



GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT
GÖTTINGEN

*Lösungsansätze umwelt- und institutionenökonomisch
analysieren und reflektieren können -
Ein Beitrag zur theoretischen Fundierung und empirischen Überprüfung von
Bewertungskompetenz*

Dissertation
–zur Erlangung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Doktorgrades
"Doctor rerum naturalium"
der Georg-August-Universität Göttingen

im Promotionsprogramm: Basisprogramm Biologie/„Biodiversität und Gesellschaft“
der Georg-August University School of Science (GAUSS)

vorgelegt von
Marko Böhm aus Dresden
Göttingen, 2019

Betreuungsausschuss

Prof. Dr. Susanne Bögeholz, Abteilung Didaktik der Biologie, Albrecht-von-Haller-Institut für Pflanzenwissenschaften, Georg-August-Universität Göttingen

Prof. Dr. Rainer Marggraf, Umwelt- und Ressourcenökonomik, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Georg-August-Universität Göttingen

Prof. Dr. Dieter Heineke, Abteilung Biochemie der Pflanzen, Albrecht-von-Haller-Institut für Pflanzenwissenschaften, Dekanatsreferent und Studiendekan der Fakultät für Biologie und Psychologie, Georg-August-Universität Göttingen

Mitglieder der Prüfungskommission

Referentin: Prof. Dr. Susanne Bögeholz, Abteilung Didaktik der Biologie, Albrecht-von-Haller-Institut für Pflanzenwissenschaften, Georg-August-Universität Göttingen

Korreferent: Prof. Dr. Rainer Marggraf, Umwelt- und Ressourcenökonomik, Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Georg-August-Universität Göttingen

Weitere Mitglieder der Prüfungskommission:

Prof. Dr. Dieter Heineke, Abteilung Biochemie der Pflanzen, Albrecht-von-Haller-Institut für Pflanzenwissenschaften, Dekanatsreferent und Studiendekan der Fakultät für Biologie und Psychologie, Georg-August-Universität Göttingen

Prof. Dr. Monika Oberle, Institut für Politikwissenschaft/Didaktik der Politik, Sozialwissenschaftliche Fakultät, Georg-August-Universität Göttingen

Prof. Dr. Sascha Schroeder, Pädagogische Psychologie, Georg-Elias-Müller-Institut für Psychologie, Georg-August-Universität Göttingen

Prof. Dr. Hermann Behling, Abteilung Palynologie und Klimadynamik, Albrecht-von-Haller-Institut für Pflanzenwissenschaften, Georg-August-Universität Göttingen

Tag der mündlichen Prüfung: 12.06.2019

*Der Versuch, menschliche Systeme zu verändern,
setzt die Kenntnis darüber voraus,
wie Entscheidungen getroffen werden,
die Umwelt, Ökosysteme und Gesellschaften schädigen.*

*Jeden Tag wird unzählige Male entschieden und gehandelt,
was sich sichtbar und unsichtbar auf unsere Gesellschaft
und das System Erde auswirkt.*

*Verglichen mit der Komplexität unserer Probleme ist das,
was uns zu deren Beseitigung einfällt, häufig zu simpel.*

(WWF, 2016: 32)

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	i
Abkürzungsverzeichnis	ii
Zusammenfassung	iii
Abstract	v
Vorwort	1
1 Einleitung	3
1.1 Komplexität - das Charakteristikum der Herausforderungen des 21. Jahrhunderts	5
1.2 Fähigkeit zum Perspektivenwechsel - zentrales Bildungsziel	8
2 (Mit-)Gestalten lernen	9
2.1 Global Citizenship Education	9
2.2 Bildung für Nachhaltige Entwicklung	10
3 Fachdidaktisch-bildungswissenschaftliche Kompetenzforschung	14
3.1 Bewertungskompetenz - Beitrag zu <i>Scientific Literacy</i> und Mündigkeit	15
3.1.1 Kompetenzmodelle zur Bewertungskompetenz	18
3.2 Curriculare Verankerung von LUR im Rahmen von Bewertungskompetenz	21
3.2.1 Biologie	22
3.2.2 Politik-Wirtschaft bzw. Gemeinschaftskunde/Rechtserziehung/Wirtschaft	24
3.2.3 Erdkunde bzw. Geografie	27
3.3 Forschungsstand zu Bewertungskompetenz	29
3.3.1 Bewertungskompetenz im Feld der <i>Socio-Scientific Issues</i>	30
3.3.2 Bewertungskompetenz – Bezugsrahmen des <i>formal</i> und <i>informal reasoning</i>	30
4 Motivation des Forschungsansatzes	32
4.1 Mathematisieren in den Naturwissenschaften	33
4.1.1 Funktionen und Probleme des Mathematisierens	34
4.2 Ökonomisieren im Sinne einer Bildung für Nachhaltige Entwicklung	38
4.2.1 Umwelt- und institutionenökonomische Denkfiguren als Mittel zur Teilhabe	39
4.2.2 Ökonomische Bildung für Bildung für Nachhaltige Entwicklung	41
5 Ableitung der Forschungsstrategie	43
5.1 Forschungsschwerpunkte	43
5.2 Messinstrumentenentwicklung und Studiendesign	44
5.3 LUR-Messinstrument	46

6	Methodische Umsetzung der Forschungsstrategie.....	48
7	Publikation 1: Education for Sustainable Development in German Science Education: Past – Present – Future.....	53
8	Publikation 2: Evaluating Sustainable Development Solutions Quantitatively: Competence Modelling for GCE and ESD.....	53
9	Publikation 3: Quantitative Modelling and Perspective Taking: Two Competencies of Decision Making for Sustainable Development.....	53
10	Zusammenfassung und Diskussion.....	54
	10.1 Zwei LUR-bezogene Teilkompetenzen.....	56
	10.1.1 Teilkompetenz 1: <i>Quantitatives Bewerten</i>	58
	10.1.2 Teilkompetenz 2: <i>Perspektivenwechsel vollziehen</i>	64
11	Limitationen und Anwendungsperspektiven.....	66
	11.1 Methodische Umsetzung.....	67
	11.2 Kompetenzmessung im Allgemeinen.....	69
12	Fazit.....	71
13	Literaturverzeichnis.....	73
Anhang.....		i
	A.1 Danksagung.....	ii
	A.2 Promovierenden - Erklärung der Georg-August-Universität Göttingen.....	iii
	A.3 Liste der Veröffentlichungen.....	iv
	A.4 Curriculum Vitae.....	vi

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1:	Verständnis von Nachhaltiger Entwicklung: Paradigmenwechsel nach Griggs et al. (2013).	4
Abb. 3.1:	Fundierter Bewertungsprozess der naturwissenschaftlichen Fächer, nach dem MK Nds (2015a: 79).....	22
Abb. 3.2:	Bewerten und Beurteilen im Fach Erdkunde, nach dem MK Nds (2015c: 20).	27
Abb. 4.1:	Anknüpfungspunkte des Forschungsprojektes zu „ <i>Lösungsansätze umwelt- und institutionenökonomisch analysieren und reflektieren können</i> “ (LUR).	32
Abb. 4.2:	Überblick der aus einer Mathematisierung in den naturwissenschaftlichen Fächern resultierenden potenziellen Funktionen und Probleme.	37
Abb. 4.3:	Ökonomisches Bewerten von Umweltgütern im Rahmen des ökonomischen Modells individuellen Verhaltens, nach Marggraf (2005: 3ff).....	40
Abb. 5.1:	Schematische Darstellung des Forschungsprojektes zu „ <i>Lösungsansätze umwelt- und institutionenökonomisch analysieren und reflektieren können</i> “ im Rahmen von Bewertungskompetenz und deren Förderung	45
Abb. 5.2:	Aufbau des Informationsheftes des Messinstrumentes zu „ <i>Lösungsansätze umwelt- und institutionenökonomisch analysieren und reflektieren können</i> “ (vgl. Bögeholz et al., 2014: 247ff.).....	47
Abb. 5.3:	Aufbau des Antwortheftes des Messinstrumentes zu „ <i>Lösungsansätze umwelt- und institutionenökonomisch analysieren und reflektieren können</i> “ (vgl. Bögeholz et al., 2014: 247ff.).....	48
Abb. 6.1:	Verlauf der Hauptstudie und der Validierungsstudien zu „ <i>Lösungsansätze umwelt- und institutionenökonomisch analysieren und reflektieren können</i> “ (LUR) im Rahmen des Forschungsschwerpunktes FSP-I b (vgl. Kap. 5.1).....	52
Abb. 10.1:	Aufspaltung von „ <i>Lösungsansätze umwelt- und institutionenökonomisch analysieren und reflektieren können</i> “ (LUR) in die beiden Teilkompetenzen <i>quantitatives Bewerten</i> und <i>Perspektivenwechsel vollziehen</i> . Dargestellt sind die inhaltlichen Schwerpunkte für beide Teilkompetenzen.....	54
Abb. 10.2:	Zusammenhangsstruktur von <i>quantitativem Bewerten</i> und <i>Perspektivenwechsel vollziehen</i> im nomologischen Netzwerk (Daten aus Böhm et al., 2020: 10, 14 und 15). Dargestellt sind die latenten Korrelationen (deren Stärke ist über unterschiedliche Grauabstufungen repräsentiert). *: Korrelation einer zweidimensionalen Modellierung ($N = 760$). Die restlichen Korrelationen entstammen separaten vierdimensionalen Modellierungen ($n = 191$). BER: <i>Bewerten, Entscheiden und Reflektieren</i> (Eggert & Bögeholz, 2010, 2014); WBT: Auszug des Wirtschaftskundlichen Bildungstest (Beck et al., 1998); DEMAT 9: Auszug des Deutschen Mathematiktest der Neunten Klassenstufe (Schmidt et al., 2013).	65

Abkürzungsverzeichnis

AAAS	American Association for the Advancement of Science
AIC	Akaike's Information Criterion
BIC	Bayesian Information Criterion
BER	Bewerten, Entscheiden und Reflektieren
BNE	Bildung für Nachhaltige Entwicklung
CBAs	Computer-Based-Assessments
DEMAT 9	Deutscher Mathematiktest für Neunte Klassen
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DIF	Differential Item Functioning
DUK	Deutsche UNESCO-Kommission
ERSQE	Evaluating and Reflecting Solutions Quantitatively and Economically
ESD	Education for Sustainable Development
ESNaS-Modell	Modell zur Evaluation der Standards in den Naturwissenschaften für die Sekundarstufe I
FSP	Forschungsschwerpunkt(e)
GCE	Global Citizenship Education
GRS	Generieren und Reflektieren von Sachinformationen
GRW	Gemeinschaftskunde/Rechtserziehung/Wirtschaft
IRT	Item Response Theory
KMK	Kultusministerkonferenz
LGVT 6-12	Leseengeschwindigkeits- und Leseverständnistest für die Klassen 6-12
LUR	Lösungsansätze umwelt- und institutionenökonomisch analysieren und reflektieren können
MIRT-Modelle	Mehrdimensionale Item Response Theory Modelle
MK Nds	Niedersächsisches Kultusministerium
NE	Nachhaltige Entwicklung
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PISA	Programme for International Student Assessment
SDGs	Sustainable Development Goals
SDIs	Sustainable Development Issues
SMK	Sächsisches Staatsministerium für Kultus
SRU	Sachverständigenrat für Umweltfragen
SSIs	Socio-Scientific Issues
SSR-DM/SD	Socio-Scientific Reasoning and Decision-Making for Sustainable Development
TBA bzw. TBAs	Technology-Based Assessment bzw. Technology-Based Assessments
TCs	Threshold Concepts
TEEB	The Economics of Ecosystems and Biodiversity
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UNESCO-MGIEP	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization - Mahatma Gandhi Institute of Education for Peace and Sustainable Development
WBGU	Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen
WBT	Wirtschaftskundlicher Bildungs-Test
WCED	World Commission on Environment and Development
WNE	Werte und Normen Nachhaltiger Entwicklung
WWF	World Wide Fund for Nature

Zusammenfassung

Lösungsansätze dringender Umweltproblemsituationen werden im Realdiskurs häufig quantitativ hinsichtlich ihrer Vor- und/oder Nachteile, die sich für verschiedene Interessengruppen bzw. Handlungsoptionen ergeben, diskutiert bzw. bewertet. Diese quantitative Dimension fand in nationaler wie internationaler Forschung zu Bewertungskompetenz bzw. *socio-scientific decision-making*, *socio-scientific reasoning*, *socio-scientific argumentation* sowie im Rahmen einer Bildung für Nachhaltige Entwicklung oder Global Citizenship Education bislang kaum Beachtung. Dementsprechend war es Ziel dieser Arbeit, Bewertungskompetenz um die quantitative Dimension zu erweitern. Dazu wurde die Dimension „*Lösungsansätze umwelt- und institutionenökonomisch analysieren und reflektieren können*“ (LUR) des Göttinger Modells der Bewertungskompetenz für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung theoretisch postuliert und über ein quantitatives Messinstrument operationalisiert. Das Messinstrument fasst die Fähigkeiten Lernender mögliche Handlungsoptionen angesichts aktueller Umweltproblemsituationen aus ökonomisch wie nicht-ökonomisch geprägten Perspektiven verschiedener Betroffener analysieren, Folgen der Verwirklichung der Handlungsoptionen ökonomisch-quantitativ abschätzen und die Handlungsoptionen zielführend bewerten sowie reflektieren zu können.

In einer Prä-Pilotierungsstudie ($N = 31$) konnten bereits erste Hinweise gewonnen werden, dass das Messinstrument im offenen Aufgabenformat zwischen verschiedenen Kompetenzabstufungen bezüglich LUR differenzieren kann. Auf Basis dieser Ergebnisse erfolgte die Weiterentwicklung des Messinstruments. Eine nachfolgende quantitative Vorstudie ($N = 269$) mit Schüler*innen unterschiedlicher Jahrgangsstufen sowie Lehramtsstudierenden zeigte, dass LUR über ein eindimensionales polytomes Raschmodell (Partial Credit Modell) modellierbar ist. Nach weiteren Optimierungen des Messinstruments und der Kodieranleitung konnte über mehrdimensionale Modellierungen der Hauptstudientaten mit Schüler*innen und Lehramtsstudierenden ($N = 760$) gezeigt werden, dass sich LUR in die beiden Teilkompetenzen *quantitatives Bewerten* und *Perspektivenwechsel vollziehen* aufspaltet.

Beide Teilkompetenzen erwiesen sich als eindimensional modellierbar und als distinkt voneinander, auch gegenüber der Teilkompetenz *qualitatives Bewerten*. Das erarbeitete Messinstrument ist reliabel und valide. Analysen zum Differential Item Functioning zeigen, dass das Messinstrument über verschiedene Jahrgangsstufen und Geschlechter hinweg gleichermaßen einsetzbar ist.

Sowohl *quantitatives Bewerten* als auch *Perspektivenwechsel vollziehen* lassen sich mit den curricularen Anforderungen relevanter Fächer, sowie von Bildung für Nachhaltige Entwicklung im Allgemeinen, in Verbindung setzen. Daraus resultiert eine hohe Praxisrelevanz dieser Teilkompetenz für die Kompetenzdiagnose und -förderung.

Bezüglich der Teilkompetenz *quantitatives Bewerten* erfolgt die Diskussion relevanter Bezüge innerhalb eines nomologischen Netzwerkes mit Blick auf das *Mathematisieren* und *Ökonomisieren* als schwierigkeitsgenerierende Faktoren. Angesprochen wird eine potenzielle Bedeutung von *threshold concepts*. Betreffend *Perspektivenwechsel vollziehen* wird die Eigenständigkeit dieser Teilkompetenz begründet und in der Fachliteratur verortet.

Abschließend erfolgt die Diskussion potentieller Limitationen, möglicher Anwendungsperspektiven der Forschungsergebnisse, wie beispielsweise *Reallabore*, *dialogic classroom practices* und *computer-based-assessments*, sowie denkbarer bzw. erforderlicher Ansätze zur Optimierung bzw. Weiterarbeit mit dem Messinstrument.

Schlagwörter: Kompetenzmodellierung; Bewertungskompetenz; Nachhaltige Entwicklung; Messinstrumentenentwicklung

Abstract

Frequently solutions to urgent Sustainable Development issues are discussed or evaluated quantitatively in real discourses regarding their advantages and/or disadvantages for various stakeholders or options for action. This quantitative dimension has so far received little attention in national or international research on socio-scientific decision-making, socio-scientific reasoning, socioscientific argumentation as well as in the context of Education for Sustainable Development or global citizenship education. Accordingly, this work aimed at expanding the concept of decision-making competence concerning this quantitative dimension. To this end, the sub-competence "*evaluating and reflecting solutions for SDIs quantitatively-economically*" (ERSQE) of the competence model for Socio-Scientific Reasoning and Decision-Making for Sustainable Development (SSR-DM/SD) was postulated theoretically and operationalised using a quantitative measuring instrument. The measuring instrument analyses the competence of learners to understand, mathematically model, assess and reflect on alternative courses of action by getting insights into different stakeholder perspectives (including environmental and institutional economics analysis), and the essentials of SD.

A pre-pilot study ($N = 31$) has already provided initial indications that the ERSQE measuring instrument can differentiate between different competence levels. Based on these results the measuring instrument was further refined. A subsequent study ($N = 269$) with pupils of different grades and teacher students showed that ERSQE can be modelled one-dimensional successfully. After further refinements regarding the measuring instrument and the scoring rubric, multidimensional modelling of a cross-sectional study ($N = 760$; pupils and teacher students) showed that ERSQE splits into two sub-competencies: *quantitative evaluation* and *perspective-taking*.

The two sub-competencies were successfully modeled one-dimensional and identified as distinct - also from the sub-competence *qualitative evaluation*. The developed measurement instrument is reliable and valid. Analyses regarding differential item functioning have shown that the measurement instrument can be used equally across different grades and genders.

Both *quantitative evaluation* and *perspective-taking* can be linked to the curricular requirements of relevant subjects and of Education for Sustainable Development in general. This results in a high practical relevance of this sub-competence for competence diagnosis and promotion.

Concerning the sub-competence *quantitative evaluation*, relevant aspects of the nomological network will be discussed with regard to *mathematizing*, *economizing* as difficulty generating factors. Further, the potential importance of *threshold concepts* is discussed. Concerning *perspective-taking*, the independence of this sub-competence is justified and located in the specialist literature.

Finally, potential limitations, possible application-perspectives of the research results - such as *realworld laboratories*, *dialogic classroom practices* and *computer-based assessments* - as well as conceivable or necessary approaches for optimization or further work with the measurement instrument are discussed.

Keywords: Competence Modelling, Decision-Making Competence, Sustainable Development, Socio-Scientific Issues; Measuring Instrument Development

Vorwort

Die vorliegende Arbeit thematisiert die theoretische Fundierung und empirische Überprüfung einer quantitativen Dimension von Bewertungskompetenz. Ausgangspunkt der Kompetenzmodellierung ist der Kompetenzbereich des Bewertens der naturwissenschaftlichen Fächer. Postuliert und psychometrisch modelliert wurde eine Teilkompetenz - „*Lösungsansätze umwelt- und institutionenökonomisch analysieren und reflektieren können*“ (LUR) - des Göttinger Modells der Bewertungskompetenz für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung (vgl. Kap. 3.1.1). Ziel war es für diese Teilkompetenz ein reliables und valides Messinstrument zu entwickeln sowie entsprechende Kompetenzen mittels der Item-Response-Theory zu modellieren.

Darüber hinaus versteht sich die Arbeit als innovativer Beitrag zum Forschungsfeld einer Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE). Einführend wird auf Facetten einer Nachhaltigen Entwicklung (NE; vgl. Kap. 1), Global Citizenship Education (GCE; vgl. Kap. 2.1), Bildung für Nachhaltige Entwicklung (vgl. Kap. 2.2), Bewertungskompetenz (vgl. Kap. 3), die curriculare Validität (vgl. Kap. 3.2), Mathematisierung (vgl. Kap. 4.1) und Ökonomisierung (vgl. Kap. 4.2) eingegangen. Dabei wird der Stand der Forschung aufgezeigt und zur Motivation des Forschungsansatzes (vgl. Kap. 4) aggregiert.

Unabhängig davon, ob es sich um Bildung für Nachhaltige Entwicklung oder Global Citizenship Education handelt. Es geht immer darum, Lernende zu befähigen, kompetent an dringenden gesellschaftlichen Realdiskursen für die Bewältigung der Problemlagen des 21. Jahrhunderts teilnehmen zu können (vgl. Kap. 2). Dies stellt einen grundlegenden Gedanken der Kompetenzforschung dar. Innerhalb dieser Realdiskurse, wie beispielsweise zum Verlust biologischer Vielfalt, spielen oft quantitative Daten eine bedeutsame Rolle. Dabei stellt sich die Frage nach den Vor- und/oder Nachteilen, die für verschiedene Interessengruppen bzw. Lösungsoptionen zu erwarten sind. Im Gegensatz zu klassischen Bewertungsprozessen im naturwissenschaftlichen Unterricht (vgl. Kap. 3.2.1) werden diese Vor- und Nachteile jedoch in quantitativer Form abgewogen. Anstatt abstrakter qualitativer Fragen nach den Vor- und/oder Nachteilen geht es vielmehr um konkrete quantitative Fragen nach den Folgen der Implementierung bestimmter Politik- bzw. Lösungsoptionen. Diese zentralen Erkenntnisse fanden bislang kaum Beachtung in nationaler wie internationaler Kompetenzforschung zu Bewertungskompetenz, *socio-scientific decision-making*, *socio-scientific reasoning*, *socio-scientific argumentation* oder zu einer Bildung für Nachhaltige Entwicklung und Global Citizenship Education.

Aus dieser pädagogisch-normativen Analyse heraus wurde „*Lösungsansätze umwelt- und institutionenökonomisch analysieren und reflektieren können*“ als eine potenzielle, quantitative Kompetenzdimension von Bewertungskompetenz postuliert und mittels empirischer Studien überprüft.

Die Forschung wird maßgeblich über drei Publikationen (diese entsprechen den Kapiteln 7-9) dokumentiert:

- Bögeholz, S., Böhm, M., Eggert, S., & Barkmann, J. (2014). Education for Sustainable Development in German Science Education: Past - Present - Future. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 10(4), 231-248. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2014.1079a> (diese Publikation entspricht Kapitel 7)
- Böhm, M., Eggert, S., Barkmann, J., & Bögeholz, S. (2016). Evaluating sustainable development solutions quantitatively: competence modelling for GCE and ESD. *Citizenship, Social and Economics Education*, 15(3), 190-211. <https://doi.org/10.1177/2047173417695274> (diese Publikation entspricht Kapitel 8)
- Böhm, M.*, Barkmann, J., Eggert, S., Carstensen, C. H., & Bögeholz, S.* (2020). Quantitative Modelling and Perspective Taking: Two Competencies of Decision Making for Sustainable Development. *Sustainability*, 12(17), 6980. <https://doi.org/10.3390/su12176980> [* are shared first-authors¹] (diese Publikation entspricht Kapitel 9)

Anmerkung:

In Kapitel 9 war ursprünglich in der Abgabefassung der Dissertation ein Manuskript von Böhm, Barkmann, Eggert, Carstensen & Bögeholz [Böhm and Bögeholz are equal first-authors] (unpublished) mit dem Titel: *Quantitative evaluation and perspective-taking: Modelling socio-scientific reasoning and decision-making for Sustainable Development* abgedruckt. Es handelt sich bei dem Manuskript um eine Vorfassung, welche für die Publikation Böhm*, Barkmann, Eggert, Carstensen & Bögeholz* (2020) [*Böhm and Bögeholz are equal first-authors] in *Sustainability* (12(17), 6980, <https://doi.org/10.3390/su12176980>) korrigiert wurde.

¹ Wenngleich es sich hierbei um eine geteilte Erstautor*innenschaft handelt, so wird diese Publikation in der vorliegenden Arbeit dennoch mit Böhm et al., (2020) referenziert.

1 Einleitung

Ganz konkret wird das, „...*was sich sichtbar und unsichtbar auf unsere Gesellschaft und das System Erde auswirkt...*“ (WWF, 2016: 32), vom Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) aufgeführt. Der WBGU nennt „... *Klimawandel [...] Verlust von Ökosystemdienstleistungen und biologischer Vielfalt [...] Bodendegradation und Desertifikation [...] Wassermangel und –verschmutzung ...*“ sowie die entsprechenden Interaktionen als „... *Megatrends des Erdsystems ...*“ (WBGU, 2011: 33ff). Die Aggregation dieser „... *Megatrends ...*“ bzw. Umweltproblemsituationen des 21. Jahrhunderts (vgl. auch *Sustainable Development Issues* (SDIs) in Böhm, Barkmann, Eggert, Carstensen und Bögeholz, 2020) werden im Kontext der Bildungsforschung vielfach als *epochaltypische Schlüsselprobleme* (Klafki, 2007) bezeichnet. *Epochaltypische Schlüsselprobleme* stellen nach Klafki (2007) Problemfelder dar, die mit weiteren Schlüsselproblemen, wie beispielsweise einer *gesellschaftlich produzierten Ungleichheit*, auf das unterschiedlichste verflochten sind. Aus einer metaphysischen Betrachtung heraus bezeichnet Morton (2014) Umweltprobleme wie den Klimawandel als *Hyperobjekte*. Morton (2014) meint hiermit vom Menschen geschaffene Objekte, die in ihrer zeitlichen und räumlichen Ausdehnung über unser Verständnis hinausgehen (ebd.). Gemein ist diesen *Megatrends, epochaltypischen Schlüsselproblemen* oder *Hyperobjekten*², dass diese die „... *Komplexität unserer Probleme ...*“ (WWF, 2016: 32) aufzeigen.

Das Ausmaß an anthropogener Beeinflussung der natürlichen Umwelt (vgl. WBGU, 2011) wurde bereits zum Anlass genommen, eine neue erdgeschichtliche Epoche auszurufen – das Anthropozän (Crutzen & Stoermer, 2000; Crutzen, 2002; Steffen et al., 2011; Jahn, Hummel & Schramm, 2015). Das Anthropozän repräsentiert „... *die Idee von der Menschheit als einer geologischen Kraft...*“ (Jahn et al., 2015: 92). Die Theorie des Anthropozän beruht nach Steffen et al. (2011) insbesondere auf zwei Einsichten: (i) der Bewusstwerdung des signifikanten Ausmaßes anthropogener Einflussnahme auf den gesamten Planeten und (ii) dem globalen kognitiven Wandel der Menschheit hin zur Bewusstwerdung ihrer formenden Kraft und der damit verbundenen Verantwortung (*planetary stewardship*; Steffen et al., 2011). Die Impulse und Perspektiven aus dem Diskurs rund um das Anthropozän repräsentieren gleichermaßen den gesamtgesellschaftlichen Suchprozess hinsichtlich der Konzeption von NE. So erachten Griggs et al. (2013) beispielsweise eine Neurahmung des ‘alten‘ aber stark rezipierten Drei-Säulen-Modells von Nachhaltigkeit (vgl. Abb. 1.1) für erforderlich. Ihr Vorschlag eines genesteten

² Im Folgenden wird, weitestgehend bedeutungsgleich dazu, der Begriff Umweltproblemsituation verwendet.

Modells (vgl. Abb. 1.1) mit der Erde als Lebenserhaltungssystem kann als Annäherung an das Konzept einer starken Nachhaltigkeit (vgl. Döring & Ott, 2001) verstanden werden: „*The global economy services society, which lies within Earth’s life-support system*“ (Griggs et al., 2013: 306). Im Rahmen ihres vorgeschlagenen Paradigmenwechsels empfiehlt die Autor*innengruppe gleichfalls eine entsprechende Neuformulierung der Definition der Brundtland Kommission (WCED, 1987) von NE: „*Development that meets the needs of the present while safeguarding Earth’s life-support system, on which the welfare of current and future generations depends*“ (Griggs et al., 2013: 306).

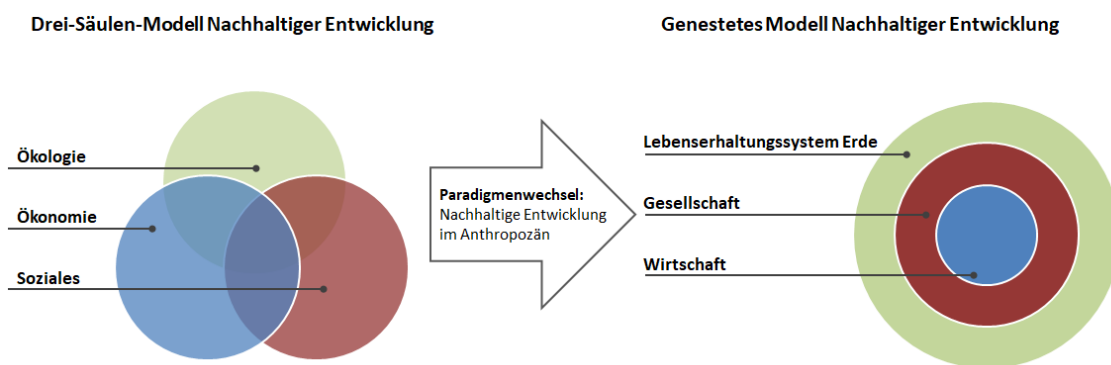


Abb. 1.1: Verständnis von Nachhaltiger Entwicklung: Paradigmenwechsel nach Griggs et al. (2013).

Der in Abbildung 1.1³ dargestellte Paradigmenwechsel entspricht dem Verständnis von NE als eine Regulative Idee. Eine Regulative Idee (vgl. Deutscher Bundestag, 1998; Kübler, Kissling-Näf & Zimmermann, 2001; Minsch, Eberle, Meier & Schneidewind, 1996; Grunwald & Kopfmüller, 2006; vgl. Barth, 2011) stellt eine „...Orientierungsgröße für menschliche Such- und Lernprozesse [dar], aus der sich nicht ein für allemal konkrete Handlungsanweisungen ableiten lassen“ (Künzli David, Bertschy & Di Giulio, 2010: 216). NE als gesellschaftlicher Verständigungsprozess bezogen auf die Frage, wie es uns gelingen kann innerhalb der Belastungsgrenzen unserer Erde zu leben, verlangt auch zu verhandeln, welche Kompetenzen und Fertigkeiten oder welche grundlegenden Werte und Normen dazu erforderlich sind (vgl. u.a. UNESCO-MGIEP, 2017). Diese Kompetenzen und Werte repräsentieren in weiten Teilen

³ Abbildung 1.1 soll keineswegs als Grundvoraussetzung oder geltendes Nachhaltigkeitsverständnis der vorliegenden Arbeit verstanden werden. Vielmehr soll Abbildung 1.1 die Komplexität der Sachlage sowie die Herausforderungen aufzeigen, die mit einer Nachhaltigen Entwicklung bzw. einer Transformation einhergehen. Das genestete Modell der Nachhaltigkeit würde die hier verwendeten ökonomischen Denkfiguren (siehe Kap. 4.2.1) weitestgehend untergraben. Der beschriebene Paradigmenwechsel, stellt Lernende wie Lehrende jedoch vor weitere Herausforderungen, da damit ebenfalls neue (transformative) ökonomische Denkfiguren einhergehen würden, die in den Unterricht zu implementieren wären.

die Grundvoraussetzungen einer zukunftsfähigen Gesellschaft mündiger Bürger*innen, fähig eine nachhaltige Gesellschaft aktiv, kompetent und verantwortungsvoll mitzugestalten (vgl. u.a. Barth, 2011; vgl. Kap. 2). Verantwortliches Mitgestalten im Rahmen einer NE bedeutet auch intra- und intergenerationelle Gerechtigkeitsaspekte miteinzubeziehen (Barth, 2011; vgl. Brand & Jochum, 2000; Grosskurth & Rotmans, 2005; Bögeholz, Böhm, Eggert & Barkmann, 2014). Bei der Entscheidungsfindung durch teilhabefähige Bürger*innen rückt somit der Umgang mit ethischer sowie faktischer Komplexität (Bögeholz & Barkmann, 2003, 2005; vgl. Kap. 1.1) in den Fokus. Erschwerend kommt der Umgang mit unsicherem Wissen und widersprüchlichen Daten oder Wertvorstellungen hinzu (vgl. Rost, 2002; de Haan, 2008; vgl. Bögeholz et al., 2014). So gilt es beispielsweise verschiedene und zum Teil divergierende Perspektiven zu berücksichtigen oder trotz Unsicherheit bzw. ungesicherten Wissens (vgl. Bögeholz et al., 2014; Ohl, 2013) mündig zu handeln.

1.1 Komplexität - das Charakteristikum der Herausforderungen des 21. Jahrhunderts

Eine zentrale Gemeinsamkeit der eingeführten Umweltproblemsituationen (vgl. WBGU, 2011) stellt der hohe Grad an Komplexität dar. Nach Anhalt (2012) ist Komplexität „... zur zentralen Beschreibungskategorie moderner Gesellschaften avanciert ...“ (Anhalt, 2012: 36). Komplexität ist somit ein zentrales, ubiquitäres Charakteristikum des 21. Jahrhunderts (vgl. Anhalt, 2012) und Zielkategorie von Umwelterziehung (Rost, 2002). Komplexität ist faktisch allen realweltlichen Umweltproblemsituationen (vgl. WBGU, 2011) und deren Problemlösungen (z.B. transdisziplinäre Forschung; Pohl & Hirsch Hadorn, 2008) inhärent. Niebert (2016) umschreibt die (Umwelt-)Problemsituationen des Anthropozän als „... komplexer, unsicherer und riskanter als es Schulunterricht die Schüler*innen glauben lässt ...“ (Niebert, 2016: 10). Folglich fordert er einen unterrichtlichen „... Paradigmenwechsel hin zur Vermittlung von unsicheren, inter- und transdisziplinären Herausforderungen und Risiken ...“ (Niebert, 2016: 10), um Lernende zur Begegnung mit der realweltlich vorhandenen Komplexität zu befähigen.

Zentrale Merkmale für das Handeln in komplexen Systemen sind: „Komplexität, Intransparenz, Dynamik, Vernetztheit und Unvollständigkeit oder Falschheit der Kenntnisse über das jeweilige System ...“ (Dörner, 2003: 59). Komplexität besteht aus verschiedenen Faktoren, u.a.: (i) einer hohen Variablenzahl mit entsprechendem Verknüpfungsgrad, (ii) schlecht definierten bzw. divergierenden Zielstellungen, (iii) einer zeitlichen Instabilität, Dynamik oder zeitlichen Verzögerung (vgl. zeitliche Falle; Ernst, 1997) und (iv) der

Unbekanntheit einiger Variablen (vgl. Friege, 2001; Knittel, 2013). Die zuletzt genannte Unsicherheit aufgrund unbekannter Variablen zeigt sich besonders bei den (globalen) hoch dynamischen Umweltproblemsituationen des 21. Jahrhunderts (vgl. Griggs et al., 2013; WBGU, 2011).

Komplexität bezieht sich nicht allein auf die Umweltproblemsituation an sich, sondern auch auf entsprechende realweltliche Lösungsansätze: *„Der Versuch, menschliche Systeme zu verändern, setzt die Kenntnis darüber voraus, wie Entscheidungen getroffen werden, die Umwelt, Ökosysteme und Gesellschaften schädigen.“* (WWF, 2016: 32). Diese Aussage des WWF ist u.a. zentral für die Motivation des Forschungsansatzes (vgl. Kap. 4) von LUR. Denn, die angesprochene Komplexität realweltlicher Umweltproblemsituationen wird im Unterricht i.d.R. nicht entsprechend komplex über realweltliche, interdisziplinäre bzw. transdisziplinäre Ansätze aufgegriffen (vgl. Niebert, 2016). Hier findet sich ein erster, zentraler Anknüpfungspunkt des Forschungsprojektes (vgl. Kap. 4):

→ **Annäherung an die Komplexität realweltlicher Umweltproblemsituationen Nachhaltiger Entwicklung**

Die Thematisierung von Komplexität im Unterricht kann äußerst wertvoll sein (vgl. Ohl, 2013; Rost, 2002; Tulodziecki, Herzig & Blömeke, 2017; Bögeholz & Barkmann, 2003). Durch eine Auseinandersetzung mit Komplexität können u.a. Urteils-, und Bewertungskompetenzen gefördert werden (vgl. Ohl, 2013; vgl. Rost, 2002; Tulodziecki et al., 2017). Über die Thematisierung und die Bearbeitung komplexer Gegenstandsbereiche kann anwendungsfähiges Wissen entstehen (Tulodziecki et al., 2017). Es ist evident, dass dieser Bildungswert auch Implikationen für eine fachdidaktisch-biologische Forschung hat. Bögeholz und Kolleg*innen präzisieren daher im Rahmen der Befähigung zur verantwortlichen gesellschaftlichen Teilhabe: *„Biologieunterricht kann sich nicht mehr allein auf die Vermittlung biologischen Wissens beschränken. [...] Biologische Fragestellungen sind deshalb in personale und gesellschaftliche Zusammenhänge einzubetten.“* (Bögeholz, Höhle, Langlet, Sander & Schlüter, 2004: 89). Das Fach Biologie soll Schüler*innen befähigen an gesellschaftlichen Entscheidungen teilhaben zu können (vgl. MK Nds, 2017a). An dieser Stelle findet sich ein weiterer Anknüpfungspunkt des Forschungsprojektes (vgl. Kap. 4):

→ **Einbettung lebensweltlicher biologischer Sachverhalte in wissenschaftlich und gesellschaftlich relevante Zusammenhänge**

Um Komplexität als wertvollen Gegenstandsbereich (vgl. Rost, 2002; Ohl, 2013; Tulodziecki, et al., 2017) in den Unterricht integrieren zu können, existieren zahlreiche Unterrichtsprinzipien sowie didaktisch-methodische Umsetzungsmöglichkeiten (für eine Auswahl siehe Ohl, 2013), die eine adäquate Thematisierung erlauben. Feierabend und Eilks (2013) nennen beispielsweise Rollenspiele, Planspiele (vgl. auch Höttecke, 2013b) sowie Dilemmata-Diskussionen als didaktisch-methodische Umsetzungsmöglichkeiten zur Thematisierung multipler Interessenslagen (vgl. Marks, Bertram & Eilks, 2006).

Auch in den beiden relevanten Kompetenzmodellen zu einer BNE (vgl. Grundmann, 2017; vgl. Kap. 2.2), in der Gestaltungskompetenz (de Haan & Harenberg, 1999; de Haan, 2008, 2010) und in dem Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung (Schreiber & Siege, 2016; vgl. auch Kap. 3.2) wird Komplexität umfassend und explizit adressiert. Im Kompetenzmodell der Gestaltungskompetenz (de Haan, 2008; vgl. Kap. 2.2) findet sich Komplexität beispielsweise in der vierten Teilkompetenz wieder: „... *Kompetenz zum Umgang mit unvollständigen und über-komplexen Informationen: Risiken, Gefahren und Unsicherheiten erkennen und abwägen können* ...“ (vgl. Programm Transfer-21, 2008: 21).

Der Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung (Schreiber & Siege, 2016) fordert ebenfalls zur Begegnung mit einer realweltlichen Komplexität auf. Zentral sind dabei fachübergreifende Kompetenzen, die auch auf das Leitbild einer NE und auf die Fähigkeit zum Perspektivenwechsel fokussieren (vgl. Geisz & Schmitt, 2016). Folglich wird in den Kernkompetenzen des Orientierungsrahmens für den Lernbereich Globale Entwicklung Komplexität fachspezifisch adressiert (Schreiber & Siege, 2016; vgl. Kap. 3.2). So sollen die Schüler*innen:

„...bei komplexen Fragen der nachhaltigen Entwicklung mittels geeigneter Instrumente (z.B. Ökobilanz, Umweltfolgenbewertung) Handlungsoptionen herausarbeiten“ (Fach Biologie; Schroeter, Bernholt, Härtig, Klinger & Parchmann, 2016: 340),

„...in ihrem Handeln Möglichkeiten und Grenzen mathematischer Methoden zur Reduktion von Komplexität des globalen Wandels einschätzen“ (Fach Mathematik; Reiss, Ufer, Ulm & Wienholtz, 2016: 305),

„...Richtungsziele für komplexe wirtschaftliche Problemlagen entwickeln ...“ (Fach Wirtschaft; Krol & Zörner, 2016: 293) und

„...Modelle zur Reduktion von Komplexität anwenden und ihre Aussagekraft einschätzen.“ (Fach Geografie; Böhn, 2016: 230).

Wesentlich für die Begegnung mit realweltlicher Komplexität ist auch das wichtige Bildungsziel einer Allgemeinbildung, die *Multiperspektivität*⁴ (vgl. Loerwald & Schröder, 2011; Schreiber & Siege, 2016). So stellt der Perspektivenwechsel beispielsweise auch ein zentrales Prinzip unterrichtlicher Thematisierung von Komplexität dar (vgl. Ohl, 2013).

1.2 Fähigkeit zum Perspektivenwechsel - zentrales Bildungsziel

Die Fähigkeit zum Perspektivenwechsel ist zentral für eine gute Allgemeinbildung, da die Fähigkeit zum Perspektivenwechsel für die Ausbildung von Mündigkeit förderlich ist (Loerwald & Schröder, 2011). Im Grunde kann jedes Unterrichtsfach einen Beitrag zur Fähigkeit zum Perspektivenwechsel leisten (vgl. Schreiber & Siege, 2016; vgl. Kap. 3.2). So ist die Fähigkeit zum Perspektivenwechsel (zusammen mit Empathie) auch eine Kernkompetenz des Lernbereichs Globale Entwicklung (ebd.). Hier heißt es dazu konkret, dass Lernende „... *sich eigene und fremde Wertorientierungen in Ihre Bedeutung für die Lebensgestaltung bewusst machen, würdigen und reflektieren*“ können (Schreiber & Siege, 2016: 95). Lutter (2017) spezifiziert für den gesellschaftswissenschaftlichen Unterricht die Fähigkeit zum Perspektivenwechsel als „... *den Anspruch und die Notwendigkeit, heterogene Deutungen, Lebensstile, Werte und Interessen (an-) zuerkennen, Standpunkte zu reflektieren und begründet Positionen beziehen zu können.*“ (Lutter, 2017: 18). Die Definitionen nach Schreiber und Siege (2016) sowie Lutter (2017) verdeutlichen die Relevanz der Fähigkeit zum Perspektivenwechsel über die Grenzen einzelner Unterrichtsfächer hinaus. Die Fähigkeit zum Perspektivenwechsel ist im Unterricht wesentlich und wird über die Bildungsstandards und Kerncurricula zahlreicher Fächer gefordert (vgl. Kap. 3.2). Was konkret unter der Fähigkeit zum Perspektivenwechsel gefasst werden sollte, um eine zielführende Erarbeitung der Dimensionen einer NE leisten zu können, ist auf übergeordneter Ebene schwierig zu definieren. In Schreiber und Siege (2016) finden sich jedoch gute Ansätze einer fachspezifischen Definition, die über fachbezogene Teilkompetenzen der Kernkompetenz Perspektivenwechsel (und Empathie) erfolgt. So werden für das Fach Wirtschaft die folgenden drei Teilkompetenzen präzisiert: „...*die Wirkung von Anreizen sowie von (erwarteten) Kosten und Nutzen für die Wahl von Handlungsalternativen abschätzen [...] ...sich bei Urteilen die Situations- und Standortgebundenheit von wirtschaftlichen Positionen und Entscheidungen bewusst machen*

⁴ Im Folgenden wird weitestgehend bedeutungsgleich dazu die Formulierung Fähigkeit zum Perspektivenwechsel verwendet.

[und] ... *fremde Wertorientierungen bei wirtschaftlichen Entscheidungen nachvollziehen und sie eigenen Wertungen gegenüberstellen.*“ (Krol & Zörner, 2016: 292).

Besonders große Bedeutung wird der Fähigkeit zum Perspektivenwechsel im Kompetenzbereich Bewerten zugesprochen (vgl. KMK, 2005a; siehe Kap. 3.1). Für die Identifikation verschiedener Bewertungskriterien sowie von verschiedenen Werten ist die Fähigkeit zum Perspektivenwechsel unabdingbar (vgl. Heitmann, 2012). Auch im Feld von globalem Lernen und BNE ist der Perspektivenwechsel ein zentrales Lernprinzip, um zu erarbeiten, dass „... *Probleme und Fragestellungen aus unterschiedlichen Sichtweisen sich unterschiedlich darstellen und einfache Lösungen in der Regel nicht existieren*“ (Südwind, 2017: 7). An dieser Stelle findet sich ein weiterer Anknüpfungspunkt des Forschungsprojektes (vgl. Kap. 4):

→ Perspektivenwechsel zum Erarbeiten der Dimensionen Nachhaltiger Entwicklung

2 (Mit-)Gestalten lernen

Die mündige (Mit-)Gestaltung ist erklärtes Ziel von Bildung im Allgemeinen und der beiden Bildungsoffensiven BNE und Global Citizenship Education (GCE) im Speziellen. BNE und GCE wurden explizit ausgewählt, da im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit Bezug darauf genommen wird: BNE stellt die inhaltliche Verortung und die Perspektive des überfachlichen Bewertens (vgl. Kap. 3.1) dar, wohingegen GCE als Theorierahmen politischer Bildung besonders in Böhm et al. (2016) adressiert wird.

2.1 Global Citizenship Education

Seit der Bildungsoffensive „*Global Education First*“ aus dem Jahr 2012 des UN-Generalsekretär Ban Ki-moon ist GCE auf nationaler wie internationaler Ebene zu einem anerkannten pädagogischen Forschungs- und Praxisfeld geworden (vgl. Grobbauer, 2014). 2013 erhob die UNESCO *Global Citizenship* zu einer ihrer pädagogischen Leitlinien (ebd.). Da GCE u.a. auf friedenspädagogischen Arbeiten und einer weltbürgerlichen Erziehung aufbaut, ist es nicht zwangsläufig als ein neues Konzept zu betrachten und weist fließende Übergänge zu anderen pädagogischen Konzepten auf (ebd.). Die Bezugspunkte von GCE und BNE sind da, „... *wo es um eine kritische Auseinandersetzung mit der durchgehenden Ökonomisierung von Gesellschaft [...] geht. Politische Teilhabe und demokratische Verantwortung bilden dabei*

ebenso gemeinsame Schnittstellen wie Fragen globaler Gerechtigkeit.“ (Wintersteiner, Grobbauer, Diendorfer & Reitmair-Juarez, 2015: 33). Bezugspunkte von GCE zum Bewerten bzw. zur Bewertungskompetenz (vgl. Kap. 3.1) liegen prioritär in einer starken Wertorientierung, der Fähigkeit zum kritisch-reflexiven Denken sowie dem Verstehen komplexer Sachverhalte in ihrer wechselseitigen Interdependenz (vgl. Grobbauer, 2014). GCE zeigt also deutliche Bezugspunkte zur Bewertungskompetenz als politische Dimension naturwissenschaftlichen Unterrichts (vgl. Gebhard, Höttecke & Rehm, 2017). Auf Ebene des Göttinger Modells der Bewertungskompetenz für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung (Bögeholz, Höhle, Höttecke & Menthe, 2018; Eggert & Bögeholz, 2006, 2010; vgl. Kap. 3.1.1) zeigen sich dementsprechend auch relevante Überschneidungen. Vor allem zur Dimension *„Lösungsansätze umwelt- und institutionenökonomisch analysieren und reflektieren können“* (LUR) zeigen sich Bezugspunkte (vgl. Böhm et al., 2016). Diese Bezüge resultieren aus der Fokussierung ökonomischer Sachverhalte (vgl. Kap. 4.2), gesellschaftlicher Grundwerte und Kernkompetenzen, die sowohl für GCE als auch für LUR zentral sind. Beispielhaft dafür wären nach Grobbauer (2014: 29) und der UNESCO (2014: 4) zu nennen: (i) das Wissen und Verständnis spezifischer globaler Themen und Trends, deren Interdependenz sowie Wissen über und Respekt vor zentralen universellen Werten (z.B. Gerechtigkeitsaspekte), (ii) die kognitiven Fähigkeiten für kritisches und kreatives (innovatives) Denken, Problemlösen und Entscheidungsfindung (Bewerten) aber auch (iii) nicht-kognitive Fähigkeiten wie z.B. Perspektivenwechsel und Empathie.

Zwar liegen im Rahmen von GCE ausführlich aufgelistete Kompetenz- beziehungsweise Wissensbestände sowie Werte und Einstellungen vor (z.B. UNESCO, 2014), aber Hinweise darauf wie spezifische Kompetenzen aussehen könnten, finden sich wenig. Auch entsprechende Messinstrumente zur Förderung einer mündigen Auseinandersetzung mit gesellschaftsrelevanten politischen Realdiskursen fehlen weitestgehend. Bezüglich des Kritikpunktes unspezifischer und nicht empirisch abgesicherter Kompetenzen zeigen sich Parallelen zum Konzept der BNE bzw. Gestaltungskompetenz (vgl. Rieß, Mischo & Waltner, 2018; vgl. Bögeholz et al., 2014).

2.2 Bildung für Nachhaltige Entwicklung

Ein besonderer Fokus bei der Begegnung der komplexen Umweltproblemsituationen des 21. Jahrhunderts liegt auf BNE, einem maßgeblichen Faktor von NE (vgl. DUK, 2014). Bildungsspezifisch sieht die UNESCO ihre Rolle im Rahmen einer BNE darin, herauszufinden

welches Wissen weitergegeben und welche Kompetenzen gefördert werden sollen (UNESCO-MGIEP, 2017:3). Gleichmaßen zentral sieht die Bundesregierung Deutschlands den Wert von BNE besonders im Sinne einer Partizipation an Zukunftsgestaltung (Bundesregierung Deutschlands, 2016). Im Rahmen einer BNE werden Wissensbestände und Kompetenzen - soziale, kognitive und emotionale - gesucht, die zur Förderung eines gesamtgesellschaftlichen transformativen (vgl. WBGU, 2011) Lernprozesses dienen sollen. Der Lenkungskreis Wissenschaftsplattform Nachhaltigkeit 2030 sieht *Orientierungswissen* dabei als zentrale Ressource und leitet daraus das folgende Desiderat ab: *„Es gilt, Wissen unterschiedlichster Art und Wissenschaft in all ihren Formen zu mobilisieren – Grundlagenforschung und angewandte Forschung, Transformationsforschung und transformative Forschung. Es gilt, Orientierungswissen für den anstehenden Wandel zu liefern, ...“* (Lenkungskreis Wissenschaftsplattform Nachhaltigkeit 2030, 2017: 2). *Orientierungswissen* stellt somit eine zweckdienliche Aggregation für die Sammlung an Wissensbeständen dar, das für mündige, zur Teilhabe fähige Bürger*innen zentral ist. Über teilhabefähige Bürger*innen können dann auch reflexive Prozesse (u.a. auch relevant für Bewertungskompetenz; vgl. Knittel, 2013; vgl. Kapitel 3.1) mit dem Ziel einer Transformation (WBGU, 2011) umgesetzt werden.

Zur Umsetzung der Agenda 2030 in Deutschland hat die Bundesregierung unter Einbezug der Öffentlichkeit und anhand der 17 *Sustainable Development Goals* (SDGs) eine eigene Nachhaltigkeitsstrategie verabschiedet (vgl. UNESCO, 2017). Gleichzeitig hat sich die Bundesregierung damit verpflichtet, die Umsetzung dieser Ziele nachvollziehbar, das heißt messbar, zu gestalten (vgl. Deutsche Bundesregierung, 2016). Über empirisch überprüfte Messinstrumente wird auch den SDGs, spezifisch dem SDG 4.7, Rechnung getragen. Das Unterziel 4.7 fordert, dass Lernende bis zum Jahr 2030 all diejenigen Wissens- und Kompetenzbestände erworben haben sollten, die eine NE erforderlich macht (vgl. DUK, 2017: 8). Denn die *„... Prosperität, soziale Kohäsion und Entwicklungschancen einer Gesellschaft hängen in großem Maße von den erworbenen Kompetenzen ihrer Mitglieder ab...“* (Fleischer, Koeppen, Kenk, Klieme & Leutner, 2013: 6). Als geeignete Mittel zur Erreichung des Unterziels 4.7 werden u.a. auch BNE und GCE gesehen (vgl. DUK, 2017: 8). BNE ist somit nicht nur entwicklungs- und werteorientiert, sondern auch kompetenzorientiert (vgl. Stoltenberg & Burandt, 2014; Rost, 2002). Folglich sollte eine kompetenzorientierte BNE auch spezifische und empirisch abgesicherte Kompetenzen aufzeigen (vgl. Rieß et al., 2018). Für die zwei existierenden Kompetenzkonzepte einer BNE (siehe folgender Abschnitt) im deutschsprachigen Raum (vgl. Grundmann, 2017: 29ff.), die Gestaltungskompetenz (de Haan, 2008, 2010) und der

Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung (Schreiber & Siege, 2016), ist dies weitestgehend ein offenes Desiderat (vgl. Rieß et al., 2018).

Ziel einer Bildung für Nachhaltige Entwicklung - Gestaltungskompetenz

Ziel einer BNE liegt darin, Lernende mit *Gestaltungskompetenz* auszustatten, um nachhaltige Entwicklungsprozesse (mit-)gestalten zu können (vgl. de Haan, 2008; Hemmer, 2016). Das Kompetenzkonzept um Gestaltungskompetenz (de Haan, 2008) wird als das „... *international am besten operationalisierte Kompetenzkonzept für BNE* ...“ (Hemmer, 2016: 26) bezeichnet. Das Konzept der Gestaltungskompetenz (de Haan, 2008) wird jedoch aufgrund seiner Abstraktheit und insbesondere im Rahmen einer evidenzbasierten Kompetenzforschung kritisiert (vgl. Niebert, 2016; Rieß et al., 2018). Kritikpunkte sind u.a. die breite und vage Beschreibung der unspezifischen und allgemein formulierten Teilkompetenzen, die auf keiner empirisch überprüften Kompetenzdefinition basieren (vgl. Bögeholz et al., 2014). Die Teilkompetenzen sind zum Teil normativ begründet oder wurden über Zukunftsforschung, soziale Praxis oder Nachhaltigkeitswissenschaft legitimiert (vgl. Grundmann, 2017). Es fehlt auch an Informationen über die Interaktion der Teilkompetenzen (Gräsel, Bormann, Schütte, Trempler & Fischbach, 2013: 118). Eine sehr global formulierte Kritik beschreibt die Teilkompetenzen von Gestaltungskompetenz als eine „... *Sammlung von nachhaltigkeitsunspezifischen Fähigkeiten* ...“ (Niebert, 2016: 5). Alle angesprochenen Kritikpunkte stehen im Gegensatz zum Desiderat der Kompetenzforschung, dass möglichst theoriegeleitete Überlegungen zur Struktur der postulierten Kompetenz und zu einer denkbaren Graduierung der (Teil-)Kompetenzen vorliegen sollten (vgl. Fleischer et al., 2013). Das sind zentrale Voraussetzung, um entsprechende Messinstrumente BNE-spezifischer (Teil-) Kompetenzen entwickeln und empirisch beforschen zu können (vgl. Rieß et al., 2018). Genau an dieser Stelle befindet sich ein weiterer zentraler Anknüpfungs- und Forschungsschwerpunkt (vgl. Kap. 5.1) des Forschungsprojektes:

- **Bereitstellung empirisch abgesicherter Messinstrumente spezifischer Kompetenzen**

Bildung für Nachhaltige Entwicklung als interdisziplinäre Querschnittsaufgabe

BNE ist eine schulische Querschnittsaufgabe, die entsprechend fächerübergreifend bearbeitet werden sollte (vgl. u.a. Buddeberg, 2016; vgl. Bögeholz et al., 2014; Böhm et al., 2016). Die Thematisierung von realen Umweltproblemsituationen bzw. deren entsprechender

Lösungsmöglichkeiten werden als Herausforderung für BNE gesehen (vgl. DUK, 2011). Denn, Sachlagen derartiger Umweltproblemsituationen sind hoch komplex (vgl. Kap. 1.1) und verlangen in aller Regel sowohl eine fächerübergreifende als auch fächerverbindende, multiperspektivische Bearbeitung (u.a. DUK, 2013; Schreiber & Siege, 2016; vgl. Kap. 1.2; vgl. Böhm et al., 2020). Ein moderner naturwissenschaftlicher Unterricht sollte entsprechende interdisziplinäre Aspekte von BNE umsetzen (KMK, 2005a; MK Nds 2015a, 2017a; Schreiber & Siege, 2016; vgl. Bögeholz et al., 2004, 2014). Somit ist nicht mehr nur naturwissenschaftliches Wissen auf vielfältige gesellschaftliche Interessen, Werte und Normen zu beziehen, sondern auch gesellschafts- oder sozialwissenschaftliches Wissen. Letztgenanntes verhindert oder erschwert oft die Identifizierung einer eindeutig „besten“ Lösung in einer Umweltproblemsituation. Zumal häufig diverse, grundsätzlich gleichermaßen legitime Handlungsoptionen vorhanden sind (vgl. Eggert & Bögeholz, 2010). Verschärft wird dieser Umstand noch weiter, wenn die Folgen von Lösungsoptionen nicht immer ausreichend abgeschätzt werden können. So liegen häufig faktische und ethische Unsicherheiten vor (vgl. Bögeholz et al., 2014; Bögeholz & Barkmann, 2005; Sadler, Barab & Scott, 2007). Lernen im Kontext NE ist gemäß dem Gegenstand äußerst herausfordernd. NE, verstanden als regulative Idee bzw. als gesamtgesellschaftlicher Such- und Lernprozess (vgl. Barth, 2011), stellt Lernende vor erhebliche Herausforderungen: *„Der integrative Charakter des Konzepts Nachhaltigkeit verlangt [...] nach einem Weg des Problembearbeitens und -lösens, der quer zu den klassischen, disziplinär organisierten Vorgehensweisen liegt“* (Barth, 2011: 286). Denn das Problemlösen fordert von Lernenden diverse Wissensbestände verschiedener Wissenschaftsdisziplinen bzw. Unterrichtsfächer zu integrieren und zu transferieren (vgl. Barth, 2011; Bögeholz et al., 2014).

Neben der Notwendigkeit eines fächerübergreifenden Lernens bzw. Denkens wird auch die Relevanz der Fähigkeit zum Perspektivenwechsel (vgl. Kap. 1.2) betont: *„... da gesellschaftliche Schlüsselprobleme, wie z.B. die Umweltfrage, [...] zu komplex, zu variabel und zu vielschichtig für rein fachliche Lösungen angelegt sind, müssen diese aus verschiedenen, miteinander zu vernetzenden Blickwinkeln betrachtet werden bzw. einen mehrfachen Perspektivenwechsel erfahren.“* (Moegling, 2012: 87). Moegling sieht in einer interdisziplinären Bearbeitung, die explizit außerfachliche Wissensbestände und Methoden aufnimmt, das Potential einer umfassenderen Bearbeitung der fachlichen Fragestellung (ebd.). Hieraus ergibt sich ein weiterer zentraler Anknüpfungspunkt des Forschungsprojektes:

- Stärkere Integration interdisziplinärer Perspektiven bei der Bearbeitung realweltlicher Umweltproblemsituationen

Transformationskraft Bildung für Nachhaltige Entwicklung

Die Deutsche UNESCO Kommission versteht unter einer gesellschaftlichen Transformation, „... Lernende jeden Alters in allen Lernumgebungen in die Lage [zu] versetzen, sich selbst und die Gesellschaft [...] zu verändern...“ (DUK, 2014: 12). Diese geforderte gesellschaftliche Transformation (vgl. WBGU, 2011) stellt eine zentrale Dimension von BNE dar (vgl. DUK, 2014). Innerhalb einer BNE (und auch GCE) lassen sich zielführend Kontexte motivieren, die sowohl individuelles, selbstbestimmtes Handeln als auch gesellschaftliches und solidarisches Handeln im Sinne *gesellschaftlicher Konsensbildung* (vgl. Feierabend & Eilks, 2013: 3) erfordern. Adam und Schweitzer präzisieren explizit auf die gestalterisch-teilhabende Dimension von BNE: „... Ziel kann nur eine verantwortliche Mündigkeit sein, nicht einfach die Anpassung an die Gesellschaft ...“ (Adam & Schweitzer, 1996: 12; zitiert nach Alfs, Heusinger von Waldegge & Höhle, 2012: 85). Darunter fällt u.a., dass ein nachhaltigeres Wirtschaftssystem angestrebt wird, wobei die Bevölkerung zu einem nachhaltigeren Lebensstil motiviert werden soll (vgl. DUK, 2014). Zentral dafür ist ein „... Wandel der dominanten Produktions- und Konsumtionsmuster ...“ (Jörissen, Kopfmüller, Brandl & Paetau, 1999: 25). Die Befähigung Lernender zur kritischen Reflexion (i) menschlicher Produktions- und Konsummuster sowie von (ii) Entscheidungs- und Planungsprozessen bezogen auf die natürlichen Ressourcen ist ein zentraler Anknüpfungspunkt des Forschungsprojektes (vgl. Bögeholz & Barkmann, 2014). Denn die Forschung zu LUR greift dieses offene Desiderat des stärkeren Einbezugs der ökonomischen Dimension (vgl. DUK, 2011; Rieß, 2013) auf (vgl. Bögeholz et al., 2014; Böhm et al., 2016 und Böhm et al., 2020). Dieser interdisziplinäre Ansatz kann, über ein „... der Komplexität des Sachverhaltes angemessenes Lernen ...“ (de Haan, 2009: 2), dazu beitragen sich der vorhandenen realweltlichen Komplexität menschlicher Produktions- und Konsummuster im Rahmen einer BNE zu nähern. Hieraus ergibt sich ein weiterer zentraler Anknüpfungspunkt des Forschungsprojektes:

- Stärkerer Einbezug der ökonomischen Dimension von Nachhaltiger Entwicklung

3 Fachdidaktisch-bildungswissenschaftliche Kompetenzforschung

In Verbindung mit den mittelmäßigen Leistungen bei dem Programme for International Student Assessment (PISA) im Jahr 2000 (Deutsches PISA-Konsortium, 2001) erfolgte über die Verabschiedung der Bildungsstandards durch die Kultusministerkonferenz (z. B. für das Fach

Biologie: KMK, 2005a) der Paradigmenwechsel im bildungspolitischen System Deutschlands hin zu einer „*outcome-Orientierung*“ (Bernholt, Parchmann & Commons, 2009: 219). Kompetenzmodelle zur Beschreibung fachbezogener Kompetenzen gewannen zunehmend an Bedeutung (vgl. Schecker & Parchmann, 2006). Kompetenzmodelle werden dabei als ‘*Schnittstelle*‘ zwischen intendierten Zielen der Bildungsstandards und den realen Leistungen der Schüler*innen gesehen (Bernholt et al., 2009; Kauertz, Fischer, Mayer, Sumfleth & Walpuski, 2010). Die daraus resultierenden Kompetenzmodellierungen bzw. Kompetenzmessungen sind, aufgrund der durch sie angestoßenen Optimierungsprozesse zentrale Werkzeuge des Bildungswesens hinsichtlich der Qualitätsentwicklung und -sicherung (vgl. Fleischer et al., 2013; Klieme & Leutner, 2006; Koeppen, Hartig, Klieme & Leutner, 2008). Die Standards, die diese Kompetenzmodelle erfüllen müssen, betreffen die „... *Struktur, Stufung und Entwicklung von Kompetenzen* [...], *die sowohl kognitionspsychologisch als auch fachlich fundiert sind und als Grundlage zur Entwicklung geeigneter Messinstrumente zur Erfassung von Kompetenzen dienen können*“ (Fleischer et al., 2013: 6). Zentrale Kriterien bei der Kompetenzmodellierung sind auch, dass die entsprechenden Instrumente sowohl „... *einen klaren theoretischen Bezug aufweisen* [... als auch ...] *Rückschlüsse über das Ausmaß des Beherrschens einer bestimmten Kompetenz in einem realen Anwendungsbezug ermöglichen* ...“ (Fleischer et al., 2013: 12; vgl. Klieme, Hartig & Rauch, 2008). Diese theoriegeleitete Kompetenzmodellierung hat in den vergangenen Jahren große Fortschritte gemacht (vgl. Bögeholz et al., 2014; vgl. Krüger, Parchmann & Schecker, 2018; Fleischer et al., 2013). Sowohl für die Definition von Kompetenzmodellen als auch für die entsprechend konstruierten Testaufgaben existiert ein allgemein beschriebener Rahmen der modell- und theoriegeleiteten Verfahrensweise (Wilson, 2005; Fleischer et al., 2013).

Grundlegende normative Vorgaben für die Kompetenzmodellierung im Feld von naturwissenschaftlicher Grundbildung in Deutschland, der *scientific literacy* (vgl. Kap. 3.1), sind die Bildungsstandards für die naturwissenschaftlichen Fächer (KMK, 2005a, 2005b, 2005c; vgl. Kauertz et al., 2010).

3.1 Bewertungskompetenz - Beitrag zu *Scientific Literacy* und Mündigkeit

Angesichts der *Megatrends* (WBGU, 2011), der *epochaltypischen Schlüsselprobleme* (Klafki, 2007) oder der *Hyperobjekte* (Morton, 2014) wird die Rolle von Naturwissenschaften im 21. Jahrhundert deutlich (vgl. Gebhard et al., 2017). Zentral für das Verständnis dieser in großen

Teilen naturwissenschaftlichen Umweltproblemsituationen ist *scientific literacy* (naturwissenschaftliche Grundbildung; vgl. Gräber, Nentwig, Koballa & Evans, 2002; Gebhard et al., 2017). Grundlegend lässt sich *Scientific Literacy* in die drei Bereiche des *content knowledge* (naturwissenschaftliches Fachwissen), *procedural knowledge* (Kennen naturwissenschaftlicher Methoden und Praktiken) und *epistemic knowledge* (Verständnis naturwissenschaftlicher Grundlagen und Einschätzung des Stellenwerts naturwissenschaftlichen Wissens) unterteilen (Rehm & Parchmann, 2015; Gebhard et al., 2017). Für die Bearbeitung von Umweltproblemsituationen im Rahmen von LUR sind prinzipiell alle drei Bereiche der *Scientific Literacy* relevant. Von maßgeblicher Bedeutung bei LUR sind auch außernaturwissenschaftliche Wissensbestände und Methoden (vgl. Kap. 4, Abb. 4.1).

Zentraler Bestandteil der *Scientific Literacy* und Basis des vorliegenden Forschungsprojektes, ist der Kompetenzbereich *Bewerten*⁵ der naturwissenschaftlichen Fächer. Grundlegend ist die Relevanz von Bewertungskompetenz (im Schulfach Biologie) der Tatsache geschuldet, dass originär fachliche Erkenntnisse zunehmend anwendungsbezogen, also außerfachlich oder im interdisziplinären Rahmen, bedeutsam sind (MK Nds, 2017a: 21; vgl. Bögeholz et al., 2004, 2014). Der damit verbundene gesellschaftlich-politische Realdiskurs erfordert häufig auch eine Entscheidung in Bezug auf eine Entscheidungs- bzw. (Umwelt-)Problemsituation. Diese Entscheidung sollte am Ende der Bewertung der verschiedenen zur Auswahl stehenden Handlungsoptionen stehen (MK Nds, 2017a: 21; vgl. Abb. 3.1). Denn die entscheidungsspezifischen Folgen betreffen häufig sowohl Individuum als auch Gesellschaft - auf lokaler bis hin zur globalen Ebene (ebd.). Erschwerend kommt hinzu, dass nicht nur gegenwärtige Generationen, sondern auch zukünftige Generationen davon betroffen sind (ebd.). Ein besonderer Fokus liegt ebenfalls auf einer „...*Bewertung im Sinne einer kritischen Haltung mündiger...*“ Bürger*innen (Kauertz et al., 2010: 137). Ein weiterer Fokus liegt auf der Bewertung im Sinne der kognitiven Bearbeitung faktisch und ethisch komplexer Umweltproblemsituationen mit (natur-)wissenschaftlicher und gesellschaftlicher Relevanz (vgl. Bögeholz et al., 2018; vgl. Bögeholz & Barkmann, 2005; Sadler, 2011).

Was genau in den naturwissenschaftlichen Fächern unter *Bewerten* bzw. *Bewertungskompetenz* gefasst wird, findet sich in Kapitel 3.2.

Teilbereiche von *Bewertungskompetenz* werden unter unterschiedlichen, zum Teil bedeutungsnahen oder verwandten Begrifflichkeiten geführt, die auf unterschiedlichen theoretischen Fundierungen basieren (für eine Darstellung der Synonyme siehe Knittel, 2013: 30): *moralische Urteilsfähigkeit* (Höble, 2007); die *Reflexionskompetenz* (Rupp, 2009) oder die

⁵ Im Folgenden wird weitestgehend bedeutungsgleich dazu der Begriff *Bewertungskompetenz* verwendet.

entsprechenden Pendanten zur Bewertungskompetenz im internationalen Bereich: *socio-scientific decision-making* (Kolstø, 2000, 2001; Hogan, 2002), *socio-scientific reasoning* (u.a. Romine, Sadler & Kinslow, 2017; Teig & Scherer, 2016) oder *socioscientific argumentation* (Sadler & Fowler, 2006). Zum Teil zeigen sich auch deutliche Bezüge zur *politischen Urteilsfähigkeit* (vgl. Manzel, 2014).

Zentral für Bewertungskompetenz oder die Kernkompetenz des Bewertens im Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung ist die Fähigkeit zum Perspektivenwechsel (u.a. Hostenbach & Walpuski, 2013; Schreiber & Siege, 2016; vgl. Kap. 1.2). So sollen Lernende u.a. „... *biologische Vielfalt in ihrer Bedeutung für eine nachhaltige Lebensgestaltung angesichts unterschiedlicher Voraussetzungen beschreiben [... oder ...] die Perspektiven von beteiligten Gruppen in ökologisch-sozialen Konflikten einnehmen und reflektieren*“ (Schroeter et al., 2016: 339). Ebenfalls bedeutsam ist die Berücksichtigung von Wertentscheidungen, Fachkenntnissen und Entscheidungsstrategien. So sollen sich Schüler*innen mittels „... *Bewertungskompetenz am gesellschaftlichen Diskurs beteiligen und dabei verschiedene Perspektiven übernehmen können [...] ihre Wertentscheidungen in Probleme einfließen lassen sowie Entscheidungen sachgerecht, selbstbestimmt und verantwortungsbewusst treffen können ...*“ (Hostenbach & Walpuski, 2013: 134). Letztlich sollen die Schüler*innen über erworbene Fachkenntnisse (Umwelt-)Problemsituationen erfassen und sich für eine entsprechende Handlungs- bzw. Lösungsoption entscheiden können, die sie aufgrund des Abwägens entsprechender Pro- und Kontra- Argumente für geeignet halten (vgl. Hostenbach & Walpuski, 2013; vgl. Abb. 3.1). Die angesprochene Entscheidungsfindung auf Grundlage von Fachkenntnissen allein macht Bewertungskompetenz zu einem herausfordernden Gegenstandsbereich (vgl. Schecker & Höttecke, 2007; Gebhard et al., 2017). Bei Bewertungsprozessen ist Ergebnisoffenheit ein zentrales Merkmal, denn analog zum tatsächlich geführten gesellschaftlichen Realdiskurs existiert ein Pluralismus bezüglich der Lösungsmöglichkeiten (vgl. Heitmann & Tiemann, 2011; Marks et al., 2006). Dies erfordert es, verschiedene, ggf. divergierende Positionen bzw. Perspektiven einnehmen zu können. In der Regel sind für Bewertungskompetenz die originären Kenntnisse aus einem einzelnen Unterrichtsfach nicht ausreichend, da der Aufbau von Bewertungskompetenz nicht in wenigen Unterrichtsstunden eines einzelnen Schulfaches möglich ist, sondern die Schule als fächerübergreifendes System in ihrer Gesamtheit erfordert (vgl. Alfs et al., 2012; Moegling, 2012; vgl. Kap. 2.2). Der Kompetenzbereich Bewerten der naturwissenschaftlichen Fächer wird folglich, auch im Vergleich zu den drei anderen Kompetenzbereichen Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Fachwissen, als „... *der am schwierigsten zu interpretierende*

Kompetenzbereich ...“ (Gebhard et al., 2017: 69; vgl. Schecker & Höttecke, 2007) aufgefasst. Besonders im Rahmen außerfachlichen Bewertens (vgl. Höttecke, 2013a) wird dieser Umstand noch weiter verschärft.

Höttecke (2013) unterscheidet außerfachliches und innerfachliches Bewerten (vgl. Gebhard et al., 2017). Bewertung bezogen auf außerfachliche Aspekte verlangt neben den rein naturwissenschaftlichen Aspekten auch die Berücksichtigung politischer, ökonomischer, ethisch-moralischer oder gesellschaftlicher Aspekte (vgl. Bögeholz et al., 2018). Das Forschungsprojekt (vgl. Kap. 4, Abb. 4.1) lässt sich eindeutig dem Bereich des außerfachlichen Bewertens zuordnen und zeigt starke Bezüge zu einer BNE (und GCE; vgl. Kap. 2.1 bzw. 2.2). Im Forschungsprojekt wird der Charakter von Bewertungskompetenz als „... *fächerübergreifende Schlüsselkompetenz ...*“ (Alfs et al., 2012: 85) deutlich.

3. 1. 1 Kompetenzmodelle zur Bewertungskompetenz

Das Forschungsfeld zu Bewertungskompetenz im nationalen Rahmen speist sich aus zahlreichen Bezugstheorien und entwickelte verschieden akzentuierte und theoretisch fundierte Modelle (vgl. Bögeholz, et al., 2018, 2014).

Modell der Bewertungskompetenz für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung

Der explizite Einbezug von für NE relevanten Kriterien erfolgt ausschließlich beim Göttinger Modell der Bewertungskompetenz für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung (vgl. Bögeholz et al., 2018; Sander & Höttecke, 2017). Die Herleitung des Kompetenzstrukturmodells (vgl. Bögeholz, 2007, 2011; Bögeholz et al., 2018; Eggert & Bögeholz, 2006, 2014) erfolgte z.T. aus einem Metamodell bezüglich psychologischer Entscheidungstheorie nach Betsch und Haberstroh (2005). Daraus wurden bereits zwei Teilkompetenzen spezifiziert und operationalisiert:

- (i) Die Teilkompetenz „*Generieren und Reflektieren von Sachinformationen*“ (GRS) fokussiert auf die Kompetenz Lernender bei einem Bewertungsprozess Informationen zu suchen und zu verarbeiten (vgl. Betsch & Haberstroh, 2005; vgl. Gausmann, Eggert, Hasselhorn, Watermann & Bögeholz, 2010). GRS umfasst somit sowohl die Beschreibung einer komplexen Umweltproblemsituation als auch die Entwicklung nachhaltiger Lösungsoptionen (ebd.).

- (ii) Die Teilkompetenz „*Bewerten, Entscheiden und Reflektieren*“ (BER; [entspricht *qualitative arguing* in Böhm et al., (2020)] fokussiert auf Bewertungskompetenz im Rahmen grundsätzlich gleich legitimer Handlungsoptionen. Durch qualitatives Abwägen der Vor- und Nachteile sowie durch eine ggf. stattfindende Gewichtung, sollen Lernende zu einer begründeten und möglichst nachhaltigen Lösung gelangen bzw. diese reflektieren (vgl. Eggert & Bögeholz, 2006, 2010, 2014).

Darüber hinaus existiert eine dritte Teilkompetenz, die jedoch noch empirisch validiert werden muss:

- (iii) Die Teilkompetenz „*Verstehen und Reflektieren von Werten und Normen Nachhaltiger Entwicklung*“ (WNE) fokussiert auf zentrale gesellschaftswissenschaftliche Wissensbestände im Rahmen einer NE.

Das Modell der Bewertungskompetenz für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung wurde im Rahmen des Forschungsprojektes um eine quantitative Bewertungsdimension erweitert (vgl. Bögeholz & Barkmann, 2014; vgl. Bögeholz et al., 2014):

- (iv) Die Teilkompetenz „*Lösungsansätze umwelt- und institutionenökonomisch analysieren und reflektieren können*“ (LUR) bezeichnet die Kompetenz Lernender, mögliche Lösungsoptionen aktueller Umweltproblemsituationen zielführend integrativ bearbeiten und verstehen, mathematisch modellieren, bewerten und reflektieren zu können, indem verschiedene Perspektiven (einschließlich umweltökonomischer) eingenommen werden (vgl. Bögeholz et al., 2014).

Diese integrativ-quantitative Komponente von Bewertungskompetenz stellt eine Innovation in Bezug auf die Annäherung an die realweltliche Komplexität von Umweltproblemsituationen und die stärkere Integration außerfachlicher Wissensbestände für eine umfassende Bearbeitung realweltlicher Umweltprobleme dar (vgl. Kap. 4, Abb. 4.1): Über die Integration von ökonomischen Grundbegriffen, Erklärungsmöglichkeiten für menschliches Handeln (vgl. ökonomische Denkfiguren, vgl. Kap. 4.2.1), normativen Zieldimensionen einer Nachhaltigen Entwicklung, aber auch sozio-ökonomischer Zieldimensionen (z.B. allokativer Effizienz, inter- und intragenerationeller Verteilungsgerechtigkeit), können Ressourcennutzungsprobleme von Lernenden systematisch analysiert und quantitativ gelöst werden. Wichtig dabei sind auch Aspekte des Ressourcenschutzes. Ziel ist die quantitative Analyse im Sinne einer Mathematisierung, bei der speziell die Nutzung ökonomischer Analyseverfahren (z. B. Kosten-Nutzen-Analyse oder betriebswirtschaftliche Analyse) relevant ist (vgl. Böhm et al., 2013; Bögeholz et al., 2014).

Weitere Modelle für die naturwissenschaftlichen Fächer

Für den Unterricht in den naturwissenschaftlichen Fächern existieren zwei weitere Kompetenzmodelle (für einen detaillierten Vergleich siehe Bögeholz et al., 2018): das Modell für bio- und medizinethische Fragen (Höbke, 2007; Reitschert & Höbke, 2007; Steffen & Höbke, 2014) und das Modell zur Evaluation der Standards in den Naturwissenschaften für die Sekundarstufe I (ESNaS-Modell; Hostenbach et al., 2011; Walpuski et al., 2010). Bei dem Modell für bio- und medizinethische Fragen bzw. dem Strukturmodell *ethischer Urteilskompetenz* handelt es sich um ein Kompetenzstrukturmodell mit acht Teilkompetenzen (Reitschert & Höbke, 2007). Das Modell fasst die Teilkompetenzen *Perspektivenwechsel* und *Argumentieren* als grundlegende Fähigkeiten, da beide für den gesamten Bewertungsprozess relevant sind und somit auch die verbleibenden sechs Teilkompetenzen durchziehen (vgl. Reitschert & Höbke, 2007; Bögeholz et al., 2018).

Das ESNaS-Modell (Hostenbach et al., 2011; Walpuski et al., 2010) fokussiert die Evaluation der Bildungsstandards für alle vier Kompetenzbereiche der Naturwissenschaften (vgl. Kap. 3). Dadurch adressiert das Modell gleichzeitig auch ein breites Spektrum bewertungsrelevanter Fragen, fokussiert dabei jedoch nicht auf eine spezifische Domäne (vgl. *Modell für bio- und medizinethische Fragen*, Reitschert & Höbke, 2007: 127) oder einen zentralen Kontext (vgl. *Göttinger Modell der Bewertungskompetenz für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung*, Bögeholz, 2011; Bögeholz et al., 2018; Eggert & Bögeholz 2006, 2014). Im Rahmen des ESNaS-Modells (Hostenbach et al., 2011; Walpuski et al., 2010) werden neben den naturwissenschaftlichen Kompetenzbereichen sowohl *Komplexität* (schwierigkeitsgenerierender Faktor zur Beschreibung des Umfangs der zu bearbeitenden Inhaltsstrukturen) als auch *kognitive Prozesse* (schwierigkeitsgenerierender Faktor zur Tätigkeitsbeschreibung der Schüler*innen bei der Aufgabenbearbeitung) genutzt (Hostenbach et al., 2011; Walpuski et al., 2010). Beide Faktoren werden über vier bzw. fünf Stufen kumulativer Schwierigkeit definiert: für *Komplexität* (fünf Stufen, von niedriger zu hoher Schwierigkeit): 1 Fakt < 2 Fakten < 1 Zusammenhang < 2 Zusammenhänge < übergeordnetes Konzept; für *kognitive Prozesse* (vier Stufen, von niedriger zu hoher Schwierigkeit): reproduzieren < selektieren < organisieren < integrieren (ebd.).

Alle drei Kompetenzstrukturmodelle zeichnen sich über eine curriculare Verankerung aus. Diese soll im folgenden Abschnitt für die Dimension LUR des Göttinger Modells der Bewertungskompetenz für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung aufgezeigt werden.

3. 2 Curriculare Verankerung von LUR im Rahmen von Bewertungskompetenz

Zur fachlichen Fundierung (vgl. Fleischer et al., 2013) im Rahmen einer BNE werden neben Anknüpfungspunkten der Bewertungskompetenz auch Anknüpfungspunkte zur Fähigkeit zum Perspektivenwechsel und einer NE fokussiert⁶. Die Analysen berühren ausschließlich die stichprobenrelevanten Bundesländer Niedersachsen und Sachsen. Analysiert wurden die drei *BNE-Trägerfächer* (vgl. Bagoly-Simó & Hemmer, 2017) Biologie, Erdkunde (bzw. Geografie) und Politik-Wirtschaft (bzw. Gemeinschaftskunde/Rechtserziehung/Wirtschaft).

Als ergänzende normative Grundlage dient das zweite Kompetenzkonzept einer BNE, der Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung (Schreiber & Siege, 2016). Hier wurden - im Rahmen der Sekundarstufe I - die Fächer Politische Bildung, Geografie, Wirtschaft sowie der naturwissenschaftliche Unterricht (Fokus Biologie), berücksichtigt. Die Ausrichtung am Orientierungsrahmen erfolgt, da dieser im Vergleich zu den Kerncurricula und den Lehrplänen stärker am Leitbild einer NE orientiert ist (ebd.). Der Orientierungsrahmen unterteilt die drei Kompetenzbereiche *Erkennen*, *Bewerten* und *Handeln* (Schreiber & Siege, 2016: 90ff.). Der Kompetenzbereich des Bewertens fasst drei Teilkompetenzen:

- i) *Perspektivenwechsel und Empathie* bedeutet, dass sich Schüler*innen „... eigene und fremde Wertorientierungen in ihrer Bedeutung für die Lebensgestaltung bewusst machen, würdigen und reflektieren...“ (Schreiber & Siege, 2016: 95).
- ii) *Kritische Reflexion und Stellungnahme* meint, dass Schüler*innen „... durch kritische Reflexion zu Globalisierungs- und Entwicklungsfragen Stellung beziehen und sich dabei an der internationalen Konsensbildung, am Leitbild nachhaltiger Entwicklung und an den Menschenrechten orientieren“ (ebd.).
- iii) *Beurteilen von Entwicklungsmaßnahmen* verlangt, dass Schüler*innen „... Ansätze zur Beurteilung von Entwicklungsmaßnahmen (bei uns und in anderen Teilen der Welt) unter Berücksichtigung unterschiedlicher Interessen und Rahmenbedingungen erarbeiten und zu eigenständigen Bewertungen kommen“ (ebd.).

Hinsichtlich der Verankerung von Bewertungskompetenz in den Bildungsstandards für das Fach Biologie bezieht sich das Forschungsprojekt vor allem auf die folgenden drei Standards: „... beschreiben und beurteilen die Auswirkungen menschlicher Eingriffe, in einem Ökosystem

⁶ Unter Berücksichtigung der permanenten (Weiter-) Entwicklung der curricularen Vorgaben der Länder stellt das Kapitel eine Momentaufnahme dar und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

[...] bewerten die Beeinflussung globaler Kreisläufe und Stoffströme unter dem Aspekt der nachhaltigen Entwicklung [und] ... erörtern Handlungsoptionen einer umwelt- und naturverträglichen Teilhabe im Sinne der Nachhaltigkeit.“ (KMK, 2005a: 15).

3.2.1 Biologie

Niedersachsen

Bewertungskompetenz in den naturwissenschaftlichen Fächern der Sekundarstufe I meint „... sachgerecht [zu] urteilen, [die] gesellschaftliche Bedeutung der Naturwissenschaften [zu] erfassen [sowie] naturwissenschaftliche Kenntnisse [zu] nutzen ...“ (MK Nds, 2015a: 7). In der Sekundarstufe II wird Bewerten spezifiziert als die „...gesellschaftliche Bedeutung der Biologie begründen, Kriterien und Handlungsmöglichkeiten sorgfältig zusammentragen und gegeneinander abwägen [sowie] sachgerecht bewerten...“ (MK Nds, 2017a: 9). Thematisiert werden dabei „... soziale, ökonomische, ökologische und politische Phänomene und Probleme der nachhaltigen Entwicklung [... um darüber ...] wechselseitige Abhängigkeiten zu erkennen und Wertmaßstäbe für eigenes Handeln sowie ein Verständnis für gesellschaftliche Entscheidungen zu entwickeln“ (MK Nds, 2017a: 6). Das Kerncurriculum der naturwissenschaftlichen Fächer benennt für Bewerten im Sinne eines „... fundierten Entscheidungsprozess[es] ...“ (MK Nds, 2015a: 79) die in Abbildung 3.1 dargestellten, aufeinander aufbauenden Prozesse. Dieser Bewertungsprozess steht in weiten Teilen sinnbildlich für einen typischerweise ablaufenden Bewertungsprozess in der *Science Education* (vgl. Abb. 3.1). Angewendet werden soll dieser bei relevanten Themengebieten wie *Nachhaltige Entwicklung* oder *Verantwortung für biologische Vielfalt* (MK Nds, 2015a:

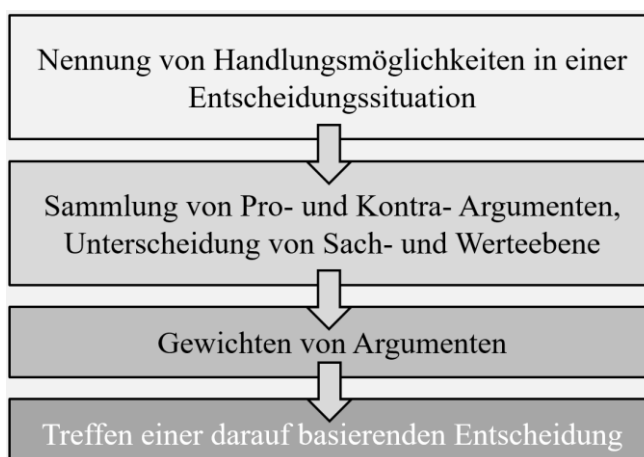


Abb. 3.1: Fundierter Bewertungsprozess der naturwissenschaftlichen Fächer, nach dem MK Nds (2015a: 79).

79). Bezieht man den LUR-spezifischen quantitativen Ansatz (vgl. Kap. 4) auf diesen Bewertungsvorgang, so unterscheidet sich LUR besonders in Bezug auf die beiden mittleren Punkte, die qualitative Sammlung und das Gewichten von Argumenten (vgl. Abb. 3.1; MK

Nds, 2015a: 79). Im Kontext NE meint Bewerten konträr zu einem „... *evidenzbasierten Bewerten von Hypothesen beim Experimentieren...*“ (MK Nds, 2017a: 21) moralisches Urteilen und den Umgang mit faktischer sowie ethischer Komplexität (vgl. Bögeholz & Barkmann, 2005). Das Kerncurriculum Biologie präzisiert als Bezugspunkte von Bewertungskompetenz sowohl ein umweltverträgliches sowie reflektiertes Handeln im Sinne einer BNE (vgl. Göttinger Modell der Bewertungskompetenz für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung; vgl. Kap. 3.1.1) als auch die Bioethik (vgl. Modell für bio- und medizinethische Fragen; vgl. Kap. 3.1.1; MK Nds, 2017a). Für Bewertungskompetenz ist „... *die Befähigung zu einer bewussten, reflektierten, kritischen und argumentativ fundierten Meinungsbildung ...*“ zentral (MK Nds, 2017a: 21), um letztlich Schüler*innen zu befähigen realweltliche und gesellschaftlich relevante Entscheidungsprozesse nachvollziehen und (mit)gestalten zu können. In der Einführungsphase wird ausschließlich die bioethische Dimension adressiert (ebd.). Die zweite Dimension von Bewertungskompetenz im niedersächsischen Kerncurriculum ist relevanter für LUR und adressiert auch explizit die Fähigkeit zum Perspektivenwechsel. Die Bewertung und Analyse von umweltverträglichem und reflektiertem Handeln erfolgt in der Qualifikationsphase und ist verbindlich für die Abiturprüfung. Dies schließt die Reflexion der eigenen Entscheidungen mit ein, denn die Schüler*innen „... *bewerten mögliche kurz- und langfristige regionale und/oder globale Folgen eigenen und gesellschaftlichen Handelns [...] entwickeln Handlungsoptionen [...] Maßnahmen zum Schutz der Biodiversität aus verschiedenen Perspektiven (Nachhaltigkeit).*“ (MK Nds, 2017a: 28).

Sachsen

Der sächsische Lehrplan für das Fach Biologie (SMK, 2017) führt Bewerten unter *Beurteilen/Sich positionieren* und *Gestalten/Problemlösen*. *Gestalten* bzw. *Problemlösen* ist dabei relevanter und beschreibt „... *Handlungen/Aufgaben auf der Grundlage von Wissen zu komplexen Sachverhalten und Zusammenhängen, Lern- und Arbeitstechniken, geeigneten Fachmethoden sowie begründeten Sach- und/oder Werturteilen selbstständig planen, durchführen, kontrollieren sowie zu neuen Deutungen und Folgerungen gelangen*“ (SMK, 2017: V). Nachhaltigkeit wird explizit in der elften Klassenstufe über den Lernbereich *Ökologie und Nachhaltigkeit* vermittelt (SMK, 2017: 6). Grundsätzlich spielt die Beurteilung von Maßnahmen zum Schutz von Natur (z.B. Fischbestände) und die anthropogene Beeinflussung der Natur schon ab der fünften Klassenstufe eine Rolle und wird kontinuierlich vertieft (SMK, 2017). Am Ende der Sekundarstufe I sollen die Schüler*innen „... *die Notwendigkeit zum Erhalt und nachhaltigen Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen [erkennen und] ... ihr*

Verantwortungsbewusstsein gegenüber der Umwelt ...“ erweitern (SMK, 2017: 26). Thema ist dabei beispielsweise der „... *Einfluss des Menschen auf ein Gewässer als Ökosystem...*“ (SMK, 2017: 29). In der Sekundarstufe II reflektieren die Schüler*innen dann „... *kritisch ihre persönliche und die gesellschaftliche Verantwortung des Menschen gegenüber der Natur [... und zeigen sich bei einer ...] Auseinandersetzung mit komplexen Fragen der Naturwissenschaft und Technik [...] diskursfähig*“ (SMK, 2017: 34). Die Schüler*innen beurteilen dabei „...*Maßnahmen zum Schutz naturnaher Ökosysteme*“ oder positionieren sich zu den „... *Chancen und Risiken des Eingreifens in naturnahe Ökosysteme*“ (SMK, 2017: 46).

Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung

Der Orientierungsrahmen mit spezifischen Inhalten für die naturwissenschaftlichen Fächer zeigt eindeutig die konkretesten Bezüge zu LUR (vgl. Schroeter et al., 2016: 332ff.). Das mag zum einen daran liegen, dass der Kompetenzbereich des Bewertens deckungsgleich ist mit den Bildungsstandards der drei Fächer und zum anderen an der starken Kontextualisierung bezüglich einer BNE (Höttecke, 2013a; vgl. Schroeter et al., 2016). Auch der Fokussierung auf die Fähigkeit zum Perspektivenwechsel (Kernkompetenz *Perspektivenwechsel und Empathie*) und der Beurteilung von unterschiedlichen Handlungsoptionen (Kernkompetenz *Beurteilen von Entwicklungsmaßnahmen*) wird bei LUR besonders Rechnung getragen. Der Kompetenzbereich Bewerten präzisiert beispielsweise in der Kernkompetenz *Beurteilen von Entwicklungsmaßnahmen*, dass Schüler*innen „... *die Auswirkungen menschlicher Eingriffe in ein Ökosystem beschreiben und beurteilen [... sowie ...] unterschiedliche Handlungsoptionen für konkrete Entwicklungsmaßnahmen unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen und berechtigten Interessen hinsichtlich ihrer Zukunftsfähigkeit bewerten...*“ (Schroeter et al., 2016: 339).

3.2.2 Politik-Wirtschaft bzw. Gemeinschaftskunde/Rechtserziehung/Wirtschaft

Niedersachsen

Das Fach Politik-Wirtschaft nutzt als Art Äquivalent zur Bewertungskompetenz die ebenfalls prozessbezogene Urteilskompetenz und versteht darunter „... *die fachlich fundierte, kriterienorientierte Darlegung eines Urteils oder einer Haltung...*“. Dabei sollen Schüler*innen auch „... *mögliche individuelle, kollektive und institutionelle Problemlösungen*

beurteilen und begründet Stellung nehmen ...“ (MK Nds, 2015b: 13). Im Fach nutzen Schüler*innen „... *die engen Verbindungen zwischen Politik, Wirtschaft und anderen Domänen, um bewusst multiperspektivisch zu beurteilen“* (MK Nds, 2015b: 13). Nachhaltigkeit wird als integrierendes Fachkonzept benannt und erfordert somit „... *das Zusammenwirken von ökonomischen, politischen, soziologischen und weiteren Erklärungsansätzen ...“* (Sekundarstufe I; MK Nds, 2015b: 8). Die Fähigkeit zum Perspektivenwechsel ist umfangreich verankert und wird implizit wie explizit gefordert (vgl. ebd.). So sollen die Schüler*innen „... *multiperspektivisch Interessen und Lösungsmöglichkeiten anhand eines aktuellen Entscheidungsprozesses innerhalb der EU...“* erörtern (MK Nds, 2015b: 17). BNE gilt dabei als zentraler Anspruch und erfordert u.a., „... *dass wechselseitige Abhängigkeiten erkannt und Wertmaßstäbe für eigenes Handeln sowie ein Verständnis für gesellschaftliche Entscheidungen entwickelt werden ...“* (MK Nds, 2015b: 6). Nachhaltigkeit soll über die drei Dimensionen betrachtet werden, indem Schüler*innen „... *kriterienorientiert Konsumentscheidungen Jugendlicher auch im Hinblick auf soziale, ökonomische und ökologische Konsumrisiken ...“* (MK Nds, 2015b: 14) überprüfen. Im Kerncurriculum der Oberstufe findet sich eine sehr LUR-spezifische Formulierung der Kompetenzanforderungen an Schüler*innen: „... *erörtern Möglichkeiten und Grenzen umweltpolitischer Instrumente im Hinblick auf Wirksamkeit, Effizienz, Anreizwirkungen [und] politische Durchsetzbarkeit“* (MK Nds, 2018: 29).

Sachsen

Das Fach Gemeinschaftskunde/Rechtserziehung/Wirtschaft (GRW) soll Schüler*innen in komplexen, sozialen, politischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Handlungszusammenhängen „... *zu einem eigenverantwortlichen und sozialpflichtigen Handeln...“* befähigen (SMK, 2013: 2). GRW stellt somit Orientierungswissen (vgl. Lenkungsreis Wissenschaftsplattform Nachhaltigkeit 2030, 2017) für gegenwärtige gesellschaftliche, politische und wirtschaftliche Geschehen zu Verfügung und fördert die Reflexion von Perspektiven und/oder Alternativen bis hin zur Urteilsbildung. Letztlich soll somit zur Ausbildung von Handlungsfähigkeit beigetragen werden, um „...*die Entwicklung eines mündigen Staatsbürgers, der engagiert und verantwortungsvoll als Bürger das Leben im freiheitlichen Gemeinwesen mitgestaltet ...“*, sicherzustellen (ebd.). Der Lehrplan GRW führt Bewerten (parallel zum Fach Biologie, vgl. Kap. 3.2.1) unter *Beurteilen/Sich positionieren* und *Gestalten/Problemlösen*. Letztgenanntes ist auch hier relevanter für LUR und erfordert von Schüler*innen, dass sie „... *Handlungen/Aufgaben auf der Grundlage von Wissen zu*

komplexen Sachverhalten und Zusammenhängen, Lern- und Arbeitstechniken, geeigneten Fachmethoden sowie begründeten Sach- und/oder Werturteilen selbstständig planen, durchführen, kontrollieren sowie zu neuen Deutungen und Folgerungen gelangen“ (SMK, 2013: V). Die Fähigkeit zum Perspektivenwechsel ist zentral für das Fach GRW (ebd.). BNE-relevante Aspekte einer NE bleiben eher randständig und werden weitestgehend dem Wahlpflichtbereich des Leistungskurses der Sekundarstufe II überlassen. Hier erfolgt die Thematisierung „... *des Spannungsverhältnisses zwischen Ökonomie und Ökologie ...*“ (SMK, 2013: 16). Implizit werden BNE-anschlussfähige Themen dennoch in umfangreicher Art adressiert. Beispielsweise sollen Schüler*innen „...*alternative ökonomische Entscheidungsoptionen im Spannungsfeld von Legitimität und Effizienz, nationalen und supranationalen Interessen reflektieren ...*“ (SMK, 2013: 24).

Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung

Der Orientierungsrahmen (Schreiber & Siege, 2016) unterteilt die beiden Bereiche *politische Bildung* (vgl. Juchler, 2016: 214ff.) und *Wirtschaft* (vgl. Krol & Zörner, 2016: 285ff.). Im Bereich politische Bildung zeigen sich besonders starke Bezüge zum vorliegenden Forschungsprojekt. Beispielsweise sollen Schüler*innen bezüglich der Kernkompetenz des *Perspektivenwechsels und Empathie* (Bewerten) „... *eigene Interessen mit ihrer Wertgebundenheit wahrnehmen ... [als auch] ... die Interessen andere wahrnehmen und antizipieren ... [und dies unter] ... der Maßgabe politischer Werte*“ (Juchler, 2016: 217). Nachhaltigkeitsrelevante Bezüge zeigt hier auch die Kompetenz *Erkennen* indem die Schüler*innen zur Analyse des globalen Wandels „... *die Spannungsverhältnisse der Politik zu den Dimensionen Soziales, Wirtschaft und Umwelt analysieren*“ sollen (Juchler, 2016: 216). Besonders relevant sind die beiden Teilkompetenzen der Kernkompetenz *Beurteilen von Entwicklungsmaßnahmen*: „... *die Auswirkungen politisch-rechtlicher Maßnahmen auf verschiedene Maßnahmen auf verschiedene gesellschaftliche Gruppierungen erkennen...*“ und „... *die Bedeutung politisch-rechtlicher Maßnahmen für die nachhaltige Entwicklung einschätzen ...*“ (Juchler, 2016: 217). Die quantitativ-ökonomische Dimension bei der Bewertung politisch-rechtlicher Maßnahmen bleibt jedoch implizit. Zwar wird von den Schüler*innen erwartet, dass sie „... *die Wirkung von Anreizen sowie (erwarteten) Kosten und Nutzen für die Wahl von Handlungsalternativen abschätzen ...*“ (Krol & Zörner, 2016: 297) können, aber wie diese Abschätzung (also z.B. mittels einer Kosten-Nutzen-Analyse) jedoch erfolgen soll, bleibt offen. LUR-spezifische Anknüpfungspunkte (vgl. Kap. 4) finden sich bei

*Bewerten und bei Handeln. So sollen sich Schüler*innen beim Bewerten u.a. bei „... globalen wirtschaftlichen Problemen auf das Leitbild der nachhaltigen Entwicklung beziehen ... [,] ... wirtschaftliche Zielsetzungen und Kriterien für nachhaltige Entwicklungsprojekte erarbeiten... [und] ... unterschiedliche Interessen bei der Bewertung von Entwicklungsmaßnahmen berücksichtigen...“ (Krol & Zörner, 2016: 292).*

3.2.3 Erdkunde bzw. Geografie

Niedersachsen

Im Fach Erdkunde ist Nachhaltigkeit für den Kompetenzbereich *Beurteilung und Bewertung* zentral. Beurteilung und Bewertung bezeichnet die „... *Fähigkeit, raumbezogene Sachverhalte und Probleme sowie Informationen in Medien und geografische Erkenntnisse kriterienorientiert zu beurteilen und zu bewerten.*“ (MK Nds, 2015c: 9, 2017b: 15). Der entsprechende Bewertungsprozess wird nach dem MK Nds (2015c: 20), wie in Abbildung 3.2

dargestellt, gefasst. Dieser Bewertungsprozess zeigt eine deutliche Überschneidung mit dem naturwissenschaftlichen Bewertungsprozess (vgl. Kap. 3.2.1, Abb. 3.1). Der Erdkundeunterricht (Qualifikationsphase) nutzt u.a. das Prinzip der *Zukunftorientierung* und legt somit besonderen Wert darauf, „... *politische und wirtschaftliche Entscheidungen in ihrer*

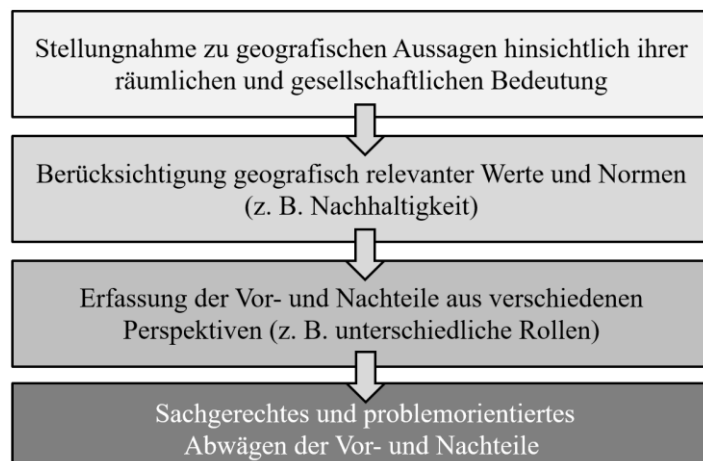


Abb. 3.2: Bewerten und Beurteilen im Fach Erdkunde, nach dem MK Nds (2015c: 20).

Raumwirksamkeit, gesellschaftlichen Relevanz und Nachhaltigkeit ...“ (MK Nds, 2017b: 10) zu reflektieren. Inhaltliche Schwerpunkte sind u.a. „(Nachhaltige) Ressourcen- und Energienutzung, [...], Anforderungen und Maßnahmen der nachhaltigen Raumnutzung (z. B. Aufforstung, Umsiedlung), Nachhaltiges Verbraucherverhalten (u. a. Fairer Handel, Sharing Systeme), Nachhaltigkeitsbewertung (u. a. Ökobilanzen, Dimensionen der Nachhaltigkeit) ...“ (MK Nds, 2017b: 16).

Sachsen

Im Geografie-Lehrplan in Sachsen findet sich eine starke Repräsentation der Fähigkeit zum Perspektivenwechsel (vgl. SMK, 2011). Vor allem werden hier die LUR-relevanten Kontexte adressiert, z.B. die anthropogene Nutzung der Meere (vgl. SMK, 2011: 28). Innerhalb dieses Kontextes sollen die Schüler*innen explizit die „... *Nutzung des Weltmeeres als Wirtschaftsraum an einem ausgewählten Beispiel* ...“ (ebd.) beurteilen. In den höheren Klassenstufen und im Leistungskursbereich kommen dann komplexere Themen, wie der Klimawandel oder die Nutzung und der Schutz natürlicher Ressourcen zum Einsatz (SMK, 2011).

Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung

Der Orientierungsrahmen schreibt dem Fach Geografie eine zentrale und bedeutsame Rolle zu (vgl. Böhn, 2016). Zentrale Anknüpfungspunkte für LUR finden sich vor allem in den beiden Kernkompetenzen „... *Perspektivenwechsel und Empathie* ...“ sowie „... *kritische Reflexion und Stellungnahme* ...“ (Böhn, 2016: 229). So sollen die Schüler*innen für erstgenannte Kernkompetenz „... *unterschiedliche Weltbilder und Sichtweisen durch Perspektivenwechsel erfassen [und] eigene und fremde Wertvorstellungen bei der Analyse von Konflikten und Entwicklungsproblemen reflektieren* ...“ (Böhn, 2016: 229). Für die zweite Kernkompetenz ist die fachbezogene Teilkompetenz „... *wirtschaftliche Eingriffe in Natur und Umwelt vor dem Hintergrund ihrer ökologischen und sozialen Verträglichkeit bewerten* ...“ (Böhn, 2016: 229) zentraler Ansatzpunkt von LUR.

Fazit zur curricularen Validität

Es wurde deutlich, dass sich für die LUR-relevanten Inhalte, Bewertungskompetenz, die Fähigkeit zum Perspektivenwechsel und Aspekte einer NE, zahlreiche Verankerungsmöglichkeiten in den Niedersächsischen Kerncurricula und Sächsischen Lehrplänen finden lassen. Erwartungskonform stellt der Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung (Schreiber & Siege, 2016) auch im Rahmen von LUR einen richtungsweisenden Bezugsrahmen bezüglich BNE-relevanter Inhalte dar. Die Fähigkeit zum Perspektivenwechsel sowie eine Wertorientierung sind deutlich umfangreicher in den curricularen Grundlagen repräsentiert als es für die weiteren BNE-relevanten Inhalte (Nachhaltigkeit, Retinität, Gerechtigkeitsaspekte etc.) der Fall ist. Die umfangreichste und tiefgreifendste Implementierung von BNE erfolgt in Übereinstimmung mit Bagoly-Simo und Hemmer (2017:

19) im Fach Erdkunde (bzw. Geografie). Gründe dafür könnten u.a. im Selbstverständnis des Faches Erdkunde liegen, welches „... *wesentliche Beiträge zu fachübergreifenden und fächerverbindenden Bildungsaufgaben* [...] *einen besonderen Beitrag zur Gestaltungskompetenz im Sinne der nachhaltigen Entwicklung ...*“ (MK Nds, 2017b: 7) leisten will. Des Weiteren spielt das Fach eine zentrale Rolle im Rahmen von BNE, da es als „*Brückenfach*“ die rein naturwissenschaftliche mit der rein geisteswissenschaftlichen Dimension verbindet (vgl. Böhn, 2016). Insgesamt zeigt sich für die meisten LUR-relevanten Inhalte zwar eine umfassende curriculare Verankerung, aber die quantitative Dimension beim Bewerten realweltlicher Umweltproblemsituationen bleibt weitestgehend unberücksichtigt.

3. 3 Forschungsstand zu Bewertungskompetenz

Einflussfaktoren von Bewertungskompetenz

In einigen Studien konnte gezeigt werden, dass Schüler*innen beim Argumentieren kaum auf vorhandenes Fachwissen zurückgreifen (Menthe, 2012; Heitmann & Tiemann, 2011; Feierabend, Stuckey, Nienaber & Eilks, 2012). Das Argumentationsniveau ist dabei aus einer argumentationstheoretischen Perspektive als niedrig einzustufen (Hogan, 2002; Dawson & Venville, 2009). Autoritäten wie Wissenschaftler*innen wird dabei im Bewertungsprozess oftmals geglaubt (Kolstø, 2001). Epistemologische Überlegungen spielen hingegen eine eher untergeordnete Rolle (Bell & Lederman, 2003). Hostenbach und Walpuski (2013: 134) unterscheiden als Einflussfaktoren die drei Kategorien *fachliche Faktoren*, *überfachliche Faktoren* und *persönlich-individuelle Faktoren*. Als fachliche Faktoren werden „... *die Kenntnis von Fachwissen* [und der] *Umgang mit Fachwissen ...*“ gelistet (Hostenbach & Walpuski, 2013: 134). Zu den überfachlichen Faktoren gehören die „... *Beurteilung der Datenqualität*, *Kenntnis von Bewertungsstrategien* [und der] *Umgang mit Bewertungsstrategien ...*“ (ebd.). Die persönlich-individuellen Faktoren werden repräsentiert über die „... *kognitive Fähigkeit*, [die] *eigene Meinung* [und die] *soziale Erwünschtheit ...*“ (ebd.). Im Rahmen der außerfachlichen Bewertung sind jedoch auch multi- bzw. interdisziplinäres Fachwissen und der Umgang damit zu berücksichtigen (vgl. Bögeholz et al., 2014). Denn rein biologische oder selbst naturwissenschaftliche Fachkenntnisse reichen nicht mehr aus, um die realweltlichen Umweltprobleme adäquat bewerten und reflektieren zu können (vgl. u.a. Bögeholz et al., 2004, 2014; Böhm et al., 2016).

3. 3. 1 Bewertungskompetenz im Feld der *Socio-Scientific Issues*

Komplexe Umweltproblemsituationen (vgl. WBGU, 2011) werden im internationalen wie nationalen Bildungsdiskurs häufig unter dem Begriff der *Socio-Scientific Issues* (SSIs) geführt (vgl. Ratcliffe & Grace, 2003; Sadler et al., 2007). SSIs sind dabei komplex strukturierte gesellschaftliche Problemstellungen mit einer ethischen und sozialen Dimension sowie naturwissenschaftlichem Bezug, für die es keine offensichtlich zu präferierende Lösungsoption gibt (vgl. Sadler, 2011). Sind SSIs Forschungsgegenstand, werden u.a. Werthaltungen analysiert, welche Argumentations-, Bewertungs- bzw. Entscheidungsprozessen zugrunde liegen (vgl. u.a. Kolstø, 2006). Die Forschung zu SSIs untersucht vornehmlich die Kompetenz Lernender, Pro- und Kontra-Argumente entwickeln zu können (vgl. Böhm et al., 2016). Dabei erfolgt ein qualitativ-argumentatives Abwägen entsprechender Vor- und Nachteile denkbarer Lösungsoptionen (vgl. u.a. Jiménez Aleixandre & Pereiro-Muñoz, 2002; Eggert & Bögeholz, 2010; vgl. Abb. 3.1). Dieser Ansatz ist sowohl curricular valide (vgl. Kap. 3.2) als auch zentral für die Teilkompetenz *Bewerten, Entscheiden und Reflektieren* (BER, Eggert & Bögeholz, 2010, 2014) des Göttinger Modells der Bewertungskompetenz für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung (vgl. Bögeholz, 2007, 2011; Bögeholz et al., 2018; Eggert & Bögeholz, 2006, 2014; vgl. Kap. 3.1.1). In weiten Teilen steht dies auch stellvertretend für die gelebte Praxis in der *Science Education* (vgl. Böhm et al., 2016). Nach Sadler (2004) haben SSIs und BNE besonders starke Überschneidungsbereiche. So zielt die SSIs-Bewegung nach Sadler (bezugnehmend auf Driver, Newton & Osborne, 2000; Kolstø, 2001) darauf ab, Lernende zu befähigen, diejenigen wissenschaftsbasierten Probleme verstehen und reflektieren zu können, welche ihre gegenwärtige, aber auch ihre zukünftige Lebenswelt in besonderem Maße prägen. Hier zeigt sich auch die zentrale Funktion von Bewertungskompetenz bei der Bearbeitung von SSIs oder SDIs (vgl. Böhm et al., 2020).

3. 3. 2 Bewertungskompetenz – Bezugsrahmen des *formal und informal reasoning*

Im internationalen Rahmen und bildungswissenschaftlichen Kontext fasst *scientific reasoning* die Fähigkeiten, die von Lernenden erworben werden müssen, um an wissenschaftlichen Praktiken teilhaben zu können (vgl. Teig & Scherer, 2016). *Scientific reasoning* ist somit auch zentral für kognitive Fähigkeiten, welche u.a. auch für Bewertungsprozesse notwendig sind (vgl. Heitmann, 2012). Der Prozess des *scientific reasoning* lässt sich weiter differenzieren, je

nach Art und Weise der Bearbeitung, in *formal reasoning* und *informal reasoning* (Galotti, 1989; Kuhn, 1993). Zentral für *formal reasoning* sind Regeln der Logik und Mathematik sowie festgelegt unveränderliche Prämissen (Teig & Scherer, 2016; Perkins, Farady & Bushey, 1991; Sadler, 2004). *Formal reasoning* umfasst die Fähigkeiten, ein Problem zu formulieren, wissenschaftliche Untersuchungen zu gestalten, experimentelle Ergebnisse auszuwerten und kausale Schlussfolgerungen zu ziehen sowie Theorien zu bilden oder zu modifizieren, die sich auf das untersuchte Phänomen beziehen (Zimmerman, 2007).

Informal reasoning hingegen beinhaltet das Generieren von Informationen und die Bewertung verschiedener Positionen bei komplexen (Umwelt-)Problemsituationen, denen es an einer eindeutigen Lösung mangelt (vgl. Means & Voss, 1996). Lernende nutzen *informal reasoning* beim Sammeln verschiedener Ursachen, Folgen, Positionen und Alternativen bzw. beim Abwägen der Vor- und Nachteile verschiedener Handlungsoptionen (Sadler, 2004; Means & Voss, 1996; Zohar & Nemet, 2002). Nach Means und Voss (1996) gewinnt *informal reasoning* an Bedeutung, wenn Informationen schlecht bzw. unzureichend zugänglich sind oder wenn die (Umwelt-)Problemsituation offener, strittiger, komplexer oder unstrukturierter ist. Besonders relevant wird *informal reasoning*, wenn die Bewertung der (Umwelt-)Problemsituation erfordert, dass Lernende Argumente zur Unterstützung ihrer Aussage entwickeln müssen (Means & Voss, 1996).

4 Motivation des Forschungsansatzes

Aufbauend auf den einführenden Kapiteln wird der Forschungsansatz zu LUR in aggregierter Form aufgezeigt (vgl. Abb. 4.1). Der innovative und interdisziplinäre Forschungsansatz nimmt insbesondere die dargestellten Forderungen aus der Bildungsforschung mit Fokus auf Bewertungskompetenz und BNE auf (vgl. Abb. 4.1).

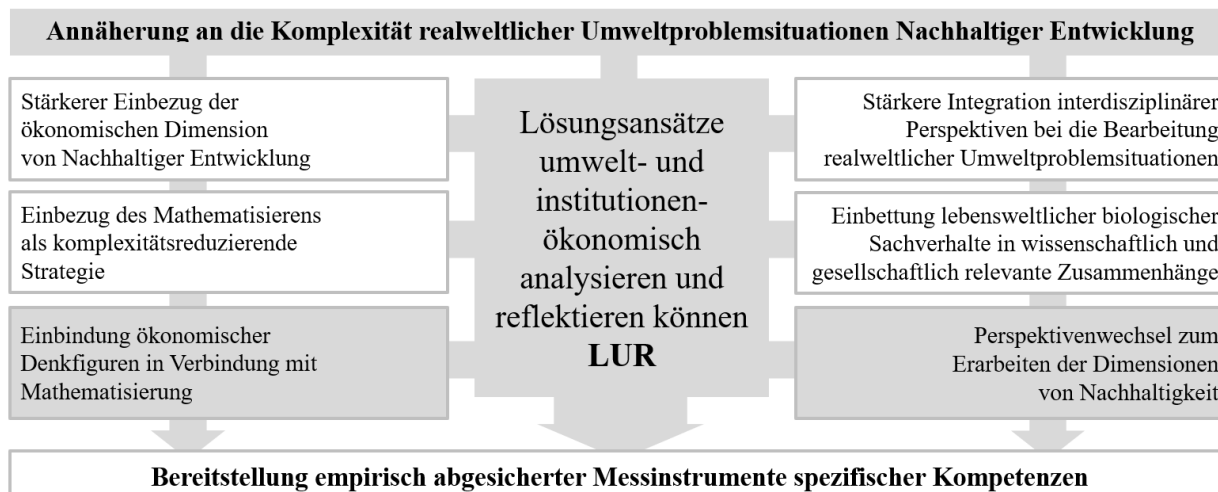


Abb. 4.1: Anknüpfungspunkte des Forschungsprojektes zu „Lösungenansätze umwelt- und institutionenökonomisch analysieren und reflektieren können“ (LUR).

LUR greift die Forderung bzw. Notwendigkeit auf, die ökonomische Dimension stärker in BNE einzubeziehen (DUK, 2011; de Haan, Kamp, Lerch, Martignon, Müller-Christ et al., 2008; Rieß, 2013; vgl. Bögeholz et al., 2014; Böhm et al., 2016). Das Aufgreifen der in Abbildung 4.1 aggregierten Anknüpfungspunkte trägt dem Grad an Komplexität realweltlicher Umweltproblemsituationen (vgl. WBGU, 2011) Rechnung. Im Rahmen von LUR werden realweltlich genutzte quantitative (umwelt-) ökonomische Bewertungsstrategien angeboten, die über eine rein qualitative Analyse hinausgehen.

Eine entsprechende Operationalisierung der Anknüpfungspunkte (vgl. Abb. 4.1) erforderte somit den Einbezug von (i) Mathematisieren (über die Einbindung mathematischer Modellierungen, vgl. Kap. 4.1) und von (ii) Ökonomisieren (über die Einbindung ökonomischer Denkfiguren, vgl. Kap. 4.2) in die Forschung zu Bewertungskompetenz. Diese integrative Nutzung kann förderlich sein für die Nutzung rationaler Entscheidungsstrategien. Letztgenannte sind zentral für Bewertungsprozesse (vgl. Höttecke, 2013a).

4.1 Mathematisieren in den Naturwissenschaften

Eine stärkere Integration der Mathematik speziell in den (Natur-)Wissenschaften wird international bereits länger gefordert (vgl. u.a. Pang & Good, 2000). Diesbezügliche Argumente basieren auf den Gemeinsamkeiten der Mathematik und den (Natur-)Wissenschaften (Pang & Good, 2000: 75; eigene Übersetzung), denn beide:

- (i) stellen ähnliche Herangehensweisen bezüglich der Identifikation von Mustern und Zusammenhängen dar (vgl. AAAS, 1989),
- (ii) basieren auf voneinander abhängigen Wegen der Erkenntnisgewinnung (vgl. Berlin & White, 1995; McBride & Silverman, 1991),
- (iii) beinhalten ähnliche wissenschaftliche Prozesse bzw. Arbeitsweisen, wie beispielsweise Untersuchungen (*inquiry*) oder Problemlösen (vgl. Bybee, Ferrini-Mundy & Loucks-Horsley, 1997; Underhill, 1995),
- (iv) sollten miteinander verbunden und auf reale Situationen angewendet werden, so dass Lernende interdisziplinäre Ansätze wertschätzen, um authentische Probleme zu lösen (vgl. Beane, 1995; Roth 1992) und
- (v) beide setzen - zumindest in Teilen - eine quantitative Argumentation voraus (vgl. Isaacs, Wagreich & Gartzman, 1997).

Besonders die beiden letzten Punkte nach Pang und Good (2000) sind im Rahmen von LUR relevant (vgl. Abb. 4.1). Komplementär zur geforderten stärkeren Integration mathematischer Modelle in den Naturwissenschaften und parallel zum oben genannten Punkt (iv), existiert auch der Anspruch auf eine bedeutendere Thematisierung realweltlicher Problemstellungen beim mathematischen Modellieren (Peschek, Prediger & Schneider, 2008; Meister, 2017). Denn die Lösung realweltlicher naturwissenschaftlicher Umweltproblemsituationen (vgl. WBGU, 2011) erfordert vielfach die integrative Nutzung mathematischer Modelle (vgl. Bögeholz & Barkmann, 2014; Bögeholz et al., 2014). Ziel ist dabei die mathematische Modellierung von naturwissenschaftlichen Sachverhalten zur inhaltlichen Deutung dieser Probleme (vgl. Goldhausen & di Fuccia, 2015). Pragmatisch definiert bezeichnet mathematisches Modellieren einen Übersetzungsprozess zwischen mathematischer- sowie realer Welt und zurück (vgl. u.a. Borromeo Ferri, 2011). Dieser Übersetzungsprozess ermöglicht es bei entsprechender quantitativer Datenlage eine „... *sehr präzise Klarheit in die Beschreibung der Natur zu bringen* ...“ (Strahl, 2016: 28). Im Rahmen dieser Formalisierung werden irrelevante Informationen ausgeblendet und überflüssiges Nachdenken kann somit vermieden werden, „... *indem wir ab*

initio den mathematischen Formalismus logisch widerspruchsfrei machen“ (Barrow, 1993: 367). Dies ist besonders im Rahmen des *formal reasoning* (vgl. Kap. 3.3.2) bedeutsam. Der klassische Bewertungsprozess der naturwissenschaftlichen Fächer (vgl. Kap. 3.2.1, Abb. 3.1) oder das *informal reasoning* (vgl. auch: Osborne, Erduran & Simon, 2004; Ratcliffe & Grace, 2003; Grace, 2009; Papadouris & Constantinou, 2010; Sadler et al., 2007; Zohar & Nemet, 2002) bieten diese Vorteile nicht bzw. nicht im vergleichbaren Maß. Diese Vorteile lassen sich somit gewinnbringend im Rahmen der Forschung zu Bewertungskompetenz und SSIs nutzen. Parallel zum Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung (Schreiber & Siege, 2016) schlagen auch Feike und Retzlaff-Fürst (2017) vor, die hochgradige Komplexität realweltliche (Umwelt-)Problemsituationen mithilfe der Mathematik zu reduzieren. Denn entscheidend für die Begegnung *weltgesellschaftlicher Komplexität* ist der Umgang Lernender mit Ungewissheit bzw. die Konstruktion komplexitätsreduzierender Strategien (Asbrand, 2009; vgl. Geisz & Schmitt, 2016: 60). Besonders im Rahmen der komplexitätsreduzierenden Funktion des Mathematisierens (vgl. Feike & Retzlaff-Fürst, 2017) als reduktiv-organisierende Strategie (Ohl, 2013; vgl. Strahl, 2016; Barrow, 1993) findet sich ein weiterer zentraler Anknüpfungspunkt des Forschungsprojektes. So stellt eine rationale, widerspruchsfreie und nüchterne Betrachtung (vgl. Barrow, 1993) für Lernende sicherlich einen Vorteil bei der Betrachtung komplexer Umweltprobleme dar. Dies entspricht auch dem Ansatz von LUR, eine ‘eindeutig richtige‘ Lösung bei ansonsten diversen, grundsätzlich gleich legitimen Lösungsoptionen aktueller Umweltproblemsituationen anbieten zu können (vgl. Abb. 4.1):

→ Einbezug des Mathematisierens als komplexitätsreduzierende Strategie

Voraussetzung der Mathematisierung im Rahmen von LUR ist jedoch eine entsprechend vorhandene quantitative Datenlage der Umweltproblemsituation hinsichtlich der Darstellung ihrer ökologischen, sozialen und ökonomischen Dimensionen (vgl. Bögeholz et al., 2014; Böhm et al., 2020).

4.1.1 Funktionen und Probleme des Mathematisierens

Die Mathematik übernimmt unterschiedliche Funktionen in den naturwissenschaftlichen Schulfächern Physik, Biologie und Chemie. Mit einer Mathematisierung gehen z.T. jedoch

auch Schwierigkeiten einher. Diese Funktionen und Probleme sollen nachfolgend aufgezeigt und zusammenfassend dargestellt werden (vgl. Abb. 4.2).

Mathematisieren im Chemieunterricht

Aus dem Forschungsfeld der Chemiedidaktik liegen bereits zahlreiche Ergebnisse zum Einbezug von Rechenaufgaben in chemischen Kontexten vor (vgl. Kimpel & Sumfleth, 2017). Innerhalb der Chemie kann Mathematik zwei verschiedene Funktionen einnehmen: Mathematik als *Werkzeug* und Mathematik als *strukturbildendes Element* (Trump, Brandenburger, Schmidt & Mikelskis-Seifert, 2014). Die Werkzeugfunktion der Mathematik entspringt ihren Symbolen, Zeichen und Begrifflichkeiten. Die strukturbildende Funktion resultiert aus der „*Sprache der Mathematik*“ (Trump et al., 2014). Trotz dieser gewinnbringenden Eigenschaften wird Mathematik auch als Motivationshemmnis diskutiert (Höner, 1996) und ein Abschreckungscharakter der Mathematisierung (Schanze & Parchmann, 2013) im Unterricht beklagt. Letztgenanntes führt vielfach zu Unverständnis bei den Schüler*innen (Schmidt, Bell & Wainwright, 1975). Es finden sich jedoch kaum Belege dafür, welche Probleme genau für Schüler*innen und Studierende mit einer Mathematisierung innerhalb der Chemie einhergehen (Kimpel & Sumfleth, 2017). Frühere Forschungsarbeiten konnten zeigen, dass ein mangelndes Verständnis der chemischen Größen und Zusammenhänge zum Mislingen führen und nicht die Rechenoperation an sich (vgl. Kienast, 1995; Schmidt, 1990, 1992a, 1992b). Bestätigung für diese Vermutung lieferten Goldhausen und di Fuccia (2015), die einen Mangel an qualitativem Verständnis zeigen konnten. Den Autor*innen zufolge besteht die Schwierigkeit für die Schüler*innen nicht darin eine Aufgabe zu verstehen (ebd.). Vielmehr starten die Schüler*innen einen Suchprozess, bei dem sie nach Anhaltspunkten suchen, um daran anschließend ihnen bekannte Verfahren anwenden zu können (ebd.). Dies stellt einen Suchprozess dar, bei dem nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip letztlich eine Formel gesucht wird (vgl. Uhdén, 2012; für Physik vgl. folgenden Abschnitt), in welche die vorgegebenen Werte passen. Witten (2005) konnte zeigen, dass Schüler*innen Schwierigkeiten damit haben, im Mathematikunterricht erlernte Inhalte auf realweltliche (außermathematische) Situationen zu übertragen. So gestalteten sich die Identifizierung und Differenzierung von Variablen und Konstanten in chemischen Gleichungen als äußerst schwierig (Witten, 2005; vgl. Kimpel & Sumfleth, 2017).

Mathematisieren im Physikunterricht

Für den Physikunterricht spielt die Mathematik eine entscheidende Rolle und besitzt hier ebenfalls eine Funktion als „...*Werkzeug* [...], *das es erlaubt, physikalische Relationen zu quantifizieren.*“ (Pospiech, Uhden & Geyer, 2015: 199). Hinzu kommt, dass Mathematik als „*Sprache der Physik*“ (Trump & Borowski, 2014: 370) eine Kommunikationsfunktion übernimmt. Durch die Stringenz der Mathematik können in der Physik logische und zuverlässige Herleitungen und Argumentationen erfolgen (Pospiech et al., 2015). Häufig wird auch von Schwierigkeiten berichtet, bereits erlernte mathematische Inhalte in der Physik anzuwenden (Rebello, Cui, Benett, Zollman & Ozimek, 2007; Uhden, 2012). Weitere Komplikationen sind darauf zurückzuführen, dass sich die mathematischen Schwierigkeiten auf den Physikunterricht übertragen (Uhden, 2012). Auch zeigen sich Parallelen zur Chemie; so „... *zeigen Schüler oftmals die oberflächliche Strategie, die Rechenaufgaben durch Suchen der passenden Formel zu lösen, ohne eine Verbindung zum physikalischen Verhalten herzustellen*“ (Uhden, 2012: 8-9).

Mathematisieren im Biologieunterricht

Im Biologieunterricht erfolgt Mathematisieren üblicherweise dahingehend, dass „...*biologische Aussagen in mathematische Sprache*...“ (Retzlaff-Fürst, 2013: 322) übersetzt werden. Mathematisieren wird nach Retzlaff-Fürst (2013) zwar als eine gängige Arbeitsweise im Biologieunterricht aufgeführt, aber eine praktische Umsetzung ist bis heute kaum zu beobachten (Feike & Retzlaff-Fürst, 2017). Retzlaff-Fürst (2013) nennt als Anwendungsbeispiele lediglich ökologische Themen. Des Weiteren unterscheidet Retzlaff-Fürst (2013) drei Formen des Mathematisierens im Biologieunterricht: *Formalisierung*, *Quantifizierung* und *mathematische Modellierung* (Retzlaff-Fürst, 2013: 322).

Zusammenfassend lässt sich für die naturwissenschaftlichen Fächer festhalten, dass eine Mathematisierung nur dann erfolgen sollte, wenn diese dem entsprechenden Fächerverständnis zuträglich ist (vgl. Uhden, 2012; Retzlaff-Fürst, 2013). Wie genau eine zielführende Einbindung erfolgen soll, ist jedoch noch ein offenes Forschungsfeld. Abbildung 4.2 fasst die Funktionen und Probleme des Mathematisierens in den naturwissenschaftlichen Fächern zusammen.

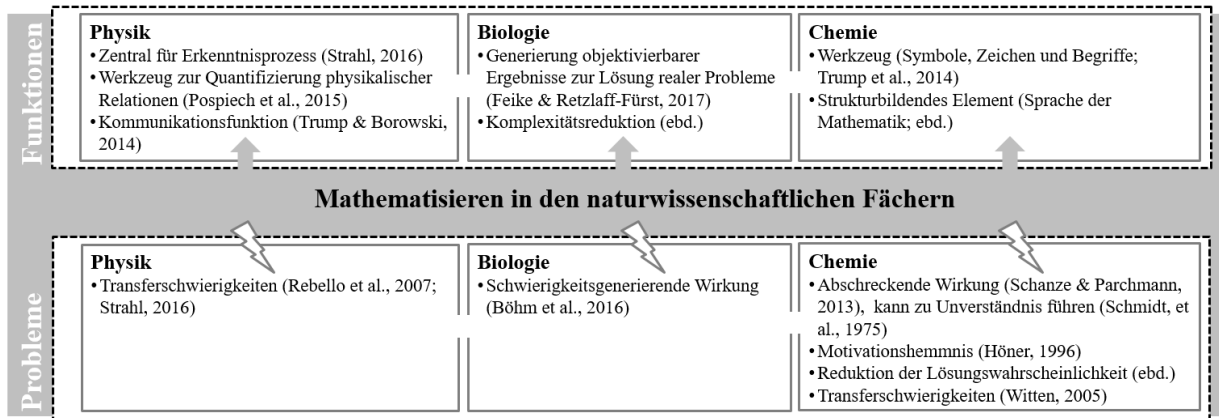


Abb. 4.2: Überblick der aus einer Mathematisierung in den naturwissenschaftlichen Fächern resultierenden potenziellen Funktionen und Probleme.

Die Befunde sind größtenteils identisch (siehe Abb.4.2). Auch lassen sich fachspezifische Befunde vermutlich in weiten Teilen auf die anderen naturwissenschaftlichen Fächer transferieren. Der Mathematik kommt in den naturwissenschaftlichen Fächern vor allem eine Werkzeugfunktion bei der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung zu (vgl. Feike & Retzlaff-Fürst, 2017). Als zentrale Probleme werden fast durchgängig für die naturwissenschaftlichen Fächer (vgl. Abb. 4.2) berichtet:

- (i) Eine schwierigkeitsgenerierende Wirkung (z. B. Höner, 1996) einer integrativen Mathematisierung bis hin zu einer abschreckenden Wirkung (Schanze & Parchmann, 2013) oder einem Motivationshemmnis (vgl. Höner, 1996)
- (ii) Schwierigkeiten, mathematische Grundfähigkeiten auf andere Kontexte zu transferieren (Rebello et al., 2007; Witten, 2005).

Trotz aller Schwierigkeiten einer integrativen Nutzung von Mathematik im naturwissenschaftlichen Unterricht stellt diese dennoch eine komplexitätsreduzierende Strategie bei der Bearbeitung realweltlicher Umweltproblemsituationen dar (vgl. Feike & Retzlaff-Fürst, 2017; vgl. Abb. 4.2).

Ein weiterer Ansatz innerhalb des Forschungsprojektes, um die Komplexität realweltlicher Umweltproblemsituationen greifbar zu machen (vgl. Abb. 4.1), ist das Ökonomisieren über den Einbezug (umwelt- und institutionen-)ökonomischer Denkfiguren (vgl. Bögeholz et al., 2014; Böhm et al., 2016; Böhm et al., 2020).

4.2 Ökonomisieren im Sinne einer Bildung für Nachhaltige Entwicklung

Ökonomisierung im Sinne einer ökonomischen Betrachtung der biologischen Vielfalt oder des Klimawandels spielt in der (Umwelt-)Politik seit einigen Jahren eine bedeutende Rolle (vgl. Costanza et al., 1997; Stern, 2006; TEEB, 2011; Hoegh-Guldberg et al., 2015; vgl. Bögeholz & Barkmann, 2014), vor allem wenn es darum geht, die Auswirkungen anthropogener Einflussnahme auf Ökosysteme zu beschreiben und zu beurteilen. Zentrale Konzepte der ökonomischen Betrachtung des Lebenserhaltungssystems Erde stellen beispielsweise *externe Effekte* und *Ökosystemdienstleistungen* dar (vgl. Hansjürgens, 2015). Das Konzept der Ökosystemdienstleistungen „...zielt darauf ab, sich der vielfältigen Leistungen der Natur für den Menschen bewusst zu werden ...“ (Hansjürgens, 2015: 284). Die Begründung, warum ein Einbezug ökonomischer Kompetenzen bei der Bearbeitung aktueller Umweltproblemsituationen nicht nur sinnvoll, sondern auch zwingend notwendig ist, soll keinesfalls als Schulterschluss mit einem Neoliberalismus verstanden werden (vgl. Weber, 2015; vgl. Böhm et al., 2016). Das Ziel des Forschungsprojektes ist es nicht, zu einer „... *Ökonomisierung und Finanzialisierung von Naturressourcen* ...“ (Hansjürgens, 2015: 291) beizutragen. Argumentiert wird, dass die fachwissenschaftlichen Erkenntnisse im Sinne umwelt- und institutionenökonomischer Denkfiguren als Mittel zur Teilhabe dienen können. Ein zentrales Anliegen von umweltökonomischen Analysen ist es, „... *den Charakter von Naturgütern als öffentliche Güter sichtbar zu machen*“ (Hansjürgens, 2015: 291). In eben jenen Fällen unterstützt die ökonomische Quantifizierung und Bewertung die Kommunikation der Kosten und Nutzen, die mit einer Umweltproblemsituation und deren entsprechenden Lösungsoptionen verbunden sind. So lässt sich die Dringlichkeit bzw. das Ausmaß der Problematik gegenüber Politiker*innen und der Öffentlichkeit demonstrieren (vgl. Hoegh-Guldberg et al., 2015; vgl. Böhm et al., 2020). Über die ökonomische Quantifizierung erfolgt ebenfalls eine Erweiterung des Argumentationsspektrums für naturverträgliches Verhalten um zusätzliche und ggf. auch wirtschaftlich relevante Argumente (vgl. Jessel, Tschimpke & Walser, 2009).

4.2.1 Umwelt- und institutionenökonomische Denkfiguren als Mittel zur Teilhabe

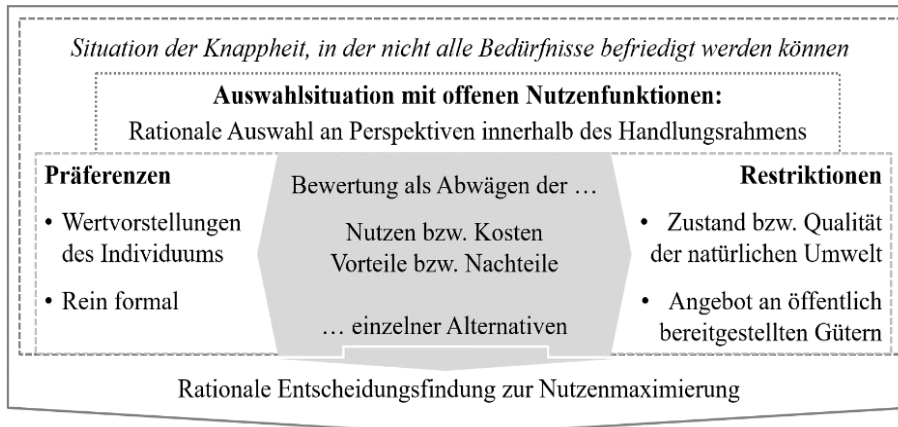
Umwelt- und institutionenökonomische Denkfiguren⁷ werden innerhalb des vorliegenden Forschungsansatzes sowohl für die Interpretation aktueller Umweltproblemsituationen als auch für die Analyse entsprechender Lösungsoptionen genutzt (vgl. Bögeholz & Barkmann, 2014; Bögeholz et al., 2014; Böhm et al., 2016; Böhm et al., 2020). Dabei steht die ökonomische Dimension einer NE nicht wie sonst in der Umweltbildung, BNE, Science Education, SSIs-Forschung etc. üblich im Hintergrund, sondern wird grundlegend und stark kontextualisiert für eine NE integriert. Dabei wird stets eine gleichberechtigte Betrachtung der Dimensionen Ökologie, Ökonomie und Soziales (Retinität, vgl. SRU, 1994) sowie eine kritische und reflektierte Betrachtung gewahrt, um nicht „... *“blinden“ Marktkräften Vorschub ...“* zu leisten (Hansjürgens, 2015: 291).

Grundlegend für nachhaltige Lösungsansätze bezüglich der *Megatrends* (WBGU, 2011), *epochaltypischen Schlüsselprobleme* (Klafki, 2007) oder der *Hyperobjekte* (Morton, 2014) ist ein Verständnis ökonomischer Grundbegriffe sowie damit verbundene Einsichten in menschliche Entscheidungsfindungen in Bezug auf natürliche Ressourcen (vgl. Bögeholz et al., 2014; Böhm et al., 2016). Diese ökonomischen Grundbegriffe und Denkfiguren sollen es Lernenden erlauben, sich dem tatsächlich geführten Realdiskurs zu nähern (ebd.). Diese Annäherung erfolgt in Bezug auf: (i) quantitative Methoden ökonomischer Folgenabschätzung zum Bewerten von Handlungsoptionen (vereinfachte Rentabilitätsanalyse, Kosten-Wirksamkeitsanalyse oder Kosten-Nutzen-Analyse) und (ii) eine ökonomische Analyse politischer Instrumente (z.B. *payments for ecosystem services*; vgl. Bögeholz et al., 2014). Besonders die quantitativen Methoden ökonomischer Folgenabschätzung können genutzt werden, um im Rahmen eines ansonsten ergebnisoffenen Bewertungsprozesses das Set von Handlungsoptionen entweder auf eine kognitiv bearbeitbare Anzahl zu reduzieren oder um sogar eine einzige ‘richtige‘ Handlungsoption identifizieren zu können (ebd.). Dazu werden mittels einfacher mathematischer Modellierungen Quantifizierungen vorgenommen, die es erlauben die ökologischen, sozialen und/oder ökonomischen Folgen unterschiedlicher (Lösungs-)Optionen für bestimmte Interessengruppen zu bestimmen (vgl. Bögeholz, 2014).

⁷ In Anlehnung an Hedtke (2016) werden (wirtschaftsdidaktische/ökonomische) Denkfiguren hier als relevantes Wissen über Theorien (z.B. über das Verhalten und Handeln von Menschen in ökonomisch geprägten Situationen), Konzepte etc. der ökonomischen Bildung verstanden. Sie sollen Lernende dabei unterstützen typische wirtschaftliche Problemsituationen zu erkennen und bewältigen zu können. Diese Denkfiguren sollen somit einen wichtigen Beitrag zur Lernendenanalyse komplexer gesellschaftlicher Umweltproblemsituationen liefern, z.B. bei sozialen Dilemmata. Nach Hedtke (2016) dienen diese Denkfiguren sowohl als ein Leitbild für eine ökonomische Lehre als auch für das Lernen selbst. Somit prägen diese Denkfiguren auch die Inhalte von Bildungsmaterialien wie Schulbücher oder weiterer Unterrichtsmaterialien.

Ökonomisches Bewerten

Wenn es darum geht unter Knappheit von (Umwelt-)Gütern zu handeln, bewerten wir ebenfalls, jedoch im ökonomischen Sinne (vgl. Abb. 4.3). Ökonomisches Bewerten (vgl. Marggraf, 2005)



ist nicht mit Bewerten in den naturwissenschaftlichen Fächern (vgl. MK Nds, 2015a, in Kap. 3.2.1, Abb. 3.1) gleichzusetzen, wie das folgende Verständnis ökonomischen Bewertens zeigt: „Entsprechend ihren Präferenzen

Abb. 4.3: Ökonomisches Bewerten von Umweltgütern im Rahmen des ökonomischen Modells individuellen Verhaltens, nach Marggraf (2005: 3ff).

bewerten die Individuen die ihnen zur Verfügung stehenden Wahlmöglichkeiten. Sie wägen Vor- und Nachteile, Kosten und Nutzen der einzelnen Alternativen gegeneinander ab. Sie entscheiden sich dann für diejenige Möglichkeit, die ihren Präferenzen am ehesten entspricht, d.h. für die Möglichkeit, die den höchsten Nettonutzen garantiert. Rationalität impliziert also, daß die Individuen prinzipiell in der Lage sind, gemäß ihren relativen Vorteilen zu handeln ...“ (Marggraf, 2005: 3; vgl. Abb. 4.3). Ökonomisches Bewerten (vgl. Marggraf; 2005; Abb. 4.3) zeigt dennoch Übereinstimmungen zum Bewertungsprozess in den naturwissenschaftlichen Fächern (vgl. Kap. 3.2), z. B. wenn es um das Abwägen der Vor- und Nachteile verschiedener Alternativen geht. Nur bietet sich bei einer ökonomischen Bewertung deutlich häufiger eine quantitative Abwägung verschiedener Alternativen an (vgl. Bögeholz et al., 2014; Bögeholz & Barkmann, 2014). Ein ausdrücklicher Unterschied hingegen, besteht in der Annahme von Rationalität beim ökonomischen Bewerten, welche beim Bewerten in den naturwissenschaftlichen Fächern nicht zwangsläufig angenommen werden kann. Zentral sind dabei u.a. zwei bewertungsrelevante Annahmen. Zum einen, dass Individuen rational handeln, um ihren Eigennutz zu maximieren und zum anderen, dass dabei Anreizstrukturen verhaltenssteuernd sind. Zentral ist also die Einsicht, dass der Mensch weder dauerhaft noch systematisch gegen seine Anreize handelt (vgl. u.a. Homann & Suchanek, 2005). Diese Annahmen zeigen das Erklärungspotenzial in Bezug auf die Ursachen zahlreicher aktueller Umweltproblemsituationen. Im Rahmen einer BNE (und GCE) bleiben derartige Einsichten jedoch bislang wenig beachtet.

4.2.2 Ökonomische Bildung für Bildung für Nachhaltige Entwicklung

Ökonomiebezogene Kompetenzen werden als „... *Grundlage für die berufliche und soziale Teilhabe des Einzelnen und damit für die Entwicklung der Gesellschaft als Ganzes ...*“ (Schumann & Eberle, 2014: 104) gesehen. Dennoch zeigt sich im Feld der ökonomischen Bildung, dass insgesamt nur wenige Arbeiten vorliegen, welche NE explizit zum Gegenstand haben (u.a. Löw Beer, 2016). Trotz zahlreicher Studien zur Erfassung ökonomischer Kompetenzen scheint NE wirtschaftsdidaktisch kaum untersucht zu sein (vgl. Fischer, 2009: 2). Wird NE überhaupt angesprochen, geht es im engeren Sinne um nachhaltiges Wirtschaften bei betrieblichen Entscheidungen oder um volkswirtschaftlich relevante staatliche Interventionen (Dubs, 2013; vgl. Löw Beer, 2016). Die wenigen vorhandenen Arbeiten stammen größtenteils aus dem deutschsprachigen Raum (ebd.) und können nach Seeber und Birke (2011) nach drei Ansätzen unterschieden werden: (i) den *wirtschaftskategorialen*, (ii) den *paradigmatischen* und (iii) den *wirtschaftsethischen*. Der Ansatz der vorliegenden Forschungsarbeit lässt sich in die Gruppe der *paradigmatischen* Ansätze eingliedern. Ziel eines paradigmatischen Ansatzes ist es nicht, lediglich nur ökonomisches Fachwissen zu erwerben. Maßgeblich ist auch die Reflektion der Nützlichkeit ökonomischer Fachkenntnisse in Bezug auf die Bearbeitung von (Umwelt-)Problemsituationen mit Relevanz für NE (Löw Beer, 2016). Ökonomische Einsichten, die Lernenden helfen können menschliche Entscheidungen bei der Nutzung natürlicher Ressourcen nachzuvollziehen, zu verstehen, zu reflektieren oder zu bewerten, können u.a. sein, dass menschliche Handlungen nutzengetrieben sind und die Güterknappheit den Menschen zu wirtschaftlichem Handeln zwingt (May, 2010). Wirtschaftliches Handeln ist jedoch von Konflikten geprägt und kann zu Ungleichheit führen (ebd.). Werden diese fachwissenschaftlichen Erkenntnisse bei quantitativen Bewertungsprozessen aktueller Umweltproblemsituationen integriert, kann darüber bereits einiges verstanden werden, was sich „... *sichtbar und unsichtbar auf unsere Gesellschaft und das System Erde auswirkt ...*“ (WWF, 2016: 32). Denn diese ökonomischen Einsichten repräsentieren das Kalkül unter dem häufig „... *Entscheidungen getroffen werden, die Umwelt, Ökosysteme und Gesellschaften schädigen ...*“ (ebd.). Der Einbezug dieser ökonomischen Denkfiguren in eine BNE kann auch dazu beitragen, kritische Aspekte wie beispielsweise stetiges Wirtschaftswachstum thematisieren, kritisch hinterfragen bzw. (mit-)gestalten zu können. Denn es konnte gezeigt werden, dass die Mechanismen des Marktes als festgelegt und nicht (mit-)gestaltbar angesehen werden (Fischer, Fischer, Kleinschmidt & Lange, 2015; vgl. Overwien, 2016). Diese Befunde verdeutlichen das offene Desiderat einer stärkeren Integration

ökonomischer Fähigkeiten für eine BNE. Über die Integration ökonomischer Wissensbestände in eine BNE kann auch auf eine *Ökonomisierung der Lebenswelt* (Retzmann, Seeber, Remmele & Jongebloed, 2010; Wintersteiner et al., 2015: 33) reagiert werden. Denn in zunehmendem Maße sind ökonomische Kompetenzen im Alltag erforderlich (Retzmann et al., 2010). Daraus ergibt sich das Desiderat, dass sich die ökonomischen Kompetenzen eines Individuums im Gleichschritt zur Ökonomisierung der Lebenswelt weiterentwickeln müssen (Retzmann et al.; 2010: 11). Dies bedeutet gleichzeitig auch, ökonomische Wissensbestände in eine BNE zu integrieren (vgl. Rieß, 2013; vgl. Bögeholz et al., 2014; Böhm et al., 2016; Böhm et al., 2020). Zugleich zeigt sich eine deutliche Diskrepanz zwischen der Ökonomisierung der Lebenswelt (Retzmann, et al., 2010: 11) und dem in der Gesellschaft vorhandenen ökonomischen Wissen (vgl. Golz, 2011). Während „...immer mehr gesellschaftliche Teilbereiche Marktgesetzen unterworfen werden [... wird ...] seit Jahrzehnten ein Mangel an ökonomischer Bildung insbesondere an allgemeinbildenden Schulen beklagt“ (Golz, 2011: 2). Gründe für die unzureichenden ökonomischen Wissensbestände gibt es viele. Maßgeblich ist die „... mangelnde institutionelle Absicherung der ökonomischen Bildung...“ (Loerwald & Schröder, 2011: 14). Diese leiten die Autor*innen daraus ab, dass nur eine „... homöopathische Dosis [der] Ökonomik im Rahmen von Integrationsfächern ...“ (ebd.) vermittelt wird. Ursache dafür ist die Tatsache, dass ökonomische Bildung in wenigen Bundesländern als eigenständiges Unterrichtsfach vertreten ist (Krol & Zörner, 2016: 290). Im Rahmen eines Integrationsfaches spielen jedoch noch weitere Fachperspektiven eine wichtige Rolle. Herausfordernde, komplexe, realweltliche, umweltpolitische Problemsituationen und entsprechende Entscheidungen zu diesen, bleiben somit für Lernende weitestgehend unzugänglich.

Das Forschungsprojekt folgt den Empfehlungen des Orientierungsrahmen für den Lernbereich globale Entwicklung (Schreiber & Siege, 2016), dass Schüler*innen keineswegs Expert*innen der Ökonomie sein müssen. Jedoch sollten sie im Stande sein, „... generell die aus ökonomischer Perspektive wichtigen Parameter von Handlungs- und Entscheidungssituationen in den Blick [zu] nehmen und auf dieser Basis begründet Stellung beziehen [zu] können [und] in ihren ökologischen, sozialen oder politischen Zusammenhängen beurteilen [zu] können ...“ (Krol & Zörner, 2016: 290). Denn eine derartig ökonomisch akzentuierte Dimension von Bewertungskompetenz kann dazu beitragen, dass Lernende einen entscheidenden Zugang zur Gestaltung einer nachhaltigen Gesellschaft erlangen können (vgl. Bögeholz et al., 2014).

5 Ableitung der Forschungsstrategie

Zentrales Anliegen der vorliegenden Arbeit und des damit verbundenen, von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten, Projektes „*Messinstrumententwicklung, Modellierung und Validierung einer BNE-Teilkompetenz zur quantifizierenden Bewertung von Handlungsoptionen*“ (vgl. Bögeholz & Böhm, 2018) war es, das Göttinger Modell der Bewertungskompetenz für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung (Eggert & Bögeholz, 2006; Bögeholz, 2011, 2013) in Bezug auf eine quantitative Bewertungsdimension zu erweitern (vgl. Bögeholz et al., 2014). Dazu wurde die postulierte Teilkompetenz LUR mittels Pilotstudien und Modellierungen der Item Response Theorie (IRT) empirisch überprüft (vgl. Vorgehensweise in Eggert & Bögeholz, 2010; Sakschewski, Eggert, Schneider, & Bögeholz, 2014).

5.1 Forschungsschwerpunkte

Die Motivation des Forschungsprojektes war es, Lernenden einen interdisziplinären Zugang zu öffentlich diskutierten Handlungsoptionen im Feld von BNE anzubieten (vgl. Abb. 4.1; vgl. Bögeholz et al., 2014; Böhm et al., 2016) und entsprechende Lernausgangslagen valide und reliabel diagnostizieren zu können (vgl. Bögeholz & Böhm, 2018). Primäres Forschungsziel war die Entwicklung eines entsprechenden Messinstruments. Dieses Messinstrument sollte (i) auf einer soliden theoretischen Grundlage beruhen (vgl. Kap. 3) und (ii) Rückschlüsse über den Grad der Elaboration, im Sinne des Beherrschens (Kompetenzniveaus) einer definierten Kompetenz mit realem Anwendungsbezug, zulassen (vgl. Klieme et al., 2008). Dazu gehört letztlich auch zu prüfen, (i) inwiefern LUR eindimensional mittels Rasch-Partial-Credit Modell geeignet modellierbar ist (vgl. Böhm et al., 2016; Böhm et al., 2020), (ii) ob ggf. Mehrdimensionalität bei LUR vorliegt (vgl. Kap. 6 und Böhm et al., 2020) und (iii) welche Zusammenhänge mit inhaltlich nahen Konstrukten vorliegen (vgl. Kap. 6.3 und Böhm et al., 2020).

Die Wegmarken der Messinstrumentenentwicklung sind über die nachfolgenden drei Forschungsschwerpunkte (FSP) definiert und werden in den entsprechenden Publikationen adressiert (vgl. Bögeholz et al., 2014; Böhm et al., 2016; Böhm et al., 2020):

- FSP-I:** FSP-I fokussiert die theoretische Herleitung und Entwicklung eines Messinstruments für die Operationalisierung und Messung von LUR (vgl. Kap. 6 und Bögeholz et al., 2014). Diese beinhalten vor allem die theoretische Herleitung sowie die Analyse erster empirischer Ergebnisse einer Prä-Pilotierung ($N = 31$).
- FSP-I a:** FSP-I a adressiert die Überprüfung, inwiefern LUR eindimensional mittels Rasch-Partial-Credit Modells modellierbar ist (vgl. Kap. 6 und Böhm et al., 2016). Hier werden empirische Daten einer Vorstudie ($N = 268$) analysiert.
- FSP-I b:** FSP-I b thematisiert sowohl die Überprüfung der Dimensionalität von LUR (vgl. FSP-Ia) als auch die Prüfung, inwiefern sich LUR als quantitative Evaluation von Handlungsoptionen gegenüber der Teilkompetenz BER (Eggert & Bögeholz, 2010, 2014), also der qualitativen Evaluation von Handlungsoptionen, als eigenständige Teilkompetenz von Bewertungskompetenz erweist (vgl. Kap. 6 und Böhm et al., 2020)⁸. Des Weiteren wird auch die Zusammenhangsstruktur von LUR mit verwandten Konstrukten zum Zwecke der Validierung untersucht.

5.2 Messinstrumentenentwicklung und Studiendesign

Die theoretische Herleitung von LUR sowie die Aufgabenentwicklung (vgl. Kap. 5.1, FSP-I) erfolgten nach Wilson (2005) und in Rückkopplung mit mathematikdidaktischer Expertise (Prof. Dr. Dominik Leiss, Mathematikdidaktik, Universität Lüneburg), ökonomiedidaktischer Expertise (Prof. Dr. Dirk Loerwald, Institut für Ökonomische Bildung, Oldenburg), umwelt- und ressourcenökonomischer Expertise (Prof. Dr. Jan Barkmann, Umwelt- und Ressourcenökonomik, Universität Göttingen) und methodischer Expertise bezüglich der Raschmodellierung (Prof. Dr. William Boone, Educational Psychology Miami University Oxford Ohio). Die iterative Aufgabenentwicklung (vgl. Wilson, 2005) erfolgte über verschiedene Testungen mit Schüler*innen sowie Lehramtsstudierenden. Fokussiert wurde dabei die adäquate Aufbereitung und die kognitiv bearbeitbare Präsentation der realweltlichen Bearbeitungskontexte, die curriculare Validität der Bearbeitungskontexte (vgl. Kap. 3.2), die Funktionsweise der Testaufgaben, die Motivation der Testpersonen bei der Bearbeitung der

⁸ Zur deutlichen Abgrenzung werden in dieser Arbeit stets die Formulierungen *qualitatives Bewerten* bzw. *quantitatives Bewerten* genutzt. Dabei gilt jedoch hervorzuheben, dass es sich dabei nicht ausschließlich um rein *qualitatives Bewerten* oder rein *quantitatives Bewerten* handelt, sondern das nur die jeweiligen Schwerpunkte (Was wird vornehmlich angesprochen?) entsprechend betont werden sollen.

Aufgabenkontexte sowie die Bearbeitungsdauer. Letztlich wurden die geeignetsten Aufgaben eines Bearbeitungskontextes ausgewählt, um eine zeitökonomische Aufbereitung des Messinstruments - den schulischen Rahmenbedingungen entsprechend (Doppelstunde à 90 Minuten) - zu gewährleisten.

Die Aufgaben wurden zunächst in einer Vorstudie (vgl. Böhm et al., 2016) und darauffolgend in geringfügig reduzierter sowie optimierter Form (zwei strukturgleiche Items wurden entfernt) in der Hauptstudie (vgl. Böhm et al., 2020) eingesetzt. Im Rahmen der Messinstrumentenentwicklung erfolgten somit eine Prä-Pilotierung ($N = 31$), eine Vorstudie ($N = 268$) und eine Hauptstudie ($N = 760$; vgl. Abb. 5.1). Die iterative Messinstrumentenentwicklung (vgl. Wilson, 2005; vgl. Böhm, Barkmann, Eggert & Bögeholz, 2013) ist ein erstes Anzeichen für die abgesicherte Qualität des bzw. der LUR-Messinstrumente(s).

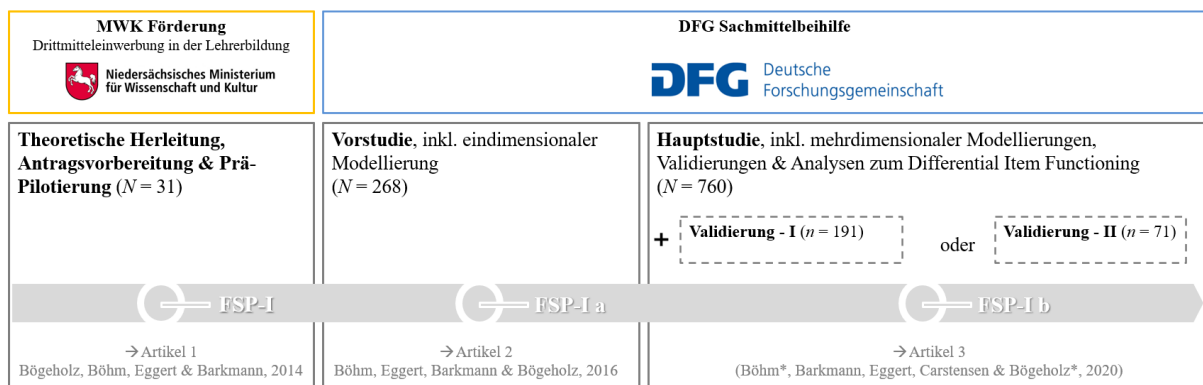


Abb. 5.1: Schematische Darstellung des Forschungsprojektes zu „Lösungsansätze umwelt- und institutionenökonomisch analysieren und reflektieren können“ im Rahmen von Bewertungskompetenz und deren Förderung.

5.3 LUR-Messinstrument

Das LUR-Messinstrument (*paper-pencil-test*) ist ein Leistungstest mit einer Bearbeitungsdauer von 90 Minuten. Der Test besteht aus einem Informations- und einem Antwortheft (siehe Abb. 5.2 und Abb. 5.3). Die Umsetzung in ein Informations- und ein Antwortheft erfolgte in Anlehnung an Eggert und Bögeholz (2010) sowie an Sakschewski et al. (2014). Der Aufbau des Informationsheftes (siehe Abb. 5.2) wird nachfolgend exemplarisch für den Landnutzungskontext (vgl. Bögeholz et al., 2014: 247ff.) dargestellt. Dieser gliedert sich in:

- (i) Den Problemaufriss, bei dem die Umweltproblemsituation und die mit dieser Umweltproblemsituation verbundenen Effekte auf das menschliche Wohlergehen dargestellt werden.
- (ii) Die Darstellung der Handlungsoptionen (hier: drei unterschiedlich nachhaltige Landnutzungsformen inklusive des dadurch erzielten jährlichen Einkommens in \$/ha sowie den negativen externen Effekten in Form freigesetzter Tonnen CO₂).
- (iii) Der lebensweltliche und kontextualisierte Problembezug erfolgt in Textform. In Teilen und parallel zum Realdiskurs sind Angaben quantifiziert.
- (iv) Die Überleitung zur entsprechenden Bearbeitung der Aufgaben im Antwortheft.

Problemaufriss:

- Darstellung der allgemeinen Umweltproblemsituation

Landnutzung - Teil 1

36 % der Wälder auf der Erde sind Urwälder, 57 % der Wälder hat der Mensch stark verändert und 7 % wurden angepflanzt. Weltweit gehen jährlich 13 Millionen Hektar (ha, 1 ha entspricht 10000 m²) Wald verloren.

Im Wald ist viel Kohlenstoff gespeichert. Wird ein Wald abgeholzt, entsteht Kohlenstoffdioxid (CO₂), das in die Atmosphäre freigesetzt wird. Was mit dem Wald geschieht, kann daher das globale Klima und somit auch das menschliche Wohlergehen beeinflussen.

Darstellung der Handlungsoptionen

- quantifiziert
- in Form einer Tabelle oder Abbildung

Tab. 1: Landnutzungsmöglichkeiten

Landnutzung	jährliches Einkommen pro Hektar [ha]	Freigesetztes Kohlenstoffdioxid pro Hektar [ha]
 Anbau von Mais	208,4 €	220 t
 Weideland für Milchkuhe	130,5 €	200 t
 Regenwald mit nachhaltiger Holzwirtschaft	31,8 €	0 t

Lebensweltlicher und kontextualisierter Problembezug:

- in Textform
- Teilweise quantifiziert



Der 37-jährige Paco, seine Frau Mayra und ihre zwei Kinder leben in Ecuador. Die Familie erbt von Mayras Vater einen Bauernhof mit 25 ha Land. Der Bauernhof hat zurzeit 5 ha Ackerland, auf denen Mais angebaut wird, und 5 ha Weideland für die Kühe. Die restlichen 15 ha des Bauernhofs sind Regenwald (ohne strengen Schutz).

Mayra hat als Kind viel Zeit in dem Regenwald verbracht. Stundenlang hat sie im Wald gespielt oder zusammen mit ihren Eltern Früchte, Heilpflanzen und Holz gesammelt.

Die Familie übernimmt den Bauernhof. Sie muss nun ausschließlich vom Bauernhof leben. Die Familie benötigt dazu jedes Jahr umgerechnet 3420 € (Sicherung des Lebensunterhalts).

Wie die 25 ha des Bauernhofs bewirtschaftet werden sollen, können Paco und Mayra frei bestimmen, d.h. sie könnten die Landnutzung ändern und Land umwandeln (siehe Tab. 1).

Überleitung zum Antwortheft

Bearbeiten Sie jetzt die Aufgaben 1a, 1b und 1c auf Seite 1 in Ihrem Antwortheft!

Abb. 5.1: Aufbau des Informationsheftes des Messinstrumentes zu „Lösungsansätze umwelt- und institutionenökonomisch analysieren und reflektieren können“ (vgl. Bögeholz et al., 2014: 247ff.).

Der Aufbau des Antwortheftes (siehe Abb. 5.3) gliedert sich in:

- (i) Den Arbeitsauftrag, welcher zum Teil eine Aufforderung zur mathematischen Bearbeitung der Aufgabe sowie zur Begründung der Antwort sowohl in schriftlicher als auch in grafischer Form beinhaltet.
- (ii) Die Überleitung zurück zum Informationsheft.

Arbeitsauftrag, inklusive

- Auftrag zur mathematischen Begründung
- Verweis auf entsprechende quantitative Daten

Landnutzung - Teil 1

1a Ein Freund empfiehlt der Familie, sofort den größtmöglichen Umsatz zu erwirtschaften. Welchen Umsatz könnte die Familie erreichen? Begründen Sie Ihre Antwort mathematisch (siehe Tab. 1)!



1b Mayra möchte, dass ihre Kinder mit möglichst viel eigenem Regenwald aufwachsen können. Wie sollte die Familie unter dieser Voraussetzung das Land bewirtschaften? Begründen Sie Ihre Antwort mathematisch (siehe Tab. 1)!

Hinweis zur mathematischen Bearbeitung



1c Welche Konflikte sehen Sie, wenn die Familie möglichst gut leben, aber gleichzeitig auch die Umwelt schonen möchte? Begründen Sie durch soziale, ökologische und wirtschaftliche Punkte! Bedenken Sie dabei die Folgen für die Familie und für die ganze Welt!

Überleitung zum Informationsheft

Lesen Sie zunächst Seite 2 des Informationshefts, bevor Sie die nächsten Aufgaben bearbeiten!

Abb. 5.2: Aufbau des Antwortheftes des Messinstrumentes zu „Lösungsansätze umwelt- und institutionenökonomisch analysieren und reflektieren können“ (vgl. Bögeholz et al., 2014: 247ff.).

6 Methodische Umsetzung der Forschungsstrategie

Die methodische Umsetzung der Forschungsschwerpunkte (vgl. Kap. 5) erfolgt in Kurzform zu Aspekten der Kompetenzmodellierung mit (mehrdimensionalen) Modellen der IRT, zu Analysen bezüglich Differential Item Functioning (DIF; vgl. Klieme & Baumert, 2001; Wilbert & Linnemann, 2011) sowie zur Validierung (vgl. Schmiemann & Lücken, 2014) über (latente) Korrelationen. Weitere methodische Ausführungen finden sich in den entsprechenden Publikationen (vgl. Böhm et al., 2020; Böhm et al., 2016 und Bögeholz et al., 2014).

Kompetenzmodellierung mit Modellen der Item Response Theorie

Im Rahmen der Vorstudie (vgl. Böhm et al., 2016) und Hauptstudie (vgl. Böhm et al., 2020) wurden die Antworten der Schüler*innen und Studierenden mittels der Item-Response-Theorie (IRT) skaliert. Da die offenen Aufgaben von LUR ausschließlich polytom konzipiert sind, können für alle Aufgaben auch Teilpunkte (Partial Credits) für eine teilweise richtige Antwort vergeben werden. Deshalb kam bei der Analyse mit ConQuest (Acer) das Rasch Partial-Credit-Model (nach Masters, 1982) zum Einsatz. Das Vorgehen wird jeweils in Böhm et al. (2016; eindimensionale Skalierung von LUR) und Böhm et al. (2020; ein- und mehrdimensionale Skalierungen von LUR, inklusive der Validierungsinstrumente) beschrieben. Ein zentrales Argument zur Nutzung von IRT-Modellen basiert nach Hartig und Frey (2013) auf der Skalierung, die sowohl die Aufgabenschwierigkeit als auch die Personenfähigkeit gemeinsam auf einer Skala - der Person-Item-Map oder Wright-Map (vgl. Boone, Staver & Yale, 2014; vgl. 9.3) - abbilden kann. Dies wiederum ermöglicht eine kriteriumsorientierte Definition und Beschreibung der in den empirischen Daten abgebildeten Kompetenzniveaus bezüglich einer zu messenden Kompetenz (Hartig & Frey, 2013). Die gemeinsame Darstellung von Aufgabenschwierigkeit und Personenfähigkeit repräsentiert in der diagnostischen Praxis die Voraussetzung für eine entsprechend niveaubezogene Rückmeldung bezüglich der Testergebnisse (Hartig & Frey, 2013).

Mehrdimensionale IRT-Modelle

Mehrdimensionale IRT Modelle (MIRT-Modelle) stellen speziell im Feld der Kompetenzmodellierung eine zielführende Methode dar (Hartig & Höhler, 2010), da sie erlauben „...*theoretische Annahmen über spezifische (Teil-) Kompetenzen und darüber wie diese miteinander interagieren...*“ zu testen (Hartig & Höhler, 2010: 196). Verglichen mit eindimensionalen psychometrischen Modellen ermöglichen die MIRT-Modelle somit eine differenziertere Diagnostik, da gleichzeitig die Annahmen bezüglich der Struktur der erfassten (Teil-)Kompetenz(en) geprüft werden (Hartig & Höhler, 2010). Letztlich kann dadurch „... *die in den Daten enthaltene Zusammenhangsstruktur besser abgebildet werden...*“ (Bos, 2012: 59). Im Rahmen des Forschungsprojekts zu LUR wurden bei der mehrdimensionalen Modellierung ausschließlich Modelle der *Between-Item-Multidimensionality* (vgl. Wu, Adams, Wilson, Haldane, 2007) verwendet. Diese Modelle repräsentieren die Annahme, dass ein Testitem jeweils auf nur einer Dimension bzw. Teilkompetenz liegt (Wu et al., 2007).

Modellvergleiche hinsichtlich ihrer Passung auf die empirischen Daten erfolgten (i) bezüglich der Dimensionalität von LUR bei dem Vergleich des eindimensionalen Rasch-Modells mit dem zweidimensionalen Rasch-Modell (vgl. Kap. 5.1, FSP-Ia), sowie (ii) zum Zwecke der Dimensionsprüfung innerhalb des Göttinger Modells der Bewertungskompetenz für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung mit BER (vgl. Kap. 5.1, FSP-Ib), wobei jeweils die eindimensionalen Modelle von LUR und BER mit den zusammengeführten mehrdimensionalen Modellen verglichen wurden (siehe Böhm et al., 2020). Für Hinweise bezüglich der Passung der Modelle auf die Daten wurde die *final deviance* eingesetzt (Wu et al., 2007). Zum Vergleich der verschiedenen Modelle wurden die Informationskriterien *Akaike's Information Criterion* (AIC; Akaike, 1974) und *Bayesian-Information-Criterion* (BIC; Schwarz, 1978) herangezogen. Der AIC ist „...ein Maß für die Anpassungsgüte des geschätzten Modells an die vorliegenden empirischen Daten (Stichprobe) unter Berücksichtigung der Komplexität des Modells. Daraus hervorgegangen sind BIC und CAIC“ (Moosbrugger & Kelava, 2012: 417).

Da die latenten Korrelationen zwischen den Dimensionen bzw. Teilkompetenzen eines MIRT-Modells direkt als Modellparameter geschätzt werden, sind diese nicht durch die Messfehler der Personenparameterschätzung beeinflusst und somit messfehlerbereinigt (vgl. Prenzel et al., 2008; Wu et al., 2007).

Validierung

Einen weiteren Schritt im Rahmen der theoretischen Fundierung von LUR (vgl. Kap. 5.1, FSP-Ib) stellt die Einbindung in die „*Gesamtheit der auf theoretischer Ebene angenommenen Zusammenhänge zwischen dem interessierenden Konstrukt und anderen theoretischen Konstrukten*“ (Hartig & Jude, 2007: 22), das nomologische Netzwerk, dar. Mit Blick auf die Einbindung von LUR in das nomologische Netzwerk wurden im Sinne einer Validierung weitere inhaltsnahe Konstrukte erhoben, welche aus theoretischer Sicht nur in einem unwesentlichen Zusammenhang mit LUR stehen sollten (vgl. Schmiemann & Lücken, 2014). Auf diese Weise soll gezeigt werden, dass die Inhaltsbereiche von LUR eigenständige Teilkompetenzen zu den eingesetzten Tests (siehe unten) darstellen. Für diese Überprüfung wurde die (relative) Passung verschiedener MIRT-Modelle miteinander verglichen (vgl. ebd.). Zur Validierung wurden neben der (i) qualitativen Evaluation von Handlungsoptionen (BER; Eggert & Bögeholz, 2010, 2014) auch (ii) ökonomische Kompetenz (WBT; Beck, Krumm & Dubs, 1998), (iii) mathematische Leistungen (DEMAT 9; Schmidt, Ennemoser & Krajewski, 2013), (iv) Lesegeschwindigkeit und Leseverständnis (LGVT 6-12; Schneider, Schlagmüller &

Ennemoser, 2007) sowie (v) analytische Problemlösekompetenz (OECD, 2004) ausgewählt. Unter den Gesichtspunkten der Testökonomie und der Zumutbarkeit (vgl. Bühner, 2011) wurden aus den entsprechenden etablierten Validierungsinstrumenten für LUR relevante Subskalen identifiziert (DEMAT 9) bzw. Items zusammengestellt (WBT; vgl. Bögeholz, 2014). Die Instrumente BER, WBT und DEMAT 9 wurden im Rahmen latenter Korrelationen analysiert, wohingegen der LGVT 6-12 sowie analytische Problemlösekompetenz über die klassische Testtheorie analysiert wurden.

(i) Bewerten, Entscheiden und Reflektieren (BER):

Zum Zwecke der Dimensionsprüfung innerhalb des Göttinger Modells der Bewertungskompetenz für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung wurde das Messinstrument zu der in Teilen strukturgleichen qualitativen Evaluation von Handlungsoptionen (BER; Eggert & Bögeholz, 2010, 2014; vgl. Kap. 3.1.1) miterhoben.

(ii) Wirtschaftskundlicher Bildungstest (WBT):

Aufgrund des Ökonomisierens über die integrative Nutzung ökonomischer Denkfiguren (vgl. Kap. 4.2) wurde ein Auszug aus dem WBT (Beck et al., 1998) miterhoben. Bei dem WBT handelt es sich um das geläufigste Instrument zur Erfassung ökonomischer Kenntnisse (Bank & Retzmann, 2013). Zur Aufbereitung LUR-relevanter Subskalen wurden aus allen Aufgaben der vier Hauptbereiche *Grundbegriffe der Ökonomie*, *Mikroökonomie*, *Makroökonomie* und *Internationale Beziehung* beider Parallelformen des WBT inhaltlich besonders relevante Aufgaben selektiert. Auch wurde jeweils ein Item mit niedriger, mittlerer und hoher Schwierigkeit pro Hauptbereich ausgewählt (vgl. Bögeholz, 2014), sodass der Auszug aus insgesamt 12 Items besteht.

(iii) Deutscher Mathematiktest für Neunte Klassen (DEMAT 9):

Aufgrund des Einbezugs des Mathematisierens wurde ein Auszug aus dem Deutschen Mathematiktest für Neunte Klassen (DEMAT 9; Schmidt et al., 2013) erstellt. Dieser beinhaltet die LUR-relevanten Inhaltsbereiche über die Aufgabentypen *Lineare Gleichungen*, *Daten und Zufall*, *Datenbasis Diagramm* sowie *Datenbasis Tabelle*.

(iv) Lesegeschwindigkeit und Leseverständnis (LGVT 6-12):

Da das LUR-Messinstrument informationshaltige Aufgaben- und Itemstämme beinhaltet, erfolgte die Abgrenzung gegenüber *Lesegeschwindigkeit und Leseverständnis* (LGVT 6-12; Schneider et al., 2007).

(v) Analytische Problemlösekompetenz:

Aufgrund der strukturellen Ähnlichkeit wurde analytische Problemlösekompetenz mittels sechs PISA-Items erhoben (OECD, 2004: 67-94, *Kinobesuch*, *Ferienlager*, *Bewässerung*, *Design by Numbers*, *Urlaub* und *Anschlusszüge*).

Die Instrumente der Punkte (i), (ii), (iii) und (iv) wurden im Rahmen einer 90-minütigen Validierung (Validierung I, $n = 191$) und das Instrument unter Punkt (v) im Rahmen einer 30-minütigen Validierung (Validierung II, $n = 71$) bearbeitet.

Nach der Fragebogenstudie zu LUR erfolgten im Anschluss die Validierungsstudien (I oder II) mit denselben Personen, die bereits an der LUR-Fragebogenstudie teilgenommen haben (vgl. Abb. 6.1). Die Ergebnisse der Validierungsstudien werden ausführlich in Böhm et al. (2020) berichtet.

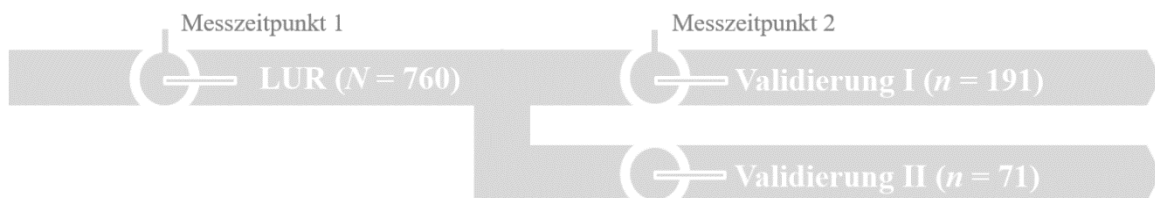


Abb. 6.1: Verlauf der Hauptstudie und der Validierungsstudien zu „*Lösungsansätze umwelt- und institutionenökonomisch analysieren und reflektieren können*“ (LUR) im Rahmen des Forschungsschwerpunktes FSP-I b (vgl. Kap. 5.1).

Analysen bezüglich des Differential Item Functioning

Analysen zum Differential Item Functioning (DIF) repräsentieren eine Methode zur Beurteilung der Testfairness und erlauben es dementsprechend auch Angaben zur Konstruktvalidität des entsprechenden Tests zu machen (vgl. Wilbert & Linnemann, 2011). Ein Itembias in Form von DIF liegt dann vor, wenn ein Item für Personen verschiedener Gruppen (z.B. Alter oder Geschlecht) bei identischer Fähigkeit unterschiedlich schwierig ist (vgl. Klieme & Baumert, 2001; Wilbert & Linnemann, 2011). Liegt ein DIF vor, so ist die Validität des Items zu hinterfragen (ebd.). DIF-Analysen der Items erfolgten mittels der Software ConQuest (Acer) und werden in Böhm et al. (2020) berichtet.

7 Publikation 1: Education for Sustainable Development in German Science Education: Past – Present – Future

Bögeholz, S., Böhm, M., Eggert, S., & Barkmann, J. (2014). Education for Sustainable Development in German Science Education: Past - Present - Future. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 10(4), 231-248. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2014.1079a>

8 Publikation 2: Evaluating Sustainable Development Solutions Quantitatively: Competence Modelling for GCE and ESD

Böhm, M., Eggert, S., Barkmann, J., & Bögeholz, S. (2016). Evaluating sustainable development solutions quantitatively: competence modelling for GCE and ESD. *Citizenship, Social and Economics Education*, 15(3), 190-211. <https://doi.org/10.1177/2047173417695274>

9 Publikation 3: Quantitative Modelling and Perspective Taking: Two Competencies of Decision Making for Sustainable Development

Böhm, M.*, Barkmann, J., Eggert, S., Carstensen, C.H., & Bögeholz, S.* (2020). Quantitative Modelling and Perspective Taking: Two Competencies of Decision Making for Sustainable Development. *Sustainability*, 12(17), 6980. <https://doi.org/10.3390/su12176980> [* are shared first-authors]

10 Zusammenfassung und Diskussion

Das Forschungsprojekt zu LUR konnte Bewertungskompetenz hinsichtlich der realweltlich relevanten quantitativen Dimension erfolgreich erweitern. Über die Operationalisierung quantitativ-ökonomischer Grundlagen realweltlicher Entscheidungsfindungsprozesse im Forschungsfeld der Bewertungskompetenz erfolgte die Annäherung an die Komplexität realweltlicher Umweltproblemsituationen (vgl. auch *SDIs* in Böhm et al., 2020). LUR konnte theoretisch postuliert und über ein quantitatives Messinstrument operationalisiert werden. Die Forschung zu LUR entwickelte das Göttinger Modell der Bewertungskompetenz für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung um *quantitatives Bewerten* weiter (vgl. Bögeholz et al., 2014; Böhm et al., 2016).

Gleichzeitig wurde aufgrund der Zweidimensionalität von LUR zu *quantitativem Bewerten* die zusätzliche Teilkompetenz *Perspektivenwechsel vollziehen* ergänzt (vgl. Böhm et al., 2020).

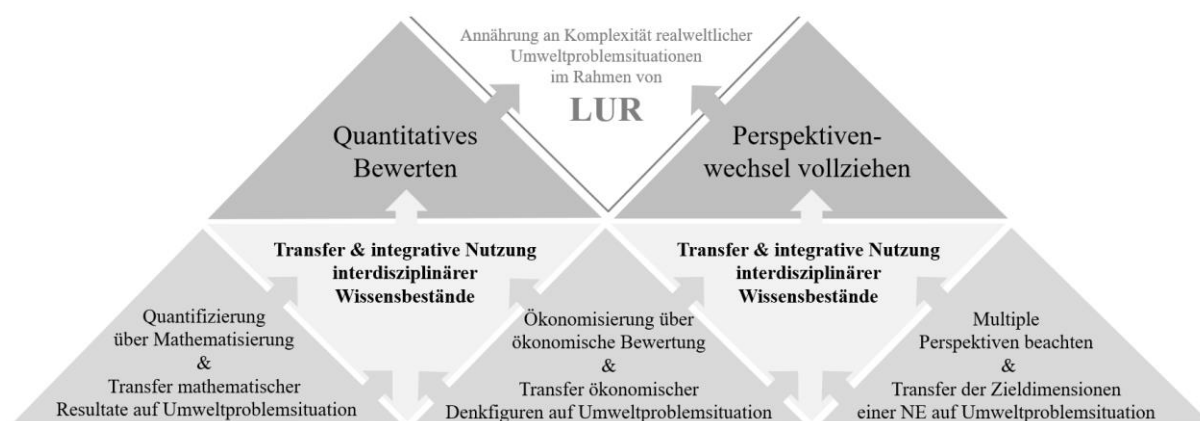


Abb. 10.1: Aufspaltung von „Lösungsansätze umwelt- und institutionenökonomisch analysieren und reflektieren können“ (LUR) in die beiden Teilkompetenzen *quantitatives Bewerten* und *Perspektivenwechsel vollziehen*. Dargestellt sind die inhaltlichen Schwerpunkte für beide Teilkompetenzen.

Trotz gemeinsamer Überschneidungspunkte wie der Nutzung ökonomischer Denkfiguren (siehe Abb. 10.1) ist jede LUR-bezogene Teilkompetenz inhaltlich interpretierbar und hinreichend trennscharf (vgl. Böhm et al., 2020; Bögeholz & Böhm, 2018). Beide Teilkompetenzen von LUR erweisen sich ebenfalls als eigenständig gegenüber dem *qualitativen Bewerten* (BER; vgl. Böhm et al., 2020). Die mit den Forschungsschwerpunkten verbundenen Ziele (vgl. Kap. 5.1) der Messinstrumentenentwicklung und psychometrischen Modellierung wurden über die in Bögeholz et al. (2014), Böhm et al. (2016) und Böhm et al. (2020)

dargestellten Studien erreicht. Zentrale Gütekriterien der beiden vorliegenden LUR-bezogenen Teilkompetenzen *quantitatives Bewerten* und *Perspektivenwechsel vollziehen* betreffen in besonderem Maße: (i) die iterative Messinstrumentenentwicklung (vgl. Wilson, 2005) anhand der empirischen Daten im schulischen und universitären Kontext (vgl. Kap. 5.2, Abb. 5.1), (ii) die Testfairness der Items beider Teilkompetenzen und die dementsprechende Konstruktvalidität (vgl. Kap. 6; Wilbert & Linnemann, 2011), (iii) die Interpretierbarkeit der Ergebnisse im Rahmen von Forschung zu Bewertungskompetenz bzw. zu *reasoning* sowie (iv) die curriculare Validität (vgl. Kap. 3.2).

Das Forschungsprojekt liefert wesentliche Einsichten in eine mögliche Definition, die psychometrische Modellierung und Zusammenhangsstruktur von *quantitativem Bewerten* und *Perspektivenwechsel vollziehen* (Bögeholz & Böhm, 2018; vgl. Abb. 10.1). Im Rahmen einer BNE werden über die beiden LUR-bezogenen Teilkompetenzen *quantitatives Bewerten* und *Perspektivenwechsel vollziehen* zentrale Komponenten der realen Nachhaltigkeits-Debatte bearbeitbar. Das Forschungsprojekt liefert wichtige Erkenntnisse bezüglich korrespondierender internationaler Forschung im Feld von *socio-scientific reasoning*, *socio-scientific decision-making* bzw. *argumentation* (vgl. Böhm et al., 2020).

Ebenfalls konnte das Forschungsprojekt zentrale Desiderate der Forschung zu BNE (vgl. Gräsel et al., 2013; Rieß, 2013), zur Bewertungskompetenz sowie der biologische- und mathematikdidaktischen Forschung aufgreifen. So wurde einer der zentralen Forderungen an BNE, ökonomische Sachverhalte stärker in BNE zu integrieren (u.a. Rieß, 2013; vgl. Bögeholz et al., 2014; Böhm et al., 2016; Böhm et al., 2020), über das Mathematisieren (vgl. Kap. 4.1) und Ökonomisieren (vgl. Kap. 4.2) besonders durch *quantitatives Bewerten* (vgl. Abb.10.1), entsprochen.

Die Integration außerfachlicher Wissensbestände für eine umfassende Bearbeitung realweltlicher Umweltprobleme sowie die Einbettung biologischer Sachverhalte in gesellschaftlich relevante und lebensweltliche Zusammenhänge (vgl. Bögeholz et al., 2004) stellt eine Annäherung an eine adäquate unterrichtliche Thematisierung der Komplexität (vgl. Kap. 1.1) realweltlicher Umweltproblemsituationen, *Megatrends* (WBGU, 2011), *epochaltypischer Schlüsselprobleme* (Klafki, 2007) oder *Hyberobjekte* (Morton, 2014) dar. Denn bei der Begegnung „... weltgesellschaftlicher Komplexität ...“ (Geisz & Schmitt, 2016: 60) können Fähigkeiten zur Konstruktion komplexitätsreduzierender Strategien (wie beispielsweise beim *quantitativen Bewerten*) zielführend sein (Geisz & Schmitt, 2016: 60; vgl. Asbrand, 2009). An dieser Stelle schließt sich auch der Kreis zum eingangs motivierten Zitats des WWF. Über eine integrativ quantitative Bewertungskompetenz können Lernende befähigt werden zu

reflektieren, wie im Realdiskurs bei Umweltproblemsituationen „... *Entscheidungen getroffen werden, die Umwelt, Ökosysteme und Gesellschaften schädigen* ...“ (WWF, 2016: 32).

Letztlich wird so auch dem Desiderat entsprochen, spezifische BNE-relevante (Gestaltungs-)Kompetenzen messbar zu machen (vgl. Rieß et al., 2018). Aufgrund der curricularen Validität sind *quantitatives Bewerten* und *Perspektivenwechsel vollziehen* zentral für die Operationalisierung von kognitiven Facetten einer Gestaltungskompetenz (vgl. de Haan, 2008) und von Kompetenzen nach dem Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung (vgl. Schreiber & Siege, 2016). Konkrete Messinstrumente bzw. ‘Blaupausen‘ geeigneter Items zur Erfassung der beiden BNE-relevanten Teilkompetenzen konnten über das Forschungsprojekt zu LUR bereitgestellt werden. Dadurch ergeben sich auch empirisch abgesicherte Anknüpfungspunkte zu den *key competencies for sustainability* der UNESCO (2017). So können *quantitatives Bewerten* und *Perspektivenwechsel vollziehen*, beispielsweise im Rahmen einer *integrated problem-solving competence*, nützlich sein (UNESCO, 2017: 10). Denn sowohl beim *quantitativen Bewerten* als auch bei *Perspektivenwechsel vollziehen* wird von Lernenden die Fähigkeit gefordert, Problemlösestrategien anzuwenden (vgl. Mathematisieren als komplexitätsreduzierenden Strategie, Kap. 4.1), um bei der Bearbeitung komplexer Umweltproblemsituationen NE oder bei SDIs (vgl. Böhm et al., 2020) zukunftsfähige, integrative und gerechte Lösungsoptionen entwickeln bzw. reflektieren zu können (UNESCO, 2017: 10). *Perspektivenwechsel vollziehen* zeigt darüber hinaus auch deutliche Bezugspunkte zu einer *collaboration competence*, welche u.a. die Fähigkeit beinhaltet die Bedürfnisse, Handlungen und Perspektiven anderer verstehen und respektieren zu können (ebd.).

10.1 Zwei LUR-bezogene Teilkompetenzen

LUR wurde inhaltlich mit einem vergleichsweisen breiten Ansatz postuliert (vgl. Bögeholz et al., 2014, Böhm et al., 2016; Böhm et al., 2020; siehe auch Abb. 10.1). So lässt sich die resultierende Zweidimensionalität von LUR (*quantitatives Bewerten* [entspricht *quantitative modelling* in Böhm et al., (2020)] und *Perspektivenwechsel vollziehen*) in Teilen auch darauf zurückführen.

Passung mit paralleler Forschung zum Bewerten bzw. reasoning

Die Aufspaltung von LUR in die beiden Teilkompetenzen *quantitatives Bewerten* und *Perspektivenwechsel vollziehen* zeigt gewisse Parallelen zur Differenzierung von *reasoning* in *informal* und *formal reasoning* (Galotti, 1989; Kuhn, 1993; vgl. Kap. 3.3.2). Ausgangspunkt für *quantitatives Bewerten* und *Perspektivenwechsel vollziehen* ist die Bearbeitung komplexer Umweltproblemsituationen, die im Grunde keine eindeutige Lösung aufweisen. Dementsprechend wären die bei der Bearbeitung dieser Umweltproblemsituationen ablaufenden Bewertungsprozesse eher dem *informal reasoning* zuzuordnen (Sadler, 2004; Means & Voss, 1996; Zohar & Nemet, 2002; vgl. Kap. 3.3.2). Das nüchterne mathematische Kalkül bzw. Rational hinter *quantitatives Bewerten* entspricht jedoch eher einer rationalen Bearbeitung im Sinne des *formal reasoning* (Teig & Scherer, 2016; Perkins et al., 1991; Sadler, 2004; vgl. Kap. 3.3.2). Denn über die komplexitätsreduzierende Funktion der Mathematisierung (vgl. Kap. 4.1) kann die Umweltproblemsituation auf eine oder wenige Formel(n) ‚reduziert‘ werden (vgl. Teig & Scherer, 2016).

Die Teilkompetenz *Perspektivenwechsel vollziehen* hingegen erlaubt dieses mathematische Kalkül nicht und scheint unter diesem Gesichtspunkt eher dem Bereich des *informal reasoning* zuordenbar. Letztgenanntes wird u.a. bei Zohar und Nemet (2002) explizit, denn *informal reasoning* „... involves reasoning about causes and consequences and about advantages and disadvantages, or pros and cons, of particular propositions or decision alternatives ...“ (Zohar & Nemet, 2002: 38). Die Fähigkeit zum Perspektivenwechsel mit Fokus auf die Zieldimensionen einer NE entspricht gewissermaßen der Beachtung einer Vielfalt an Interessen, Werten und Normen. Die Abwägung in Bezug auf diese Vielfalt ließe sich in seiner Gesamtheit dann eher dem *informal reasoning* (vgl. Zohar & Nemet, 2002) zuordnen. Dennoch zeigt die latente Korrelation der beiden LUR-bezogenen Teilkompetenzen *quantitatives Bewerten* und *Perspektivenwechsel vollziehen* (.69, gemessen über die zweidimensionale Modellierung von LUR, $N = 760$; vgl. Böhm et al., 2020; vgl. Abb. 10.2) einen vergleichsweise mittleren Zusammenhang. Dieser lässt sich über die parallele Konzeption, vorallem was den Einbezug ökonomischer Denkfiguren (vgl. Abb. 10.1) anbelangt, inhaltlich plausibel erklären. Eine strikte Zuordnung der beiden LUR-bezogenen Teilkompetenzen in jeweils nur eine Form des *reasoning* scheint somit fraglich. Die enge konzeptionelle Verbindung von *quantitativem Bewerten* und *Perspektivenwechsel vollziehen* (vgl. Abb.10.1) kann auch vorteilhaft sein. Denn mittels des/der LUR-Messinstrumente(s) können Facetten beider Formen des *scientific reasoning* zusammen erfasst werden.

Die gemeinsame Erhebung von *informal reasoning* und *formal reasoning* wird beispielsweise im Rahmen von *computer-based-assessments* (CBAs) als zielführend erachtet (Teig & Scherer, 2016).

Passung zu den normativen und curricularen Vorgaben

Auf der Metaebene betrachtet, zeigt sich über die Aufspaltung von LUR in *quantitatives Bewerten* und *Perspektivenwechsel vollziehen* auch die Aufteilung in kognitive und nicht-kognitive Fähigkeiten: „... *cognitive skills for critical, creative and innovative thinking, problem-solving and decision-making* [and] *non-cognitive skills such as empathy, openness to experiences and other perspectives* ...“ (UNESCO, 2014: 4, für GCE). Eine Passung zeigt sich auch zum Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung (Schreiber & Siege, 2016), in welchem der Kompetenzbereich des Bewertens in die drei Teilkompetenzen (i) *Perspektivenwechsel und Empathie*, (ii) *Kritische Reflexion und Stellungnahme* sowie (iii) *Beurteilen von Entwicklungsmaßnahmen* (Schreiber & Siege, 2016: 95) unterteilt wird. Während *quantitatives Bewerten* eher den Punkten (ii) und (iii) zuzuordnen ist, fällt *Perspektivenwechsel vollziehen* unter die Teilkompetenz (i) von Bewerten nach Schreiber und Siege (2016).

10.1.1 Teilkompetenz 1: *Quantitatives Bewerten*

In Bezug auf FSP-I b (vgl. Kap. 5.1) ist eine zentrale Erkenntnis der mehrdimensionalen Modellierung, dass sich die LUR-bezogene Teilkompetenz *quantitatives Bewerten* sowohl gegenüber *Perspektivenwechsel vollziehen* als auch gegenüber *qualitativem Bewerten* (BER) als eigenständig herausstellt (vgl. Böhm et al., 2020 und Abb. 10.2). Die Zusammenhangsstruktur im nomologischen Netzwerk (Hartig & Jude, 2007) stellt sich über latente Korrelationen mit ökonomischen und mathematischen Fähigkeiten für *quantitatives Bewerten* nachvollziehbar dar (vgl. Abb. 10.2). So zeigen sich die höchsten latenten Korrelationen von *quantitativem Bewerten* mit einer *ökonomiebezogenen Grundfähigkeit* (Auszug aus dem WBT; Beck et al., 1998: 7) und den *mathematischen Kompetenzen auf Niveau der neunten Klasse* (Auszug aus dem DEMAT 9; Schmidt et al., 2013: 7). Es scheint somit wenig verwunderlich, dass sich der Einbezug des Ökonomisierens als schwierigkeitsbestimmend in Bezug auf die Teilkompetenz *quantitatives Bewerten* darstellt (siehe unten). Dass sich über den Einbezug des Mathematisierens ein schwierigkeitsbestimmendes Merkmal ergibt, scheint nicht primär auf

den Schwierigkeitsgrad der mathematischen Modellierung an sich zurückzuführen zu sein. Vielmehr scheinen sich hier die in Kap. 4.1 dargestellten Schwierigkeiten beim Mathematisieren in den naturwissenschaftlichen Fächern zu manifestieren. Die Ursache dafür scheint in Transferproblemen (Singley & Anderson, 1989; vgl. Rebello et al., 2007; Strahl, 2016 für Befunde aus der mathematikdidaktischen Forschung; Böhm et al., 2016 für Retransfer/Rückbezug mathematischer Ergebnisse auf die Realsituation) zu liegen, die mit einer integrativen Nutzung multipler Fachwissensbestände verbunden sind. Denn die Aufgaben zu *quantitativem Bewerten* und *Perspektivenwechsel vollziehen* können im Grunde ohne hoch komplexe mathematische Modellierungen und ohne formales Wissen über ökonomische Konzepte bearbeitet werden. Die ökonomischen und vor allem die mathematischen Anforderungen sollten im Fähigkeitsspektrum der Testpersonen liegen (vgl. Bögeholz et al., 2014 und Kap. 3.2 zur curricularen Validität). Diese Befunde zeigten sich in ähnlicher Form bereits in der Vorstudie (vgl. Böhm et al., 2016).

Mathematisieren und Ökonomisieren als schwierigkeitsgenerierende Merkmale

Die vergleichsweise höhere mittlere Aufgabenschwierigkeit der LUR-bezogenen Teilkompetenz *quantitatives Bewerten* (verglichen mit *Perspektivenwechsel vollziehen*; vgl. Böhm et al., 2020) lässt sich u.a. darauf zurückführen, dass subjektive Bewertungsprozesse an sich für Schüler*innen schon komplex und herausfordernd sind (vgl. Alfs et al., 2012; Geers, Alfs & Höble, 2009; Höble & Heusinger von Waldegge, 2010). Diese Komplexität wird beim *quantitativen Bewerten* durch die integrative Nutzung der außerfachlichen Faktoren in Form von ökonomischen und mathematischen Fachinhalten (Hostenbach & Walpuski, 2013; vgl. Abb. 10.1) noch weiter verschärft (vgl. Böhm et al., 2020). Denn wie Studien zeigen, greifen Schüler*innen beim Argumentieren kaum auf vorhandenes Fachwissen zurück (Menthe, 2012; Heitmann & Tiemann, 2011; Feierabend et al., 2012). Auch wurden Schwierigkeiten bei der außerfachlichen Anwendung von Bewertungsstrategien berichtet (Hostenbach & Walpuski, 2013).

Zudem scheinen sich die Schwierigkeiten, die sich beim Einbezug von Mathematisieren in den naturwissenschaftlichen Fächern gezeigt haben (vgl. Kap. 4.1.1, Abb. 4.2) ebenfalls beim *quantitativen Bewerten* zu zeigen. Geht es um die Nutzung von der Mathematik bzw. der Ökonomik in der Biologie, so spielen besonders auch Restriktionen bezüglich des *Wissenstransfers*, also die Anwendung von in einer Situation erlerntem Wissen in einer anderen (Singley & Anderson, 1989), eine wichtige Rolle (vgl. Uhden, 2012). Diese bekanntermaßen

kognitiv herausfordernden Transferprozesse sind nicht zwangsläufig erfolgsversprechend, wie Ergebnisse u.a. aus der mathematikdidaktischen Forschung zeigen (Rebello et al., 2007; Strahl, 2016). Die zahlreichen potenziellen Gründe dafür wurden am Beispiel der naturwissenschaftlichen Fächer bereits eingeführt (vgl. Kap. 4.1.1 und Abb. 4.2;). So scheint es auch in einem biologisch-ökonomischen Kontext der Fall zu sein, dass Schüler*innen und Studierende Schwierigkeit haben bereits erlernte mathematische und/oder ökonomische Fachinhalte auf realweltliche, außermathematische bzw. außerökonomische Situationen zu übertragen (vgl. Rebello et al., 2007 für Physik; Witten, 2005 für Chemie).

Innerhalb der LUR-bezogenen Teilkompetenz *quantitatives Bewerten* erweist sich der Grad an Komplexität (i) der erforderlichen mathematischen Modellierung (beispielsweise sind einschrittige Modellierung einfacher verglichen mit mehrfach mehrschrittigen Modellierungen), (ii) des einzubindenden ökonomischen Konzepts (hier auch die Anzahl, z.B. Maximierung des Umsatzes < allokativer Effizienz) sowie (iii) des zu bewertenden umweltpolitischen Instruments als schwierigkeitsbestimmend (vgl. Böhm et al., 2016; Böhm et al., 2020). Zur Erklärung der schwierigkeitserzeugenden Merkmale der Teilkompetenz *quantitatives Bewerten* kann auch das ESNaS-Modell (Walpuski et al., 2010; vgl. Kap. 3.1.1) herangezogen werden. Beim Vergleich der inhaltlichen Struktur beider Teilkompetenzen von LUR mit dem ESNaS-Modell fällt auf, dass besonders beim *quantitativen Bewerten* jeweils die höheren bzw. höchsten Stufen der schwierigkeitsbestimmenden Faktoren *Komplexität* und *kognitive Prozesse* angesprochen werden - also das *Integrieren* (kognitive Prozesse) eines *übergeordneten Konzepts* (Niveau V von Komplexität; Walpuski et al., 2010: 176). Für *quantitatives Bewerten* wäre das beispielsweise das Integrieren der ökonomischen Konzepte (z.B. *Kosten/Nutzen*) und mathematischen Fachinhalte in die Modellierung einer vereinfachten Kosten-Nutzen-Analyse zur Entscheidungsfindung bezüglich der Eignung dreier Meeresschutzgebiete (vgl. Böhm et al., 2020).

Threshold Concepts

Es ist auch möglich, dass es sich beim *quantitativen Bewerten* nicht einfach nur um die Anwendung von mathematischem und/oder ökonomischem Wissen in einem anderen Kontext handelt, sondern (vgl. außerfachliches Bewerten, Kap. 3.1) das damit ein komplett anderes Verständnis einhergeht. Speziell im Sinne einer ökonomischen Betrachtung von Natur könnte dies sehr relevant sein (vgl. Böhm et al., 2020). Dieses veränderte Verständnis konnte bereits für die Physik gezeigt werden (Redish, 2006; vgl. Uhden, 2012). Ähnliches wird im Rahmen

der Diskussion um die *Threshold Concepts* (TCs; Meyer & Land, 2003; Land, Cousin, Meyer & Davies, 2006; Löw Beer, 2016; Shanahan, 2016) berichtet: „*A threshold concept can be considered as akin to a portal, opening up a new and previously inaccessible way of thinking about something ...*“ (Meyer & Land, 2003: 1). TCs bzw. Schwellenkonzepte werden auch als Juwelen im Curriculum bezeichnet, da sie Lernenden einen tieferen und komplexeren Einblick in bestimmte Sachverhalte ermöglichen und gleichzeitig auch zur Diagnose problematischer Inhaltsbereiche herangezogen werden können (Land et al., 2006). Erstgenanntes ist u.a. darüber zu begründen, dass TCs als Grundlage von (Basis-)Konzepten (vgl. *key concepts*) angesehen werden (vgl. Shanahan, 2016): „*...threshold concepts are orthogonal to the key concepts and principles, in the sense that they are important elements of numerous key concepts in many disciplines ...*“ (Tibell & Harms, 2017: 960). Nach Shanahan (2016) stellen Opportunitätskosten beispielsweise die Grundlage der ökonomischen (Basis-)Konzepte Effizienz und (finanzielle) Anreize dar. TCs sind im wirtschaftswissenschaftlichen Feld relativ gut untersucht. Als Beispiele für TCs nennt Löw Beer (2016) *Marktversagen* und *externe Effekte*. Shanahan (2016) ergänzt *Opportunitätskosten*. Diese ökonomischen Schwellenkonzepte sind in Teilen auch bei der Bearbeitung von Aufgaben zum *quantitativen Bewerten* und *Perspektivenwechsel vollziehen* relevant. TCs zeichnen sich durch einige zentrale Eigenschaften aus, die mehr oder wenig präsent sein können. TCs sind: *transformative, integrative, irreversible, troublesome* und *bounded* (Meyer & Land, 2003: 5ff.; Löw Beer, 2016; O'Donnell, 2009). Im Rahmen der Diskussion um *quantitatives Bewerten* stehen die ersten vier Eigenschaften im Fokus.

TCs gelten als *transformative*, d.h. sie verändern den Blickwinkel der Schüler*innen auf einen entsprechenden Sachverhalt bzw. sie verursachen eine signifikante Veränderung des Verständnisgrades dieses Sachverhalts. Ein LUR-spezifisches Beispiel mit besonderer Relevanz für *quantitatives Bewerten* findet sich im Kontext Landnutzung. Hier wird das transformative Verständnis in Bezug auf das TC der *Opportunitätskosten* adressiert (vgl. Bögeholz et al., 2014). Damit verbunden ist die ökonomische Denkfigur bzw. das ökonomische Basiskonzept der (*finanziellen*) *Anreize*. Innerhalb der Landnutzungsaufgabe ist es unwahrscheinlich, dass sich ecuadorianische Landbesitzer*innen bei freier Landnutzungswahl für die Landnutzungsoption entscheiden, aus der das geringste Einkommen resultiert. Die *Opportunitätskosten* (in Form entgangener Einnahmen aus der lukrativsten Landnutzungsoption Maiswirtschaft) wären schlichtweg zu hoch (vgl. Bögeholz et al., 2014).

TCs sind *integrative*, d.h. über sie verbinden sich verschiedene (Basis-)Konzepte (*key concepts*) auf eine Weise die den Schüler*innen vorher unbekannt war. Auch können sich Lernende über

die TCs der wechselseitigen Abhängigkeiten dieser (Basis-)Konzepte bewusst werden. Im Rahmen des LUR-spezifischen Beispiels des Landnutzungskontextes (vgl. Bögeholz et al., 2014) wäre dies (ergänzend zu oben) die *integrative Verbindung*, dass sich über (*finanzielle*) *Anreize* menschliches Verhalten steuern lässt. Denn wenn die *Opportunitätskosten* der ecuadorianischen Landbesitzer*innen, beispielsweise in Form von REDD-Ausgleichszahlungen (für vermiedene *externe Effekte* in Form von CO₂-Emissionen), neutralisiert würden, wäre die Wahl einer weniger ertragreichen aber nachhaltigeren Landnutzungsoption (wie z.B. Regenwalderhalt mit nachhaltiger Nutzung und keinen CO₂-Emissionen durch Entwaldung) wahrscheinlicher. Des Weiteren gelten TCs als *irreversible*, d.h. einmal verstanden sind die Einsichten bzw. Grade des Verständnisses, die mit einem korrekt verstandenen TC einhergehen, schwer wieder zu vergessen. Auch ist es unwahrscheinlich, dass nachfolgend vermeintlich 'einfachere' Erklärungsmuster genutzt werden. Im Rahmen des LUR-spezifischen Beispiels wäre dies die mit dem Verständnis des TC *Opportunitätskosten* (vgl. Shanahan, 2016) verbundene Einsicht, dass Menschen weder systematisch noch dauerhaft gegen ihre Anreize handeln (vgl. Homann & Suchanek, 2005). Der Erklärungsgehalt dieser Einsicht im Rahmen von *Opportunitätskosten* wäre so stark, dass es schwierig wird diesbezüglich andere Erklärungsmuster (hier im Rahmen von Landnutzungsentscheidungen) zu nutzen bzw. zu finden. Besonders zentral ist, dass TCs als *troublesome* gelten D.h. sie sind schwer zu fassen und nicht unmittelbar intuitiv greifbar. Das kann u.a. auch bedeuten, dass die TCs mit dem Vorwissen oder den Überzeugungen der Schüler*innen kollidieren können. Letzteres ist im Rahmen einer ökonomischen Betrachtung von Natur nicht ganz unwahrscheinlich (vgl. Böhm et al., 2016; Böhm et al., 2020).

Des Weiteren konnte eine gewisse Kontextabhängigkeit der TCs nachgewiesen werden, welche dann auch im Rahmen vom *quantitativen Bewerten* (und auch *Perspektivenwechsel vollziehen*) von Relevanz gewesen sein könnte. So konnten Fiedler und Kolleg*innen (2017) beispielsweise zeigen, dass das korrekte Verständnis des TC *Zufall* im mathematischen Kontext zu einem anderen Verständnis führt als es bei dem Verständnis von Zufall in einem evolutionären Kontext der Fall ist. Das Vorhandensein des TC *Opportunitätskosten* im Landnutzungskontext scheint sich besonders im Rahmen eines Items zu manifestieren (vgl. Item D in Bögeholz et al., 2014 oder Item 5 in Böhm et al., 2020). Bei diesem Item sollen die Lernenden implizit die *Opportunitätskosten* mittels einer ausreichend hohen REDD-Ausgleichszahlung neutralisieren. Obwohl die mathematischen Anforderungen bei der Bearbeitung dieser Aufgabe äußerst gering sind, hatten die Testpersonen große Schwierigkeiten damit (vgl. Bögeholz et al., 2014).

Auch besteht die Möglichkeit, dass TCs im Rahmen vom *quantitativen Bewerten* (oder *Perspektivenwechsel vollziehen*) nicht nur in Form von ökonomischem Fachwissen bestehen. Es wäre durchaus auch denkbar, dass Nachhaltigkeit bzw. NE an sich ein TC für Lernende darstellt. So zeigen sich auch für Nachhaltigkeit bzw. NE die zentralen Eigenschaften der TCs (Meyer & Land, 2003: 5ff.; Löw Beer, 2016; O'Donnell, 2009; siehe oben).

(Ökonomisches)Fachwissen

Durch die bereits einleitend dargestellten Ausführungen (vgl. Kap. 4), die in Böhm et al. (2020) dargelegten Ergebnisse und die Ausführungen zu TCs wird auch die zentrale Bedeutung ökonomischer Kompetenz (*economic literacy*) untermauert. Damit verbunden ist auch die Relevanz von Fachwissen (vgl. Schecker & Parchmann, 2006; vgl. Seeber & Retzmann, 2008 für ökonomisches Fachwissen) für Bewertungskompetenz. Auch Sadler und Fowler (2006) fanden in ihren Studien einen positiven Einfluss von Fachwissen auf *socioscientific argumentation*. Ihrer Meinung nach treten dabei jedoch keine linearen Korrelationen auf, sondern Stufungen (*threshold model of content knowledge transfer*, ebd.). Diese Stufungen bedeuten, dass mit einem etwas umfangreicheren Fachwissen gleichzeitig eine sehr viel umfangreichere Integration dieses Fachwissens beim *socioscientific reasoning* verbunden ist (ebd.). Hier zeigen sich deutliche Bezüge zu den TCs (Land et al., 2006).

Die kognitive Kompetenzfacette des Fachwissens ist nicht nur bei der Erlangung von Bewertungskompetenz zentral. Schecker und Parchmann nennen dies die „... *Wertigkeit des fachlich funktionalen Wissens* ...“ (Schecker & Parchmann, 2006: 53). Diese Wertigkeit kommt besonders bei interdisziplinären Aufgabenfeldern zum Tragen, da die besondere Relevanz spezifischer Fachinhalte, im Rahmen einer BNE noch verschärft wird. Bagoly-Simó und Hemmer (2017) betonen für BNE besonders die Bedeutung des Anknüpfens an vorhandenes Fachwissen in Verbindung mit neuen Inhalten und Methoden (ebd.). Gerade das *BNE-Trägerfach* (ebd.) Politik-Wirtschaft sollte dementsprechend umfangreich im Stundenplan realisiert sein (und entsprechende NE-relevante Themen verstärkt in den Blick nehmen). Im Schulalltag jedoch wird seit längerem der Mangel an ökonomischer Bildung beklagt (Golz, 2011: 2; vgl. Kap. 4.2.2). Auf Grundlage der Ergebnisse und mit dem Ziel *quantitatives Bewerten* und *Perspektivenwechsel vollziehen* zu fördern, kann der Forderung eines eigenen bzw. eines umfangreicheren Schulfaches Politik-Wirtschaft (vgl. Loerwald & Schroeder, 2011) durchaus zugestimmt werden. Gleichzeitig sollte dabei auf eine pluralistischere ökonomische Lehre fokussiert werden, die deutlich näher an den gesellschaftlichen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts (vgl. WBGU, 2011) orientiert ist (Pühringer, Bäuerle & Engartner, 2017).

Denkbar wären an dieser Stelle beispielsweise ‘neue‘ ökonomische Denkfiguren, die auf eine Transformation abzielen oder sich dem genesteten Nachhaltigkeitsmodell annähern (vgl. Abb. 1.1). Denn die aus einer pluralistischen Ökonomie resultierenden Kenntnisse stellen eine wichtige Teilvoraussetzung einer (politisch) reflektierten Handlungsfähigkeit im Rahmen einer BNE mit Zielperspektive der Einbindung mündiger Akteure in transformative Prozesse (vgl. WBGU, 2011) dar. Besonders über ökonomische Fachinhalte einer pluralistischen Ökonomie (z.B. kontextualisiert für NE) kann dem Umstand entgegengewirkt werden, dass die Marktgesetze von Schüler*innen als normal, fix und nicht hinterfragbar bzw. gestaltbar angesehen werden (vgl. Fischer et al., 2015; Overwien, 2016). Dieses Ohnmachtsgefühl seitens der Schüler*innen in Bezug auf die Gestaltung marktwirtschaftlicher Geschehnisse sollte dringend angegangen werden, indem Lernende an dieser Stelle deutlich mehr Kompetenzen erlangen (vgl. Krol & Zörner, 2016). Sowohl *quantitatives Bewerten* als auch *Perspektivenwechsel vollziehen* könnte dafür hilfreich sein.

10.1.2 Teilkompetenz 2: *Perspektivenwechsel vollziehen*

Eine zentrale Erkenntnis hinsichtlich des FSP-1b (vgl. Kap. 5.1) ist, dass sich die LUR-bezogene Teilkompetenz *Perspektivenwechsel vollziehen* als eigenständige Teilkompetenz innerhalb von LUR abbildet (vgl. Abb. 10.2). Dabei zeigt sich *Perspektivenwechsel vollziehen* nicht nur gegenüber *quantitativem Bewerten*, sondern auch gegenüber *qualitativem Bewerten* (BER) im Rahmen des Göttinger Modells als trennscharf (vgl. Böhm et al., 2020). Die Zusammenhangsstruktur im nomologischen Netzwerk (Hartig & Jude, 2007) stellt sich über latente Korrelationen mit ökonomischen und mathematischen Fähigkeiten für *Perspektivenwechsel vollziehen* nachvollziehbar dar (vgl. Abb. 10.2). So zeigt sich auch hier eine relativ hohe latente Korrelation zur *ökonomiebezogenen Grundfähigkeit* (Auszug aus dem WBT; Beck et al., 1998: 7; vgl. Abb. 10.2). Zu den *mathematischen Kompetenzen auf Niveau der neunten Klasse* (Auszug aus dem DEMAT 9; Schmidt et al., 2013: 7) zeigt sich eine vergleichsweise niedrige latente Korrelation (vgl. Abb. 10.2).

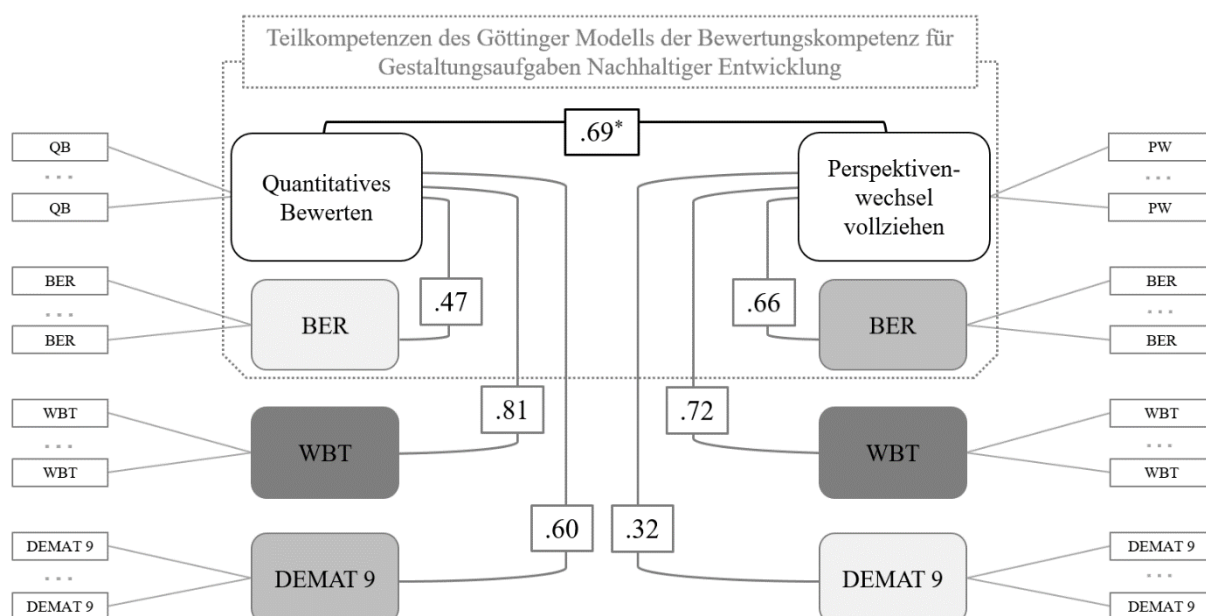


Abb. 10.2: Zusammenhangsstruktur von *quantitativem Bewerten* und *Perspektivenwechsel vollziehen* im nomologischen Netzwerk (Daten aus Böhm et al., 2020: 10, 14 und 15). Dargestellt sind die latenten Korrelationen (deren Stärke ist über unterschiedliche Graustufen repräsentiert). *: Korrelation einer zwei-dimensionalen Modellierung ($N = 760$). Die restlichen Korrelationen entstammen separaten vierdimensionalen Modellierungen ($n = 191$). BER: *Bewerten, Entscheiden und Reflektieren* (Eggert & Bögeholz, 2010, 2014); WBT: Auszug des Wirtschaftskundlichen Bildungstest (Beck et al., 1998); DEMAT 9: Auszug des Deutschen Mathematiktest der Neunten Klassenstufe (Schmidt et al., 2013).

Perspektivenwechsel vollziehen betont die zentrale Bedeutung der Fähigkeit zum Perspektivenwechsel bei Bewertungsprozessen. Auch zeigt sich über die eigenständige Teilkompetenz *Perspektivenwechsel vollziehen* eine Übereinstimmung mit der Forschung zur ethischen Urteilskompetenz für bio- und medizinethische Fragen (Alfs et al., 2012; vgl. Kap. 3.1.1). So führt auch diese Forschung (auf Grundlage qualitativer Studien) die Dimension Perspektivenwechsel als eigenständig auf. Die LUR-bezogene Teilkompetenz *Perspektivenwechsel vollziehen* zeigt inhaltlich auch Überschneidungen zu den von Wiek, Withycombe und Redman (2011) genannten *key competencies in sustainability*, speziell der *interpersonal competence*: „...the capacity to understand, compare and critically evaluate different positions, perspectives and preferences” (Wiek et al., 2011: 211).

Innerhalb der LUR-Teilkompetenz *Perspektivenwechsel vollziehen* zeigt sich die Anzahl und Art zu übernehmender, nachhaltigkeitsrelevanter Perspektiven sowie der kognitive Anspruch bei der Aufgabenbearbeitung (Positionieren < Argumentieren < Begründen/Reflektieren) als schwierigkeitsbestimmend (vgl. Böhm et al., 2020; Bögeholz & Böhm, 2018).

Auch hier zeigt sich Anbindungspotenzial zur parallelen Forschung im Rahmen des ESNaS-Modells (Walpuski et al., 2010; vgl. Kap. 3.1.1). Obwohl häufig auch der höchste *kognitive Prozess* des *Integrierens* (ebd.) in den Items der Teilkompetenz *Perspektivenwechsel vollziehen* adressiert wird, müssen eher Fakten oder Zusammenhänge integriert werden. Geht es speziell um die Bearbeitung von Items, bei denen Fakten zu den Dimensionen NE Ökologie, Ökonomie und Soziales gesammelt werden müssen, könnte man schon von einem übergeordneten Konzept der NE (evtl. auch von einem TC, siehe oben) ausgehen.

Zusammenfassend lässt sich für *Perspektivenwechsel vollziehen* festhalten, dass die Fähigkeit zum Perspektivenwechsel (vgl. Kap. 1.2) sowohl im Rahmen der Bewertungskompetenz als auch im Kontext NE psychometrisch untermauert wird (vgl. Bögeholz & Böhm, 2018). Die Fähigkeit zum Perspektivenwechsel im schulischen Rahmen zu fördern, ist zwar voraussetzungsvoll (vgl. Loerwald & Schröder, 2011 für ökonomische Bildung), dennoch wird durch „... *multiperspektivischen Unterricht* [...] *die Perspektivität nicht aufgelöst, sondern vielmehr vorausgesetzt und multipliziert* ...“ (Loerwald & Schröder, 2011: 11).

Das Fazit über beide Teilkompetenzen von LUR hinweg schließt sich der Forschung von Parchmann (2010) an, die in ihrer vergleichenden Betrachtung verschiedener Kompetenzmodellierungsarbeiten in den naturwissenschaftlichen Fächern resümiert: „*Gemeinsam scheint allen Modellen [...] eine den Stufen zugrunde liegende Annahme von wachsender Vernetzung und Komplexität der inhaltlichen Zusammenhänge und Perspektiven zu sein. [...] Die Annahme von Komplexität als Schwierigkeit erzeugendem Faktor und von einer mit wachsender Kompetenzausprägung zunehmend strukturierten Vernetzung geht konform mit lernpsychologischen Modellen sowie mit der Sachstruktur von Inhalten* ...“ (Parchmann, 2010: 135).

11 Limitationen und Anwendungsperspektiven

Die erfolgreiche Operationalisierung der anvisierten Forschungsschwerpunkte (vgl. Kap. 5.1) erforderte es, zunächst auf die kognitive Kompetenzdimension zu fokussieren, um eine möglichst verlässliche Kompetenzmessung erreichen zu können (vgl. Bögeholz et al., 2014). Dies stellt einen ebenso üblichen wie wichtigen Schritt in der Kompetenzforschung dar. Daraus resultieren jedoch auch Limitationen, die aus Transparenzgründen berichtet werden sollen.

Die aufgezeigten Limitationen gehen zwar weitestgehend über das im Rahmen der Forschungsarbeit Mögliche hinaus, sollen aber berichtet werden, um darüber potentielle Anwendungsperspektiven bzw. Folgeforschung zu motivieren. Die Limitationen betreffen die methodische Umsetzung und Kompetenzmessung im Allgemeinen.

11.1 Methodische Umsetzung

Die Limitationen bezüglich der methodischen Umsetzung berühren Aspekte der Kompetenzausprägung, der Kompetenzentwicklung und des Testdesigns. Die Kompetenzausprägungen von *quantitativem Bewerten* und *Perspektivenwechsel vollziehen* basieren (im Rahmen zeitökonomischer Testung) auf den Aufgabeninhalten (vgl. Schecker & Parchmann, 2006) zu einem Landnutzungskonflikt in Ecuador (Kontext Landnutzung; vgl. Bögeholz et al., 2014), der Wahl eines auszuweisenden Meeresschutzgebietes in Großbritannien (Kontext Meeresschutz; vgl. Böhm et al., 2020) und zum Emissionshandelssystem der Europäischen Union (Kontext Klimaschutz). Über diese drei Kontexte konnte bereits ein breites Spektrum von Anwendungssituationen von *quantitativem Bewerten* bzw. *Perspektivenwechsel vollziehen* abgedeckt werden (vgl. Bögeholz et al., 2014). Dennoch stellt die hier gemessene Kompetenzausprägung einen Ausschnitt „...individueller Kompetenz...“ (Kauertz et al., 2010: 138) bezüglich der theoretischen Konstrukte *quantitatives Bewerten* und *Perspektivenwechsel vollziehen* dar. Dies gilt in Teilen auch für die verwendeten ökonomischen und mathematischen Fachinhalte. Eine denkbare Optimierung diesbezüglich wäre die Erweiterung des Item-Pools um strukturgleiche Items nach den vorhandenen Prototypen von *quantitativem Bewerten* und *Perspektivenwechsel vollziehen*. Dabei wären sowohl gänzlich neue Kontexte als auch die Erweiterung vorhandener Kontexte um strukturgleiche Aufgaben möglich. Auch die Kombination aus beiden Ansätzen inklusive eines erweiterten Sets an ökonomischen und mathematischen Inhaltsbereichen ist denkbar⁹. Diese Erweiterung des Item-Pools ist notwendig, um nachfolgend (Prä-Post-Test-Design) mit neuen strukturgleichen Aufgaben prüfen zu können, inwiefern sich die Messinstrumente für *quantitatives Bewerten* und *Perspektivenwechsel vollziehen* als änderungssensitiv erweisen (für exemplarisches Vorgehen mit IRT-Modellierungen vgl. Eggert et al., 2010; Bögeholz & Böhm, 2018).

⁹ Beispiel hierfür wäre der Emissionshandel der Europäischen Union im Klimaschutzkontext. Hier könnte der Kontext um Aufgaben erweitert werden, die aktuelle nationale Inhalte wie den Kohleausstieg und die damit verbundenen überschüssigen deutschen Emissionsrechte beinhalten. Ebenfalls möglich wären international bedeutsame Inhalte, wie beispielsweise die Verknüpfung verschiedener regionaler Emissionshandelssysteme (*linking markets*).

Über teilweise verschiedene Instrumente, die über Ankeritems verbunden sind, könnten im Rahmen von Prätest-, Posttest- (und Follow up-) Analysen Veränderungsmessungen erfolgen (vgl. Bögeholz & Böhm, 2018). Denn bislang geben sowohl *quantitatives Bewerten* als auch *Perspektivenwechsel vollziehen* ausschließlich die Struktur auf Grundlage der empirischen Befunde einer Querschnittsstudie wieder. Aus diesem Grund lassen sich noch keine verlässlichen Angaben zur Entwicklung der entsprechenden Kompetenzen machen (vgl. Fleischer et al., 2013). Unter dem Gesichtspunkt von Veränderungsmessungen wäre die Empfehlung für Folgeuntersuchungen mit den Messinstrumenten für *quantitatives Bewerten* und *Perspektivenwechsel vollziehen* eine ‘echte‘ Längsschnittstudie. Mittels einer Längsschnittstudie könnten Entwicklungen der Bewertungskompetenzen zu *quantitativem Bewerten* und *Perspektivenwechsel vollziehen* analysiert werden. Dadurch würden Interventionsstudien mit dem Ziel der Kompetenzförderung bezüglich beider LUR-bezogenen Teilkompetenzen umsetzbar (vgl. Bögeholz, Eggert, Ziese & Hasselhorn, 2017). Hierzu müssten entsprechende Interventionen bzw. Bildungsangebote entwickelt werden (vgl. Kap. 11.2).

In Bezug auf die methodische Umsetzung ergibt sich aufgrund der rasanten technologischen Weiterentwicklung auch Potential für *Technology-Based Assessment* (TBA; vgl. u.a. Bennett, Persky, Weiss & Jenkins, 2007) bzw. computergestützte Messinstrumente (Computer-Based-Assessments (CBAs); vgl. Teig & Scherer, 2016). CBAs haben in einigen Bereichen mittlerweile paper-pencil-tests weitestgehend ersetzt (ebd.). Die Gründe dafür liegen auf der Hand: CBAs können dynamische und stark interaktive Simulationen bereitstellen, wodurch es ermöglicht wird, komplexe Bewertungsprozesse auch bei multiplen Variablen diagnostizieren zu können (ebd.). Dies ist besonders bei den hochdynamischen und vernetzten Umweltproblemsituationen des 21. Jahrhunderts (vgl. WBGU, 2011) relevant. Darüber hinaus erlauben CBAs die Bereitstellung zahlreicher weiterer Daten, die über die bloße Erfüllung von Aufgaben hinausgehen: Bearbeitungszeiten, Aktionsabläufe oder die Nutzung spezifischer Strategien (Greiff, Niepel, Scherer & Martin, 2016). Die Autor*innen Teig und Scherer (2016) argumentieren, dass CBAs deshalb geeignete Ansätze einer integrierten Erfassung der *Learning outcomes* sowohl von *formal reasoning* als auch von *informal reasoning* darstellen können. Dies ist in Bezug auf *quantitatives Bewerten* und *Perspektivenwechsel vollziehen* zwar relevant, in der Umsetzung jedoch äußerst herausfordernd. So ist es nach wie vor fraglich, inwieweit CBAs bzw. TBAs überhaupt dazu in der Lage sind, das komplexe Scoring der offenen, polytomen Aufgabenformate von *quantitativem Bewerten* und *Perspektivenwechsel vollziehen* (vgl. Böhm et al., 2020) verlässlich abbilden zu können.

Im Sinne einer Anwendungsperspektive wäre in Zukunft jedoch zu prüfen, inwiefern mit CBAs (vgl. Teig & Scherer, 2016) bzw. TBAs (vgl. Bennett et al., 2007) die Messungen von komplexen offenen Bewertungsaufgaben möglich sind (vgl. Bögeholz & Böhm, 2018). Damit wäre es möglich, prototypische Verfahren für die computergestützte Erhebung und Analyse offener Bewertungsaufgaben zu entwickeln.

11.2 Kompetenzmessung im Allgemeinen

Mit Blick auf die Kompetenzmessung im Allgemeinen wird nachfolgend die Limitation adressiert, dass sich eine Kompetenz nicht auf die kognitive Dimension reduzieren lässt (vgl. OECD, 2003). Diese Limitation basiert auf der theoretischen Konzeption von *quantitativem Bewerten* und *Perspektivenwechsel vollziehen* und der darauf aufbauenden praktischen Operationalisierung beider Teilkompetenzen als kognitive Kompetenzkomponenten im Rahmen der Kompetenzmodellierung. Die Limitation findet sich auch bei anderen Projekten mit dem Ziel Kompetenzen zu modellieren (z.B. ESNaS; Kauertz et al., 2010, vgl. auch Schecker & Parchmann, 2006). Bewertungskompetenz operationalisiert angelehnt an die Kompetenzdefinition nach Weinert (2001), aber mit den Einsparungen der nichtkognitiven Facetten (Klieme & Leutner, 2006; vgl. Fleischer et al., 2013; Sander & Höttecke, 2015), ausschließlich kognitive Fähigkeiten von Gestaltungskompetenz (vgl. Programm Transfer-21, 2008). Somit werden motivationale und emotionale Aspekte weitestgehend ausgeschlossen (Fleischer et al., 2013; Sander & Höttecke, 2015). Gefühle, Intuitionen und Überzeugungen der Lernenden finden somit keine explizite Erwähnung und können „...*bestenfalls über die Gewichtung der einzelnen Kriterien den Entscheidungsprozess [...] beeinflussen*“ (Menthe, 2012: 164). Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden das Interesse und die Motivation bezüglich der Kontexte, der (außerfachlichen) Fachinhalte, etc. nicht erhoben (vgl. Schecker & Parchmann, 2006; Kauertz et al., 2010). Der mangelnde Einbezug motivationaler und volitionaler Kompetenzkomponenten (vgl. Bögeholz et al., 2014) ist in diesem Fall, wie auch in vielen anderen Fällen, auf einen nicht vertretbaren Aufwand angesichts schulischer Rahmenbedingungen bezüglich zumutbaren sowie realisierbaren Testlängen zurückzuführen (vgl. Schecker & Parchmann, 2006). Erschwerend kommt hinzu, dass Kompetenzmessungen in der Regel in eher fiktiven und nicht realweltlichen Anforderungssituationen erfolgen (ebd.). Die Fokussierung auf die kognitive Kompetenzdimension zeigt sich auch bei dem Validierungsinstrument des WBT (Auszug, Beck et al., 1998).

Neben den Fachkenntnissen bzw. dem *ökonomischen Wissen und Denken* spielen auch *ökonomische Einstellung* und *ökonomisch-moralische Reflexionsfähigkeit* eine Rolle (Beck, 1998). Alle drei Facetten sind für *quantitatives Bewerten* und *Perspektivenwechsel vollziehen* relevant, wurden über den Auszug des WBT (Beck et al., 1998) jedoch nicht in gleichem Maße erfasst. Während die Wissensfacette relativ gut berücksichtigt wurde, blieben die Facetten der ökonomischen Einstellung und der ökonomisch-moralischen Reflexionsfähigkeit (vgl. Beck, 1998) implizit. Hierin liegt Potenzial für Folgeforschung, die über eine im Rahmen von LUR bewusst gewählte Fokussierung der kognitiven Kompetenzdimension (vgl. Kap. 11.2; vgl. Bögeholz et al., 2014; Böhm et al., 2016; Böhm et al., 2020), hinausgeht.

Reallaboren als Ausblick einer möglichen Intervention

Zur Untersuchung von Bewertungskompetenz wurden vor allem die Methoden Gruppendiskussionsverfahren (Hogan, 2002; Menthe, 2012; Feierabend et al., 2012), Interventionsstudien und Fragebogeninstrumente (Eggert & Bögeholz, 2010; Heitmann & Tiemann, 2011) sowie Einzelinterviews (Kolstø, 2001; Reitschert & Höble, 2007) bzw. fokussierte Einzelinterviews mit dokumentarischer Analyse (Sander & Höttecke, 2017) gewählt. Bögeholz und Kolleg*innen (2018) ergänzen: *„Studien zur Bewertungskompetenz und deren Förderung betreffen sowohl individuelles als auch kooperatives Lernen. Beides sind einander ergänzende Ansätze, um schließlich für individuelles und gesellschaftliches Handeln zu qualifizieren.“* (Bögeholz et al., 2018: 273ff.; vgl. Bögeholz & Barkmann, 1999, 2005; vgl. Dittmer et al., 2016). Dabei wird auch die besondere Bedeutung von vernetztem, interdisziplinärem Wissen zur Bearbeitung komplexer (Umwelt-)Problemsituationen deutlich (Bögeholz et al., 2018, 2014).

Im Rahmen einer BNE bilden in Anbetracht der Realdiskurse zu Umweltproblemsituationen sowie unter Gesichtspunkten einer Transformation (vgl. WBGU, 2011) transdisziplinäre Forschungsansätze eine wichtige Perspektive in Bezug auf Bewertungskompetenz. Gerade im Rahmen einer BNE (vgl. Kap. 2.2) und außerfachlichen Bewertens (vgl. Kap. 3.1) können hier neue Methoden der inter- und transdisziplinären Forschung und Lehre eingesetzt werden. Reallabore (*realworld laboratories*, für eine Übersicht siehe Schäpke et al., 2017) könnten eine geeignete Anwendungsperspektive darstellen, da sie speziell auf transdisziplinäre Forschung ausgerichtet sind (ebd.). Im Rahmen eines Reallabors können gesellschaftliche (Umwelt-)Problemsituationen auf lokaler Ebene und im Verbund von Wissenschaft, Wirtschaft sowie Partner*innen aus Kommunen, Verbänden etc. bearbeitet werden (ebd.). Dabei ist die Thematisierung von SSIs (oder SDIs; vgl. Böhm et al., 2020) besonders zielführend.

Gleichzeitig würde dies der Forderung von Forschung zu SSIs nach *dialogic classroom practices* (vgl. Bossér & Lindahl, 2019: 1ff.) entsprechen. Diese beinhalten neben den Auffassungen der Schüler*innen auch diverse Wissensbestände und Perspektiven auf SSIs (ebd.). Ziel von *dialogic classroom practices* ist u.a. die Befähigung Lernender zu mündigen, gleichberechtigten Verhandlungspartner*innen bei Bewertungsprozessen sowohl im als auch außerhalb des Klassenzimmers bzw. Reallabors (vgl. ebd.). Dieser Ansatz kann ermöglichen, dass Schüler*innen bzw. Studierende genauso zusammen an einer Problemlösung für authentische Umweltproblemsituationen arbeiten können wie es echte Wissenschaftler*innen, Politiker*innen etc. tun (vgl. Andriessen, Baker & Suthers, 2013; Teig & Scherer, 2016). Die im Rahmen der *dialogic classroom practices* auftretenden Diskussions- und Verhandlungsprozesse könnten umfangreiche Informationen zu Bewertungskompetenz (*formal* und *informal reasoning*; ebd.), aber auch zu den Kommunikations- und Kooperationsfähigkeiten der Schüler*innen liefern (ebd.). Mit Blick auf die Kompetenzförderung bzw. Veränderungsmessungen von *quantitativem Bewerten* und *Perspektivenwechsel vollziehen* stellen Reallabore interessante Perspektiven dar, deren Wirksamkeit empirisch zu überprüfen wäre. Eine explizite Thematisierung von TCs mit Relevanz für *quantitatives Bewerten* (z.B. *Opportunitätskosten*) und *Perspektivenwechsel vollziehen* (evtl. Nachhaltigkeit bzw. NE) könnte sich dabei als förderlich erweisen.

12 Fazit

Das Forschungsprojekt konnte die anvisierten Ziele (vgl. Kap. 5.1) erreichen und quantitative Messinstrumente für die beiden LUR-bezogenen Teilkompetenzen *quantitatives Bewerten* und *Perspektivenwechsel vollziehen* entwickeln (vgl. Böhm et al., 2020). Beide Instrumente können einen wichtigen Beitrag dazu leisten, die grundlegenden Kriterien von Bewertungskompetenz nach den Vorgaben der Kerncurricula bzw. Lehrpläne sowie der Modelle der Gestaltungskompetenz bzw. des Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung; vgl. Kap. 3.2) zu diagnostizieren. Das theoretisch postulierte Rahmenmodell zu LUR (vgl. Bögeholz et al., 2014; Böhm et al., 2016; Böhm et al., 2020) liefert zudem einen Orientierungsrahmen für die Integration von *quantitativem Bewerten* und *Perspektivenwechsel vollziehen* in den Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer und darüber hinaus.

Die entwickelten quantitativen Messinstrumente zu *quantitativem Bewerten* und *Perspektivenwechsel vollziehen* zeigen Umsetzungsmöglichkeiten einer Messung von zwei zentralen Bewertungskompetenzkomponenten auf.

Somit liefert das Forschungsprojekt sowohl wichtige Erkenntnisse als auch Anwendungsperspektiven für die Kompetenzmessungen im Feld von BNE, GCE, Bewertungskompetenz (vgl. Bögeholz et al., 2018), *socio-scientific decision-making* (Kolstø, 2000, 2001; Hogan, 2002), *socio-scientific reasoning* (u.a. Romine, et al., 2017; Teig & Scherer, 2016) oder *socioscientific argumentation* (Sadler & Fowler, 2006).

Sowohl in der schulischen Bildung als auch im Hochschulsektor ergibt sich damit die Möglichkeit der Analyse von Lernausgangslagen (vgl. Bögeholz & Böhm, 2018) für BNE-spezifische Kompetenzen. Im Rahmen von Anwendungsperspektiven und Folgeforschung sind Interventionsstudien und Längsschnittstudien (vgl. Bögeholz et al., 2017) zur vertieften Analyse der Entwicklung von Bewertungskompetenz von Schüler*innen und Studierenden im Rahmen des Göttinger Modells der Bewertungskompetenz für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung (vgl. Bögeholz, 2007, 2011; Bögeholz et al., 2018; Eggert & Bögeholz, 2006, 2014) angedacht.

13 Literaturverzeichnis

- AAAS [American Association for the Advancement of Science]. (1989). *Science for all Americans: Project 2061*. Washington, DC: AAAS.
- Adam, G., & Schweitzer, F. (1996). *Ethisch erziehen in der Schule*. Göttingen.
- Akaike, H. (1974). A new look at the statistical identification model. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 19, 716-723.
- Alfs, N., Heusinger von Waldegge, K., & Höble, C. (2012). Bewertungsprozesse verstehen und diagnostizieren. *Zeitschrift für interpretative Schul- und Unterrichtsforschung*, 1, 83-112.
- Andriessen, J., Baker, M., & Suthers, D. D. (eds.). (2013). *Arguing to learn: Confronting cognitions in computer-supported collaborative learning environments*. Dordrecht: Springer Science & Business Media.
- Anhalt, E. (2012). Was bedeutet gymnasiale Bildung heute? In: S. Lin-Klitzing, D. Di Fuccia & G. Müller-Frerich (Hrsg.): *Aspekte gymnasialer Bildung – Beiträge zu gymnasialer Bildungstheorie, Unterrichts- und Schulentwicklung*. Bd. 3 der Reihe »Gymnasium – Bildung – Gesellschaft. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 29-49.
- Asbrand, B. (2009). Wissen und Handeln in der Weltgesellschaft. Eine qualitativ-rekonstruktive Studie zum Globalen Lernen in der Schule und in der außerschulischen Jugendarbeit. *Erziehungswissenschaft und Weltgesellschaft*, Band 1.
- Bagoly-Simó, P. & Hemmer, I. (2017). Bildung für nachhaltige Entwicklung in den Sekundarschulen - Ziele, Einblicke in die Realität, Perspektiven. https://www.ku.de/fileadmin/150305/Professur_fuer_Didaktik_der_Geographie/Forschung/Literatur/Bildung_für_nachhaltige_Entwicklung_in_den_Sekundarschulen_-_Ziele_Einblicke_in_die_Realität_Perspektiven_-_Bagoly-Simo_Hemmer.pdf (16.05.2019).
- Bank, V., & Retzmann, T. (2013). Fachkompetenz von Wirtschaftslehrerinnen und -lehrern – Untersuchungen zur Entwicklung eines bedarfsdiagnostischen Instruments. *Zeitschrift für ökonomische Bildung*, 1, 6-26.
- Barrow, J. D. (1993). *Die Natur der Natur. Wissen an den Grenzen von Raum und Zeit*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Barth, M. (2011). Den konstruktiven Umgang mit den Herausforderungen unserer Zeit erlernen: Bildung für nachhaltige Entwicklung als erziehungswissenschaftliche Aufgabe. *SWS-Rundschau*, 51(3), 275-291.
- Beane, J. A. (1995). Curriculum integration and the disciplines of knowledge. *Phi Delta Kappan*, 76(8), 616-622.
- Beck, K. (1998). Allgemeine ökonomische Grundkompetenzen – Befunde und Desiderate im Blick auf unsere moderne Wissensgesellschaft. In: Heidelberger Club für Wissenschaft und Kultur e.V. (Hrsg.) *Bereit für die Wissensgesellschaft? Bildung und Ausbildung auf dem Prüfstand*. (S.79-94), Berlin: Springer.
- Beck, K., Krumm, V., & Dubs, R. (1998). *Wirtschaftskundlicher Bildungstest (WBT)*. Göttingen: Hogrefe.
- Bell, R. L., & Lederman, N. G. (2003). Understandings of the nature of science and decision making on science and technology based issues. *Science Education*, 87(3), 352-377.
- Bennett, R. E., Persky, H., Weiss, A. R., & Jenkins, F. (2007). *Problem Solving in Technology-Rich Environments: A Report From the NAEP Technology-Based Assessment Project* (NCES 2007-466). U.S. Department of Education. Washington, DC: National Center for Education Statistics.
- Berlin, D. F., & White, A. L. (1995). Connecting school science and mathematics. In: P. House & A. F. Coxford (eds.), *Connecting mathematics across the curriculum* (pp. 22-33). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Bernholt, S., Parchmann, I., & Commons, M. L. (2009). Kompetenzmodellierung zwischen Forschung und Unterrichtspraxis. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 219-245.
- Betsch, T., & Haberstroh, S. (eds.). (2005). *The routines of decision making*. Mahwah: Lawrence Erlbaum.
- Bögeholz, S. (2007). Bewertungskompetenz für systematisches Entscheiden in komplexen Gestaltungssituationen Nachhaltiger Entwicklung. In: D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biomedizinischen Forschung* (S. 209-220). Berlin: Springer.

- Bögeholz, S. (2011). Bewertungskompetenz im Kontext Nachhaltiger Entwicklung: Ein Forschungsprogramm. In: D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie* (S. 32-46). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Potsdam 2010. Münster: LIT-Verlag.
- Bögeholz, S. (2014). „Messinstrumententwicklung, Modellierung und Validierung einer BNE-Teilkompetenz zur quantifizierenden Bewertung von Handlungsoptionen. Antrag auf Sachmittelbeihilfe bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft.
- Bögeholz, S., & Barkmann, J. (1999). Kompetenzerwerb für Umwelthandeln – Psychologische und pädagogische Überlegungen. *Die Deutsche Schule*, 91(1), 93-101.
- Bögeholz, S., & Barkmann, J. (2003). Ökologische Bewertungskompetenz für reale Entscheidungssituationen: Gestalten bei faktischer und ethischer Komplexität. *DGU-Nachrichten, Jahreshft*, 27(28), 44-53.
- Bögeholz, S., & Barkmann, J. (2005). Rational choice and beyond: Handlungsorientierende Kompetenzen für den Umgang mit faktischer und ethischer Komplexität. In: R. Klee, A. Sandmann, & H. Vogt (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik*, Bd. 2 (S. 211-224). Innsbruck: Studien-Verlag.
- Bögeholz, S., & Barkmann, J. (2014). ‘... to help make decisions’: A challenge to science education research in the 21st century. In: I. Eilks, S. Markic & B. Ralle (eds.), *Science Education Research and Education for Sustainable Development* (pp. 25-35). Aachen: Shaker Verlag.
- Bögeholz, S. & Böhm, M. (2018). *Messinstrumententwicklung, Modellierung und Validierung einer BNE-Teilkompetenz zur quantifizierenden Bewertung von Handlungsoptionen*. DFG-Abschlussbericht zu BO 1730/5-1.
- Bögeholz, S., Böhm, M., Eggert, S., & Barkmann, J. (2014). Education for Sustainable Development in German Science Education: Past - Present - Future. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 10(4), 231-248. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2014.1079a>
- Bögeholz, S., Eggert, S., Ziese, C., & Hasselhorn, M. (2017). Modeling and fostering decision-making competence regarding challenging issues of sustainable development. In: D. Leutner, J. Fleischer, J. Grünkorn & E. Klieme (Hrsg.), *Competence assessment in education research, models and instruments* (S. 263-284). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Bögeholz, S., Höhle, C., Höttecke, D., & Menthe, J. (2018). Bewertungskompetenz. In: D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.). *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. (S. 261-281), Berlin: Springer.
- Bögeholz, S., Höhle, C., Langlet, J., Sander, E., & Schlüter, K. (2004). Bewerten–Urteilen–Entscheiden im biologischen Kontext: Modelle in der Biologiedidaktik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 10(1), 89-115.
- Böhm, M., Barkmann, J., Eggert, S., & Bögeholz, S. (2013). Umwelt- und institutionenökonomische Analyse und Reflektion von Lösungsansätzen für Herausforderungen des Biodiversitätsschutzes – Ein Beitrag zum Göttinger Modell der Bewertungskompetenz. In: Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.), *Treffpunkt Biologische Vielfalt XII*. Bonn, Bad-Godesberg: BfN-Skripten 335, 123-131.
- Böhm, M.*, Barkmann, J., Eggert, S., Carstensen, C. H., & Bögeholz, S.* (2020). Quantitative Modelling and Perspective Taking: Two Competencies of Decision Making for Sustainable Development. *Sustainability*, 12(17), 6980. <https://doi:10.3390/su12176980> [* are shared first-authors].
- Böhm, M., Eggert, S., Barkmann, J., & Bögeholz, S. (2016). Evaluating sustainable development solutions quantitatively: competence modelling for GCE and ESD. *Citizenship, Social and Economics Education*, 15(3), 190-211. <https://doi.org/10.1177/2047173417695274>
- Böhn, D. (2016). Geografie. In: J.-R. Schreiber & H. Siege (Hrsg.). *Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung*. 2. aktualisierte und erweiterte Auflage. (S. 225-240), Berlin: Cornelsen.
- Boone, W. J., Staver, J. R. & Yale, M. S. (2014). *Rasch Analysis in the Human Sciences*. Dordrecht: Springer.
- Borromeo Ferri, R. (2011). Wege zur Innenwelt des mathematischen Modellierens–Analysen und empirische Rekonstruktionen. In: R. Borromeo Ferri (Hrsg.). *Wege zur Innenwelt des mathematischen Modellierens*. (S. 101-167), Vieweg + Teubner.
- Bos, W. (2012). *TIMSS 2011 Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann Verlag.

- Bossér, U., & Lindahl, M. (2019). Students' positioning in the classroom: A study of teacher-student interactions in a socioscientific issue context. *Research in Science Education*, 49(2), 371-390. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9627-1>
- Brand, K.-W., & Jochum, G. (2000). *Der deutsche Diskurs zu nachhaltiger Entwicklung. Abschlussbericht eines DFG-Projekts zum Thema »Sustainable Development/ Nachhaltige Entwicklung-Zur sozialen Konstruktion globaler Handlungskonzepte im Umweltdiskurs*. München.
- Buddeberg, M. (2016). Bildung für nachhaltige Entwicklung als Querschnittsaufgabe. *Die deutsche Schule*, 108(3), 267-277.
- Bühner, M. (2011). *Einführung in die Test-und Fragebogenkonstruktion*. München: Pearson Deutschland GmbH.
- Bundesregierung Deutschlands. (2016). *Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie*.
- Bybee, R. W., Ferrini-Mundy, J., & Loucks-Horsley, S. (1997). National standards and school science and mathematics. *School Science and Mathematics*, 97(7), 325-334.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P., & van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystems services and natural capital. *Nature*, 387, 253-260.
- Crutzen, P. J. (2002). Geology of mankind. *Nature*, 415(3).
- Crutzen, P. J., & Stoermer, E. F. (2000). The Anthropocene. *IGBP Global Change Newsletter 41*, 17-18.
- Dawson, V., & Venville, G. J. (2009). High-school Students' Informal Reasoning and Argumentation about Biotechnology: An indicator of scientific literacy? *International Journal of Science Education*, 31(11), 1421-1445.
- de Haan, G. (2008). Gestaltungskompetenz als Kompetenzkonzept der Bildung für nachhaltige Entwicklung. In: *Kompetenzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung* (S. 23-43). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- de Haan, G. (2009). *Schule, Nachhaltigkeit, Zukunft Bildung für eine nachhaltige Entwicklung als Lernkultur*. Onlinedokument. <http://docplayer.org/30274662-Schule-nachhaltigkeit-zukunft-bildung-fuer-eine-nachhaltige-entwicklung-als-lernkultur-von-gerhard-de-haan.html> (16.05.2019).
- de Haan, G. (2010). The development of ESD-related competencies in supportive institutional frameworks. *International Review of Education*, 56, 315-328.
- de Haan, G., & Harenberg, D. (1999). *Bildung für eine nachhaltige Entwicklung*. Gutachten zum Programm von Gerhard de Haan und Dorothee Harenberg. Bonn: Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung, Heft 72. <http://www.pedocs.de/volltexte/2008/218/pdf/heft72.pdf> (1.05.2019).
- de Haan, G., Kamp, G., Lerch, A., Martingnon, L., Müller-Christ, G., & Nutzinger, H. G. (2008). *Nachhaltigkeit und Gerechtigkeit. Grundlagen und praktische Konsequenzen*. Berlin: Springer.
- Deutscher Bundestag. (1998). Enquete-Kommission 'Schutz des Menschen und der Umwelt'. Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsvertraglichen Entwicklung: Konzept Nachhaltigkeit-Vom Leitbild zur Umsetzung. *Bundestagsdrucksache 13: 11200*.
- Deutsches PISA-Konsortium (2001). *PISA 2000 – Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich*. Opladen: Leske & Budrich.
- Dittmer, A., Gebhard, U., Höttecke, D., & Menthe, J. (2016). Ethisches Bewerten im naturwissenschaftlichen Unterricht: Theoretische Bezugspunkte für Forschung und Lehre. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22, 97-108. <https://doi.org/10.1007/s40573-016-0044-1>
- Döring, R., & Ott, K. (2001). Nachhaltigkeitskonzepte. *Zeitschrift für Wirtschafts-und Unternehmensethik*, 2(3), 315-342.
- Dörner, D. (2003). *Die Logik des Misslingens: Strategisches Denken in komplexen Situationen*. Hamburg: Rowohlt Verlag GmbH.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200005\)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A)
- DUK [Deutsche UNESO-Kommission] (Hrsg.) (2011). *UN-Dekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ 2005–2014 Nationaler Aktionsplan für Deutschland 2011*.

- DUK [Deutsche UNESO-Kommission] (Hrsg.). (2013). *Das deutsche Nationalkomitee für die UN-Dekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung“: Positionspapier „Zukunftsstrategie BNE 2015+“*
- DUK [Deutsche UNESCO-Kommission] (Hrsg.). (2014). UNESCO Roadmap zur Umsetzung des Weltaktionsprogramms „Bildung für Nachhaltige Entwicklung“. Bonn: Brandt GmGH.
- DUK [Deutsche UNESCO-Kommission] (Hrsg.). (2017). *Unpacking SDG 4 - Fragen und Antworten zur Bildungsagenda 2030*. Bonn: UNESCO.
- Eggert, S., & Bögeholz, S. (2006). Göttinger Modell der Bewertungskompetenz – Teilkompetenz „Bewerten, Entscheiden und Reflektieren“ für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 177-199.
- Eggert, S., & Bögeholz, S. (2010). Students' Use of Decision Making Strategies with regard to Socioscientific Issues - An Application of the Rasch Partial Credit Model. *Science Education*, 94(2), 230-258. <https://doi.org/10.1002/sce.20358>
- Eggert, S., & Bögeholz, S. (2014). Entwicklung eines Testinstruments zur Messung von Schülerkompetenzen im Umgang mit komplexen Umweltproblemsituationen. In: D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 371-384), Berlin, Heidelberg: Springer.
- Eggert, S., Bögeholz, S., Watermann, R., & Hasselhorn, M. (2010). Förderung von Bewertungskompetenz im Biologieunterricht durch zusätzliche metakognitive Strukturierungshilfen beim Kooperativen Lernen – Ein Beispiel für Veränderungsmessung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 299-314.
- Ernst, A. M. (1997). *Ökologisch-soziale Dilemmata: Psychologische Wirkmechanismen des Umweltverhaltens*. Weinheim: Beltz Psychologie-Verlag-Union.
- Feierabend, T., & Eilks, I. (2013). Der Klimawandel vor Gericht - Unterrichtsentwicklung und Implementation durch Partizipative Aktionsforschung. In: J. Menthe, D. Höttecke, I. Eilks, C. Höhle (Hrsg.), *Handeln in Zeiten des Klimawandels - Bewerten Lernen als Bildungsaufgabe*, (S. 113-124), Münster: Waxmann.
- Feierabend, T., Stuckey, M., Nienaber, S., & Eilks, I. (2012). Two Approaches for Analyzing Students' Competence of "Evaluation" in Group Discussions about Climate Change. *International Journal of Environmental and Science Education*, 7(4), 581-598.
- Feike, M. & Retzlaff-Fürst, C. (2017): Mathematik im Biologieunterricht - Ein Werkzeug naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. *Unterricht Biologie*, 423, 2-9.
- Fiedler, D., Tröbst, S., & Harms, U. (2017). University students' conceptual knowledge of randomness and probability in the contexts of evolution and mathematics. *CBE-Life Sciences Education*, 16(2), 1-16.
- Fischer, A. (2009). Nachhaltigkeit und fachdidaktische Herausforderungen. *Journal of Social Science Education*, 8(3), 2-15. <https://d-nb.info/1175688223/34> (16.05.2019).
- Fischer, S., Fischer, F., Kleinschmidt, M. & Lange, D. (2015). *Globalisierung und Politische Bildung. Eine didaktische Untersuchung zur Wahrnehmung und Bewertung der Globalisierung*. Wiesbaden: VS-Verlag.
- Fleischer, J., Koeppen, K., Kenk, M., Klieme, E., & Leutner, D. (2013). Kompetenzmodellierung: Struktur, Konzepte und Forschungszugänge des DFG-Schwerpunktprogramms. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 16(1), 5-22.
- Friege, G. (2001). *Wissen und Problemlösen: Eine empirische Untersuchung des wissenszentrierten Problemlösens im Gebiet der Elektrizitätslehre auf der Grundlage des Experten-Novizen-Vergleichs*. Berlin: Logos Verlag.
- Galotti, K. M. (1989). Approaches to studying formal and everyday reasoning. *Psychol. Bull.* 105, 331-351.
- Gausmann, E., Eggert, S., Hasselhorn, M., Watermann, R., & Bögeholz, S. (2010). Wie verarbeiten Schülerinnen und Schüler Sachinformationen in Problem- und Entscheidungssituationen Nachhaltiger Entwicklung – Ein Beitrag zur Bewertungskompetenz. *Zeitschrift für Pädagogik (Beiheft)*, 56, 204-215.
- Gebhard, U., Höttecke, D., & Rehm, M. (2017). *Pädagogik der Naturwissenschaften: Ein Studienbuch*. Wiesbaden: Springer VS.
- Geers, U., Alfs, N., & Höhle, C. (2009). Fachdidaktisches Wissen von Lehrkräften zum Thema „Ökosysteme“ sowie zum Kompetenzbereich Bewerten am Beispiel „Grüne Gentechnik“. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 8, 83-98.

- Geisz, M., & Schmitt, R. (2016). Schulische Rahmenbedingungen und pädagogisch-didaktische Herausforderungen. In: J.-R. Schreiber & H. Siege (Hrsg.) *Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung*. 2. aktualisierte und erweiterte Auflage. (S. 225-240), Berlin: Cornelsen.
- Goldhausen, I., & Di Fuccia, D. (2014). Der Prozess des mathematischen Modellierens im Chemieunterricht. *GDCP Tagungsband*, 205-207.
- Golz, H. G. (2011). Editorial. *Aus Politik und Zeitgeschichte*, 12/2001, 2.
- Gräber, W., Nentwig, P., Koballa, T. & Evans, R. (Hrsg.) (2002). *Scientific literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur allgemeinen Bildung*. Leverkusen: Leske + Budrich.
- Grace, M. (2009). Developing high quality decision-making discussions about biological conservation in a normal classroom setting. *International Journal of Science Education*, 31, 551-570.
- Gräsel, C., Bormann, I., Schütte, K., Trempler, K., & Fischbach, R. (2013). Outlook on research in education for sustainable development. *Policy Futures in Education*, 11(2), 115-127.
- Greiff, S., Niepel, C., Scherer, R., & Martin, R. (2016). Understanding students' performance in a computer-based assessment of complex problem solving: an analysis of behavioral data from computer-generated log files. *Comput. Hum. Behav.*, 61, 36-46.
- Griggs, D., Stafford-Smith, M., Gaffney, O., Rockström, J., Öhman, M. C., Shyamsundar, P., ... & Noble, I. (2013). Policy: Sustainable development goals for people and planet. *Nature*, 495(7441), 305. <https://doi.org/10.1038/495305a>
- Grobbauer, H. (2014). Global citizenship education. Politische Bildung für die Weltgesellschaft. *Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik*, 37(3), 28-33.
- Grosskurth, J., & Rotmans, J. (2005). The Scene Model: Getting a Grip on Sustainable Development in Policy Making. *Environment, Development and Sustainability*, 1, 135-151.
- Grundmann, D. (2017). *Bildung für nachhaltige Entwicklung in Schulen Verankern Handlungsfelder, Strategien und Rahmenbedingungen der Schulentwicklung*, Dissertation. Wiesbaden: Springer VS.
- Grunwald, A., & Kopfmüller, J. (2006). *Nachhaltigkeit*. Stuttgart: Campus.
- Hansjürgens, B. (2015). Zur Neuen Ökonomie der Natur: Kritik und Gegenkritik. *Wirtschaftsdienst*, 95(4), 284-291.
- Hartig, J., & Jude, N. (2007). Empirische Erfassung von Kompetenzen und psychometrische Kompetenzmodelle. In: J. Hartig & E. Klieme (Hrsg.). *Möglichkeiten und Voraussetzungen technologiebasierter Kompetenzdiagnostik. Eine Expertise im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung Bundesministerium für Bildung und Forschung*, Bonn Berlin, S 17-36.
- Hartig, J., & Frey, A. (2013). Sind Modelle der Item-Response-Theorie (IRT) das „Mittel der Wahl“ für die Modellierung von Kompetenzen? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 16(1), 47-51.
- Hartig, J., & Höhler, J. (2010). Modellierung von Kompetenzen mit mehrdimensionalen IRT-Modellen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 56, 189-198.
- Hedtke, R. (2016). Von der Betriebswirtschaftslehre lernen? Handlungsorientierung und Pluralismus in der ökonomischen Bildung, *Didaktik der Sozialwissenschaften, Social Science Education/Reprints*, No. 7, Universität Bielefeld, Fakultät für Soziologie, Bielefeld.
- Heitmann, P. (2012). *Bewertungskompetenz im Rahmen naturwissenschaftlicher Problemlöseprozesse: Modellierung und Diagnose der Kompetenzen Bewertung und analytisches Problemlösen für das Fach Chemie* (Vol. 142). Berlin: Logos Verlag Berlin GmbH.
- Heitmann, P., & Tiemann, R. (2011). Aspekte von Bewertungskompetenz im naturwissenschaftlichen Unterricht. *CHEMKON*, 18(3), 129-133.
- Hemmer, I. (2016). Bildung für nachhaltige Entwicklung. Der Beitrag der Fachdidaktiken. In: J. Menthe, D. Höttecke, T. Zabka, M. Hammann & M. Rothgangel (Hrsg.): *Befähigung zu gesellschaftlicher Teilhabe Beiträge der fachdidaktischen Forschung*, Band 10 (S. 25-40), Münster: Waxmann.
- Hoegh-Guldberg, O., Beal, D., Chaudhry, T., Elhaj, H., Abdullat, A., Etesy, P., & Smits, M. (2015). *Reviving the Ocean Economy: the case for action - 2015*. WWF International, Gland, Switzerland., Geneva, 60 pp.
- Hogan, K. (2002). Small groups' ecological reasoning while making an environmental management decision. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 39(4), 341-368.
- Homann, K., & Suchanek, A. (2005). *Ökonomik: Eine Einführung*. Tübingen: Mohr Siebeck.
- Höner, K. (1996). Mathematisierungen im Chemieunterricht – ein Motivationshemmnis? *ZfdN* 2/1996, 51-70.

- Höble, C. (2007). Theorien zur Entwicklung und Förderung moralischer Urteilsfähigkeit. In: *Theorien in der biomedizinischen Forschung* (S. 197-208), Berlin, Heidelberg: Springer.
- Höble, C., & Heusinger von Waldegg, K. (2010). Bewertungskompetenz diagnostizieren - eine Herausforderung. *MNU*, 7(10), 428-434.
- Hostenbach, J., & Walpuski, M. (2013). Untersuchung der Einflussfaktoren auf die Bewertungskompetenz im Fach Chemie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 129-157.
- Hostenbach, J., Fischer, H. E., Kauertz, A., Mayer, J., Sumfleth, E., & Walpuski, M. (2011). Modellierung der Bewertungskompetenz in den Naturwissenschaften zur Evaluation der Nationalen Bildungsstandards. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 261-287.
- Höttecke, D. (2013a). Bewerten – Urteilen – Entscheiden. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 24 (2), 4-12.
- Höttecke, D. (2013b). Rollen- und Planspiele in der Bildung für nachhaltige Entwicklung. In: J. Menthe, D. Höttecke, I. Eilks, C. Höble (Hrsg.), *Handeln in Zeiten des Klimawandels – Bewerten Lernen als Bildungsaufgabe* (S. 95-111), Münster: Waxmann.
- Isaacs, A., Wagreich, P., & Gartzman, M. (1997). The quest for integration: School mathematics and science. *American Journal of Education*, 106, 179-206.
- Jahn, T., Hummel, D., & Schramm, E. (2015). Nachhaltige Wissenschaft im Anthropozän. *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society*, 24(2), 92-95.
- Jessel, B., Tschimpke, O., Waiser, M. (2009). *Produktivkraft Natur*. Hamburg: Hoffmann und Campe.
- Jörissen, J., Kopfmüller, J., Brandl, V., & Paetau, M. (1999). *Ein integratives Konzept nachhaltiger Entwicklung* Wissenschaftliche Berichte (FZKA 6393). Forschungszentrum Karlsruhe.
- Juchler, I. (2016). Sekundarstufe 1: Gesellschaftswissenschaftliches Aufgabenfeld - Politische Bildung. In: J.-R. Schreiber & H. Siege (Hrsg.) *Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung*. 2. aktualisierte und erweiterte Auflage. Berlin: Cornelsen, 214-224.
- Kauertz, A., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E., & Walpuski, M. (2010). Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den Naturwissenschaften der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 135-153.
- Kimpel, L. & Sumfleth, E. (2017). Probleme bei der Bearbeitung chemischer Rechenaufgaben. In: C. Maurer (Hrsg.) *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016*. Universität Regensburg.
- Klafki, W. (2007). *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik: Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik*. Beltz, Weinheim.
- Klieme, E., & Baumert, J. (2001). Identifying national cultures of mathematics education: Analysis of cognitive demands and differential item functioning in TIMSS. *European journal of psychology of education*, 16(3), 385.
- Klieme, E., & Leutner, D. (2006). Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen. Beschreibung eines neu eingerichteten Schwerpunktprogramms der DFG. *Zeitschrift für Pädagogik*, 52, 876-903.
- Klieme, E., Hartig, J., & Rauch, D. (2008). The Concept of Competence in Educational Contexts. In: J. Hartig, E. Klieme, & D. Leutner (eds.), *Assessment of competencies in educational contexts* (pp. 3-22). Göttingen: Hogrefe & Huber Publishers.
- KMK [Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder der Bundesrepublik Deutschland] (Hrsg.) (2005a). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand.
- KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder der Bundesrepublik Deutschland) (Hrsg.) (2005b). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand.
- KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder der Bundesrepublik Deutschland) (Hrsg.) (2005c). *Bildungsstandards im Fach Physik für den mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand.
- Knittel, C. B. (2013). *Eine Feldstudie zur Untersuchung der Förderung von Bewertungskompetenz - am Beispiel der Photovoltaik*. Dissertation. Pädagogische Hochschule Freiburg.

- Koepfen, K., Hartig, J., Klieme, E., & Leutner, D. (2008). Current issues in competence modelling and assessment. *Zeitschrift für Psychologie/Journal of Psychology*, 216, 61-73.
- Kolstø, S. D. (2000). Consensus projects: teaching science for citizenship. *International Journal of Science Education*, 22(6), 645-664.
- Kolstø, S. D. (2001). 'To trust or not to trust, ...'-pupils' ways of judging information encountered in a socio-scientific issue. *International Journal of Science Education*, 23(9), 877-901.
- Kolstø, S. D. (2006). Patterns in students' argumentation confronted with a risk-focused socio-scientific issue. *International Journal of Science Education*, 28(14), 1689-1716.
- Krol, G.-J., & Zörner, A. (2016). Wirtschaft. In: J.-R. Schreiber & H. Siege (Hrsg.). *Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung*. 2. aktualisierte und erweiterte Auflage. (S. 285-299), Berlin: Cornelsen.
- Krüger, D., Parchmann, I., & Schecker, H. (Hrsg.). (2018). *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin: Springer.
- Kübler, D., Kissling-Näf, I., & Zimmermann, W. (2001). *Wie nachhaltig ist die Schweizer Forstpolitik? Ein Beitrag zur Kriterien- und Indikatordiskussion*. Basel: Helbling & Lichtenhahn.
- Kuhn, D. (1993). Connecting scientific and informal reasoning. *Merrill Palmer Q.* 39, 74-103.
- Künzli David, C. K., Bertschy, F., & Di Giulio, A. (2010). Bildung für eine Nachhaltige Entwicklung im Vergleich mit globalem Lernen und Umweltbildung. *Revue suisse des sciences de l'éducation*, 32(2), 213-231.
- Land, R., Cousin, G., Meyer, J. H., & Davies, P. (2006). *Implications of threshold concepts for course design and evaluation. Overcoming barriers to student understanding threshold concepts and troublesome knowledge*. (pp. 195-206), Oxon, UK: Routledge.
- Lenkungsreis Wissenschaftsplattform Nachhaltigkeit 2030 (Hrsg.) (2017). *Wissen für nachhaltigen Wandel erarbeiten, vermitteln, nutzen: Was die Wissenschaftsplattform Nachhaltigkeit 2030 erreichen will; Ziel und Mehrwert der Wissenschaftsplattform in der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie*. - IASS Brochure. <https://doi.org/10.2312/iass.2017.022>
- Loerwald, D. & Schröder, R. (2011). Zur Institutionalisierung ökonomischer Bildung im allgemeinbildenden Schulwesen. *Aus Politik und Zeitgeschichte*. 12/201, 9-15.
- Löw Beer, D. (2016). (How) should prices be adjusted to reflect the environmental harm of products? Teacher trainees' understanding of an eco-economic phenomenon. *Zeitschrift für ökonomische Bildung*, 5, 50-71.
- Lutter, A. (2017). Zwischen Kontroversität und Multiperspektivität – Herausforderungen für Unterricht und Weiterbildung aus Perspektive des ‚Beutelsbacher Konsenses‘. In: P. Graeff & S. Wolf, Sebastian (Hrsg.): *Korruptionsbekämpfung vermitteln*. (S. 13-23), Wiesbaden: Springer VS.
- Manzel, S. (2014). Was macht ein politisches Urteil aus? Ein Modellvorschlag. In: (Hrsg.), *Politisch mündig werden. Politikkompetenz in der Schule aufbauen und diagnostizieren*. (Schriften zur Didaktik der Sozialwissenschaften in Theorie und Unterrichtspraxis, Bd. 2). (S. 25-34), Leverkusen: Budrich.
- Marggraf, R. (2005). Ökonomische Grundlagen der Umweltbewertung. In: R. Marggraf, I. Bräuer, A. Fischer, S. Menzel, U. Stratmann und A. Suhr (Hrsg.). *Ökonomische Bewertung bei umweltrelevanten Entscheidungen. Einsatzmöglichkeiten von Zahlungsbereitschaftsanalysen in Politik und Verwaltung*. Marburg: Metropolis-Verlag.
- Marks, R., Bertram, S., & Eilks, I. (2006). Chemiebezogene Bewertungskompetenz entwickeln - durch offene gesellschaftskritische Kontroversen im Chemieunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 17 (94-95), 69-73.
- Masters, G. N. (1982). A Rasch model for partial credit scoring. *Psychometrika*, 47(2), 149-174.
- May, H. (2010). *Ökonomie für Pädagogen*. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH. <https://doi.org/10.1524/9783486711936>
- McBride, J. W., & Silverman, F. L. (1991). Integrating elementary and middle school science and mathematics. *School Science and Mathematics*, 91(7), 285-292.
- Means, M. L. & Voss, J. F. (1996). Who reasons well? Two studies of informal reasoning among children of different grade, ability, and knowledge levels. *Cognition and Instruction*, 14, 139-178.
- Meister, J. (2017). Mathematisierungen im Biologieunterricht: Funktionales Denken bei der Modellierung biologischer Kontexte. BestMasters. Wiesbaden: *Springer Fachmedien Wiesbaden*. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-18788-0>

- Menthe, J. (2012). Wider besseren Wissens?! Conceptual Change: Vermutungen, warum erworbenes Wissen nicht notwendig zur Veränderung des Urteilens und Bewertens führt. *Zeitschrift für interpretative Schul- und Unterrichtsforschung*, 1(1), 161-183.
- Meyer, J. H. F., & Land, R. (2003). Threshold Concepts and Troublesome Knowledge 1 - Linkages to Ways of Thinking and Practising. In: C. Rust (ed.): *Improving Student Learning – Ten Years On*. (pp.1-16), Oxford: OCSLD. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.476.3389&rep=rep1&type=pdf> (16.05.2019).
- Minsch, J., Eberle, A., Meier, B., & Schneidewind, U. (1996). *Mut zum ökologischen Umbau. Innovationsstrategien für Unternehmen, Politik und Akteurnetze*. Basel: Birkhäuser.
- MK Nds [Niedersächsisches Kultusministerium]. (2015a). *Kerncurriculum für das Gymnasium, Schuljahrgänge 5-10, Naturwissenschaften*. Hanover: Unidruck.
- MK Nds [Niedersächsisches Kultusministerium]. (2015b). *Kerncurriculum für das Gymnasium, Schuljahrgänge 8-10, Politik-Wirtschaft*. Hanover: Unidruck.
- MK Nds [Niedersächsisches Kultusministerium]. (2015c). *Kerncurriculum für das Gymnasium, Schuljahrgänge 5-10, Erdkunde*. Hanover: Unidruck.
- MK Nds [Niedersächsisches Kultusministerium]. (2017a). *Kerncurriculum für das Gymnasium - gymnasiale Oberstufe, Biologie*. Hannover: Unidruck.
- MK Nds [Niedersächsisches Kultusministerium]. (2017b). *Kerncurriculum für das Gymnasium - gymnasiale Oberstufe, Erdkunde*. Hannover: Unidruck.
- MK Nds [Niedersächsisches Kultusministerium]. (2018). *Kerncurriculum für das Gymnasium - gymnasiale Oberstufe, Politik-Wirtschaft*. Hanover: Unidruck.
- Moegling, K. (2012). Fächerübergreifendes Lernen im Kontext gymnasialer Schulentwicklung. In: S. Lin-Klitzing, D. Di Fuccia & G. Müller-Frerich (Hrsg.): *Aspekte gymnasialer Bildung – Beiträge zu gymnasialer Bildungstheorie, Unterrichts- und Schulentwicklung*. Bd. 3 der Reihe »Gymnasium – Bildung – Gesellschaft. (S. 79-92), Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Moosbrugger, H., & Kelava, A. (Hrsg.). (2012). *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Morton, T. (2014). Victorian hyperobjects. *Nineteenth-Century Contexts*, 36(5), 489-500.
- Niebert, K. (2016). Nachhaltigkeit lernen im Anthropozän. In: M. K. W. Schweer (Hrsg.). *Bildung für nachhaltige Entwicklung in pädagogischen Handlungsfeldern*. Frankfurt a.M.: Peter Lang. https://www.researchgate.net/publication/305434159_Nachhaltigkeit_lernen_im_Anthropozan/download (10.05.2019).
- O'Donnell, R. M. (2009). *Threshold concepts and their relevance to economics*. ATEC 2009: 14th Annual Australasian Teaching Economics Conference (pp. 190-200). Brisbane, Queensland: School of Economics and Finance, Queensland University of Technology.
- OECD [Organisation for economic co-operation and development] - Directorate for Education, Employment, Labour and Social Affairs, Education Committee. (2003). *Definition and selection of competencies (De-SeCo). Theoretical and conceptual foundations* (Summary of the final report "Key Competencies for a Successful Life and a Well-Functioning Society". Neuchâtel: DeSeCo Secretariat.
- OECD [Organisation for Economic Co-operation and Development]. (2004). *Problem solving for tomorrow's world. First measures of cross-curricular competencies from PISA 2003*. Paris: OECD.
- Ohl, U. (2013). Komplexität und Kontroversität. *Praxis Geographie*, (3), 4-8.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argument in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 994-1020.
- Overwien, B. (2016). Globales Lernen & Bildung für nachhaltige Entwicklung. Behindert der Beutelsbacher Konsens thematische und methodische Innovation? In: B. Widmaier & P. Zorn, (Hrsg.). *Brauchen wir den Beutelsbacher Konsens?* (S. 260-268), Bonn: BPB.
- Pang, J., & Good, R. (2000). A review of the integration of science and mathematics: Implications for further research. *School Science and Mathematics*, 100(2), 73-82.
- Papadouris, N., & Constantinou, C. P. (2010). Approaches employed by sixth-graders to compare rival solutions in socio-scientific decision-making tasks. *Learning and Instruction*, 20, 225-238.

- Parchmann, I. (2010). Kompetenzmodellierung in den Naturwissenschaften – Vielfalt ist wertvoll, aber nicht ohne ein gemeinsames Fundament. In: E. Klieme, D. Leutner & M. Kenk (Hrsg.). *Kompetenzmodellierung. Zwischenbilanz des DFG-Schwerpunktprogramms und Perspektiven des Forschungsansatzes*. 56. Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik (S. 135-142), Weinheim: Beltz.
- Perkins, D. N., Farady, M., & Bushey, B. (1991). Everyday reasoning and the roots of intelligence. In: J. F. Voss, D. N. Perkins, & J. W. Segal (eds.). *Informal Reasoning and Education*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., pp. 83-105.
- Peschek, W., Prediger, S., & Schneider, E. (2008). Reflektieren und Reflexionswissen im Mathematikunterricht. *Praxis der Mathematik in der Schule*, 50(20), 1-6.
- Pohl, C., & Hirsch Hadorn, G. (2008). Gestaltung transdisziplinärer Forschung. *Sozialwissenschaften und Berufspraxis*, 31(1), 5-22.
- Pospiech, G., Uhden, O., & Geyer, M. (2015). Modell der mathematischen Modellierung in der Physik. In: S. Bernholt (Hrsg.). *Heterogenität und Diversität-Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht*. Kiel: IPN (2015) S. 199-201.
- Prenzel, M., Artelt, C., Baumert, J., Blum, W., Hammann, M.; Klieme, E. & Pekrun, R. (Hrsg.). (2008). *PISA 2006 in Deutschland. Die Kompetenzen der Jugendlichen im dritten Ländervergleich*. Münster: Waxmann.
- Programm Transfer-21 (Hrsg.) (2008). *Bildung für nachhaltige Entwicklung. Hintergründe, Legitimation und (neue) Kompetenzen*. Berlin.
- Pühringer, S., Bäuerle, L., & Engartner, T. (2017). *Was denken (zukünftige) ÖkonomInnen? Einblicke in die politische und gesellschaftliche Wirkmächtigkeit ökonomischen Denkens* (No. Ök-34). Working Paper Serie.
- Ratcliffe, M., & Grace, M. (2003). *Science Education for Citizenship. Teaching Socio-Scientific Issues*. Maidenhead: Oxford University Press.
- Rebello, N. S., Cui, L., Benett, A. G., Zollman, D. A., & Ozimek, D. J. (2007). Transfer of learning in problem solving in the context of mathematics and physics. In: D. Jonassen, (Hrsg.) *Learning to Solve Complex Scientific Problems*. Lawrence Erlbaum Associates, New York.
- Redish, E. F. (2006). Problem solving and the use of math in physics courses. *arXiv preprint physics/0608268*.
- Rehm, M., & Parchmann, I. (2015). Lernvielfalt Naturwissenschaften. Ziele und Ansätze einer systematischen Vernetzung schulischen und außerschulischen Lernens. *Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie*, 2 (147), 2-7.
- Reiss, K., Ufer, S., Ulm, V., & Wienholtz, G. (2016). Mathematik – fachdidaktischer Teil In: J.-R. Schreiber & H. Siege (Hrsg.) *Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung*. 2. aktualisierte und erweiterte Auflage. (S. 300-308), Berlin: Cornelsen.
- Reitschert, K., & Höhle, C. (2007). Wie Schüler ethisch bewerten. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 125-143.
- Retzlaff-Fürst, C. (2013). Protokollieren, Zeichnen, Mathematisieren. In: H. Gropengießer, U. Harms & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (9. Aufl.) (S. 71-77). Hallbergmoos: Aulis Verlag.
- Retzmann, T., Seeber, G., Remmele, B., & Jongebloed, H. C. (2010). Ökonomische Bildung an allgemeinbildenden Schulen. Essen/Lahr/Landau/Kiel.
- Rieß, W. (2013). Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) und Förderung systemischen Denkens. *AnliegenNatur* (35), 55-64.
- Rieß, W., Mischo, C. & Waltner, E.M. (2018). Ziele einer Bildung für nachhaltige Entwicklung in Schule und Hochschule: Auf dem Weg zu empirisch überprüfbaren Kompetenzen. *Gaia: Ökologische Perspektiven in Natur-, Geistes- und Wirtschaftswissenschaften*, 27(3), 298-305.
- Romine, W. L., Sadler, T. D., & Kinslow, A. T. (2017). Assessment of scientific literacy: Development and validation of the quantitative assessment of socio-scientific reasoning (QuASSR). *Journal of Research in Science Teaching*, 54(2), 274-295. <https://doi.org/10.1002/tea.21368>
- Rost, J. (2002). Umweltbildung - Bildung für nachhaltige Entwicklung: Was macht den Unterschied? *ZEP*, 25(I), 7-12.
- Roth, W-M. (1992). Bridging the gap between school and real life: Toward an integration of science, mathematics, and technology in the context of authentic practice. *School Science and Mathematics*, 92(6), 307-317.

- Rupp, G. (2009). Zur Modellierung und zum Aufbau von Reflexionskompetenz. In: J. Rohbeck, U. Thurnherr, & V. Steenblock (Hrsg.), *Empirische Unterrichtsforschung und Philosophiedidaktik* (S. 137-150). Dresden: Thelem Universitätsverlag.
- Sadler, T. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, *41*, 513-536.
- Sadler, T. (2011). *Socio-scientific issues in the classroom – teaching, learning and research*. Dordrecht: Springer.
- Sadler, T. D., & Fowler, S. R. (2006). A threshold model of content knowledge transfer for socioscientific argumentation. *Science Education*, *90*(6), 986-1004.
- Sadler, T., Barab, S., & Scott, B. (2007). What Do Students Gain by Engaging in Socio-scientific Inquiry? *Research in Science Education*, *37*, 371-391.
- Sakschewski M. T., Eggert S., Schneider S., & Bögeholz S. (2014). Students' Socioscientific Reasoning and Decision-making on Energy-related Issues – Development of a Measurement Instrument. *International Journal of Science Education*, *36*(14), 2291-2313. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.920550>
- Sander, H., & Höttecke, D. (2015). Bewertungskompetenz in der Physikdidaktik: Zwischen Rationalität und Intuition. *Fachlich argumentieren lernen: Didaktische Forschungen zur Argumentation in den Unterrichtsfächern*, *7*.
- Sander, H., & Höttecke, D. (2017). Orientierungen von Jugendlichen beim Urteilen und Entscheiden in Kontexten nachhaltiger Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 1-16.
- Schanze, S., & Parchmann, I. (2013). Mathematisierung im Chemieunterricht. Grundlagen und Umsetzung anhand von Basiskonzepten. *Unterricht Chemie*, *24*(134), 2-7.
- Schäpke, N., Stelzer, F., Bergmann, M., Singer-Brodowski, M., Wanner, M., Caniglia, G., & Lang, D. J. (2017). *Reallabore im Kontext transformativer Forschung: Ansatzpunkte zur Konzeption und Einbettung in den internationalen Forschungsstand*. IETSR discussion papers in transdisciplinary sustainability research.
- Schecker, H., & Höttecke, D. (2007). Aufgaben zum Kompetenzbereich Bewerten. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik*, *18*(97), 29-36.
- Schecker, H., & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *12*(1), 45-66.
- Schmidt, H.-J. (1990). *Stolpersteine im Chemieunterricht*. Frankfurt a.M.: Diesterweg (Sauerländer).
- Schmidt, H.-J. (1992a). *Harte Nüsse im Chemieunterricht*. Frankfurt a.M.: Diesterweg (Sauerländer).
- Schmidt, H.-J. (1992b). Das stöchiometrische Rechnen – ein Plädoyer für ein unbeliebtes Thema im Chemieunterricht. *PdN-ChiS*, *41*(4), 8-13.
- Schmidt, H.-J., Bell, H.-J., & Wainwright, M. (1975). Mathematische Probleme im Chemieunterricht. *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, *24*, 85.
- Schmidt, S., Ennemoser, M., & Krajewski, K. (2013). *Deutscher Mathematiktest für neunte Klassen (DEMAT 9)*. Göttingen: Hogrefe.
- Schmiemann, P., & Lücken, M. (2014). Validität–Misst mein Test, was er soll? In: *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 107-118). Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Schneider, W., Schlagmüller, M. & Ennemoser, M. (2007). *Lesegeschwindigkeits- und –verständnistest für die Klassen 6-12 (LGVT 6-12). Manual*. Göttingen: Hogrefe.
- Schreiber, J.-R., & Siege, H. (2016). *Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung*. 2. aktualisierte und erweiterte Auflage. Berlin: Cornelsen.
- Schroeter, B., Bernholt, S., Härtig, H., Klinger, U., & Parchmann, I. (2016). Naturwissenschaftlicher Unterricht (Biologie, Chemie, Physik). In: J.-R. Schreiber & H. Siege (Hrsg.) *Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung*. 2. aktualisierte und erweiterte Auflage. (S. 332-356), Berlin: Cornelsen.
- Schumann, S., & Eberle, F. (2014). Ökonomische Kompetenzen von Lernenden am Ende der Sekundarstufe II. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *17*(1), 103-126. <https://doi.org/10.1007/s11618-013-0459-0>
- Schwarz, G. (1978). Estimating the dimension of a model. *The Annals of Statistics*, *6*, 461-464.
- Seeber, G., & Birke, F. (2011). Using a Fox to Guard the Geese? A German Debate on the Purposes of Economic Education in Relation to Sustainability and the Role of Values. *Citizenship, Social and Economics Education*, *10*(2-3), 170-181. <http://dx.doi.org/10.2304/csee.2011.10.2.170>

- Seeber, G., & Retzmann, B. (2008). Does Economic Competence Indicate the Individual Level of Agreement with Market Economy? In: *Proceedings of ECER 2008*. Goteborg. <https://www.uni-koblenz-landau.de/de/landau/fb6/sowi/iww/team/Professoren/seeber/WHL16> (21 February 2017).
- Shanahan, M. (2016). Threshold concepts in economics. *Education+ Training*, 58(5), 510-520. <https://doi.org/10.1108/ET-01-2016-0002>
- Singley, M. K., & Anderson, J. R. (1989). *The transfer of cognitive skill* (No. 9). Harvard University Press.
- SMK [Sächsisches Staatsministerium für Kultus] (Hrsg.). (2011). *Lehrplan Gymnasium Geographie*. Dresden.
- SMK [Sächsisches Staatsministerium für Kultus] (Hrsg.). (2013). *Lehrplan Gymnasium Gemeinschaftskunde Rechtserziehung/Wirtschaft*. Dresden.
- SMK [Sächsisches Staatsministerium für Kultus] (Hrsg.). (2017). *Lehrplan Gymnasium Biologie*. Dresden.
- SRU [Sachverständigenrat für Umweltfragen]. (1994). *Umweltgutachten 1994*. Stuttgart: Metzler-Poeschl.
- Steffen, W., Persson, Å., Deutsch, L., Zalasiewicz, J., Williams, M., Richardson, K., ... & Molina, M. (2011). The Anthropocene: From global change to planetary stewardship. *Ambio*, 40(7), 739.
- Stern, N. (2006). *The Stern review: the economics of climate change*. London: HM Treasury 2006.
- Stoltenberg, U., & Burandt, S. (2014). Bildung für eine nachhaltige Entwicklung. In: H. Heinrichs und G. Michelsen (Hrsg.). *Nachhaltigkeitswissenschaften*. (S. 567-594), Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Strahl, A. (2016). Mathematisierung der Naturwissenschaften. Formeln in der Physik. Untersuchungsergebnisse und Praxisvorschläge zur Arbeit mit Formeln im Physikunterricht. *PLUS LUCIS*, 2, 28-32.
- Südwind (Hrsg.) (2017). Globales Lernen in der Volkshochschule – Ein Leitfaden. www.suedwind.at/fileadmin/user_upload/Suedwind/Regionalstelle_Tirol/Download_diverses/Leitfaden_Globales_Lernen_in_der_Volksschule_web-version.pdf&usg=AOvVaw1LXXPOqI_6P-WxHYi1Prvg (10.05.2019).
- TEEB [The Economics of Ecosystems and Biodiversity]. (2011). *The economics of ecosystems and biodiversity in national and international policy making*. London: Earthscan.
- Teig, N., & Scherer, R. (2016). Bringing Formal and Informal Reasoning Together-A New Era of Assessment? *Frontiers in psychology*, 7, 1097. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01097>
- Tibell, L. A. E., & Harms, U. (2017). Biological Principles and Threshold Concepts for Understanding Natural Selection. *Science & Education*, 26(7-9), 953-973. <https://doi.org/10.1007/s11191-017-9935-x>
- Trump, S., & Borowski, A. (2014). Die Anwendung von Mathematik in der Physik (Sek II). *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht*. IPN, Kiel.
- Trump, S., Brandenburger, M., Schmidt, I. & Mikelskis-Seifert, S. (2014). Mathematik in den Naturwissenschaften Inhalte, Anwendung und Folgen. In: S. Bernholt (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht*. *GDCP Jahrestagung 2013*. (S. 285-287), Kiel: IPN-Verlag.
- Tulodziecki, G., Herzig, B., & Blömeke, S. (2017). *Gestaltung von Unterricht. Eine Einführung in die Didaktik*. 3., überarbeitete und erweiterte Auflage. Bad Heilbrunn. Klinkhardt/UTB.
- Uhden, O. (2012). *Mathematisches Denken im Physikunterricht: Theorieentwicklung und Problemanalyse* (Vol. 133). Dissertation. Berlin: Logos Verlag Berlin GmbH.
- Underhill, R. G. (1995). Integrating math and science: We need dialogue! *School Science and Mathematics*, 95(5), 225.
- UNESCO [United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization]. (2014). Global Citizenship Education. Preparing learners for the challenges of the twenty-first century, Paris; <http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002277/227729e.pdf> (16.05.2019).
- UNESCO [United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization]. (2017). Education for Sustainable Development Goals. Learning Objectives. Paris: UNESCO. <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002474/247444e.pdf> (Lead authors: Marco Rieckmann, Lisa Mindt, Senan Gardiner).

- UNESCO-MGIEP [United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization - Mahatma Gandhi Institute of Education for Peace and Sustainable Development]. (2017): Textbooks for Sustainable Development: A Guide to Embedding. New Delhi http://mgiep.unesco.org/wp-content/uploads/2017/07/COMPLETE-GUIDEBOOK_Textbooks-for-Sustainable-Development.pdf (10.05.2019).
- Walpuski, M., Kauertz, A., Kampa, N., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E. & Wellnitz, N. (2010). ESNaS – Evaluation der Standards für die Naturwissenschaften in der Sekundarstufe I. In: A. Gehrman, U. Hericks, M. Lüders (Hrsg.), *Bildungsstandards und Kompetenzmodelle – Beiträge zu einer aktuellen Diskussion über Schule, Lehrerbildung und Unterricht* (S. 171-184). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- WBGU [Wissenschaftlicher Beirat Globale Umweltveränderungen der Bundesregierung] (2011). *Welt im Wandel. Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. Hauptgutachten*. Berlin: WBGU.
- WCED [World Commission on Environment and Development]. (1987). *Our Common Future*. Oxford University Press, Oxford.
- Weber, B. (2015). Editorial: Multiperspectivity, values and criticism in economic and civic education. *Journal for Social Science Education*, 14(4), 2-6.
- Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In: F. E. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessungen in Schulen*. (S. 17-31), Weinheim und Basel: Beltz.
- 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.
- Wilbert, J., & Linnemann, M. (2011). Kriterien zur Analyse eines Tests zur Lernverlaufsdagnostik. *Empirische Sonderpädagogik*, 3(3), 225-242.
- Wilson, M. (2005). *Constructing measures. An item response modelling approach*. Mawah: Erlbaum.
- Wintersteiner, W., Grobbauer, H., Diendorfer, G. & Reitmair-Juarez, S. (2015). *Global Citizenship Education. Politische Bildung für die Weltgesellschaft* (2. Aufl.). Klagenfurt, Salzburg, Wien. <http://www.komment.at/media/pdf/pdf222.pdf> (10.05.2019).
- Witten, G.Q. (2005). Designing a mathematics course for chemistry and geology students. *Educational Studies in Mathematics*, 58, 1-19.
- Wu, M. L., Adams, R. J., Wilson, M. R., & Haldane, S. A. (2007). *Acer ConQuest Version 2.0: Generalised Item Response Modelling Software*. Camberwell, VIC, Australia: Acer.
- WWF [World Wide Fund for Nature]. (2016). *Living Planet Report. 2016. Risk and resilience in a new era*. WWF International, Gland, Switzerland.
- Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Dev.Rev.* 27,172–223. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2006.12.001>
- Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 35-62. <https://doi.org/10.1002/tea.10008>

Anhang

A.1 Danksagung

(Dr.-)Arbeit ist gleich Kraft mal Weg.

Die *Kraft* für den *Weg* verdanke ich meiner Familie – insbesondere meiner Frau Peggy, meinen Töchtern Ida und Elli, meinen Eltern Christiane und Bernd[†], meinen Geschwistern Annekathrin, Volker und Martin sowie meinen Schwiegereltern Gisela und Hartmut. Ohne Eure Unterstützung, Euer Vertrauen und Euren geduldigen Beistand hätte ich den Weg nicht gehen können. Vielen lieben Dank Euch allen!

Wegweisend war stets meine Doktormutter Frau Prof. Dr. Susanne Bögeholz. Sie stand mir in allen Phasen meiner Arbeit mit fachlicher Expertise und freundschaftlichem Rat zur Seite. Sie ermöglichte mir viele Freiheiten und brachte mir jederzeit großes Vertrauen entgegen.

Auch danke ich rechtherzlich Herrn Prof. Dr. Rainer Marggraf und Herrn Prof. Dr. Dieter Heineke, die sich beide zu jeder Zeit sehr kooperativ gezeigt haben.

Prof. Dr. Jan Barkmann und Dr. Sabina Eggert waren zusammen mit Prof. Dr. Susanne Bögeholz zentral für die erfolgreiche Umsetzung und haben das Forschungsprojekt mit Ihrer fachlichen Expertise den ganzen Weg mitgetragen. Großer Dank gilt auch Prof. Dr. Claus H. Carstensen, Prof. Dr. Dominik Leiß, Prof. Dr. Dirk Loerwald, Prof. Dr. William Boone sowie allen Mitarbeiter*innen der Abteilung Didaktik der Biologie.

Des Weiteren danke ich allen Professor*innen, Schulleiter*innen, Lehrer*innen, Studierenden, Schüler*innen und Kolleg*innen, die mich unterstützt haben. Ohne die Unterstützung wäre mir die erfolgreiche Umsetzung des Forschungsprojektes nicht möglich gewesen. Vielen lieben Dank!

Dank gilt auch der Niedersächsischen Landesschulbehörde sowie der Sächsischen Bildungsagentur. Das Forschungsprojekt wurde durch die finanzielle Förderung des Niedersächsischen Ministeriums für Wissenschaft und Kultur (Förderung in Förderlinie 2: Drittmittelwerbung in der Lehrerbildung) und maßgeblich durch eine Sachbeihilfe der Deutschen Forschungsgemeinschaft [DFG BO 1730/5-1] ermöglicht.

A.2 Promovierenden - Erklärung der Georg-August-Universität Göttingen

Name: **Böhm, Marko (geboren: 25.03.1985, Dresden); Matrikel-Nr.: 21171463**

Anschrift: **Breite Str. 11, 37127 Dransfeld**

Ich beabsichtige, eine Dissertation zum Thema *„Lösungsansätze umwelt- und institutionenökonomisch analysieren und reflektieren können – Ein Beitrag zur theoretischen Fundierung und empirischen Überprüfung von Bewertungs-kompetenz“* an der Georg-August-Universität Göttingen anzufertigen. Dabei werde ich von Prof. Dr. Susanne Bögeholz, Prof. Dr. Rainer Marggraf und Prof. Dr. Dieter Heineke betreut.

Ich gebe folgende Erklärung ab:

1. Die Gelegenheit zum vorliegenden Promotionsvorhaben ist mir nicht kommerziell vermittelt worden. Insbesondere habe ich keine Organisation eingeschaltet, die gegen Entgelt Betreuerinnen und Betreuer für die Anfertigung von Dissertationen sucht oder die mir obliegenden Pflichten hinsichtlich der Prüfungsleistungen für mich ganz oder teilweise erledigt.
2. Hilfe Dritter wurde bis jetzt und wird auch künftig nur in wissenschaftlich vertretbarem und prüfungsrechtlich zulässigem Ausmaß in Anspruch genommen. Insbesondere werden alle Teile der Dissertation selbst angefertigt; unzulässige fremde Hilfe habe ich dazu weder unentgeltlich noch entgeltlich entgegengenommen und werde dies auch zukünftig so halten.
3. Die Ordnung zur Sicherung der guten wissenschaftlichen Praxis an der Universität Göttingen wird von mir beachtet.
4. Eine entsprechende Promotion wurde an keiner anderen Hochschule im In- oder Ausland beantragt; die eingereichte Dissertation oder Teile von ihr wurden/werden nicht für ein anderes Promotionsvorhaben verwendet.

Mir ist bekannt, dass unrichtige Angaben die Zulassung zur Promotion ausschließen bzw. später zum Verfahrensabbruch oder zur Rücknahme des erlangten Grades führen können.

Göttingen, 01.07.2021

A.3 Liste der Veröffentlichungen

Artikel mit Peer-Review

- Böhm, M.***, Barkmann, J., Eggert, S., Carstensen, C. H., & Bögeholz, S.* (2020). Quantitative Modelling and Perspective Taking: Two Competencies of Decision Making for Sustainable Development. *Sustainability*, 12(17), 6980. <https://doi.org/10.3390/su12176980> [* are shared first-authors].
- Böhm, M.**, Eggert, S., Barkmann, J., & Bögeholz, S. (2016). Evaluating Sustainable Development solutions quantitatively: Competence modelling for GCE and ESD. *Citizenship, Social and Economics Education*, 15(3), 190-211. <https://doi.org/10.1177/2047173417695274>
- Bögeholz, S., **Böhm, M.**, Eggert, S., & Barkmann, J. (2014). Education for Sustainable Development in German Science Education: Past - Present - Future. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 10(4), 231-248. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2014.1079a>

Sonstige

- Barkmann, J., **Böhm, M.**, Eggert, S., Kaminski, H., Koch, S., Malz, S., Marggraf, R., Schnell, C., Sundawati, L., & Bögeholz, S. (2012) Environmental and institutional economics education: A challenge for Education for Sustainable Development. In: C.-H. Daub, P. Burger, Y. Scherrer, & J. T. Frece (eds.). *Strategies for Sustainability: Institutional and Organisational challenges. Proceedings of the 3rd International Sustainability Conference*, 29-31 August 2012, Basel, Switzerland. 184-187.
- Böhm, M.**, Barkmann, J., Eggert, S. & Bögeholz, S. (2013). Umwelt- und institutionenökonomische Analyse und Reflektion von Lösungsansätzen für Herausforderungen des Biodiversitätsschutzes - Ein Beitrag zum Göttinger Modell der Bewertungskompetenz. In: U. Feit & H. Korn (Hrsg.). *Treffpunkt Biologische Vielfalt XII - Interdisziplinärer Forschungsaustausch im Rahmen des Übereinkommens über die biologische Vielfalt - BfN-Skripten 335*. (S.123-131). Bonn, Bad-Godesberg: Bundesamt für Naturschutz (BfN).

Posterpräsentationen

- Böhm, M.**, Barkmann, J., Eggert, S., & Bögeholz, S. (2015). *Lösungsansätze umwelt- und institutionenökonomisch analysieren und reflektieren*. Internationale Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB) im VBIO "Bildung durch Biologieunterricht". 14.-17. September 2015, Hamburg.
- Böhm, M.**, Barkmann, J., Eggert, S., & Bögeholz, S. (2012). *Lösungsansätze für Biodiversitätsproblemsituationen ökonomisch analysieren und reflektieren*. Internationale Fachtagung: Biodiversität und Gesellschaft - Gesellschaftliche Dimensionen von Schutz und Nutzung biologischer Vielfalt, 14.11.2012, Göttingen.
- Böhm, M.**, Bögeholz, S., Eggert, S., & Barkmann, J. (2012). *Lösungsansätze umwelt- und institutionenökonomisch analysieren und reflektieren können - Ein Beitrag zum Göttinger Modell der Bewertungskompetenz*. 14. Frühjahrsschule der Fachsektion Didaktik der Biologie, 12. - 15. 03. 2012, Bremen.

Vorträge

- Böhm, M.,** Barkmann, J., Eggert, S., & Bögeholz, S. (2017). *Quantitative Evaluation von Lösungsvorschlägen als ein Bestandteil von Bewertungskompetenz für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung*. Vortrag auf der 21. Tagung der Fachsektion der Didaktik der Biologie (FDdB) im VBIO: "Biologiedidaktik als Wissenschaft", 11.-14. September 2017, Universität Halle.
- Böhm, M.,** Barkmann, J., Eggert, S., & Bögeholz, S. (2016). *Kompetenzmodellierung zu "Lösungsansätze umwelt- und institutionenökonomisch analysieren und reflektieren"*. Vortrag auf der 4. Jahreskonferenz der Gesellschaft für Empirische Bildungsforschung (GEBF): "Erwartungswidriger Bildungserfolg über die Lebensspanne", 7.-11. März 2016, Freie Universität Berlin.
- Böhm, M.,** Barkmann, J., Eggert, S., & Bögeholz, S. (2015). *Vertiefte Teilhabe durch Befähigung zur quantitativen Abschätzung von Handlungs- und Politikoptionen*. Vortrag auf der Gesellschaft für Fachdidaktik e.V. (GFD) -Fachtagung: "Befähigung zu gesellschaftlicher Teilhabe - Beiträge der fachdidaktischen Forschung". 28. - 30.September 2015, Universität Hamburg.
- Böhm, M.,** Barkmann, J., Eggert, S., & Bögeholz, S. (2015). *Evaluating and Reflecting Solutions Quantitatively-Economically: A Challenge for Education for Sustainable Development*. 11th International Conference of IACSEE [International Association for Citizenship, Social and Economics Education] - Political and economic systems under challenge - assessing the role and potential of citizenship education. 2. - 4. July 2015, Georg-August-Universität Göttingen, Germany.
- Böhm, M.,** Barkmann, J., Eggert, S., & Bögeholz, S. (2012). *Umwelt- und institutionenökonomische Analyse und Reflektion von Lösungsansätzen für Herausforderungen des Biodiversitätsschutzes - Ein Beitrag zum Göttinger Modell der Bewertungskompetenz*. Vortrag auf der wissenschaftlichen Expertentagung, Internationale Naturschutzakademie, 20.-24.August 2012, Insel Vilm.
- Barkmann, J., **Böhm, M.,** Eggert, S., Kaminski, H., Koch, S., Malz, S., Marggraf, R., Schnell, C., Sundawati, L., & Bögeholz, S. (2012). *Environmental and institutional economics education: A challenge for Education for Sustainable Development*. 3rd International Sustainability Conference - Strategies for Sustainability: Institutional and Organisational Challenges. 29.-31. August 2012, University of Basel, Switzerland. [Vortrag präsentiert in Vertretung für Jan Barkmann].

A.4 Curriculum Vitae

Persönliche Daten

Marko Böhm, M. Sc., Naturpädagoge, geboren: 25.03.1985, Dresden

Letzte Tätigkeit

09/2011 – 09/2020 Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Didaktik der Biologie
Georg-August-Universität Göttingen

Projekt: „Lösungsansätze umwelt- und institutionenökonomisch analysieren
und reflektieren können - Ein Beitrag zur theoretischen Fundierung
und empirischen Überprüfung von Bewertungskompetenz“

Lehre: Bildung für Nachhaltige Entwicklung: Fokus Biodiversitätsbildung
Biologie didaktisch reflektiert vermitteln - 2. Teil des Moduls
Einführung in die Didaktik der Biologie
Forschung rezipieren, bewerten und Praxis weiterentwickeln

Weiterqualifikation, Studium und studienbegleitende Tätigkeiten

10/2011 - 09/2015 Promotionsstudiengang *Biodiversität und Gesellschaft* der
Göttinger Graduierten Schule Gesellschaftswissenschaften

10/2013 - 05/2015 Nebenberufliche Weiterbildung zum Naturpädagogen, Naturschule
Freiburg e.V., Göttingen

09-10/2014 Praktikum, Waldpädagogikzentrum Göttingen - Regionales
Umweltbildungszentrum Reinhausen

10/2004 - 11/2010 Studium der Biologie an der Justus-Liebig-Universität Gießen

11/2010 Master of Science, Sehr gut (1,6)
Vertiefungsfächer: Naturschutz, Ökologie und Tierphysiologie
Master-Thesis: „Fangerfolg und -Effizienz der europäischen ‚trawling‘-*Myotis* am
Beispiel von *Myotis daubentonii*“, Note: Hervorragend (1,4)

09/2008 Bachelor of Science
Vertiefungsfächer: Naturschutz, Ökologie und Biophilosophie
Bachelor-Thesis: „Frühe Stresserfahrung und Reproduktion - Untersuchungen anhand
von historischen Familienrekonstitutionen“, Note: Sehr gut (1,7)

2010 Wissenschaftliche Hilfskraft, AG Säugetierökologie, Justus-
Liebig-Universität Gießen

2009 Wissenschaftliche Hilfskraft, Zentrum für Philosophie, Justus-
Liebig-Universität Gießen

Behördenpraktikum, Untere Naturschutzbehörde, Landkreis
Marburg-Biedenkopf

Zivildienst

08/2003 - 05/2004 Krankenhaus Landkreis Mittweida

Schulbildung

1995 - 2003 Abitur, Gymnasium Burgstädt

1991 - 1995 Johann Esche Grundschule Taura, OT Köthensdorf