

Ein Donut, der alle satt macht? Durch visuelle Datenanalyse mit GeoGebra und Gapminder nachhaltige Entwicklung greifbar machen

Mag. Martin Andre, Pädagogische Hochschule Tirol
Mag.^a Anna Oberrauch, PhD, Pädagogische Hochschule Tirol
Melanie Zöttl, Universität Innsbruck

1 Einleitung

Die Tagung verweist in ihrem Titel „Interdisziplinäre fachdidaktische Diskurse zu Bildung für nachhaltige Entwicklung“ auf die besondere Rolle der Fachdidaktiken im Anliegen um die Gestaltung von Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE). Dabei sehen sich Fachdidaktiken zunehmend mit der Frage konfrontiert, wie diese Aufgabe in Schule, Hochschule und Weiterbildung nicht nur in den einzelnen Disziplinen, sondern auch interdisziplinär konzeptualisiert, erforscht und in der Praxis implementiert werden kann. (siehe Vorwort in diesem Band). Damit wird einerseits die Bedeutung der einzelnen Schulfächer, die einen Beitrag zur BNE leisten, hervorgehoben. Andererseits wird vorrangig auch der Wert von interdisziplinären Formen des Lernens betont. Aufgrund des interdisziplinären Charakters, der den Fragen rund um nachhaltige Entwicklung inhärent ist, wird dieser fächerverbindenden Perspektive große Bedeutung zu teil. Ein ähnliches Verständnis davon ist dem österreichischen Grundsatzterlass „Umweltbildung für nachhaltige Entwicklung“ (Bundesministerium für Bildung und Frauen [BMBWF], 2014) zu entnehmen, in welchem BNE ein Unterrichtsprinzip bildet, das auf die Förderung überfachlicher Kompetenzen in mehreren oder allen (Schul-)Fächern bzw. allgemein in Unterricht und Schule als Ganzes zielt. Ähnlich wurde bereits 2007 von der ständigen

Kultusministerkonferenz der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) und der deutschen UNESCO-Kommission (DUK) empfohlen, „[...] im Sekundarbereich neben einer fächerverbindenden oder übergreifenden Thematisierung eine verstärkte Integration von BNE-Themen in den jeweiligen Fächern anzustreben“ (KMK & DUK, 2007, S. 4). Es wird also schon zu diesem Zeitpunkt ein gleichzeitiges Streben nach fachorientierten und fächerübergreifenden bzw. projektorientierten Implementierungsstrategien erkennbar. Für beide dieser Herangehensweisen ist es relevant, dass Fachdidaktiken ihre domänenspezifischen Zugänge und Beiträge zur BNE definieren und Unterrichtsansätze und -konzepte entwickeln, in denen die Beiträge sowohl zu fachspezifischem Gegenstandswissen als auch zur Förderung von Schlüsselkompetenzen für BNE (Bagoly-Simó, 2014) sichtbar werden¹. Fächer, die vermeintlich stärker mit Themen der Nachhaltigkeit verbunden sind, wie etwa der Sachunterricht in der Primarstufe, Geographie und Wirtschaftskunde, Chemie und Biologie und Umweltkunde in der Sekundarstufe, oder auch Sozialkunde, Politik und Ethik nehmen hier eine Vorreiterposition ein. Trotzdem fehlt auch im Lehrplan dieser Fächer bislang eine breite und tiefe Verankerung von Inhalten der BNE (Bagoly-Simó, 2014; Overwien, 2016).

Für andere Schulfächer, wie z.B. für die Mathematik, lässt sich bislang weder auf curricularer (Bagoly-Simó, 2014) noch auf unterrichtspraktischer Ebene feststellen, dass BNE eine relevante Leitperspektive darstellt. Dabei zeigen Untersuchungen, dass eine Integration von Themen rund um die BNE in Fächern wie etwa Mathematik und Geschichte auch ohne Verletzung curricularer Vorgaben möglich und sinnvoll ist (Niebert, 2016; Taylor et al., 2019).

1 Die AutorInnen sind sich bewusst, dass BNE nicht allein durch die Suche nach Anknüpfungspunkten in den Fächern umgesetzt werden kann, sondern die Leitidee vielmehr auch neue Perspektiven auf Inhalte und Arbeitsweisen fordert, die nur aus einer Auseinandersetzung mit dem Konzept selbst gewonnen werden können (Stoltenberg & Fischer, 2018). Dabei werden auch nicht selten Forderungen zur Auflösung der Schulfächer und Stundentafel zugunsten von Themen gefordert, die eine inter- und transdisziplinäre Auseinandersetzung mit globalen Herausforderungen ermöglichen (Schreiner, Henriksen & Kirkeby Hansen, 2005; Costanza et al., 2007; Hodson, 2003).

Das im Folgenden vorgestellte Projekt *One Donut for all*, leistet einen Beitrag zur Einbindung der BNE in den Mathematik-Unterricht, indem eine fächerübergreifende und durch digitale Medien unterstützte Lernumgebung für den Unterricht in Mathematik und Geographie und Wirtschaftskunde (GW) entwickelt und evaluiert wird. Dabei treffen sich Mathematik- und Geographiedidaktik im Bereich der Statistik, die als jüngstes Teilgebiet der Mathematik erst in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts zusammen mit der Wahrscheinlichkeitsrechnung als das Teilgebiet ‚Stochastik‘ Eingang in die österreichischen Lehrpläne gefunden hat. Traditionell wird im Vergleich zu anglo-amerikanischen Ländern speziell in Österreich, Deutschland oder Frankreich ein wahrscheinlichkeitstheoretischer Zugang zur Stochastik gepflegt und nur in geringem Ausmaß datenbasierte Statistik gelehrt. Die technologischen Entwicklungen seit der Jahrtausendwende hatten auch zur Folge, dass neue Konzepte für datenbasierten Statistikerunterricht entwickelt und erforscht bzw. international in den Curricula verankert wurden (Garfield & Ben-Zvi, 2008). Streng der Tradition der Stochastik folgend, steht diese Entwicklung im deutschsprachigen Raum größtenteils noch aus.

Im Gegensatz dazu setzt sich das Fach GW im Kern mit globalen Herausforderungen nachhaltiger Entwicklung auseinander. Der Rückgriff auf umfangreiche räumliche oder raumzeitliche Daten zu ökologischen, sozialen, wirtschaftlichen Verhältnissen in der Welt ermöglicht durch Analyse, Interpretation oder (Geo-)Visualisierung der Daten statistische Perspektiven auf die Thematik, was auch für die BNE einen Mehrwert bildet.

Im vorliegenden Beitrag werden aus den Didaktiken der Mathematik sowie der Geographie und Wirtschaftskunde theoretische Grundlagen zur Entwicklung und Evaluation der fächerübergreifenden Lernumgebung vorgestellt. Nach der Einführung alternativer relevanter Nachhaltigkeitskonzeptionen wird das Modell der Donut-Ökonomie erklärt, das für das vorgestellte Unterrichtskonzept maßgebend ist. Mithilfe dieses Modells werden SchülerInnen angeleitet, statistische Fragen zu formulieren, entsprechende Daten zu sammeln und über deren Visualisierung und Interpretation die Daten auf unterschiedlichen Maßstabs- bzw. Handlungsebenen zu erkunden. Damit sollen einerseits das statistische Denken und andererseits das Denken im Sinne der nachhaltigen Entwicklung gefördert werden. Die Lernumgebung wird in ihren wesentlichen

Phasen dargestellt und erste Eindrücke aus der Erprobung in der Sekundarstufe I werden skizziert. Der Schluss gibt einen Ausblick auf die weiteren geplanten Forschungsarbeiten.

2 Fachdidaktische Hintergründe zum Projekt

Neben der Darstellung der fachdidaktischen Hintergründe der Fächer Mathematik und GW und mit letzterem eng verbunden die interdisziplinären Schlüsselkompetenzen der BNE, die in den Abschnitten 2.1. und 2.2. ausgeführt werden, werden mit diesem Unterrichtsentwurf auch gezielt andere überfachliche Kompetenzen angesprochen. Besondere Erwähnung sollen hier vorab Konzepte der *21st century skills* und Zugänge zur ‚Digitalen Grundbildung‘ finden, während Erläuterungen zur BNE in Kap. 2.2. integriert werden.

In einer umfassenden Analyse verschiedener theoretischer Netzwerke zu den *21st century skills*, wie etwa jenes der Partnership for 21st Century Skills (P21) oder auch jenes der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD), hält Dede (2010) fest, dass alle untersuchten Konzepte größtenteils ähnliche Kompetenzen ansprechen. Diese umfassen Kompetenzen, die auf *21st century content* fokussiert sind, wie etwa globales Bewusstsein oder zivil-politische Bildung und Kompetenzen, die auf Lern- und Denkprozesse abzielen, bspw. kritisches Denken und Problemlösekompetenz oder auch die Kompetenz des kreativen und innovativen Denkens. Auch Ethik, soziale Verantwortung und Selbstverantwortung werden vom Autor in den verschiedenen theoretischen Netzwerken identifiziert. Eindeutig erkennbar ist die Überschneidung der Konzepte auch im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien, die von den federführenden Organisationen wie der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) als wesentlich hervorgehoben werden.

In Österreich ist Digitale Grundbildung (BGBl. II Nr. 71/2018) seit dem Schuljahr 2018/19 flächendeckend im Lehrplan der Sekundarstufe I verankert. SchülerInnen erwerben dabei in einem Ausmaß von zwei bis vier Wochenstunden innerhalb von vier Jahren meist aufgeteilt auf verschiedene

Schulfächer Kompetenzen u.a. aus den Bereichen Mediengestaltung oder Informations-, Daten- und Medienkompetenz. Fächerverbindende Zugänge erscheinen in diesem Zusammenhang besonders geeignet, um zur Entwicklung überfachlicher Kompetenzen beizutragen. Auch der in diesem Beitrag dargestellte Unterrichtsentwurf leistet auf verschiedenen Ebenen neben der Kompetenzentwicklung in den Fächern Mathematik und GW einen Beitrag zur Entwicklung dieser überfachlichen Kompetenzen.

2.1 Fachdidaktische Hintergründe – Mathematik und Statistik

Im österreichischen Lehrplan der Sekundarstufe I ist Statistik in der 8. Schulstufe über das „Untersuchen und Darstellen von Datenmengen unter Verwendung statistischer Kennzahlen (z.B. Mittelwert, Median, Quartil, relative Häufigkeit, Streudiagramm)“ (BGBl. II Nr. 133/2000, Anl. A, S. 1055) verankert. Im Gegensatz zu anderen Curricula wie etwa jenem für ‚Mathematik und Statistik‘ aus Neuseeland (Ministry of Education, 2007) oder den anerkannten Leitfäden für viele US-amerikanische Curricula (Franklin et al., 2007) sind in den österreichischen Lehrplänen und Leitfäden keine expliziten Hinweise auf prozess- und handlungsorientierte Arbeitsweisen im Bereich der Statistik zu finden, wie sie etwa aus Untersuchungen zur statistischen Arbeit (Wild & Pfannkuch, 1999) ableitbar sind. Der dort beschriebene statistische Forschungskreislauf bietet mit den Stufen – 1) Identifizierung einer statistischen Fragestellung, 2) Datensammlung, 3) Datenanalyse und 4) Interpretation der Ergebnisse – auch im Schulunterricht der Sekundarstufe I die Möglichkeit, SchülerInnen in statistische Arbeitsweisen einzuführen, was auch prinzipiell unter dem österreichischen Lehrplan in Mathematik möglich wäre.

Einigkeit herrscht in der internationalen Forschung über die Tatsache, dass statistische Lernprozesse und die Entwicklung von Kompetenzen durch das Arbeiten in realen Kontexten befördert werden (Makar & Ben-Zvi, 2011). Dabei wandern die Lernenden in einem durchgehenden Interpretationsprozess gedanklich zwischen ihrer Lebenswelt und der Welt der Daten hin und her und entwickeln somit tiefere Einsichten in die Beschaffenheit beider Welten, wobei diese Denkprozesse zumeist ihren Ausgangspunkt im realen Kontext haben (Ben-Zvi & Aridor-Berger, 2016). Weitreichende Forschungsarbeiten zur

Beschaffenheit und zu den Eigenschaften von realen Kontexten, die wesentlich dafür sind, dass SchülerInnen eine Verbindung zwischen den beiden Welten, den Daten und ihre erlebte Wirklichkeit, herstellen können, stehen aber noch aus und sind Untersuchungsgegenstände dieses Unterrichtsprojekts.

Ein weiterer aktueller Untersuchungsgegenstand in der internationalen Forschung zum Statistikerunterricht ist die Bildung mit und über neue Technologien, was im direkten Zusammenhang mit der Forderung der Verwendung realer Kontexte und Daten steht. Zahlreiche Forschungsarbeiten befassen sich unter verschiedensten Blickwinkeln mit dem sinnvollen Technologieeinsatz im Statistikerunterricht (Biehler et al., 2012; Wassong et al., 2014). Eindeutig daraus abzuleiten ist die Aussage, dass moderner Statistikerunterricht ohne den gezielten Einsatz von Technologie nicht möglich ist. Es zeigt sich aber auch, dass der sinnvolle Einsatz von Technologie stark an die unterrichtenden LehrerInnen gebunden ist, sodass sich vorrangig auch die LehrerInnenausbildung mit diesem Thema befassen muss (Pfannkuch, 2018; Pratt et al., 2011).

Neue Technologien eröffnen neue Zugänge zur statistischen Bildung. Gal (2002) betont in seinem theoretischen Konzept der *statistical literacy* die Wichtigkeit der Teilhabe an zivilgesellschaftlichen und politischen Prozessen, die oft durch mediale Darstellungen von Informationen, Statistiken und Daten, die in einer großen Zahl frei zugänglich sind, kommuniziert werden. Aktuell können vermehrt Unterrichtsentwürfe gefunden werden, durch die das Thema Zivildatistik aus den verschiedenen Blickwinkeln für den Stochastikerunterricht an Schulen aufgearbeitet werden (Biehler et al., 2019), sodass diese zur Kompetenzentwicklung für mündiges Bürgertum (Gal, 2002) beitragen können. Hinsichtlich der zivilgesellschaftlichen und politischen Teilhabe sind auch Konzepte wie das *statistical storytelling* (Skranefjell & Tønnessen, 2003) oder die Erstellung von Infographiken (Taspolat et al., 2017) eine Chance, den fachlichen und überfachlichen Kompetenzerwerb durch die Suche, Analyse, Interpretation und verbale oder graphische Darstellung von Informationen und Daten im Statistikerunterricht zu fördern. Speziell den Infografiken wird ein großes Potenzial hinsichtlich ihres Einsatzes für den Unterricht zugesprochen (Kennedy et al., 2015).

Fischbein (1987) untersuchte die Qualität von Intuitionen und unterstreicht deren Wert für Naturwissenschaften und Mathematik – insbesondere im Bereich der Stochastik. Diese Theorien haben schon damals zusammen mit Untersuchungen zu Heuristiken und systematischen Fehlern (Tversky & Kahneman, 1974) bei Prozessen des (statistischen) Urteilens und Schlussfolgerns Eingang in Forschungsarbeiten zum Stochastikunterricht gefunden. Visualisierungen und vielfältige weitere Möglichkeit zur Arbeit mit Daten können über den Einsatz von neuen Technologien dazu beitragen, diese intuitiven Zugänge zur Statistik zu fördern (Andre et al., 2019). Auch dahingehend versucht das hier dargestellte Projekt einen Beitrag zur Forschung zu leisten, indem die intuitiven Zugänge der SchülerInnen zur Statistik unter der Verwendung neuer Technologien beachtet und analysiert werden.

Prodromou (2014) entwickelte den visuell-explorativen Forschungskreislauf (vgl. Abb. 1), der die Entwicklung von intuitiven Zugängen zu statistischen Ideen (Garfield & Ben-Zvi, 2008), wie etwa die Idee von Zentralwerten, Streuung oder Korrelation, ermöglicht (Andre et al., 2019) und die SchülerInnen somit statistische Prozesse auf einer einfachen, visuellen Ebene selbständig verfolgen können. Die Schritte dieses Kreislaufs beginnen – wie auch in dem von Wild und Pfannkuch (1999) beschriebenen, statistischen Arbeitsablauf – mit einer statistischen Fragestellung, gehen über die Sammlung von vorhandenen Daten und das Erstellen und Interpretieren passender Grafiken bis zur Bewertung der Ergebnisse. Die Abfolge wird durch im Prozess gewonnene Einsichten oftmals auch abgeändert und wiederholt.

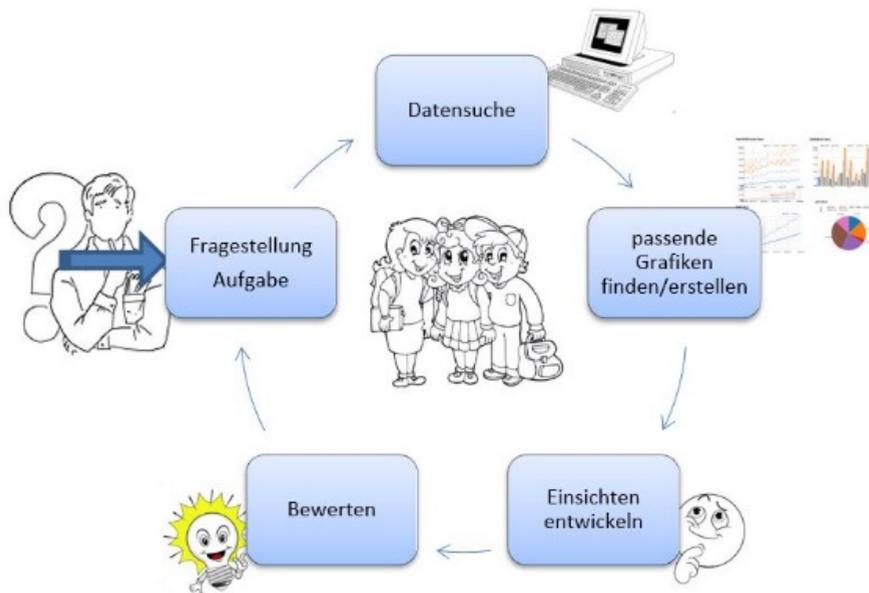


Abb. 1: Kreislauf der visuell-explorativen Datenanalyse (Eigene Darstellung A.M. nach Prodromou, 2014, Andre et al., 2019, S. 142)

Für das hier beschriebene Unterrichtsprojekt sind dieser visuell-explorative Forschungskreislauf, die Software Gapminder (<https://www.gapminder.org/tools/>) und die daran angeschlossene Bilderdatenbank Dollarstreet (<https://www.gapminder.org/dollar-street/>) essentiell. Die SchülerInnen beantworten statistische Forschungsfragen im Kontext der BNE, indem sie den Forschungskreislauf der visuell-explorativen Datenanalyse mit den von Gapminder frei zur Verfügung gestellten politischen, sozialen und wirtschaftlichen Daten verfolgen. Dabei nutzen die SchülerInnen ihre intuitiven Zugänge zu statistischen Ideen, um mittels nachfolgender Reflexion und Formalisierung der Lernprozesse Kompetenzen hinsichtlich des „Untersuchen[s] und Darstellen[s] von Datenmengen unter Verwendung statistischer Kennzahlen“ (BGBl. II Nr. 133/2000, Anl. A, S. 1055) zu erwerben.

2.2 Fachdidaktische Hintergründe – Geographie und Wirtschaftskunde

Sich mit Fragen und entsprechend auch Modellen und Definitionen nachhaltiger Entwicklung auseinanderzusetzen, bildet einen wichtigen Inhalt im Fach Geographie, das oft auch als Kernfach der Nachhaltigkeitsbildung bezeichnet wird (Haubrich, Reinfried & Schleicher, 2008; Reuschenbach & Schockemöhle, 2011): SchülerInnen gewinnen Einsichten in komplexe Zusammenhänge von natürlichen Gegebenheiten und menschlichen Aktivitäten und entwickeln darauf aufbauend eine raumbezogene wertorientierte Handlungskompetenz. BNE bildet auch die zentrale Leitperspektive eines zukunftsorientierten GW-Unterrichts, wie es im österreichischen Lehrplan der AHS-Oberstufe verdeutlicht wird:

Das Ziel der Bildung für Nachhaltige Entwicklung 'allen Menschen Bildungschancen (zu) eröffnen, die es ihnen ermöglichen, sich Wissen und Werte anzueignen sowie Verhaltensweisen und Lebensstile zu erlernen, die für eine lebenswerte Zukunft und eine positive Veränderung der Gesellschaft erforderlich sind' (UNESCO 2005, 6) sollte für gelingenden GW-Unterricht vorrangig sein. (BGBl. Nr. 219/2016, Teil II, S.62)

Gerade der Fächerkombination von Geographie und Wirtschaftskunde wohnt das Potenzial inne, Nachhaltigkeits-Themen in ihrer komplexen, systemischen Beschaffenheit bezüglich Interaktionen von Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt und daraus resultierender Kontroversität zu bearbeiten (Haubrich, Reinfried & Schleicher, 2008; Ohl, 2013; Hemmer, 2016; Bedehäsing & Padberg, 2017). Als Ziel der BNE wird es gesehen, Kompetenzen zu fördern, die ein bewusstes Handeln im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung unterstützen. Individuen sollen dazu befähigt werden, an nachhaltiger Entwicklung zu partizipieren und eigene Handlungen diesbezüglich kritisch zu reflektieren (Barth, Godeman, Rieckmann & Stoltenberg, 2007; de Haan, 2010; Rieckmann, 2011). Aus der Vielzahl vorhandener Kompetenzkonzepte für die BNE (Rychen & Salganik, 2003; de Haan, 2010; Wiek, Withycombe & Redman, 2011) leitet Rieckmann (2018) acht Schlüsselkompetenzen ab: 1) die Kompetenz, systemisch zu denken, 2) die Kompetenz, vorausschauend zu denken, 3) die normative Kompetenz, 4) die strategische Kompetenz, 5) die

Kompetenz zu kollaborieren, 6) die Kompetenz, kritisch zu denken, 7) Selbstkompetenz und 8) die ganzheitliche Problemlösungskompetenz wurden dabei als wesentlich identifiziert.

Ein Vergleich dieses Modells mit aktuellen Kompetenzmodellen des GW-Unterrichts in Österreich (BMBF, 2012) und des Geographieunterrichts für den mittleren Schulabschluss in Deutschland (Deutsche Gesellschaft für Geographie [DGFG], 2012) machen die vielfältigen Überschneidungen zum Konzept der BNE deutlich. So spielen im GW- bzw. Geographie-Unterricht Kompetenzbereiche der Multiperspektivität, Synthese/Bewertung/Beurteilung, Kommunikation, Handlung, Reflexion im Kontext nachhaltiger Entwicklung eine zentrale Rolle. Ebenso zeigen die fachdidaktischen Prinzipien der Lebenswelt- und Handlungsorientierung, Aktualitäts- und Zukunftsorientierung, Problemorientierung, Orientierung an inhaltlicher Mehrperspektivität sowie die Integration kritischer Zugänge (Fridrich & Hofmann-Schneller, 2017) deutliche Überschneidungen in den Herangehensweisen an die BNE und an den GW-Unterricht.

Noch konkreter kann eine fachdidaktische Begründung für die entwickelte Lernumgebung durch die für den GW-Unterricht relevanten Basiskonzepte (Jekel & Pichler, 2017) gegeben werden. Als besonders relevant erachten wir dabei folgende Basiskonzepte.

- *Lebensqualität und Nachhaltigkeit*: Dieses Basiskonzept beinhaltet die Fähigkeit, Fragen nachhaltiger Entwicklung mit Fragen alltäglicher Lebensgestaltung und eigenen Vorstellungen guten Lebens zu verknüpfen. Damit bildet das Konzept eine tragende Säule des vorgestellten Unterrichtsentwurfs, da Lernende ihre Vorstellungen zur Auswahl von Faktoren für Lebensqualität in die Modellbildung nachhaltiger Entwicklung einbringen. Fachdidaktische Forschungsarbeiten zeigen, dass einerseits zwischen den Faktoren der Lebensqualität, die Jugendliche als relevant erachten, und andererseits den sozialen Mindeststandards, die im Modell der Donut-Ökonomie formuliert werden, zahlreiche Übereinstimmungen bestehen (Oberrauch, Keller, Sanin & Riede, 2014). Der vorgestellte Unterrichtsentwurf orientiert sich vordergründig stark am Modell der Donut-Ökonomie (Raworth, 2012), durch welches die Ebene der sozioökonomischen Grundbedürfnisse mit Fragen der ökologischen

Belastungsgrenzen verbunden wird. Im Hintergrund kann Reflexion über Nachhaltigkeit im Sinne inter- und intragenerationeller Gerechtigkeit zum Aufbau von Vorstellungen allgemeiner und persönlicher Lebensqualität beitragen und damit wirkmächtig für BNE werden.

- *Mensch-Umwelt-Beziehungen*: Auch Fragen zu Mensch-Umwelt-Beziehungen sind im Modell der Donut-Ökonomie inhärent. Über die Bearbeitung der Frage, wie das fragile Mensch-Umwelt-System in Balance gebracht werden kann, erkennen die Lernenden das Erdsystem als ein komplexes System, das durch die Entwicklung verschiedenster Einflussfaktoren und Interaktionen zwischen diesen geprägt ist. Bei der eigenständigen Anwendung des Modells der Donut-Ökonomie können SchülerInnen ihre Fähigkeit, systemisch zu denken, weiterentwickeln, indem sie relevante Systemelemente und Wechselwirkungen zwischen diesen identifizieren und auf Basis eigener Modellierungen Prognosen und Maßnahmen zur Systemnutzung (Brockmüller et al., 2016) bzw. Handlungsoptionen ableiten (Mehren et al., 2018). Ebenso reflektieren die Lernenden über Systemgrenzen und die Relevanz von Kippunkten und können mögliche Folgen bei deren Überschreitung bzw. die erfahrene Widerstandsfähigkeit des Erdsystems diskutieren.
- *Maßstäblichkeit*: Die SchülerInnen analysieren und interpretieren Daten und entwickeln Modelle vorwiegend auf ‚Meso-Ebene‘, also auf regionaler oder nationaler Maßstabsebene, abstrahieren und beziehen ihre Schlussfolgerungen aber auch auf weitere Handlungsebenen im Prozess nachhaltiger Entwicklung (KMK & Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung [BMZ], 2016). So leiten sie etwa begründete Handlungsoptionen auch auf der ‚Makro-Ebene‘, also für die Welt als Ganzes oder ihre Kontinente sowie auf der ‚Mikro-Ebene‘ ihrer Lebenswelt, also für Gemeinden, Familien oder für das Individuum ab.
- *Wahrnehmung und Darstellung und Interesse, Konflikte und Macht*: Im GW-Unterricht werden Bilder und Vorstellungen über die Welt entwickelt, die auf subjektiver bzw. intraindividuellder Wahrnehmung und interessensgeleiteter Darstellung beruhen und dahingehend reflektiert werden. Dementsprechend soll das in der Lernumgebung zentrale Modell der Donut-Ökonomie nicht nur als vorgegebene Denk- und Interpretationshilfe hingenommen werden, sondern auch als verallgemeinerndes Modell, das die Wirklichkeit nicht als Gesamtes

abbilden kann, erkannt und kritisch reflektiert werden. Indem SchülerInnen in der Anwendung des Donut-Modells etwa bei der Auswahl von Variablen und Faktoren oder bei der Definition von Schwellenwerten bewusst eigene Entscheidungen einbringen, wird die subjektive Konstruktion offenbar und gibt damit Anlass zur kritischen Reflexion des Modells und seiner Anwendung. In diesem Zusammenhang ergeben sich auch Potentiale für einen kritisch-emanzipatorischen Geographieunterricht, wie es im Konzept der Spatial-Citizenship-Education gefordert wird (Gryl & Jekel, 2012; Jekel, Gryl & Oberrauch, 2015). Die Verknüpfung zwischen geomedialer Visualisierung und kritischer Reflexion wird damit um die interessensgeleitete Kommunikation und Partizipation mittels digitaler Geomedien erweitert.

Neben den hier dargestellten Basiskonzepten könnten noch weitere wie *Disparität und Diversität, Wachstum und Krise* oder *Kontingenz* als fachdidaktische Begründung für den Unterrichtsentwurf herangezogen werden, auf deren Ausführung hier aber verzichtet wird.

3 Nachhaltigkeits-Konzeptionen als Denk- und Analyseinstrumente im Unterricht

Um statistisch-visuelle Datenanalysen zum Thema nachhaltige Entwicklung durchführen zu können, muss ein entsprechend geeignetes Modell zur Darstellung dieser bestimmt werden, welches die Analyse der räumlichen Daten steuert und eine altersadäquate Denk- und Interpretationshilfe zur problem- und lösungsorientierten Erarbeitung bietet.

Pufé (2017) betont, dass gerade beim komplexen Thema nachhaltiger Entwicklung verschiedene Aspekte und Themen in einen Gesamtzusammenhang gebracht werden müssen und Modelle dabei helfen können, diese Komplexität vereinfacht und verständlich darzustellen. Konkretisierungen der Idee nachhaltiger Entwicklung erfolgen dabei häufig in Form von wissenschaftlichen Nachhaltigkeitskonzeptionen (Grünwald & Kopfmüller, 2012). Auch wenn diese Konzeptionen in den Nachhaltigkeitswissenschaften

kontrovers diskutiert werden, haben sich mehrere Aspekte als Kern, Bezugspunkt und Grundprinzip jeglicher Nachhaltigkeitsdiskussion erwiesen. So bildet etwa der Gerechtigkeitsbegriff eine normative Grundlage oder die Dreidimensionalität von Ökonomie, Ökologie und Soziales (Pufé, 2017), ggf. ergänzt um die vierte Dimension der Politik und/oder Kultur (Grünwald & Kopfmüller, 2012) eine grundlegende Perspektive. Uneinigkeit herrscht aber darüber, wie die Interaktion zwischen den Dimensionen darzustellen ist und wie die Gewichtung der unterschiedlichen Dimensionen zu erfolgen hat (Grünwald & Kopfmüller, 2012). „Verschiedene Konzeptionen nachhaltiger Entwicklung sind nicht mehr oder weniger ‚richtig‘, sondern mehr oder wenig nützlich für Reflektions- und Lernprozesse (sic!).“ (Emmrich & Melzer, 2006, S. 173)

Im Folgenden werden jene Konzeptionen in ihren Grundzügen und einfachen, modellhaften Darstellungen beschrieben, die den wissenschaftlichen Diskurs der Nachhaltigkeit und BNE stark präg(t)en. Gegenüber der heute oftmals noch dominanten „Drei-Säulen-Metaphorik“ (Kap. 3.1.) erweist sich für das Anliegen der fächerübergreifenden Unterrichtskonzeption das Modell der Donut-Ökonomie (Kap. 3.2.) als geeignet. Es vermittelt eine im aktuellen wissenschaftlichen Nachhaltigkeitsdiskurs adäquate Zugangsweise zu nachhaltiger Entwicklung, unterstützt die Erfassung, Analyse, Visualisierung und Interpretation von raumbezogenen Daten auf unterschiedlichen Maßstabsebenen und kann somit als Werkzeug zur Erkenntnisgewinnung im Unterricht genutzt werden.

3.1 Modelle der Nachhaltigkeit

In der historischen Betrachtung dominierten zunächst die prominent vertretenen Ein-Säulen-Modelle, die zumeist ökologischen Belangen Vorrang einräumten (Grünwald & Kopfmüller, 2012). Die zunehmende Kritik am einseitigen Fokus dieser Modelle führte dazu, dass sich die Vorstellung einer weitestgehend gleichrangigen Bedeutung der Dimensionen Ökonomie, Ökologie und Soziales verbreitete. Im klassischen Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit (Abb. 2, links), das vielfach als Grundlage für methodisch geleitete Problembearbeitungen im Unterricht herangezogen wurde (Bundeländerkonferenz [BLK], 2003), stehen die drei Dimensionen Ökonomie, Ökologie und Soziales gleichberechtigt nebeneinander (Pufé, 2017). Nach diesem Modell ist

Entwicklung nachhaltig, wenn die ökologische, soziale und ökonomische Perspektive berücksichtigt wird. Dem Modell wurde jedoch eine Orientierungsfunktion abgesprochen, weil es der Vorstellung Vorschub leiste, „dass sich ökologische, ökonomische und soziale Nachhaltigkeit unabhängig voneinander realisieren ließen“ (Grünwald & Kopfmüller, 2012, S. 59). So wird auch für Bildungsprozesse die Gefahr gesehen, innerhalb der Säulenlogik verhaftet zu bleiben und mehrperspektivische Betrachtungsweisen unzureichend abzubilden (Emmrich & Melzer, 2006). Demgegenüber versucht das Dreiklang-Modell (Abb. 2, Mitte) den unauflösbaren Zusammenhang unter den Nachhaltigkeitsdimensionen sichtbar zu machen. Die Überlappungen zwischen ökonomischer, sozialer und ökologischer Dimension veranschaulichen die fließenden Grenzen zwischen den Dimensionen. Die Überlappungsbereiche benennen jeweils die Kernwerte der Überschneidungen (Pufé, 2017).

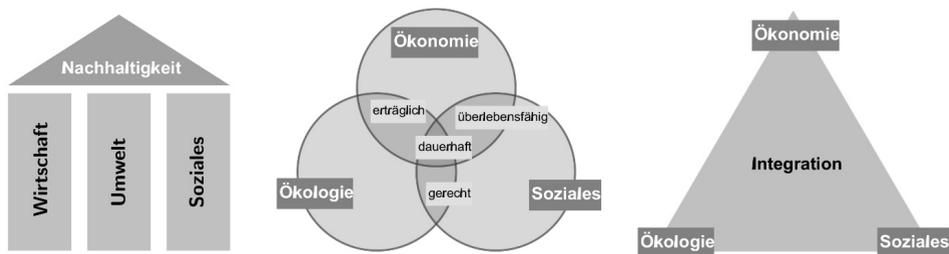


Abb. 2: Das Drei-Säulen-Modell, Dreiklang-Modell und integratives Nachhaltigkeitsdreieck im direkten Vergleich (Eigene Darstellung A. M. nach Pufé, 2017, S. 118, S.121-122)

Aus diesen Modellen ist schließlich das Modell des integrativen Nachhaltigkeitsdreiecks hervorgegangen (Abb. 2, rechts), das bis heute hohe Zustimmung erfährt und in der Literatur zur BNE eine dominante Rolle einnimmt (z.B. Künzli David, Bertschy, de Haan, & Plesse, 2008). Innerhalb dieses Dreiecks gibt es keine voneinander getrennten Bereiche mehr, sondern sie werden als ein Ganzes betrachtet (Pufé, 2017). Damit werden Prinzipien, Ziele und Regeln verfolgt, die nicht auf eine bestimmte Dimension beschränkt sind (Grünwald & Kopfmüller, 2012). Ein gleichschenkliges Dreieck veranschaulicht, dass allen drei Seiten eine gleich starke Bedeutung zukommt und ermöglicht es das Prinzip der Nachhaltigkeit relativ gut rechnerisch zu

operationalisieren (von Hauff & Kleine, 2009; Pufé, 2017). Eine Überbewertung eines Bereichs bringt das Dreieck aus seiner regelmäßigen Form, indem sich die entsprechende Ecke vom Zentrum entfernt. Damit bietet die Anwendung des Modells die Möglichkeit, nachhaltige Entwicklung durch ein Spinnwebdiagramm sichtbar zu machen, erlaubt differenzierte Interpretationen und Nachhaltigkeitsbewertung und kann daher auch der Definition von konkreten Handlungsfeldern dienen. Auch in aktuellen Veröffentlichungen, die sich mit Leitbildern nachhaltiger Entwicklung für BNE befassen, werden das integrative Nachhaltigkeitsdreieck oder, ergänzt um die vierte Dimension ‚Politik‘ oder ‚Kultur‘, das Nachhaltigkeitsviereck als zentrale Grundlage beibehalten (Fögele, 2016; KMK & BMZ, 2016; Keil, 2019).

Kritik an diesen Modellen bezieht sich auf die Auffassung der Gleichwertigkeit aller drei bzw. vier Dimensionen, denen entsprechende Vorrangmodelle entgegengestellt werden (Grünwald & Kopfmüller, 2012; Knaus & Renn, 1998). Mit der Begründung, dass es letztlich die natürlichen Bedingungen sind, die die Basis für gesellschaftliches und wirtschaftliches Handeln bilden (Grünwald & Kopfmüller, 2012; Knaus & Renn, 1998, vgl. Abb. 3, links), wird in diesen meist der ökologischen Dimension Vorrang eingeräumt. Griggs et al. (2013) rücken in ihrer Nachhaltigkeitskonzeption die sozialen Ziele heutiger und künftiger Generationen ins Zentrum und betonen die Bedeutung fester ökologischer Außengrenzen für das Wirtschaften. Im Modell markieren die AutorInnen die ökologische Dimension als „Earth’s life support system, on which the welfare of current and future generations depends“ (Griggs et al., 2013, S. 306; vgl. Abb. 3, Mitte). Kritik an diesem Modell bezieht sich vor allem darauf, dass das Bestimmen von ökologischen Grenzen sehr schwierig ist und die Gerechtigkeitsfrage aufgrund der Dringlichkeit der Bearbeitung der ökologischen Krise in den Hintergrund rückt (Grünwald & Kopfmüller, 2012).

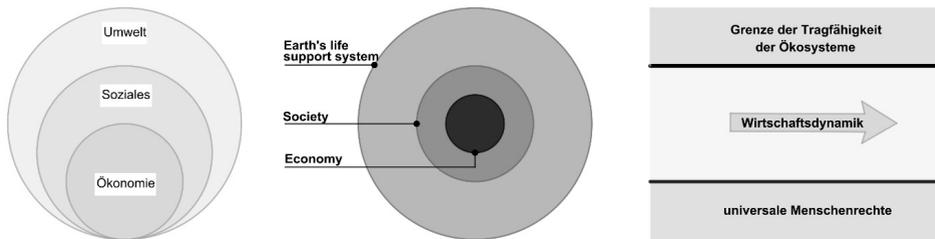


Abb. 3: Vorrang- und Leitplankenmodelle der Nachhaltigkeit (eigene Darstellungen A. M. nach Griggs et al., 2013 und Hoffmann, 2018)

Die ökologische Dimension ist dabei von sog. Leitplanken begrenzt, die die Belastbarkeit der menschlichen Umweltbeeinflussung markieren (Klemmer, Becker-Soest & Wink, 1998; Grünwald & Kopfmüller, 2012). Eine Erweiterung dieser Idee wurde im Leitplankenmodell in Abbildung 3 (rechts) dargestellt, indem die Grenze der Tragfähigkeit der Ökosysteme auf der einen Seite um die Grenze der Einhaltung universaler Menschenrechte auf der anderen Seite ergänzt wird (Hoffmann, 2018). Diese Grenzen bilden einen Korridor, in dem wirtschaftliches und soziales Handeln stattfinden darf. Werden die Grenzen überschritten, droht der Zusammenbruch des Systems. Im kritischen Vergleich zu Mehrdimensionen-Modellen der Nachhaltigkeit sehen auch BNE-DidaktikerInnen Stärken in Vorrangmodellen und Leitplankenkonzepten (Niebert, 2016; Bedehäsing & Padberg, 2017). So wird auch die Dringlichkeit radikaler Umbauten unserer Wirtschaftsweisen angemessener hervorgehoben, was eine wichtige und neue Perspektive darstellt, die aufgrund mangelnden Bezugs zu Degrowth-Konzepten und Suffizienz-Gedanken in der BNE bislang unterrepräsentiert scheint (Getzin & Singer-Brodowski, 2016; Bedehäsing & Padberg, 2017).

3.2 Die Donut-Ökonomie als neues Nachhaltigkeitsmodell für den Unterricht

Eine Bestimmung und Operationalisierung der äußeren ökologischen Leitplanke schafft das Stockholm Resilience Centre mit ihrem Konzept der *Planetary Boundaries* (Rockström et al., 2009; Steffen et al., 2015). Für neun ökologische

Problemfelder werden Schwellenwerte definiert, die einen konkreten Bereich als sicheren Handlungsraum abstecken, in dem die Menschheit mit hoher Wahrscheinlichkeit langfristig lebensfähig bleibt. An den Grenzen werden Kippunkte dargestellt, an denen die Menschheit in ökologische Risikobereiche eintritt, in denen mit gravierenden Folgen und irreversiblen Schäden gerechnet werden muss. Hinsichtlich vier von neun Bereichen – Klimawandel, Landnutzungsveränderungen, Biodiversitätsverlust sowie Stickstoff- und Phosphoreintrag in die Biosphäre – wurden die definierten Grenzen bereits überschritten (Rockström et al., 2009; Steffen et al., 2015).

Damit wäre das in Abbildung 3 skizzierte Leitplankenmodell zunächst lediglich im Hinblick auf die ökologische Dimension konkretisiert. Im Modell der Donut-Ökonomie von Kate Raworth (2012; 2018) werden diesen Leitplanken zusätzlich soziale Mindeststandards gegenübergestellt. Das in diesem Modell definierte soziale Fundament basiert auf zwölf Dimensionen, die aus den von den *United Nations* [UN] formulierten Zielen für eine nachhaltige Entwicklung (*Sustainable Development Goals*) (UN, 2015; siehe auch Rieckmann in diesem Band) abgeleitet sind (Raworth, 2018, vgl. Abb. 4 rechts). Zwischen der Abdeckung sozialer Mindeststandards und dem Erreichen der ökologischen Grenzen eröffnet sich ein Handlungsraum, innerhalb dessen ein sicherer und gerechter Lebensraum für alle besteht, „jener Raum, in dem wir die Bedürfnisse aller mit den Mitteln des Planeten befriedigen können“ (Raworth, 2018, S. 20). Dieser Raum wird im Modell als Donut-förmiger Kreisring zwischen dem inneren Kreis des sozialen Fundaments und dem äußeren Ring der Leitplanken dargestellt. Mit dem Modell versucht die Ökonomin dem wirtschaftlichen Wachstumsnarrativ ein alternatives Denkmodell gegenüberzustellen. Nicht mehr die etablierten, althergebrachten ökonomischen Theorien sollen den Ausgangspunkt ökonomischen Denkens bilden, sondern die langfristigen Ziele der Menschheit. Im Vergleich zu anderen Konzeptionen nachhaltiger Entwicklung bildet das Donut-Modell ein einfaches Denkwerkzeug und damit einen Interpretationsrahmen, dem die Autorin die Macht zuschreibt, wirtschaftliches Denken im 21. Jahrhundert zu verändern (Raworth, 2018). Aus didaktischer Sicht liegen weitere Stärken in der Zielsetzung der Vermittlung einer positiven Zukunftsvision (Raworth, 2018) und der zentralen Rolle sozioökonomischer Grundbedürfnisse, die als Grundbedingungen menschlichen Wohlbefindens und Aspekte guten Lebens sichtbar werden (vgl. Basiskonzept

Lebensqualität und Nachhaltigkeit in Kap. 2.2.). Die schlichte Donut-Metapher, die an ein Süßgebäck mit einem Loch in der Mitte erinnert, bildet zudem eine an die Lebenswelt der SchülerInnen anschließende einfache Denk- und Merkföhr (vgl. Abb. 4, links).

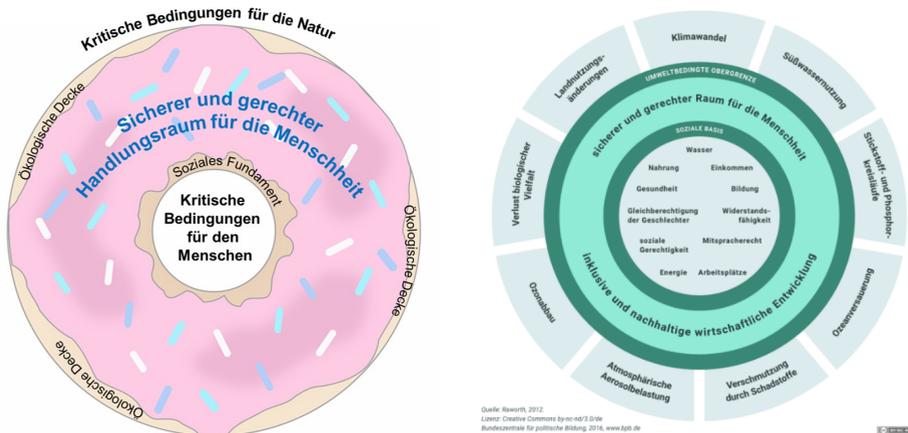


Abb. 4: Das Modell der Donut-Ökonomie (Raworth, 2018) in einfachen Grundzügen (links: eigene Darstellung O. A.) und im Detail (rechts: Bundeszentrale für politische Bildung, 2016)

In Kooperation mit der Universität Leeds (GB) wurde das Modell der Donut-Ökonomie in abgewandelter Form zu einem Monitoring-Projekt weiterentwickelt. Für die Operationalisierung der ökologischen Decke wurden vier der planetaren Belastungsgrenzen herangezogen und um den ökologischen und materiellen Fußabdruck ergänzt. Für das soziale Fundament wurden die ursprünglichen Dimensionen um Indizes der Lebenszufriedenheit ergänzt (O'Neill, Fanning, Lamb, & Steinberger, 2018). Aufbauend auf diesem Analysemodell wurden ‚nationale Donuts‘ für 150 Länder erstellt, die für Ländervergleiche online abgerufen werden können (<https://goodlife.leeds.ac.uk/countries/>). Dieses Monitoring-Projekt bildete die Grundlage für die Entwicklung des GeoGebra-Applets, mit dem SchülerInnen das Donut-Modell eigenständig anwenden können (siehe Kap. 4.). Dabei setzen sich die Lernenden mit räumlichen Daten auseinander, bereiten sie mithilfe statistischer Konzepte für eine Integration und Visualisierung im Applet auf und können auf

unterschiedlichen Maßstabsebenen Herausforderungen und Handlungswege nachhaltiger Entwicklung erkennen.

Die nationalen Donuts zeigen, dass Länder wie Österreich oder Deutschland Vorgaben bezüglich sozialer Absicherung oft zur Gänze erreichen, gleichzeitig aber die biophysischen Grenzen stark strapazieren. Ärmere Länder bleiben hingegen innerhalb dieser biophysischen Grenzen, erfüllen die sozialen Mindeststandards aber kaum (vgl. Abb. 5). Dass keines der 150 untersuchten Länder der Erde die Vorgaben der Donut-Ökonomie hinsichtlich nachhaltiger Entwicklung erfüllt, also alle sozialen Mindeststandards sichert, ohne die ökologischen Belastungsgrenzen zu überschreiten (O'Neill, Fanning, Lamb, & Steinberger, 2018), demonstriert die dringende Notwendigkeit einer großen Transformation hin zu neuen, nachhaltigen Wirtschaftsweisen. In diesem Sinne dient das Analysieren und Visualisieren nachhaltiger Entwicklung mittels des Donut-Modells im Unterricht auch dazu, das westliche Entwicklungsideal in Frage zu stellen und zu erkennen, dass auch das eigene Land (z.B. Österreich) hinsichtlich des Erreichens nachhaltiger Entwicklungsziele ein Entwicklungsland ist (Holzinger, 2019; siehe auch Rieckmann in diesem Band).



Abb. 5: Donuts von Österreich und Indien im direkten Vergleich

(<https://goodlife.leeds.ac.uk/countries/>, 05.06.2019)

LS – Life Satisfaction/Lebenszufriedenheit, LE – Healthy Life Expectancy/Lebenserwartung, NU – Nutrition/Ernährung, SA – Sanitation/Wasser & Hygiene, IN – Income/Einkommen, EN – Access to Energy/Zugang zu Energie, ED – Education/Bildung, SS – Social Support/Sozialleistungen, DQ – Democratic Quality/Demokratiequalität, EQ – Equality/Gleichheit, EM – Employment/Beschäftigung.

Kapelari, Suzanne (Hg.), Vierte „Tagung der Fachdidaktik“ 2019:

„Interdisziplinäre fachdidaktische Diskurse zur Bildung für nachhaltige Entwicklung“

© 2020 innsbruck university press, ISBN 978-3-99106-019-2, DOI 10.15203/99106-019-2

Das Modell eröffnet somit eine konstruktive, problem- und lösungsorientierte Möglichkeit zur Auseinandersetzung mit dem Leitbild nachhaltiger Entwicklung. Wie es Kompetenzen für emanzipatorische BNE vorsehen, kann damit nachhaltige Entwicklung als ergebnisoffener, gesellschaftlicher Lernprozess sichtbar werden (Vare & Scott, 2007), in dem die Erarbeitung von Lösungen als Such- und Orientierungsbewegungen innerhalb des Donut-Rahmens transparent werden. Durch einen Transfer zwischen den Maßstabs- bzw. Handlungsebenen können diese Orientierungsbewegungen von SchülerInnen auch auf individueller Ebene mit der eigenen Lebenswelt verbunden werden. Anhand des Donut-Modells können die Beziehungen zwischen den Vorstellungen von guter Lebensqualität und damit verbunden mit der Gestaltung des alltäglichen Lebens auf der einen Seite, zu den ökologischen, sozialen, wirtschaftlichen Bedingungen und Auswirkungen auf der anderen Seite, greifbar gemacht werden und dadurch die Entwicklung von Urteils-, Reflexions- und Handlungskompetenzen der SchülerInnen stärken.

4 Beschreibung der Lernumgebung und projektbegleitende Evaluation

Im Folgenden wird das Projekt² *One Donut for all* über die einzelnen Projektphasen und die Erhebung von Daten näher beschrieben. Die grundlegende Idee des Projektes besteht darin, eine fächerübergreifende Lernumgebung für den Mathematik- und GW-Unterricht der Sekundarstufe 1 zu entwickeln, welche mit einem datenbasierten Zugang zur BNE die Entwicklung von Kompetenzen in den Bereichen Statistik und GW sowie die Entwicklung überfachlicher Kompetenzen (vgl. Kap. 2.) fördert. Die Forschungsfragen, die den Leitfaden für die Evaluation und auch die Entwicklung des Unterrichtsentwurfs bilden, betreffen einerseits den Kontext der nachhaltigen Entwicklung im Sekundarstufenunterricht und andererseits die Kompetenzentwicklung bei SchülerInnen aus der Sicht der beiden Unterrichtsfächer. Die Durchführung in zwei Klassen der 8. Schulstufe fand im April und Mai des Schuljahres 2018/19 statt. Nach Absprache mit den

2 Das verwendete GeoGebra-Applet sowie die zugehörigen Arbeitsblätter sind als Open Educational Ressource unter <https://www.geogebra.org/m/tythjgw9> erhältlich.

Klassenlehrern wurde die Erprobung des Unterrichtsentwurfs von den ProjektleiterInnen als Lehrpersonen durchgeführt. Die einzelnen Projektphasen fanden meist in heterogenen Kleingruppen statt, welche von den Klassenlehrern zusammengestellt wurden. Konkrete Ergebnisse der projektbegleitenden Evaluation liegen noch nicht vor. Aus ersten Auswertungen der durch die Arbeitsergebnisse der SchülerInnen und durch Fragebögen, Audio- und Videographie gewonnenen Daten sowie aus den Erfahrungen in der Umsetzung lassen sich jedoch Eindrücke und erste Ergebnisse ableiten, die wir in die folgende Beschreibung des Projektablaufs einfließen lassen.

Das gesamte Projekt wurde über einen Zeitraum von zwei Wochen in Einzel- oder Doppelstunden durchgeführt und in vier Phasen von der Einführung zum Thema und des Donut-Modells über die Anwendung des Modells bis hin zur Abschlussphase aufgebaut (vgl. Abb. 6).

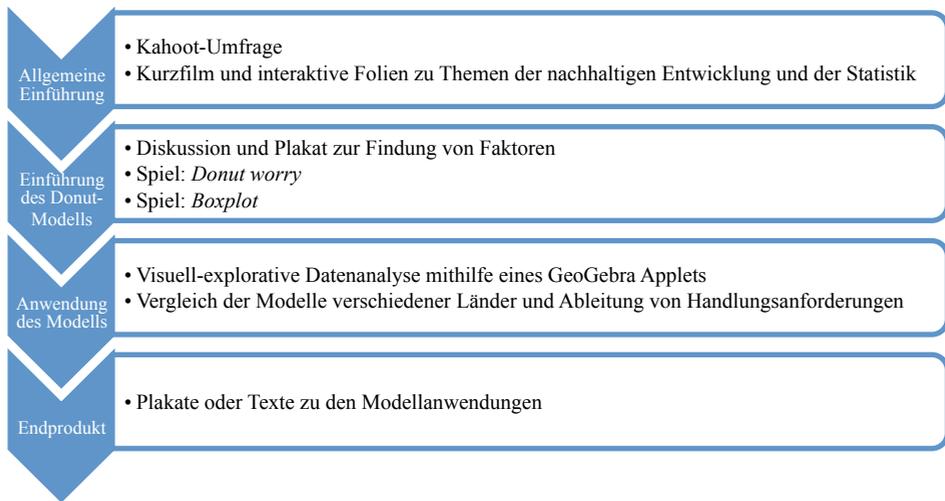


Abb. 6: Chronologische Darstellung der Projektphasen

Nach einer kurzen Information zum Ablauf und zur Evaluierung des Projekts nahmen die SchülerInnen als Einstieg an einer Umfrage nach dem Vorbild der Testfragen zu *Gapminder's Ignorance Project* (Rosling et al., 2018) teil. Die Umfrage umfasst Fragen zum Entwicklungsstand der Welt, wie etwa konkret

zur weltweiten Masernimpfrate, zur Entwicklung extremer Armut oder zur weltweit durchschnittlichen Dauer des Schulbesuchs. Die SchülerInnen hatten jeweils eine Minute Zeit, die Frage in den heterogenen Kleingruppen zu diskutieren und die ausgewählte Antwort einzuloggen. Die (richtigen) Antworten sowie die Bearbeitungszeit wurden digital erfasst und mittels eines automatischen Rankings rückgemeldet. Die Ergebnisse dieser Umfrage zeigen, dass die SchülerInnen mit etwa einem Drittel richtiger Antworten rund um den Erwartungswert einer zufälligen Auswahl liegen und damit jedoch weniger vorurteilsbehaftet antworteten als der weltweite Durchschnitt bei dieser Umfrage (Rosling et al., 2018). Einzig die Fragen zum Artenschutz, der sich in den letzten Jahrzehnten verbessert hat, und zu den Sterbefällen durch Naturkatastrophen, die sich im letzten Jahrhundert halbiert haben, liegen aufgrund der nur einzeln oder gar nicht gegebenen, richtigen Antworten unter dem Durchschnitt.

Zur tiefergehenden Beantwortung der Fragen über die Entwicklung der Welt wurde anschließend an die Umfrage der 20-minütige Film „How not to be ignorant about the world“ (Rosling & Rosling, 2014) gezeigt. Darin berichtet der schwedische Entwickler des Gapminder Projekts, Hans Rosling, anhand von Auswertungen der Antworten zu dieser Umfrage, die in verschiedenen Nationen mit unterschiedlichem Publikum abgehalten wurde, dass viele Menschen weltweit zu wenig über globale und nachhaltige Entwicklung wissen und informiert sind bzw. in ihren Antworten von Vorurteilen geleitet sind (Rosling et al., 2018). In Gruppendiskussionen wurde dann reflektiert, welche diesbezüglichen Vorstellungen und persönliche Vorurteile die SchülerInnen bei sich selbst sehen, wie diese entstehen und sie in ihrem Denken und Handeln beeinflussen.

Als letzter Teil in der Einführungsphase wurde den SchülerInnen mittels interaktiven Folien zur Entwicklung extremer Armut auf der Welt (<https://www.gapminder.org/downloads/human-development-trends-2005/>) sowie einem begleitenden Arbeitsblatt die Visualisierungssoftware von Gapminder nähergebracht. Nach der Bearbeitung des Arbeitsblatts in den Kleingruppen wurden die Ergebnisse im Plenum verglichen. Durch qualitative Analyse der Arbeitsblätter soll in einem weiteren Schritt erörtert werden, welchen Beitrag die interaktiven Folien als Hinführung zur Software und zu den

Um das Konzept der Donut-Ökonomie weiter zu vertiefen und die Beziehungen der einzelnen Faktoren aufzuzeigen, wurde das vorab entwickelte Brettspiel *Donut worry* eingesetzt (siehe Abb. 8). Die Spielkarten beinhalten Informationen zu ausgewählten sozio-ökonomischen und ökologischen Faktoren. Ziel des Spiels ist es sich entsprechend der gewürfelten Augenzahl strategisch sinnvoll für einen sozioökonomischen oder ökologischen Faktor zu entscheiden, um in den grünen Ring zu gelangen bzw. sich möglichst wenig weit davon zu entfernen.

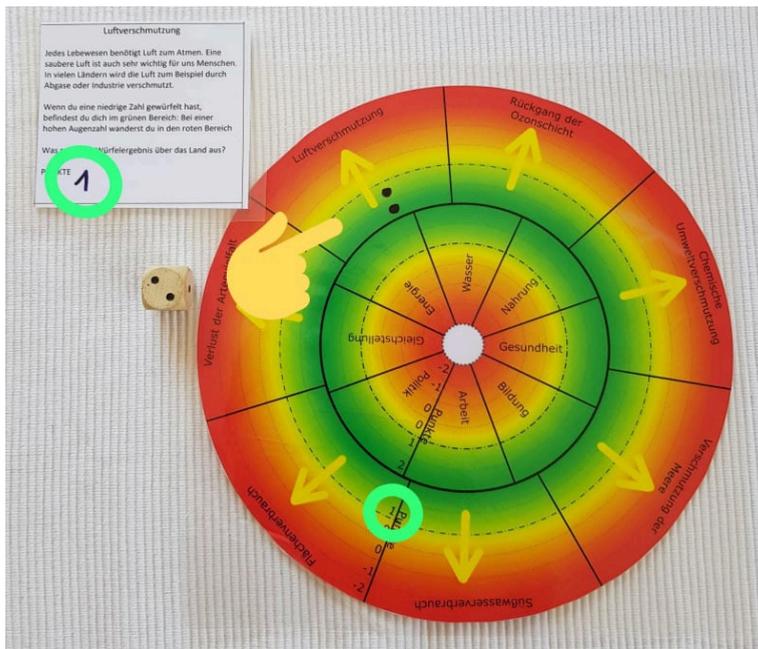


Abb. 8: Auszug aus der Spielanleitung zum Brettspiel *Donut worry* (Eigene Darstellung Z. M.)

Ein zweites Spiel, das Kartenspiel *Duett*, diene vor allem der Zuordnung zwischen Informationen, die einerseits in Textform und Boxplots und andererseits als Punktwolkendiagramme bzw. *Bubblecharts* gegeben sind (siehe Abb. 9). Das Lernziel hinter diesem Spiel ist, verschiedene Darstellungsformen von Informationen miteinander zu verbinden, indem das intuitive Wissen zu statistischen Ideen (Garfield & Ben-Zvi, 2008) angewandt wird. Erste

Ergebnisse lassen erkennen, dass die SchülerInnen durchwegs die im Text des Kartenspiels angesprochenen, statistischen Ideen, wie etwa die Idee von Zentralwerten, Streuung oder Korrelation, mit den graphischen Darstellungsformen verbinden konnten. Die Zuordnung der dargestellten Faktoren zu den sozialen Grundbedürfnissen bzw. den biophysischen Grenzen inspirierte mitunter auch spannende Diskussionen. So wurde z.B. der Faktor ‚Kinder pro Frau‘ kontrovers interpretiert und in den Gruppen unterschiedlich zugeordnet. Dabei war die Vorstellung, dies als Faktor des sozialen Fundaments, etwa hinsichtlich der Selbstbestimmung von Frauen, zu sehen, dominanter als die Tendenz, den Faktor der ökologischen Dimension und Problemfeldern, die aus Bevölkerungswachstum und Überbevölkerung resultieren, zuzuordnen.

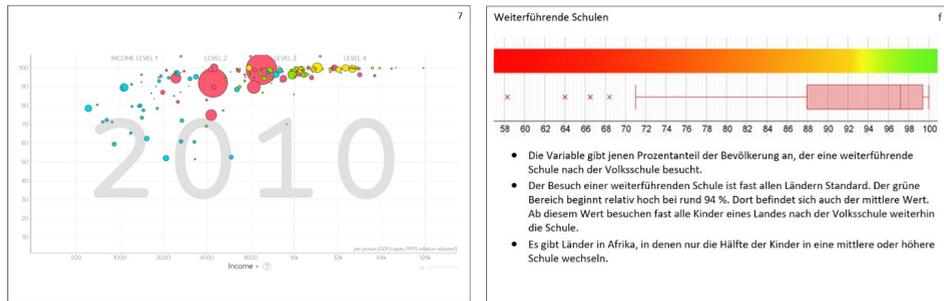


Abb. 9: Kartenpaar des Kartenspiels Duett mit Informationen in verschiedenen Darstellungsformen basierend auf den Abbildungen und Daten von www.gapminder.org (Eigene Darstellung A. M.)

In der nun im Folgenden beschriebenen, dritten Projektphase stand der visuell-explorative Forschungskreislauf im Zentrum. Die SchülerInnen arbeiteten dabei selbständig mit den Daten und Visualisierungen der Software Gapminder und einem speziell für dieses Projekt entwickelten GeoGebra-Applet (vgl. Abb. 10, rechts).

In Kleingruppen wandten die SchülerInnen das Donut-Modell auf ausgewählte Staaten an. Die zu bearbeitenden Faktoren wurden von den SchülerInnen anhand einer Liste der in Gapminder verfügbaren Daten selbst gewählt. Durch intuitives Erkennen und Anwenden von statistischen Ideen, die durch

unterschiedliche Visualisierungsformen der Daten befördert werden (Andre et al., 2019), und das Durchlaufen mehrerer Kreisläufe der visuell-explorativen Datenanalyse (Prodromou, 2014) erstellten die SchülerInnen mithilfe des GeoGebra-Applets einen nationalen Donut. Dabei wurden die Werte aus den graphischen Darstellungen der Software Gapminder hinsichtlich ihrer Wertigkeit im Sinne der nachhaltigen Entwicklung interpretiert und mittels Schieberegler im Donut-Applet abgebildet. Um diesen Schritt zu erleichtern, wurde für einige Variablen eine Farbskala erstellt, die in Übereinstimmung mit den *planetary boundaries* (Steffen et al., 2015) Aufschluss über die Bedeutung der abgelesenen Werte für die nachhaltige Entwicklung gibt (vgl. Abb. 10, rechts). Bei Variablen ohne vorgegebene Farbskala diskutierten die SchülerInnen in den Kleingruppen über die Bedeutung des Faktors für die nachhaltige Entwicklung des Landes und legten selbst Grenzwerte fest. Dabei wurden u.a. die Ideen der Zentralwerte oder der Streuung als Begründung für die Anwendung und farbliche Zuordnung der Daten im Donut-Modell herangezogen. Die Ergebnisse dieser Arbeitsschritte wurden für jeden Faktor in einem Arbeitsblatt dokumentiert (vgl. Abb. 10, links).

Am Ende dieser Phase wurden die Ergebnisse der Arbeit der Kleingruppen im Plenum vorgestellt und die Übereinstimmungen und Abweichungen in den Visualisierungen der nationalen Donuts mit jenen nationalen Donuts, die von Forschenden der University of Leeds erstellt worden sind (vgl. Kap. 3.2., Abb. 5), analysiert. Erste Ergebnisse der Auswertungen des Projekts zeigen eine gute inhaltliche Qualität und Plausibilität der von den SchülerInnen begründet erstellten, nationalen Donuts. In der an das Projekt anschließenden Fragebogenerhebung zeigte die Mehrheit der SchülerInnen, dass sie durch die Arbeit mit dem Donut-Modell Zielsetzungen nachhaltiger Entwicklung verstanden haben. Sie konnten einen gegebenen, unbeschrifteten, nationalen Donut hinsichtlich der nachhaltigen Entwicklung eines (fiktiven) Staates interpretieren und generelle Aussagen zur Entwicklung des Landes ableiten. Weiters wurde von den SchülerInnen die Möglichkeit des selbstgesteuerten, explorativen Lernprozesses als positive Erfahrung hervorgehoben.

Variablen-name	Sozialer oder ökologischer Faktor?	Zahlenwert der Variable	Begründung für die Klassifizierung (Farbwahl)
Co ²	Ö/U	7,4t	Ist zu viel /person
Threatend Species	Ö/U	100,3 Tiere	Zu hohe Anzahl
Threatend plant	Ö/U	574 Pflanzen	Zu hohe Zahl
Babys /woman	S/W	1,64 Babys	Guter Durchschnitt (hält die Bevölkerung)
Child Mortality	S/W	9,95 Kinder	Von 1000 Kindern 10 tote ist nicht sehr viel
Democracy Score	S/W	-7	Die Regierung bestimmt viel zu viel
Working Hours /week	S/W	46,2h	Zu viel, aber immer noch besser als keine Arbeit
Water Withdrawal	Ö/U	430m ³	Bisschen unter dem Median, aber trz. nicht zu viel
At least basic water source	Ö/U	90,8%	Das ca. 90% der Leute Zugang zu Wasser haben ist nicht so schlecht.

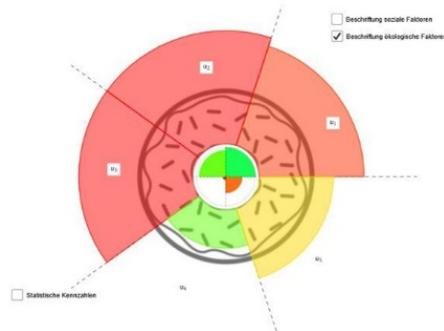


Abb. 10: Arbeitsblatt einer Kleingruppe zur Erstellung des nationalen Donuts und GeoGebra-Donut

In der letzten Phase des Projekts wurden in beiden Klassen zwei unterschiedliche Methoden zur Synthese und Reflexion der Inhalte ausgewählt. In einer der beiden Klassen lautete der Arbeitsauftrag an die Kleingruppen, sich gedanklich in eine/n BewohnerIn des Landes, das zuvor bearbeitet wurde, hineinzusetzen und anhand des entwickelten Donuts und von Bildern der Bilderdatenbank *Dollarstreet* einen Text über die Lebenssituation und den Alltag diesen/dieser Bewohners/Bewohnerin in Ich-Perspektive zu verfassen. Dabei griffen die SchülerInnen durchwegs die zuvor bearbeiteten Faktoren und Variablen auf und fokussierten in ihrer verbalen Bewertung auch auf jene Bereiche mit Entwicklungspotenzialen hinsichtlich der nachhaltigen Entwicklung dieser Länder. Die Ergebnisse geben Anlass zur Vermutung, dass die Umsetzung des *statistical storytelling* (Skraneffjell & Tønnessen, 2003) in Verbindung mit relevanten Kontexten (Makar & Ben-Zvi, 2011) zu einem vertiefenden Kompetenzerwerb im Statistikerwerb im Statistikunterricht der Sekundarstufe I beitragen kann.

In der zweiten der beiden Klassen lautete der Arbeitsauftrag an die Kleingruppen, ein Poster zum zuvor erarbeiteten Land zu erstellen, das über einen Faktor informiert, welcher hinsichtlich der nachhaltigen Entwicklung in diesem Land besonders bedeutend ist. Sie entwickelten dazu passende

Handlungsanforderungen für die zukünftige Entwicklung und präsentierten diese in einem digital erstellten Poster (vgl. Abb. 11).



Abb. 11: Poster einer Kleingruppe über bedrohte Tierarten (Biodiversität) in China

Einerseits sollte mit der Erstellung und der Diskussion der nationalen Donuts und der Poster im Plenum die kritische Reflexion zu möglichen Handlungsfeldern hinsichtlich der nachhaltigen Entwicklung der bearbeiteten Staaten ermöglicht und ein Überblick über die unterschiedlichen Zielkonflikte und Anforderungen nachhaltiger Entwicklungswege gegeben werden. Dabei zeigte sich den SchülerInnen, dass auch Länder des globalen Nordens (z.B. Österreich) als Entwicklungsländer hin zu einer zukunftsfähigeren Entwicklung bezeichnet werden können. Andererseits könnte die komprimierte Darstellung von Informationen in einer vereinfachten, ersten Form einer Infografik die

Entwicklung von statistischen Kompetenzen hinsichtlich der Darstellung und Bewertung von Information unterstützen.

Erste Auswertungen der erhobenen Projektdaten zeigen, dass der Prozess der Auswahl von Faktoren und passender Darstellungsformen hin zur digitalen Umsetzung von den Kleingruppen oft als schwierig empfunden wurde. Die Lernziele der kritischen Reflexion der dargestellten Entwicklungen und der Herstellung von Verbindungen zur eigenen Lebenswelt konnten weitgehend erreicht werden.

5 Fazit und Ausblick

Anhand der in diesem Beitrag dargestellten Lernumgebung soll SchülerInnen ein datenbasierter Zugang zur BNE eröffnet werden. Neben zentralen Inhalten und Kompetenzen in den Fächern Mathematik und GW werden auch weitere Kompetenzbereiche, wie jene der Digitalen Grundbildung, angesprochen. Das für dieses Projekt erstellte, interaktive Applet zusammen mit dem Arbeitsmaterial ermöglicht es SchülerInnen, in eigenständiger Arbeit die Qualität der nachhaltigen Entwicklung von Ländern, Staatengemeinschaften oder Kontinenten visuell zu erforschen. Intuitive Zugänge zu statistischen Grundideen (Andre et al., 2019) gebunden an den Kontext (Makar & Ben-Zvi, 2011) der nachhaltigen Entwicklung und das Konzept der visuell-explorativen Datenanalyse (Prodromou, 2014) bilden die Grundidee hinter der Arbeit mit dieser Anwendung. Die dabei verwendeten und erstellten Grafiken bilden als Zwischenergebnis wiederum einen Ausgangspunkt für weitere Denk-, Reflexions- und Formalisierungsprozesse hinsichtlich der Lernziele in beiden Fächern.

Die anstehende Auswertung der erhobenen qualitativen Daten soll Aufschluss über die Qualität der Lernprozesse in den Bereichen der Statistik und der BNE geben und kann zur Generierung von tragfesten Hypothesen über die beschriebenen Lernprozesse beitragen, sodass weitere Forschungsarbeiten auch im quantitativen Bereich möglich werden.

Darüber hinaus ist eine Adaption des Projekts für verschiedene Bereiche angedacht. Speziell durch die Verwendung der Bilderdatenbank *Dollarstreet* ist es möglich, junge Lernende schon in der Primarstufe für die Anliegen der BNE zu gewinnen, während die Entwicklung statistischer Ideen über einfache visuell-statistische Arbeitsweisen gefördert wird. Weiters können durch eine Adaption des Projekts auch statistische Inhalte in der Sekundarstufe, wie etwa Verteilungen oder auch weiterführende Hypothesentests, aufgegriffen werden. Auch eine Adaptierung und Vertiefungen in Richtung anderer Schultypen bzw. Schulfächer wäre denkbar, sodass beispielsweise in wirtschaftlichen Schulen die nachhaltige Entwicklung von Betrieben oder in Gastronomiefachschulen Lebensmittel hinsichtlich ihrer nachhaltigen Produktion nach dem Vorbild bekannter Fair-Trade Marken untersucht werden können.

Mittels des Unterrichtsbeispiels kann ein weiterer Baustein für interdisziplinäre bzw. fachübergreifende Ansätze zur Verankerung von BNE im Schulunterricht geliefert werden. BNE als generelles Unterrichtsprinzip soll kritische BürgerInnen bilden, die emanzipiert an der Gestaltung der Zukunft teilhaben können und Handlungswege mitentwickeln, die innerhalb des sicheren und gerechten Raumes für menschliche Entwicklung verlaufen. Das Modell der Donut-Ökonomie kann diesen Prozess einen Analyse-, Interpretations- und Diskussionsrahmen geben, der nicht zuletzt auch auf individueller Ebene eine konstruktive Auseinandersetzung mit Bedürfnissen, Zielkonflikten und Handlungsoptionen möglich macht.

6 Literatur

- Andre, M., Lavicza, Z., & Prodromou, T. (2019). Die Relevanz von Armut: Kritisches Denken durch Visualisierung sozial- und wirtschaftspolitischer Daten mit Gapminder entwickeln [The relevance of poverty: A project to develop critical thinking by visualizing social and economic data with Gapminder]. *Transfer Forschung <-> Schule*, 5, 139-147.
- Andre, M., Lavicza, Z., & Prodromou, T. (Feber, 2019). *Formalizing students' informal statistical reasoning on real data: Using Gapminder to follow the cycle of inquiry and visual analyses*. Konferenzbeitrag am Eleventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education, Utrecht, Niederlande.

- Bagoly-Simó, P. (2014). Implementierung von BNE am Ende der UN-Dekade. Eine internationale Vergleichsstudie am Beispiel des Fachunterrichts. *Zeitschrift für Geographiedidaktik - Journal of Geography Education*, 42(4), 221–256.
- Barth, M., Godeman, J., Rieckmann, M., & Stoltenberg, U. (2007). Developing key competencies for sustainable development in higher education. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 8(4), 416–430.
doi:10.1108/14676370710823582
- Bede Häsing, J., & Padberg, S. (2017). Globale Krise, Große Transformation, Change Agents: Heiße Eisen für die Geographiedidaktik? *GW-Unterricht*, 146, 19–31.
doi:10.1553/gw-unterricht146s19
- Ben-Zvi, D., & Aridor-Berger, K. (2016). Children's Wonder How to Wander Between Data and Context. In D. Ben-Zvi, & K. Makar (Eds.), *The Teaching and Learning of Statistics* (pp. 25–36). Cham: Springer. doi:10.1007/978-3-319-23470-0_3
- Biehler, R., Ben-Zvi, D., Bakker, A., & Makar, K. (2012). Technology for Enhancing Statistical Reasoning at the School Level. In M. A. Clements, A. J. Bishop, C. Keitel, J. Kilpatrick, & F. K. S. Leung (Eds.), *Third International Handbook of Mathematics Education* (pp. 643–689). New York: Springer.
doi:10.1007/978-1-4614-4684-2_21
- Biehler, R., Kurtzmann, G., & Prömmel, A. (Hrsg.). (2019). *Stochastik in der Schule*, 39(1).
- Bundesländerkonferenz [BLK]. (2003). Orientierungshilfen für die Erstellung einer Präambel und Empfehlungen/Richtlinien zur "Bildung für nachhaltige Entwicklung" an allgemeinbildenden Schulen. Berlin. Verfügbar unter <http://www.transfer-21.de/daten/texte/Praeambel-Richtlinien.pdf>
- Brockmüller, S., Volz, D., & Siegmund, A. (2016). Der Einsatz experimenteller Arbeitsweisen zur Förderung geographischen Systemverständnisses bei Schüler/innen und Lehramtsstudierenden. In K.-H. Otto (Hrsg.), *Geographiedidaktische Forschungen: Vol. 63. Geographie und naturwissenschaftliche Bildung – Der Beitrag des Faches für Schule, Lernlabor und Hochschule: Dokumentation des 21. HGD-Symposiums im März 2015 in Bochum* (S. 104–123). Münster: Verlagshaus Monsenstein und Vannerdat OHG.
- Bundesministerium für Bildung und Frauen [BMBF]. (2012). Die kompetenzorientierte Reifeprüfung aus Geographie und Wirtschaftskunde. Richtlinien und Beispiele für Themenpool und Prüfungsaufgaben. Wien. Verfügbar unter http://www.bmukk.gv.at/medienpool/22201/reifepruefung_ahs_lfgw.pdf
- Bundesministerium für Bildung und Frauen [BMBF]. (2014). Grundsatzlerlass Umweltbildung für nachhaltige Entwicklung. Wien. Verfügbar unter https://bildung.bmbwf.gv.at/ministerium/rs/2014_20_ge_umwelt_de.pdf?6cczlv
- Bundeszentrale für politische Bildung [BPB]. (2016). Ein sicherer und gerechter Handlungsraum für die Menschheit. Verfügbar unter

<http://www.bpb.de/gesellschaft/umwelt/anthropozoen/248875/donut-ein-sicherer-und-gerechter-handlungsraum>

- Costanza, R., Fisher, B., Ali, S., Beer, C., Bond, L., Boumans, R., et al. (2007). Quality of life: An approach integrating opportunities, human needs, and subjective well-being. *Ecological Economics*, 61(2-3), 267–276.
doi: 10.1016/j.ecolecon.2006.02.023
- de Haan, G. (2010). The development of ESD-related competencies in supportive institutional frameworks. *International Review of Education*, 56(2-3), 315–328.
doi:10.1007/s11159-010-9157-9
- Dede, C. (2010). Technological supports for acquiring 21st century skills. *International encyclopedia of education*, 3, 158-166.
- Deutsche Gesellschaft für Geographie [DGfG] (2014). *Bildungsstandards im Fach Geographie für den Mittleren Schulabschluss: mit Aufgabenbeispielen* (8., aktualisierte Auflage). Bonn: Selbsterverlag DGfG. Verfügbar unter https://geographie.de/wp-content/uploads/2014/09/geographie_bildungsstandards.pdf
- Emmrich, R., & Melzer, M. (2006). Das integrative Nachhaltigkeitskonzept der HGF als Baustein der Bildung für eine nachhaltige Entwicklung. In J. Kopfmüller (Hrsg.), *Ein Konzept auf dem Prüfstand: Das integrative Nachhaltigkeitskonzept in der Forschungspraxis* (S. 171–188). Berlin: edition sigma.
- Fischbein, E. (1987). *Intuition in science and mathematics: An educational approach*. Dordrecht: D. Reidel.
- Fögele, J. (2016). Entwicklung basiskonzeptionellen Verständnisses in geographischen Lehrerfortbildungen. In *Geographiedidaktische Forschungen: vol. 61*. Münster: Verlagshaus Monsenstein & Vannerdat OHG.
- Franklin, C., Kader, G., Mewborn, D., Moreno, J., Peck, R., Perry, M., & Scheaffer, R. (2007). *Guidelines for assessment and instruction in statistics education (GAISE) report*. Alexandria: American Statistical Association.
- Fridrich, C., & Hofmann-Schneller, M. (2017). Positionspapier „Sozioökonomische Bildung“. *GW-Unterricht*, 145, 54–57. doi:10.1553/gw-unterricht145s54
- Gal, I. (2002). Adults’ Statistical Literacy: Meanings, Components, Responsibilities. *International Statistical Review*, 70(1), 1–25.
doi:10.1111/j.1751-5823.2002.tb00336.x
- Garfield, J. B., & Ben-Zvi, D. (2008). *Developing students’ statistical reasoning: Connecting research and teaching practice*. New York: Springer.
- Getzin, S., & Singer-Brodowski, M. (2016). Transformatives Lernen in einer Degrowth-Gesellschaft. *Journal of Science-Society Interfaces*, 1(1), 33–46.
- Griggs, D., Stafford-Smith, M., Gaffney, O., Rockström, J., Ohman, M. C., Shyamsundar, P., et al. (2013). Policy: Sustainable development goals for people and planet. *Nature*, 495(7441), 305–307. doi:10.1038/495305a

- Grünwald, A., & Kopfmüller, J. (2012). *Nachhaltigkeit: Eine Einführung* (2., aktualisierte Auflage). Frankfurt/New York: Campus Verlag.
- Gryl, I., & Jekel, T. (2012). Re-centring Geoinformation in Secondary Education: Toward a Spatial Citizenship Approach. *Cartographica*, 47(1), 18–28. doi:10.3138/carto.47.1.18
- Haubrich, H., Reinfried, S., & Schleicher, Y. (2008). Lucerne Declaration on Geographical Education for Sustainable Development. *Interaction*, 36(1), 39–43.
- Hemmer, I. (2016). Bildung für nachhaltige Entwicklung: Der Beitrag der Fachdidaktiken. In J. Menthe, D. Höttecke, T. Zabka, M. Hammann, & M. Rothgangel (Hrsg.), *Fachdidaktische Forschungen: Vol. 10. Befähigung zu gesellschaftlicher Teilhabe: Beiträge der fachdidaktischen Forschung* (S. 25–40). Münster: Waxmann.
- Hodson, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25(6), 645–670. doi:10.1080/09500690305021
- Hoffmann, T. (2018). *TERRA Globale Herausforderungen 1. Die Zukunft, die wir wollen: Themenband, Klasse 10-13*. Stuttgart, Leipzig: Klett.
- Holzinger, H. (2019). Dogma Wachstum. Eine kritische Würdigung der Sustainable Development Goals. *Sozialwissenschaftliche Rundschau*, 59(1), 6–23.
- Jekel, T., & Pichler, H. (2017). Vom GW-Unterrichten zum Unterrichten mit geographischen und ökonomischen Konzepten. Zu den neuen Basiskonzepten im österreichischen GW-Lehrplan AHS Sek II. *GW-Unterricht*, 147, 5–15. doi:10.1553/gw-unterricht147s5
- Jekel, T., Gryl, I., & Oberrauch, A. (2015). Education for Spatial Citizenship: Versuch einer Einordnung. *GW-Unterricht*, 137, 5–13. doi:10.1553/gw-unterricht147s5
- Keil, A. (2019). Agenda 2030 und BNE: Hintergründe, aktuelle Entwicklungen und Perspektiven für das Fach Geographie. *Praxis Geographie* (6), 4–9.
- Kennedy, J., Abichandani, P., & Fontecchio, A. (2014). Using infographics as a tool for introductory data analytics education in 9–12. *IEEE Frontiers in Education Conference* (pp. 1–4). Madrid: IEEE.
- Klemmer, P., Becker-Soest, D., & Wink, R. (1998). Leitstrahlen, Leitbilder und Leitplanken: ein Orientierungsfaden für die drei grossen „L“ der Nachhaltigkeitspolitik. In A. Renner (Hrsg.), *Zukunftsfähigkeit und Neoliberalismus: zur Vereinbarkeit von Umweltschutz und Wettbewerbswirtschaft* (pp. 45–71). Baden-Baden: Nomos.
- Knaus, A., & Renn, O. (1998). Den Gipfel vor Augen: Unterwegs in eine nachhaltige Zukunft. *Ökologie und Wirtschaftsforschung: Vol. 29*. Marburg: Metropolis.
- Künzli David, C., Bertschy, F., Haan, G. de, & Plesse, M. (2008). Zukunft gestalten lernen durch Bildung für nachhaltige Entwicklung: Didaktischer Leitfaden zur

- Veränderung des Unterrichts in der Primarschule. Berlin: Transfer 21. Verfügbar unter http://www.transfer-21.de/daten/grundschule/Didaktik_Leifaden.pdf
- Kultusministerkonferenz [KMK] & Deutsche UNESCO-Kommission [DUK]. (2007). Empfehlung der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) und der Deutschen UNESCO-Kommission (DUK) vom 15.06.2007 zur „Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Schule“. Verfügbar unter http://nachhaltigkeit.bildung-rp.de/fileadmin/user_upload/nachhaltigkeit.bildung-rp.de/Downloads/070615_KMK-DUK-Empfehlung_BNE.pdf.
- Kultusministerkonferenz [KMK] & Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung [BMZ]. (2016). *Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung* (2. aktualisierte und erweiterte Auflage). Bonn: Cornelsen.
- Makar, K., & Ben-Zvi, D. (2011). The Role of Context in Developing Reasoning about Informal Statistical Inference. *Mathematical Thinking and Learning*, 13(1–2), 1–4. doi:10.1080/10986065.2011.538291
- Mehren, R., Rempfler, A., Buchholz, J., Hartig, J., & Ulrich-Riedhammer, E. M. (2018). System competence modelling: Theoretical foundation and empirical validation of a model involving natural, social and human-environment systems. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(5), 685–711. doi:10.1002/tea.21436
- Ministry of Education (2007). *The New Zealand curriculum*. Wellington, N.Z.: Learning Media.
- Niebert, K. (2016). Nachhaltigkeit lernen im Anthropozän: Wie Schule und Unterricht zu einer nachhaltigen Menschenzeit beitragen können. In M. K. W. Schweer (Hrsg.), *Psychologie und Gesellschaft: Band 15. Bildung für nachhaltige Entwicklung in pädagogischen Handlungsfeldern: Grundlagen, Verankerung und Methodik in ausgewählten Lehr-Lern-Kontexten* (S. 77–94). Frankfurt am Main: PL Academic Research.
- O’Neill, D. W., Fanning, A. L., Lamb, W. F., & Steinberger, J. K. (2018). A good life for all within planetary boundaries. *Nature Sustainability*, 1(2), 88–95. doi:10.1038/s41893-018-0021-4
- Oberrauch, A., Keller, L., Sanin, P., & Riede, M. (2014). Lebensqualitätsvorstellungen von Jugendlichen im Kontext des Leitbilds nachhaltiger Entwicklung. *Mitteilungen der österreichischen geographischen Gesellschaft*, 156, 221–248.
- Ohl, U. (2013). Komplexität und Kontroversität: Herausforderungen des Geographieunterrichts mit hohem Bildungswert. *Praxis Geographie* (3), 4–8.
- Overwien, B. (2016). Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Schule. In M. K. W. Schweer (Hrsg.), *Psychologie und Gesellschaft: Band 15. Bildung für nachhaltige Entwicklung in pädagogischen Handlungsfeldern. Grundlagen, Verankerung und*

- Methodik in ausgewählten Lehr-Lern-Kontexten* (S. 33–47). Frankfurt am Main: PL Academic Research.
- Pfannkuch, M. (2018). Reimagining curriculum approaches. In D. Ben-Zvi, K. Makar, & J. Garfield (Hrsg.), *International Handbook of Research in Statistics Education* (S. 387–413). Cham: Springer International.
- Pratt, D., Davies, N., & Connor, D. (2011). The role of technology in teaching and learning Statistics. In C. Batanero, G. Burrill, & C. Reading (Eds.), *Teaching statistics in school mathematics* (S. 97–107). Dordrecht: Springer.
- Prodromou, T. (2014). Drawing Inference from Data Visualisations. *International Journal of Secondary Education*, 2(4), 66. doi:10.11648/j.ijsedu.20140204.12
- Pufé, I. (2017). *Nachhaltigkeit* (3., überarbeitete und erweiterte Auflage). Konstanz, München: UVK Verlagsgesellschaft mbH & UVK/Lucius.
- Raworth, K. (2012). A Safe and Just Space for Humanity: Can we live within the doughnut? Oxfam Discussion Papers. Retrieved from https://www-cdn.oxfam.org/s3fs-public/file_attachments/dp-a-safe-and-just-space-for-humanity-130212-en_5.pdf
- Raworth, K. (2018). *Die Donut-Ökonomie.: Endlich ein Wirtschaftsmodell, das den Planeten nicht zerstört*. München: Carl Hanser Verlag.
- Reuschenbach, M., & Schockemöhle, J. (2011). Bildung für nachhaltige Entwicklung. Leitbilder für den Geographieunterricht. *Geographie heute*, 295, 2–11.
- Rieckmann, M. (2011). Schlüsselkompetenzen für eine nachhaltige Entwicklung der Weltgesellschaft: Ergebnisse einer europäisch-lateinamerikanischen Delphi-Studie. *GAI*A, 48(1), 48–56.
- Rieckmann, M. (2018). Learning to transform the world: key competencies in Education for Sustainable Development. In A. Leicht, J. Heiss, & Won Jung Byun (Eds.), *Issues and trends in education for sustainable development* (pp. 39–59). Paris: UNESCO.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, F. S., Lambin, E. F., et al. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(7263), 472–475. doi:10.1038/461472a
- Rosling, H., & Rosling, O. (2014). [Video] *How not to be ignorant about the world*. Retrieved from https://www.ted.com/talks/hans_and_ola_rosling_how_not_to_be_ignorant_about_the_world
- Rosling, H., Rosling, O., & Rosling-Rönnlund, A. (2018). *Factfulness: Ten reasons we're wrong about the world and why things are better than you think*. London: Sceptre.
- Rychen, S., & Salganik, L. H. (Eds.). (2003). *Key competencies for a successful life and well-functioning society*. Cambridge: Hogrefe und Huber.

- Schreiner, C., Henriksen, E. K., & Kirkeby Hansen, Pål J. (2005). Climate Education: Empowering Today's Youth to Meet Tomorrow's Challenges. *Studies in Science Education*, 41(1), 3–49. doi:10.1080/03057260508560213
- Skranefjell, A., & Tønnessen, M. (2003). Statistical storytelling. *Statistical Journal of the United Nations Economic Commission for Europe*, 20(1), 51–54.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockstrom, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., et al. (2015). Sustainability. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 736–746. doi:10.1126/science.1259855
- Stoltenberg, U., & Fischer, D. (2018). Bildung für eine nachhaltige Entwicklung in Deutschland: vom Projekt zur Struktur? In Forum Umweltbildung (Hrsg.), *Perspektive wechseln. Jahrbuch Bildung für nachhaltige Entwicklung* (S. 76–89). Wien.
- Taspolat, A., Hamza, K., Sami, O., Fezile, B., & Mobina, F. (2017). An investigation toward advantages, design principles and steps of infographics in education. *International Journal of Science and Research*, 73(7), 157–166.
- Taylor, N., Quinn, F., Jenkins, K., Miller-Brown, H., Rizk, N., Prodromou, T., ... Taylor, S. (2019). Education for Sustainability in the Secondary Sector—A Review. *Journal of Education for Sustainable Development*, 13(1), 102–122.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. *Science*, 185, 1124–1131.
- United Nations [UN] (2015). Sustainable Development Goals. Retrieved from <https://sustainabledevelopment.un.org/?menu=1300>
- Vare, P., & Scott, W. (2007). Learning for a Change: Exploring the Relationship between Education and Sustainable Development. *Journal of Education for Sustainable Development*, 1(2), 191–198. doi:10.1177/097340820700100209
- von Hauff, M. & Kleine, A. (2009). *Nachhaltige Entwicklung. Grundlagen und Umsetzung*. München: Oldenbourg Verlag.
- Vorage, M. (2019). Nachhaltige Bildung für nachhaltige Entwicklung. *GW-Unterricht*, 154, 48–56. doi:10.1553/gw-unterricht154s48
- Wassong, T., Frischemeier, D., Fischer, P. R., Hochmuth, R., & Bender, P. (Hrsg.). (2014). *Mit Werkzeugen Mathematik und Stochastik lernen – Using Tools for Learning Mathematics and Statistics*. Wiesbaden: Springer Spektrum. doi:10.1007/978-3-658-03104-6
- Wiek, A., Withycombe, L., & Redman, C. L. (2011). Key competencies in sustainability: A reference framework for academic program development. *Sustainability Science*, 6(2), 203–218. doi:10.1007/s11625-011-0132-6
- Wild, C. J., & Pfannkuch, M. (1999). Statistical Thinking in Empirical Enquiry. *International Statistical Review*, 67(3), 223–248. doi:10.1111/j.1751-5823.1999.tb00442.x