action (TISSENBAUM et al., 2019) ist ein zentraler didaktischer Ansatz, um das wichtige Ziel des Handelns im Sinne des Orientierungsrahmens Globale Entwicklung im Informatikunterricht umzusetzen. Dabei geht es nicht nur darum, informatische Konzepte zu verstehen, sondern auch aktiv Verantwortung zu übernehmen und mittels digitaler Technologien gesellschaftlich wirksam zu handeln.

Im Zentrum des Computational-Action-Projektes steht ein strukturierter Prozess: Schüler/innen wenden Informatiksysteme und informatische Werkzeuge gezielt an, um soziale Verantwortung über den Unterricht hinaus zu übernehmen. Mithilfe eines Lehrleitfadens, eines Curriculums und eines Toolkits – etwa der sogenannten Impact-Matrix – reflektieren sie die posi-

tiven und negativen Auswirkungen digitaler Technologien auf die Gesellschaft, etwa bei Anwendungen wie Gesichtserkennung (MIT RAISE, 2025).

Empirische Befunde zeigen: Nach dem Einsatz des Computational-Action-Prozesses sind Lernende stärker für ethische Aspekte sensibilisiert (MIT RAISE, 2025b).

Aus didaktischer Perspektive bietet Computational Action somit mehrere wesentliche Vorteile:

- Handlungsorientierung: Das Lernen wird vom passiven Verstehen hin zum aktiven Gestalten im Sinne nachhaltiger Entwicklung verlagert.
- Reflexionsförderung: Schüler/innen lernen, die Auswirkungen ihrer Lösungen bewusst zu reflektieren – ein zentrales Element von BNE.
- Strukturelle Unterstützung: Durch Curriculum, Toolkit und Impact-Matrix werden klare Anleitungen gegeben, die Lehrende und Lernende durch den Prozess führen.
- Ethische Sensibilität: Die explizite Auseinandersetzung mit den gesellschaftlichen Effekten digitaler Technologien stärkt das kritische Bewusstsein und die Verantwortungsbereitschaft.

Insgesamt bietet Computational Action ein Konzept, um „Handeln“ nicht nur buchstäblich, sondern als reflektierten und verantworteten Teil des Informatiklernens zu verankern und damit unmittelbar zu den Zielen einer global orientierten, nachhaltigen Bildung beizutragen.

3.2 Informatik im Kontext

Der Ansatz „Informatik im Kontext“ (InIK) zielt darauf ab, die Relevanz und Motivation im Informatikunterricht durch starke Bezüge zur Lebenswelt der Lernenden zu steigern. Statt Informatik als isolierte Fachdisziplin zu behandeln, verknüpft InIK technische Inhalte mit sinnstiftenden, alltagsnahen Kontexten der Lernenden. Informatiksysteme werden dabei nicht als Selbstzweck betrachtet, sondern als Mittel zur Bewältigung realer Herausforderungen in der Lebenswelt von Schüler/innen (DIETHELM et al., 2011).

Für InIK sind drei didaktische Prinzipien zentral:

1. Orientierung an sinnstiftenden Kontexten aus der Lebenswelt der Schüler/innen, die mehrere Dimensionen (z.B. ökologische, ethische, rechtliche) integrieren.
2. Ausrichtung an fachlichen Standards der Informatik, um fachliche Tiefe und Systematik zu gewährleisten.
3. Methodenvielfalt, um unterschiedliche Lernzugänge zu ermöglichen, etwa schüleraktivierende oder kooperative Verfahren (InIK, 2025).

Ein bewährtes Unterrichtsdesign lässt sich in fünf Phasen strukturieren:

- Begegnungsphase (Einstieg mit Lebensweltbezug),
- Neugier- und Planungsphase,
- Erarbeitungsphase,
- Vernetzungsphase (Dekontextualisierung),
- Reflexions- und Bewertungsphase (Rekontextualisierung).

Diese Phasen sichern nicht nur einen motivierenden Einstieg, sondern ermöglichen es auch, den Kontext über den gesamten Verlauf hinweg präsent zu halten, anstatt ihn nur zu Beginn zu nutzen und anschließend zum technikzentrierten Unterricht zurückzukehren.

Konzepte wie Dekontextualisierung und Rekontextualisierung spielen hierbei eine zentrale Rolle: Inhalte und informatische Prinzipien werden aus ihrem alltagsbezogenen Kontext herausgelöst (abstrahiert) und anschließend in Bezug zur Lebenswelt zurückgeführt. So entsteht eine Verbindung zwischen abstraktem Fachwissen und seiner konkreten Anwendbarkeit.

3.3 Didaktische Rekonstruktion

Die didaktische Rekonstruktion ist ein in den Naturwissenschaftsdidaktiken etabliertes Modell. Es zielt darauf ab, Unterrichtsinhalte nicht einfach aus der Fachwissenschaft zu übernehmen, sondern sie unter pädagogischer Zielsetzung neu zu erstellen. Grundlage ist das Dreieck aus fachlicher Klärung, Erfassung von Schülervorstellungen und didaktischer Strukturierung (KATTMANN et al., 1997). Durch den iterativen Bezug dieser drei Elemente sollen Unterrichtsinhalte sowohl fachlich fundiert als auch anschlussfähig an die Vorstellungen der Lernenden aufbereitet werden. Dieses Verfahren hat sich insbesondere in phänomenorientierten Fächern bewährt, da die Wahrnehmung der Welt in der Regel über Phänomene erfolgt, die dann durch den Fachunterricht erklärt werden.

Das Modell wurde für den Informatikunterricht adaptiert und erweitert. Hintergrund ist, dass die Informatik als vergleichsweise junges Unterrichtsfach eine andere fachdidaktische Ausgangslage hat als die klassischen Naturwissenschaften. Wesentliche Besonderheiten sind:

- Einbezug gesellschaftlicher Ansprüche: Informatik ist eng mit Fragen von Teilhabe, Digitalisierung und nachhaltiger Entwicklung verknüpft. Diese gesellschaftliche Dimension muss systematisch in die Rekonstruktion aufgenommen werden.
- Berücksichtigung der Lehrkräfteperspektive: Da Informatiklehrkräfte häufig unterschiedliche fachliche Hintergründe haben und teils Quereinsteiger/innen sind, variieren ihre Vorstellungen und Ziele stark. Für die Unterrichtsplanung und die Akzeptanz von Materialien ist es notwendig, diese Perspektiven zu berücksichtigen.
- Fokus auf informatische Phänomene: Während naturwissenschaftliche Phänomene meist stabil sind, verändern sich informatische Phänomene ständig. Es sind Ereignisse, die durch automatisierte Informationsverarbeitung verursacht werden und die Lebenswelt der Schüler/innen unmittelbar betreffen, wie etwa das Stocken eines YouTube-Videos oder die Funktionsweise einer Suchmaschine. Solche Phänomene können nicht nur erklärt, sondern - mit Einschränkungen - auch aktiv gestaltet werden, etwa indem Lernende eigene Programme entwickeln.

Damit erweitert sich das klassische Dreieck der didaktischen Rekonstruktion zu einem Modell, das zusätzlich gesellschaftliche Ansprüche, Lehrkräfteperspektiven sowie die Auswahl informa-

tischer Phänomene berücksichtigt. Das Ziel besteht darin, Inhalte und Methoden so zu strukturieren, dass sie fachlich fundiert, lebensweltlich relevant und praktisch umsetzbar sind.

3.4 Phänomenorientierung

Die Phänomenorientierung ist somit eine zentrale didaktische Leitidee der Informatikdidaktik, die verschiedene Ansätze miteinander verbindet. Für Informatik im Kontext bildet die Phänomenorientierung den Ausgangspunkt für die Begegnungsphase: Ein lebensweltlich relevantes Phänomen weckt Neugier und schafft Anknüpfungspunkte für das fachliche Lernen. In der didaktischen Rekonstruktion dient sie als Fokussierungshilfe, um geeignete Inhalte auszuwählen, die fachlich begründet sind und gleichzeitig an die Erfahrungswelt der Lernenden anschließen. Dabei wird deutlich, dass informatische Phänomene nicht nur erklärt, sondern auch von Lernenden selbst erzeugt und gestaltet werden können. Im Konzept der Computational Action schließlich spielt die Phänomenorientierung eine Schlüsselrolle, da die Lernenden nicht abstrakt, sondern an konkreten Problemen und Fragestellungen handelnd aktiv werden. Sie entwickeln eigene digitale Lösungen, die auf wahrgenommenen Phänomenen in ihrem Lebensumfeld beruhen, und erfahren so Selbstwirksamkeit.

4 Unterrichtsbeispiel Kryptowährung

4.1 Einleitung

Kryptowährungen wie Bitcoin oder Ethereum sind seit Jahren fester Bestandteil der medialen Berichterstattung. Sie stehen für digitale Innovation, für neue Formen von Geld- und Finanztransaktionen – gleichzeitig aber auch für Risiken wie Spekulation, Betrug oder massiven Energieverbrauch. Da das Thema in den Medien und damit auch in der Lebenswelt der Schüler/innen präsent ist und reichlich informatische Bezüge aufweist, eignet es sich besonders, um im Informatikunterricht aufgegriffen zu werden.

Der Unterricht eröffnet die Möglichkeit, sowohl informatische Grundlagen digitaler Währungen zu erarbeiten als auch deren gesellschaftliche, politische, ökologische und ökonomische Auswirkungen kritisch zu reflektieren. Dadurch können nicht nur informatische Kompetenzen, sondern auch Urteilsfähigkeit und Handlungsorientierung im Sinne der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) gefördert werden.

4.2 Grundstruktur einer Unterrichtseinheit

Zur Einführung in die Unterrichtseinheit berichten die Schüler/innen in einem Brainstorming von ihren Eindrücken beim Thema Kryptowährung. Relevante offene Fragen werden notiert, um sie später bearbeiten und beantworten zu können.

In der ersten Phase der Unterrichtseinheit modellieren und implementieren die Schüler/innen Bausteine einer Kryptowährung. Im projektartigen Informatikunterricht werden von Arbeitsgruppen einzelne Bausteine der Blockchain-Technologie wie z.B. Hashfunktion SHA256, Block, Mining, Blockchain, Wallet und kryptografische Signatur entwickelt. Diese Bausteine werden zum Erstellen von Simulationsprogrammen benutzt.

Die dafür benötigten Informationen recherchieren die Schüler/innen im Internet. Dabei kommen auch generative KI-Werkzeuge zum Einsatz, denn diese liefern in der im Unterricht benutzten Programmiersprache meist schon lauffähige Programme, die dann an den jeweiligen Projektstand angepasst werden müssen. Der Arbeitsstand und die Ergebnisse werden in einem Blog, Wiki oder einem anderen Onlineformat dokumentiert, sodass alle Schüler/innen sich über die Teilprojekte informieren können.

Im zweiten Teil des Projekts erhalten die Arbeitsgruppen den Auftrag, sich unter einer bestimmten Fragestellung mit politischen, wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Auswirkungen von Kryptowährungen auseinander zu setzen und diese Fragestellung mit den 17 Zielen für nachhaltige Entwicklung in Beziehung zu setzen. Als Anregung kann die Lehrkraft exemplarisch einige Fragestellungen als Orientierung zur Verfügung stellen:

- Welchen Beitrag können Kryptowährungen in Afrika zur Erreichung von Nachhaltigkeitszielen liefern?
- Zu den 17 Nachhaltigkeitszielen gehören umgehende Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen. Untersucht die Klimaauswirkungen der Bitcoin-Technologie, klimafreundliche Alternativen sowie weitere Bezüge zu den Nachhaltigkeitszielen.
- Recherchiert die Bedeutung von Kryptowährungen als offizielles Zahlungsmittel für Venezuela und arbeitet Bezüge zu den 17 Nachhaltigkeitszielen heraus.

Die Schüler/innen recherchieren zu ihrer Fragestellung relevante 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 beachten Sie die Entwicklungsdimensionen und Handlungsebenen im Prozess nachhaltiger Entwicklung und beziehen ihre Ergebnisse auf die Nachhaltigkeitsziele. Auf diese Weise beteiligen sie sich engagiert an der Auseinandersetzung mit den globalen Herausforderungen.

4.3 Informatische Grundlagen

Kern jeder Kryptowährung ist die *Blockchain-Technologie* (NAKAMOTO, o.J.): Datenblöcke werden kryptografisch gesichert in einer Kette aneinandergereiht. Mit einer *Hashfunktion* kann man für einen großen Datenblock einen kleinen Hashwert berechnen, der eine nahezu eindeutige Kennzeichnung des Datenblocks darstellt. Das ist mit einem Fingerabdruck vergleichbar, der einen Menschen identifiziert. Eine minimale Änderung des Datenblocks führt zu einem völlig verschiedenen Hashwert. Betrachten wir den Beispieltext „MNU - Verband zur Förderung des MINT-Unterrichts“: Im Beispiel wurde nur das erste M durch ein N ersetzt, aber die beiden Hashwerte sind vollkommen unterschiedlich:

```
SHA256(„MNU - Verband zur Förderung des MINT-Unterrichts“) =
dce0f4b1973ba30b34a84ed9bc14aa592206a1513ec37f9e23ef6ce17cd9c875
SHA256(„NNU - Verband zur Förderung des MINT-Unterrichts“) =
1b563e09ad4e5293b939c6eb33a3835bdb9d695ac9c5f089113806ec344109b2
```

Da der *SHA256-Algorithmus* (engl. Secure Hash Algorithm) sehr gut dokumentiert ist (NIST, 2015) könnte ihn eine Arbeitsgruppe selbstständig implementieren. Alternativ ist auch die Verwendung einer Hash-Bibliothek für die genutzte Programmiersprache denkbar, um ein Simulationsprogramm zur Wirkungsweise einer Hashfunktion zu erstellen.

Ein *Block* hat die Attribute Blocknummer, Daten, Vorgängerhash und Hash (Abb. 1). Beim Proof-of-Stake-Modell (z.B. Ethereum) reicht das, beim Proof-of-Work-Modell (z.B. Bitcoin) kommen Nonce und Schwierigkeit als weitere Attribute hinzu. Im Datenbereich eines Blocks werden typischerweise 2000 bis 3000 Finanztransaktionen gespeichert. Schüler/innen können einen Block objektorientiert als Klassendiagramm modellieren und dann die Methoden *berechneHash()*, *gültig()* und *mine()* implementieren. Die Wirkweise wird dann mit einem Simulationsprogramm erfahrbar gemacht (Abb. 2).

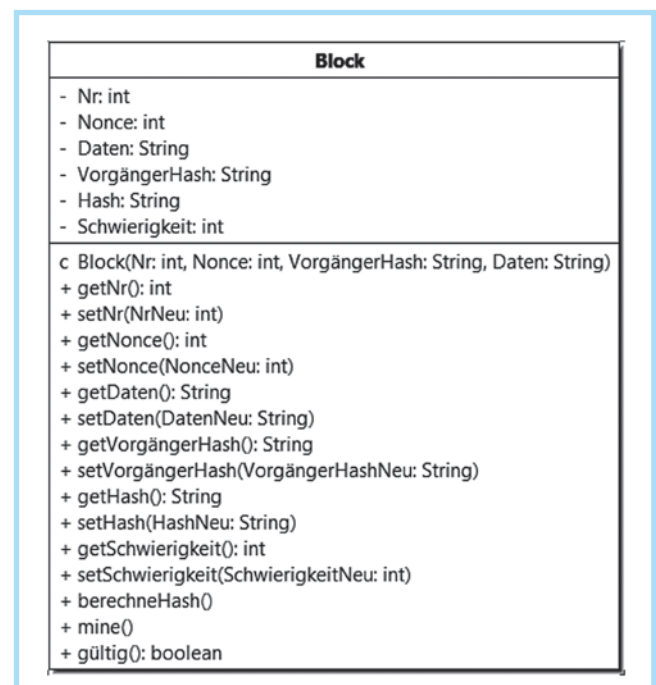


Abb. 1. Klassendiagramm eines Blocks mit Attributen und Methoden

Die *Blockchain* besteht aus linear verketteten Blöcken, wobei der Hash eines Blocks im nächsten Block als Vorgängerhash gespeichert wird und somit in dessen Hashberechnung auch eingeht. Dadurch wird die Integrität der Blockchain sichergestellt. Eine nachträgliche Manipulation in einem Datenblock würde die Verknüpfung mit dem nächsten Block ungültig machen und damit sofort auffallen. Ein Simulationsprogramm sollte das Wirkprinzip zeigen und dabei anschaulich darstellen, wie die Manipulation eines Blocks, diesen und alle weiteren ungültig macht.

Mit einem *Wallet*, einer digitalen Geldbörse für eine Kryptowährung, kann man Finanztransaktionen vornehmen, welche in der Blockchain gespeichert werden. Die

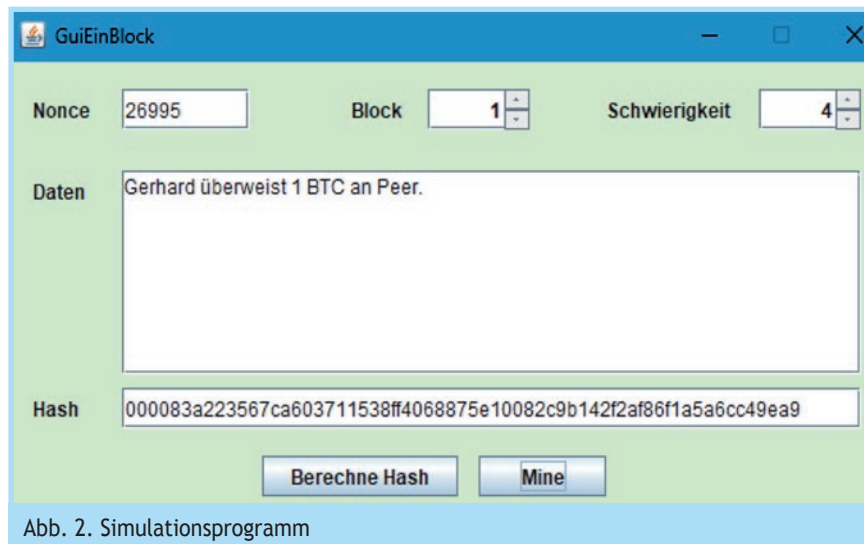


Abb. 2. Simulationsprogramm

Authentifizierung und Integrität einer Transaktion werden mit einer kryptografischen Signatur realisiert. Dazu muss man im Wallet einmalig ein asymmetrisches Schlüsselpaar aus privatem und öffentlichem Schlüssel erzeugen. Mit dem privaten Schlüssel werden Transaktionen signiert, mit dem öffentlichen Schlüssel lässt sich eine Transaktion verifizieren. Typischerweise wird der Elliptic Curve Digital Signature Algorithm (ECDSA) auf der elliptischen Kurve secp256k1 ($y^2 = x^3 + 7$) zur Schlüsselpaarerzeugung, Signierung und Verifizierung eingesetzt.

Interessierte Schüler/innen könnten sich vertieft mit diesem Kryptoverfahren auseinandersetzen, z.B. Addition und Multiplikation von Punkten auf einer elliptischen Kurve, Schlüsselerzeugung oder signieren. Es würde aber auch ausreichen, es in einem Simulationsprogramm anzuwenden (BROWNORTH, 2016). Dafür liefern generative KI-Systeme Lösungen, die man für den eigenen Einsatz anpassen und in das Simulationsprogramm integrieren muss.

Mit den aufgezeigten Komponenten erarbeiten sich die Schüler/innen ein grundlegendes Verständnis der Blockchain-Technologie. Dabei gibt es mehrere Gelegenheiten, nach eigenen Interessen Aspekte zu vertiefen oder hinzuzunehmen. Um den Bezug zur Lebenswelt deutlich zu machen, sollten die Schüler/innen auch reale Blockchains im Internet erkunden. Sie sind zugänglich über www.blockchain.com/explorer.

4.4 Kryptowährung im Kontext der Bildung für nachhaltige Entwicklung

Im zweiten Teil der Unterrichtseinheit können Arbeitsgruppen eine Fragestellung im Kontext von Kryptowährung und BNE selbst entwickeln und diese mit der Lehrkraft abstimmen oder unter gegebenen Fragestellungen eine auswählen (Abschnitt 4.2). Relevant ist, dass die ausgewählte Fragestellung Kryptowährung, Bildung für nachhaltige Entwicklung und die Nachhaltigkeitsziele umfasst und ausreichend umfangreich ist, so dass ihre Bearbeitung mit einem deutlichen Lern- und Arbeitsaufwand verbunden ist. Die Fragestellungen werden von den Arbeitsgruppen bearbeitet, wobei Internetrecherche und generativer KI-Tools zum Einsatz kommen. Vorab muss definiert

werden, welche Form und welchen Umfang das Arbeitsergebnis einer Gruppe haben soll. Aus informatischer Perspektive sollte ein digitales Format gefordert sein, denn mit analogen Ergebnissen, wie z.B. Plakaten, haben die Schüler/innen sicherlich in anderen Unterrichtsfächern schon Erfahrungen sammeln können. Unter anderem sind Blog- oder Wiki-Beiträge, Veröffentlichungen auf der Schul-Website, Präsentations- oder cloudbasierte Onlinefolien denkbar. Man sollte die Medienart nicht vorgeben, sondern den Freiraum für selbstständige Auswahl lassen. Bei der Vorstellung der Arbeitsergebnisse im Plenum ist es gut und lehrreich, wenn verschiedene digitale Möglichkeiten vorkommen. Der geforderte Umfang sollte so

gewählt werden, dass ein bestimmter Zeitrahmen, z.B. 10 min, für die Vorstellung benötigt wird.

Das Thema Kryptowährung hat verschiedene Anknüpfungspunkte zur BNE. Unter den *ökologischen* Aspekten ist vor allem der hohe Energieverbrauch beim Proof-of-Work-Modell zu diskutieren. Wie kommt dieser enorme Energie- und Ressourcenverbrauch zu Stande (z.B. Miningfarmen, weltweites Schürfen), wie steht er in Relation zum Energieverbrauch einzelner Staaten, wie gehen diese damit um und welchen Anteil haben dabei erneuerbare Energien (Sustainable Development Goal – SDG 7.1: Allgemeiner Zugang zu moderner Energie, SDG 7.2: Erhöhung des weltweiten Anteils an erneuerbaren Energien). Wenn fossile Energieträger zum Minen genutzt werden, können die Klimaschutzziele nicht eingehalten werden (SDG 13: Maßnahmen zum Klimaschutz).

Beim Proof-of-Stake Modell entfällt das Minen und damit der hohe Energieverbrauch. In Abhängigkeit vom Besitzanteil wird zufällig ermittelt, wer den nächsten Block validiert. Zum weit verbreiteten Proof-of-Work-Modell gibt es also eine nachhaltige Alternative.

Bei den *ökonomischen* Aspekten ist ein Perspektivwechsel erforderlich. Im Euroraum sind wir mit einem sehr guten Bankensystem ausgestattet, in Ländern des globalen Südens ist das keine Selbstverständlichkeit. Während bei uns Kryptowährungen eher als Spekulationsobjekt oder Anlage genutzt werden, haben sie in Ländern des globalen Südens oft eine funktionale Bedeutung im Alltag. Viele Menschen haben kein Bankkonto, aber ein Smartphone, über das sie mit einem Wallet direkten Zugang zu digitalen Bezahlmöglichkeiten haben.

Geldtransfers von im Ausland arbeitenden Familienmitglieder sind oft teuer (z.B. MoneyGram), bei Stablecoins meist günstig. In Ländern mit schwacher nationaler Währung oder hoher Inflation dienen Kryptowährungen als Wertspeicher. Allerdings ist die Nutzung von Kryptowährungen auch mit Betrugsrisiken verbunden. Dennoch stellen sie eine wichtige Möglichkeit zur Erreichung von SDG 9.3: Erhöhung des Zugangs zu Finanzdienstleistungen und -märkten, SDG 10.c: Reduzierung der Transak-

tionskosten für Überweisungen von Migranten und SDG 8.3: Unterstützung zur Schaffung von Arbeitsplätzen und von wachsenden Unternehmen dar.

Das komplette Verbot von Kryptohandel und -mining in China seit 2021 sowie starke Restriktionen in anderen Ländern sind Beispiele für den *politischen* Aspekt von Kryptowährungen. Staaten wollen u. a. Kapitalflucht und Parallelwährungen verhindern sowie eigene digitale Währungen fördern. Auch in Europa und den USA ist der Kryptomarkt durch eine Lizenzpflicht und Transparenzanforderungen für Handelsplattformen reguliert, u.a. als Schutz vor Betrug, Erpressung, Geldwäsche, Steuerhinterziehung oder Terrorfinanzierung.

Neben diesen Risiken gibt es allerdings auch Chancen wie z.B. Innovation, Wirtschaftswachstum durch Investitionen und neue Steuerquellen. So nutzen Singapur und die Schweiz Kryptoregulierungen auch, um Startups anzulocken (SDG 8.2: Diversifizierung, Modernisierung und Innovation für wirtschaftliche Produktivität). Auf den Konflikt zwischen Chancen und Risiken von Kryptowährungen wird auf politischer Ebene also sehr unterschiedlich reagiert.

Die *soziale* Dimension in Bezug auf Kryptowährungen innerhalb der BNE bezieht sich auf die Auswirkungen dieser Technologien auf das Zusammenleben, die Teilhabe, die Gerechtigkeit und die sozialen Strukturen. Wie dargelegt, können Kryptowährungen Menschen ohne Zugang zu klassischen Bankensystemen eine Möglichkeit geben, am Wirtschaftsleben teilzunehmen, Geld zu empfangen und zu senden – ohne Mindesteinlage, ohne Bankgebühren und ohne Ausweisdokumente. Dies ist ein enor-

mes Potential für finanzielle Inklusion. Gleichzeitig verstärken sie soziale Unterschiede, wenn nur technisch affine Menschen mit einem Smartphone profitieren, während andere ausgeschlossen bleiben, weil ihnen die notwendige digitale Literacy, Grundkompetenzen zur Nutzung einer Wallet oder die technischen Voraussetzungen fehlen. Zudem kann die hohe Volatilität von Kryptowährungen zu schnellem Reichtum, aber auch zu hohen Verlusten von Ersparnissen führen, mit dramatischen sozialen Folgen für Individuen und Familien (SDG 1.4: Gleiche Rechte auf Besitz, grundlegende Dienstleistungen, Technologie und wirtschaftliche Ressourcen).

4.5 Einordnung der Unterrichtseinheit in das Konzept der Globalen Bildung

Mit dem zweiteiligen projektartigen Unterrichtskonzept werden vielfach Anforderungen an globales Lernen eingelöst. Im informatischen Bereich stehen als didaktische Prinzipien Wissenschaftspropädeutik und forschendes Lernen, Computational Action, Informatik im Kontext und Phänomenorientierung im Vordergrund, wobei sich die Schüler/innen im Modus der kognitiv-instrumentellen Modellierung der Welt Grundlagen der Kryptowährungen aneignen. Bezüglich BNE kommen als didaktische Prinzipien Perspektivenwechsel, Kompetenzorientierung und situiertes Lernen sowie Umgang mit Komplexität hinzu.

Der Orientierungsrahmen Globale Entwicklung strukturiert die Kompetenzen in die Bereiche Erkennen, Bewerten und Handeln und weist insgesamt elf Kernkompetenzen aus, zu denen jeweils drei bis vier fachbezogene Kompetenzen formuliert sind. Die dargestellte Unterrichtseinheit fördert folgende Kompetenzen (Tabelle 1):

	Kernkompetenz	Fachbezogene Teilkompetenzen (Die Lernenden können ...)
Erkennen	2. Erkennen von Vielfalt	2.3 ... Veränderungen in der soziokulturellen Entwicklung durch die Digitalisierung erkennen sowie Chancen und Risiken digitaler Systeme für Bereiche der Nachhaltigkeit und globaler Gerechtigkeit beschreiben.
	3. Analyse des globalen Wandels	3.2 ... ein Simulationsprogramm zu einem ökologischen, sozialen, ökonomischen oder politischen Problem analysieren, modellieren, implementieren oder erweitern, um damit eine nachhaltige Fragestellung zu untersuchen.
Bewerten	7. Beurteilen von Entwicklungsmaßnahmen	7.3 ... die Bedeutung digitaler Technologien für die nachhaltige Entwicklung darstellen und bewerten.
Handeln	8. Solidarität und Mitverantwortung	8.3 ... Potenziale von Digitalisierung zur Lösung globaler und ökologischer Herausforderungen erkennen, auch vor dem Hintergrund von Datenschutz, Ethik und IT-Sicherheit.
	9. Verständigung und Konfliktlösung	9.3 ... Verfahren zur Sicherung von Vertraulichkeit, Authentizität und Integrität in der Kommunikation und Zusammenarbeit einsetzen und bewerten.

Tabelle 1. Die vom Unterrichtsbeispiel Kryptowährung adressierten Fachkompetenzen und deren Zuordnung zu den elf Kernkompetenzen des Orientierungsrahmens (KERN et al., 2025, 679ff).

5 Fazit & Ausblick

Der Artikel zeigt, wie Informatikunterricht durch die Integration von Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) einen wesentlichen Beitrag zur Vorbereitung von Schüler/innen auf die Herausforderungen einer digitalisierten Welt leisten kann.

Das *Unterrichtsbeispiel Kryptowährung* verdeutlicht, wie sich informatische Grundlagen wie Blockchain, Hashing und kryptografische Signaturen mit ökologischen, ökonomischen, sozialen und politischen Fragestellungen verbinden lassen. Lernende erwerben dabei nicht nur fundiertes Informatikwissen, sondern reflektieren zugleich die Auswirkungen digitaler Technologien im Kontext der globalen Nachhaltigkeitsziele.

Simulationsprogramme in Java und Python stehen als Online-Beilage zur Verfügung.



Literatur

BROWNORTH, A. (2016). Blockchain Demo. <https://andersbrownworth.com/blockchain/>

Dagstuhl-Erklärung (2016). Dagstuhl Erklärung. Bildung in der digitalen vernetzten Welt. Eine gemeinsame Erklärung der Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Seminars auf Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik GmbH. <https://dagstuhl.gi.de/dagstuhl-erklaerung>

DIETHELM, I., DÖRGE, C., MSAROS, A. & DÜNNEBIER, M. (2011). Die Didaktische Rekonstruktion für den Informatikunterricht.

DIETHELM, I., KOUBEK, J. & WITTEN, H. (2011). IniK – Informatik im Kontext. Entwicklungen, Merkmale und Perspektiven. LOG IN 168/170.

Engagement Global gGmbH (Hrsg.). (2025). *KMK/BMZ Orientierungsrahmen Globale Entwicklung – Bildung für nachhaltige Entwicklung in der gymnasialen Oberstufe*. Bonn.

Gesellschaft für Informatik (2008). Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I – Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik e.V.

Gesellschaft für Informatik (2016). Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe II – Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik e.V.

Gesellschaft für Informatik (2025). Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I – Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik e.V.

Informatik-Monitor (2025). <https://informatik-monitor.de/>

IniK (2025). Informatik im Kontext. Projektwebseite. <http://www.informatik-im-kontext.de/>

KATTMANN, U., DUIT, R., GROPENGIESSER, H. & KOMOREK, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften: ZfDN 3 (1997) 3, S. 3–18.

KERN, E., STECHERT, P., ANTHES, J., DIETHELM, I., FIEDLER, B., HELLMIG, L. & RÖHNER, G. (2025) Fachkapitel Informatik. In: KMK/BMZ Orientierungsrahmen Globale Entwicklung – Bildung für nachhaltige Entwicklung in der gymnasialen Oberstufe, herausgegeben von Engagement Global gGmbH, Bonn.

MIT RAISE (2025). RAISE Initiative. Responsible AI for Social Empowerment and Education. <https://raise.mit.edu/about-raise/>

MIT RAISE (2025b). RAISE Initiative. Responsible AI for Social Empowerment and Education. <https://raise.mit.edu/research/research-projects/computational-action/>

NAKAMOTO, S. (o.J.). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>

NIST – National Institut of Standards and Technology (2015). Secure Hash Standard, <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/FIPS/NIST.FIPS.180-4.pdf>

TISSENBAUM, M., SHELDON, J. & ABELSON, H. (2019). From Computational Thinking to Computational Action. Communications of the ACM, 62(3):34–36

GERHARD RÖHNER, gerhard.roehner@mnu.de, war Fachleiter Informatik am Studienseminar für Gymnasien in Darmstadt. Er ist MNU-Ehrenmitglied und GI-Fellow.

Dr. PEER STECHERT, peer.stechert@mnu.de, arbeitet als Landesfachberater und Studienleiter für Informatik am IQSH in Schleswig-Holstein und ist zuständig für die Aus-, Fort- und Weiterbildung im Fach Informatik. ■

Unterrichts- Ideen finden.

SUCHE IM ARCHIV DES MNU-JOURNALS

Das Archiv umfasst die im MNU-Journal erschienenen Artikel der Jahrgänge 1992 bis 2021.
Bei Angabe mehrerer Suchbegriffe werden alle Ergebnisse angezeigt, die mindestens einen dieser Begriffe enthalten.

Suchbegriffe: explorieren
Suchen

2500 Artikel des MNU-Journals wollen entdeckt werden.

Heft	Titel	Fach	Stufe
2005-02	Geometrisches Konstruieren - Unterschiedliche Zugänge am Beispiel eines gotischen Kirchenfensters erfahrbar machen	Mathematik	
2010-03	Bilder aus ganzrationalen Funktionen	Mathematik	
2013-06	Erkennen heißt Machen – Freihandversuche im Physikunterricht	Physik	