

Katrin VORHÖLTER, Hamburg & Paderborn,
Hans-Stefan SILLER, Würzburg & Reinhard OLDENBURG, Augsburg

Modellieren als konstruktiver Ansatz zur Implementation von BNE – Notwendigkeit zukünftiger evidenzbasierte Forschung

Als Reaktion auf die weltweiten ökonomischen, sozialen sowie ökologischen Veränderungen und Herausforderungen haben sich die Vereinten Nationen auf 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung (englisch *Sustainable Development Goals, SDGs*) geeinigt und sich zu deren Umsetzung verpflichtet. Als Rahmen für diese Umsetzung wurde in Deutschland von der KMK und der BMZ die Entwicklung des Orientierungsrahmen Globale Entwicklung (KMK/BMZ, 2016) in Auftrag gegeben, der neben einem allgemeinen, fachübergreifenden Teil auch fachspezifische Teilausgaben umfasst. Gemäß der KMK/BMZ-Vorgaben sind diese Vorgaben auch in den Ländercurricula zu implementieren. Entsprechend wird beispielsweise im Bayerischen Curriculum (ISB, o. J.) der Erwerb von Wissen über „Umwelt und Entwicklungsprobleme“ sowie „deren komplexe Ursachen sowie Auswirkungen“ gefordert, wodurch eine konstruktive Anbindung an die prozessbezogenen Kompetenzen der Bildungsstandards gegeben wird. Dies wird in der Entwurfsfassung der Hamburger Bildungsplan für die Sekundarstufe (BSB Hamburg, 2022) noch einmal dahingehend expliziert: „Als Grundlagenfach leistet Mathematik im Prinzip mit all seinen Kompetenzbereichen Beiträge zur Bildung für nachhaltige Entwicklung, insbesondere beim mathematischen Modellieren und mathematischen Darstellen“.

Stellenwert des Modellierens im Rahmen der BNE

Durch die Verwendung mathematischer Konzepte im Rahmen der BNE kann es Lernenden gelingen zu „erfahren, daß mathematische Begriffe und Techniken in vielen Situationen als „Verstärker“ ihres Alltagsdenkens taugen.“ (Heymann, 1996, S. 547). Durch die Fokussierung auf das mathematische Modellieren gelingt darüber hinaus, nicht nur die Mathematik zu fokussieren, sondern auch interdisziplinär zu denken, da mathematische Modellieren in unterschiedlichen Kontexten auch als Methode verstanden wird. Weiterhin wird der oftmals in Anwendungskontexten so gern kritisierte Werkzeugaspekt der Mathematik damit in den Hintergrund gedrängt. Eine Anwendung von Mathematik „in realen und sinnhaften Kontexten ... [anhand] real existierender Probleme, Fragestellungen oder Zusammenhänge“ (Siller, 2015, S. 2) wird so in die Tat umgesetzt.

Damit begeben wir uns in die Tradition der Grunderfahrung(en) von Winter (1995, S. 37), der forderte, “ Erscheinungen der Welt um uns, die uns alle angehen oder angehen sollten, aus Natur, Gesellschaft und Kultur, in einer

spezifischen Art wahrzunehmen und zu verstehen“. So können die Lernenden durch geeignete Problemstellungen nicht nur erkennen, welchen Mehrwert mathematische Konzepte für das Durchdringen BNE-spezifischer Probleme bietet, sondern darüber hinaus Argumente für bestimmte Handlungen finden sowie aus Modellierungen resultierende Handlungsempfehlungen bewerten.

Erkennen, Bewerten und Handeln beim mathematischen Modellieren

Ziel der BNE ist es, die Lernenden zu befähigen, „globale Zusammenhänge zu erschließen und im eigenen Handeln daraus abzuleitende Verantwortung für sich selbst sowie Mitverantwortung für andere und die Entwicklung der Welt zu übernehmen“ (BSB Hamburg, 2010). Entsprechend wurden das Erkennen, Bewerten und Handeln als Kernkompetenzen des Lernbereichs Globale Entwicklung im Orientierungsrahmen festgelegt. Diese wurden bereits für die Sekundarstufe I fachspezifisch gedeutet (Reiss et al., 2016); die Erarbeitung des Orientierungsrahmens für den Mathematikunterricht der Sekundarstufe II erfolgt momentan.

Die Kernkompetenz des **Erkennens** zielt darauf ab, Lernenden die Möglichkeiten, aber auch Grenzen mathematischer Konzepte für die Bearbeitung von Problemen aus dem Bereich der nachhaltigen Entwicklung als solche sowie die Subjektivität von Modellierungsprozessen wahrzunehmen. Damit kommt diese Kernkompetenz in vielen Phasen des Modellierungsprozesses zum Tragen. Aufbauend auf das Erkennen folgt im Orientierungsrahmen Globale Entwicklung das **Bewerten** dargebotener sowie selbst erzielter Erkenntnisse mithilfe mathematischer Konzepte. Dieses ist im Modellierungsprozess primär in den Phasen des Verstehens (bei der Bewertung dargebotener Modellierungen) sowie des Vermittelns (im Falle selbstständig durchgeführter Modellierungen) zu verankern. Das **Handeln** ist gemäß des Orientierungsrahmens Globale Entwicklung ein Resultat aus den beiden vorherigen Kernkompetenzen; bei der Verortung in den Modellierungsprozess stellt man jedoch fest, dass aus der Modellierungsperspektive heraus das Handeln primär im Prozess des Mathematisierens und des mathematischen Arbeitens und damit als Vorstufe des Bewertens zu verankern ist.

Aufgabenbeispiel

Zur Illustration möchten wir im Folgenden anhand eines Aufgabenbeispiels aufzeigen, wie sich oben dargestellte Theorieelemente im Aufgabenprozess manifestieren. Als Ausgangspunkt dient das Fahrradleihsystem StadtRad der Stadt Hamburg, das mit dem Ziel der Reduktion des CO₂-Ausstoß durch die Stadt Hamburg subventioniert wird. Die Betreibergesellschaft möchte sicherstellen, dass der Bedarf an Rädern an möglichst an jeder Leihstation und

zu jeder Zeit erfüllt werden kann. Daher soll herausgefunden werden, wie viele Räder von welcher Station zu welcher gebracht werden müssen.

Zunächst müssen Lernende **erkennen**, dass die Anwendung mathematischer Konzepte bei der Bearbeitung dieses Problems sinnvoll ist. Darüber hinaus müssen sie recherchieren, welche Daten zu den Ausleihvorgängen vorliegen und wie genau diese Daten beschaffen sind. Bestenfalls finden sie Datensätze, in denen die Ausleihvorgänge aller Stationen zu verschiedenen Zeiten inkl. der Information, an welchen Stationen die Fahrräder wieder zurückgegeben wurden, hinterlegt sind. Auf der Basis solcher Daten lässt sich dann **erkennen**, dass die Stationen als Punkte eines Übergangsgraphen und die Ausleihvorgänge als Übergangsraten interpretiert werden können, bzw. die gesamte Situation mithilfe einer Übergangsmatrix betrachtet werden kann. Diese Tätigkeit sowie die Verwendung der Übergangsmatrix zur Beantwortung der Frage, zu welchen Zeiten wie viele Fahrräder von welcher Station zu welcher transportiert werden müssen, können der Kernkompetenz des **Handelns** zugeordnet werden. Die Betrachtung mehrerer Ausleihvorgänge, beispielsweise in Abhängigkeit vorgegebener Zeitabstände, führt dazu, dass Schüler*innen mathematische Handlungen ausführen. Das Darlegen der Ergebnisse kann sowohl der Kernkompetenz des **Handelns** als auch der Bewertung zugeordnet werden. Schließlich kann die Erkenntnis, dass die Übergangsraten tageszeitabhängig sind, und Modellierungen diese Zeitabhängigkeit berücksichtigen sollten, um sinnvolle Vorschläge für die Umverteilung der Fahrräder geben zu können, der Kernkompetenz des **Erkennens** zugeordnet werden.

Insgesamt können Lernende den Wert mathematischer Modellierung als interdisziplinäre Methode zur Analyse dieser Problemsituation erkennen, handeln, indem sie Mathematik als Werkzeug nutzen, um dieses Problem rational zu betrachten sowie die Resultate der selbstständigen Modellierung im interdisziplinären Kontext und in Diskussionen bewerten.

Grundlegende Fragestellungen zukünftiger Forschung

Die obigen Ausführungen stellen bislang theoretisch abgeleitete Erkenntnisse dar, die es in Zukunft gilt empirisch zu fundieren. Insbesondere stellt sich die Frage, ob das von einem spezifischen Lernangebot intendierte BNE-bezogenen Ziel realisiert wird, also ob

- die Schüler*innen den spezifischen Mehrwert, den ihnen mathematische Verfahren und Konzepte sowie vorliegende Daten in der Auseinandersetzung mit BNE-Kontexten bieten können, **erkennen**.

- Schüler*innen zielgerichtet mathematische Verfahren und Konzepte zur Bearbeitung von Problemen aus dem BNE-Kontext nutzen und in diesem Sinne (mathematisch) **handeln**.
- Schüler*innen Ergebnisse vorgelegter bzw. selbst durchgeführter Modellierungen selbstständig **bewerten**, um in Diskussionen zum Thema BNE evidenzbasiert Stellung nehmen zu können.

Da es sich bei Erkennen, Handeln und Bewerten um sehr komplexe Prozesse handelt, sollen Analysen ebendieser Bearbeitungsprozesse auf der Basis von Videoaufnahmen und Bildschirmaufnahmen von Kleingruppenarbeiten mit Hilfe der fachspezifischen Operationalisierungen der Kernkompetenzen aus dem Orientierungsrahmen Globale Entwicklung durchgeführt werden. Auf diese Weise kann nicht nur rekonstruiert werden, in welchem Maß es den Schüler*innen gelingt, die Mathematik und den Rest der Welt zu verknüpfen, um Schlussfolgerungen für Probleme der BNE zu ziehen, sondern auch, welche spezifischen mathematischen Verfahren und Konzepte an welchen Stellen des Modellierungsprozesses genutzt und damit empirisch herausgestellt werden, wie die Kernprozesse sich in den Modellierungsteilprozessen manifestieren.

Literatur

- BSB Hamburg. (2010). *Globales Lernen: Hamburger Unterrichtsmodelle zum KMK-Orientierungsrahmen Globale Entwicklung* [Didaktisches Konzept]. <https://li.hamburg.de/contentblob/2817728/701c4d4459cbc2b98d055cfde3131074/data/pdf-globales-lernen-didaktisches-konzept-pdf-6-3-mb.pdf>
- BSB Hamburg. (2022). *Bildungsplan Stadtteilschule Jahrgangsstufe 5-11: Mathematik*. <https://www.hamburg.de/contentblob/15964806/4cfccd95726d4b322ba8fb9f9739273f/data/mathematik-sts-2002.pdf>
- Heymann, H. W. (1996). Mathematikunterricht in der Gymnasialen Oberstufe. *Zeitschrift für Pädagogik*, 42(4), 541–556.
- ISB (o.J.). *Schulart- und fächerübergreifende Bildungs- und Erziehungsziele sowie Alltagskompetenz und Lebensökonomie*. <https://www.lehrplanplus.bayern.de/uebergreifende-ziele/grundschule#24777>
- KMK / BMZ (Hrsg.). (2016). *Orientierungsrahmen für den Lernbereich globale Entwicklung im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung*. Cornelsen.
- Reiss, K., Ufer, Stefan, Ulm, V. & Wienholtz, G. (2016). Mathematik – fachdidaktischer Teil. In KMK / BMZ (Hrsg.), *Orientierungsrahmen für den Lernbereich globale Entwicklung im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung*. (S. 300–308). Cornelsen.
- Siller, H.-St. (2015). Realitätsbezug im Mathematikunterricht. *Der Mathematikunterricht*, 61(5), 2–6.
- Winter, H. (1995). Mathematikunterricht und Allgemeinbildung. *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*, 21(61), 37–46.