

Vom Fachwissen zur Bewertung? Naturwissenschaftliche Kompetenzen für Verantwortungsträger*innen

Eberz Sarah¹, Kai Niebert¹

Received: September 2023 / Accepted: January 2024

Structured Abstract

Hintergrund: Nachhaltigkeits Herausforderungen des Anthropozäns, wie Klimawandel, Ressourcenübernutzungen und Biodiversitätsverlust enthalten allesamt naturwissenschaftliche Aspekte. Um diese Umweltveränderungen zu verstehen und wirksame Handlungsoptionen zu entwickeln, scheint naturwissenschaftliches Wissen und Können eine wichtige Rolle zu spielen.

Ziel: Das Ziel der vorliegenden Studie ist herauszufinden, welches Wissen und Können Verantwortungsträger*innen benötigen, um mit aktuellen naturwissenschaftlich geprägten Nachhaltigkeits Herausforderungen umgehen zu können, auch wenn sie selber keinen naturwissenschaftlichen Bildungshintergrund haben. Aus den Ergebnissen sollen Rückschlüsse auf die schulische Bildung geschlossen werden.

Design und Methode: Qualitative Interviewstudie mit 14 Verantwortungsträger*innen aus den Bereichen Politik, Wirtschaft und Gesellschaft. Deduktive Auswertung des Interviewmaterials mit den naturwissenschaftlichen, häufig adressierten, Kompetenzbereichen Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Bewertung und Kommunikation.

Ergebnisse: Die Ergebnisse aus den Interviews zeigen, dass detailliertes Fachwissen für Verantwortungsträger*innen eine untergeordnete Rolle spielt und dafür breites, vernetztes Systemwissen wichtiger ist. Ausserdem rückt die Bewertungskompetenz in den Vordergrund.

Schlussfolgerung: Erstmals wurden Verantwortungsträger*innen direkt befragt, welche Kompetenzen sie brauchen und nutzen, um nachhaltigkeitsrelevante Entscheidungen zu treffen. Aus den Ergebnissen lassen sich Rückschlüsse für die (schulische Aus-) Bildung von Verantwortungsträger*innen ziehen. Der Fokus muss auf interdisziplinäres und fächerübergreifendes Unterrichten gelegt werden, um bereits in der Schule darauf vorzubereiten wichtige Entscheidungen in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft treffen zu können.

Keywords: Nachhaltigkeits Herausforderungen, naturwissenschaftliche Kompetenzbereiche, Fachwissen, Bewertungskompetenz, Verantwortungsträger*innen, Qualitative Interviewstudie

From Knowledge to Decision making Competence: Scientific Competencies for Leaders

Background: Sustainability challenges of the Anthropocene, such as climate change, resource depletion and biodiversity loss, are often science-based. The responsible handling of these major challenges needs scientific knowledge and skills.

Purpose: The present interview study aimed to find out what knowledge and skills decision makers need in order to be able to deal with current scientific sustainability challenges, even if they themselves do not have a scientific educational background. The results will be used to draw conclusions about school education.

Design and Methods: Qualitative interview study with 14 decision makers from the fields of politics, economy, and civil society. Deductive evaluation of the interview material with the frequently addressed science competencies areas of scientific knowledge, knowledge acquisition, decision-making competence, and communication.

Results: The results suggest that detailed scientific knowledge plays less of a role for decision makers and that broad, intertwined system knowledge is more important. Furthermore, decision-making competence come to the fore.

Conclusions: For the first time, decision makers were asked directly which competencies they really need and use in order to make decisions relevant to sustainability. From the results, it can be concluded for the education and training of decision makers that the focus should be placed on interdisciplinary and cross-curricular teaching in order to prepare them already in school to be able to make important decisions in politics, the economy, and civil society.

Keywords: Sustainability challenges, science competencies, scientific knowledge, decision-making competence, decision makers, qualitative interview study

¹Universität Zürich, Institut für Erziehungswissenschaften
✉ sarah.eberz@uzh.ch

1 Einleitung

Unser Alltag und unsere Gesellschaft sind von Naturwissenschaften, Technik und Fortschritt geprägt (BFS & EDK, 2009, S. 13). Naturwissenschaftliche Erkenntnisse sind die Grundlage für Innovationen und technologischen und gesellschaftlichen Wandel (Prenzel et al., 2001) und unabdingbar, um komplexe Herausforderungen des Anthropozäns verstehen und angehen zu können. In Zeiten von globaler Klimakrise, Energiewende und Ressourcenknappheit wird es immer wichtiger, Lernende zu befähigen, sich aktiv und verantwortungsvoll an der «Grossen Transformation» (WBGU, 2011) hin zu einer sozio-ökologisch nachhaltigen Gesellschaft zu beteiligen. Dabei spielen die Aktivitäten jedes Einzelnen – *private-sphere actions* – eine Rolle, aber viel mehr noch die weitreichenden Entscheidungen, die von Verantwortungsträger*innen in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft getroffen werden – *public-sphere actions* (Eberz et al., 2023; Kranz et al., 2022; Niebert, 2021; Stern, 2000). Da viele Herausforderungen naturwissenschaftlich geprägte Aspekte enthalten (z.B. Klimakrise, Verlust biologischer Vielfalt), ist für eine gesellschaftliche Teilhabe eine naturwissenschaftliche Grundbildung (z.B. Stoffkreisläufe, Energieerhaltung, Gleichgewichte) fundamental, um komplexe Fragen zu erfassen, Lösungswege zu gestalten und verantwortungsvolle Entscheidungen in und für die Gesellschaft treffen zu können (EDK & WBF, 2019; Labudde & Adamina, 2008). Dieses Vorbereiten auf anspruchsvolle Aufgaben ist in der Schweiz mit der vertieften Gesellschaftsreife bereits im Bildungszielartikel verankert (EDK, 2023). Im Zuge der Weiterentwicklungen der gymnasialen Maturität (WEGM) wird explizit darauf verwiesen Maturand*innen auf den «Umgang mit den aktuellen und zukünftigen gesellschaftlichen Herausforderungen und deren Bewältigung» vorzubereiten (EDK, 2023, MAV, S. 4), da sie später «in einflussreichen Positionen in Staat, Wirtschaft und Gesellschaft Entscheidungen mit gesellschaftlichen Auswirkungen» (Eberle & Brüggenschrock, 2013, S. 95) treffen sollen. Doch welches Wissen und Können aus den Naturwissenschaften wird benötigt, um die sogenannten anspruchsvollen Aufgaben anzugehen und weitreichende Entscheidungen zu treffen?

In den letzten Jahrzehnten wurden viele verschiedene Kompetenzmodelle entwickelt, um in Schulen naturwissenschaftliches Wissen kompetenz- und handlungsorientiert zu vermitteln. Diese Modelle sind in der Regel theoriegeleitet entstanden und nur zum Teil einer Evidenzbasierung unterzogen. Personen in verantwortungsvollen Positionen wurden bisher noch nicht gefragt, welches naturwissenschaftliche Wissen und Können sie nutzen, um Nachhaltigkeitsentscheidungen zu treffen. Im vorliegenden Beitrag wird eine Interviewstudie mit Verantwortungsträger*innen in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft vorgestellt, die zu diesem Thema befragt wurden und einmalige Einblicke in den Prozess der Entscheidungsfindung geben konnten.

2 Theoretischer Hintergrund

In diesem Kapitel werden naturwissenschaftliche Kompetenzen und Kompetenzmodelle vorgestellt (Kap. 2.1), um einen breiten Überblick der Debatte im deutschsprachigen Raum zu verschaffen. Ausserdem wird die Kompetenzentwicklung in der Schweiz dargelegt (Kap. 2.2), die Entscheidungsebenen *public sphere* und *private sphere* vorgestellt (Kap. 2.3) und als Abschluss des Kapitels die Forschungslücke und die daraus abgeleitete Forschungsfrage aufgezeigt (Kap. 2.4).

2.1 Kompetenzen im naturwissenschaftlichen Unterricht

Bei der Interviewdurchführung und bei der Analyse der Interviews haben wir uns an den deutschen Bildungsstandards für die naturwissenschaftlichen Fächer im mittleren Bildungsabschluss (KMK, 2005a, 2005b, 2005c) und für die allgemeine Hochschulreife (KMK, 2020a, 2020b, 2020c) orientiert. Zur internationalen Anschlussfähigkeit an den Diskurs werden die Modellierungen der internationalen Vergleichsstudie TIMSS (Baumert et al., 2000) und PISA (BFS & EDK, 2009) miteinbezogen sowie die US-amerikanischen *Next Generation Science Standards* (NGSS Lead States, 2013) betrachtet. Ausserdem ziehen wir das Schweizer Kompetenzmodell HarmoS (EDK, 2007) heran und betrachten für die Schweizer Bildungslandschaft den Lehrplan 21 (D-EDK, 2016) sowie den Rahmenlehrplan für Maturitätsschulen (EDK, 1994, 2023). Unser Kompetenzverständnis lehnen wir an das von Weinert an, der Kompetenzen als «die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften, damit die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll genutzt werden können» (2001, S. 27) definiert. Die genannten Kompetenzmodelle und Projekte sind in Tabelle 1 zusammengefasst und werden darauffolgend erläutert.

Tab. 1. Überblick ausgewählter naturwissenschaftlicher Kompetenzmodelle/Projekte

| Kompetenzmodell/Projekt | Facetten (Bereiche, Aspekte, Dimensionen) | |
|---|---|---|
| <p>KMK (KMK, 2005a, 2005b, 2005c, 2020a, 2020b, 2020c): Bildungsstandards für die naturwissenschaftlichen Fächer (Biologie, Chemie und Physik)</p> | <p>Kompetenzbereiche</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fachwissen 2. Erkenntnisgewinnung 3. Kommunikation 4. Bewertung | <p>Basiskonzepte Biologie Gymnasium (KMK, 2020a)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Struktur & Funktion 2. Stoff- und Energieumwandlung 3. Information & Kommunikation 4. Steuerung & Regelung 5. Individuelle und evolutive Entwicklung <p>Basiskonzepte Biologie Mittlerer Bildungsabschluss (KMK, 2005a)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. System 2. Struktur und Funktion 3. Entwicklung |
| <p>Lehrplan 21 (D-EDK, 2016)</p> | <p>Handlungsaspekte für die Kompetenzentwicklung</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Die Welt wahrnehmen 2. Sich die Welt erschliessen 3. Sich in der Welt orientieren 4. In der Welt handeln | |
| <p>HarmoS Kompetenzmodell Naturwissenschaften+ (Metzger & Labudde, 2007)</p> | <p>Handlungsaspekte</p> <ul style="list-style-type: none"> - Interesse und Neugierde wecken - Fragen und untersuchen - Informationen erschliessen - Ordnen, strukturieren, modellieren - Einschätzen und beurteilen - Entwickeln und umsetzen - Mitteilen und austauschen - Eigenständig arbeiten | <p>Themenbereiche</p> <ul style="list-style-type: none"> - Planet Erde - Bewegung, Kraft, Energie - Wahrnehmung und Steuerung - Stoffe und Stoffveränderungen - Lebewesen - Lebensräume und -gemeinschaften - Mensch und Gesundheit - Natur, Gesellschaft, Technik: Perspektiven |
| <p>PISA (Prenzel et al., 2001)</p> | <p>Scientific Literacy</p> <ul style="list-style-type: none"> - Naturwissenschaftliche Prozesse und Konzepte <p>Dimensionen: (nach Parchmann, 2019, S. 137; Baumert et al., 1999, S. 4/5)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Naturwissenschaftliche Fragestellungen erkennen - Naturwissenschaftliche Phänomene erklären - Naturwissenschaftliche Nachweise identifizieren - Schlussfolgerungen ziehen/bewerten und kommunizieren - Naturwissenschaftliche Evidenz nutzen | |
| <p>TIMSS (Baumert et al., 1999, 2000; Klieme et al., 2003)</p> | <p>Dimensionen: (Auflistung nach Parchmann, 2010, S. 137)</p> <p>Sachgebiete</p> <p>Fähigkeiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verstehen von Einzelinformationen/komplexer Informationen - Konzeptualisieren und Anwenden - Experimentieren und Beherrschung von Verfahren <p>Stufen:</p> <p>Naturwissenschaftliches Alltagswissen; Erklärung einfacher alltagsnaher Phänomene; Anwendung elementarer naturwissenschaftlicher Modellvorstellungen; Verfügung über grundlegende naturwissenschaftliche Fachkenntnisse</p> | |
| <p>NGSS (NGSS Lead States, 2013)</p> | <p>Dimensionen: Framework of K-12 Science Education</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Practices (Science and Engineering) 2) Crosscutting Concepts 3) Disciplinary Core Ideas | |

Bei einem Fokus auf fachliche Kompetenzen in den Naturwissenschaften ist international das Konzept einer *Scientific Literacy* anerkannt. *Scientific Literacy* wird in der Regel verstanden als naturwissenschaftliche Grundbildung, die in die Lage versetzen soll, naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Phänomene zu erkennen und naturwissenschaftliche Erkenntnisprozesse zu betreiben (Gräber & Nentwig, 2002; OECD et al., 1999). Vom National Research Council (NRC) wurden 1996 die *National Science Education Standards (NSES)* herausgegeben, welche 2013 durch die *Next Generation Science Standards (NGSS)* abgelöst wurden (NGSS Lead States, 2013). Die NGSS beinhalten drei Dimensionen, die für eine hochwertige naturwissenschaftliche Bildung erforderlich sind: 1) *Practices*, 2) *Crosscutting Concepts* und 3) *disciplinary core ideas* (ebd.). Die Leitideen des Faches werden in Form von *disciplinary core concepts* formuliert, um strukturiertes Lernen zu fördern und dieses über Jahrgangsstufen hinweg spiralförmig aufzubauen. Die Vermittlung naturwissenschaftlichen Wissens entlang von *core ideas* soll Schüler*innen mit einem nötigen Grundverständnis ausstatten, damit sie sich aufbauend darauf zusätzliche Informationen selber aneignen können (NGSS Lead States, 2013). *Crosscutting Concepts* stellen dabei die Verbindungen zwischen den verschiedenen *core ideas* her (ebd.). Auch das OECD *Programme for International Student Assessment (PISA)*, als eine der grössten Schulleistungsstudien, orientiert sich für die Erfassung des naturwissenschaftlichen Wissens und Könnens an dem Begriff der *Scientific Literacy* (OECD, 2017; Prenzel et al., 2001; Schecker & Parchmann, 2006). Hierbei wird nicht der Anspruch erhoben, gelerntes

Wissen abzufragen, sondern zu untersuchen, ob Schüler*innen in der Lage sind, Wissen anzuwenden, Fakten von Meinungen zu unterscheiden, Informationen zu verknüpfen, Daten zu interpretieren, aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen und eigene Lösungswege zu finden und diese auch zu kommunizieren (Baumert et al., 1999; Labudde & Adamina, 2008; OECD, 2017). Die Kompetenzen werden, ähnlich wie in den Bildungsstandards, beschrieben und es wird zwischen Fachwissen/fachbezogenen Kompetenzen («naturwissenschaftliche Phänomene beschreiben») und den prozessbezogenen Kompetenzen Erkenntnisgewinnung, Bewertung und Kommunikation («naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess betreiben, Fakten von Meinungen unterscheiden, Daten interpretieren, Lösungen kommunizieren») unterschieden (Vorholzer & von Aufschnaiter, 2020).

Auch bei der Dritten Internationalen Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie (TIMSS) steht das Wissen um die Notwendigkeit einer *Scientific Literacy* im Vordergrund. TIMSS erfasst das naturwissenschaftliche Wissen und Können am Ende der Pflichtschulzeit (Baumert et al., 1999, 2000), welches nötig ist, um verantwortungsvoll am gesellschaftlichen Leben teilzunehmen und «kommunikativen Anschluss an den naturwissenschaftlich-technischen Modernisierungsprozess unserer Gesellschaft» (Baumert et al., 2000, S. 86) zu behalten.

Die Ergebnisse von PISA und TIMSS in Deutschland führten zur Einführung bundesweiter Bildungsstandards (Schecker & Parchmann, 2006). In Deutschland formulierte die Kultusministerkonferenz (KMK) Bildungsstandards mit dem Ziel des Bildungsmonitorings und der Förderung eines kompetenzorientierten Unterrichts (KMK, 2020a, S. 3). In den Bildungsstandards werden fach- und prozessbezogene Kompetenzen zu den verschiedenen Abschnitten der Schullaufbahn entwickelt. Wir fokussieren uns in diesem Beitrag auf das Kompetenzmodell für die naturwissenschaftlichen Fächer für den Mittleren Schulabschluss (KMK, 2005a, 2005b, 2005c) und die Allgemeine Hochschulreife (KMK, 2020a, 2020b, 2020c). Die Bildungsstandards lehnen sich an die allgemeinen Zielsetzungen des Gymnasiums an (KMK, 2020a, S. 3), welche einen Unterricht fordern, der «fachbezogen, fachübergreifend und fächerverbindend angelegt» ist. Das fachliche Grundlagenwissen wird dabei «als Voraussetzung für das Erschließen von Zusammenhängen zwischen Wissensbereichen» angesehen(ebd.). Das Modell der naturwissenschaftlichen Kompetenz unterscheidet vier Kompetenzbereiche (KMK, 2005a; KMK 2020a):

- (1) **Fachwissen**
Aneignung von fundiertem Wissen über naturwissenschaftliche Konzepte und Theorien und die Fähigkeit diese zu beschreiben; inhaltliche Dimension in Form von Basiskonzepten (System, Struktur, Funktion und Entwicklung)
- (2) **Erkenntnisgewinnung**
Kenntnis von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen und deren Beschreibung, Anwendung, Erklärung
- (3) **Kommunikation**
Nutzen der Fachsprache, um fachbezogene Informationen adressaten- und situationsgerecht darzustellen
- (4) **Bewertung**
Beurteilen von naturwissenschaftlichen Aussagen und Daten anhand von Kriterien und Bilden einer begründeten Meinung, um Entscheidungen reflektiert und verantwortungsvoll treffen zu können

Die Bildungsstandards der KMK empfehlen das Unterrichten von Fachwissen entlang von Basiskonzepten, welche eine Strukturierung des Fachinhalts bieten und helfen sollen systemisch und mehrperspektivisch zu denken und sich auf das Wesentliche zu konzentrieren (KMK, 2005a, S. 9). Basiskonzepte dienen als Leitlinien zur Strukturierung des Fachinhalts (Fischer, 2022). Für das Fach Biologie sind dies für den Mittleren Bildungsabschluss die drei Basiskonzepte «System, Struktur und Funktion, Entwicklung» (s. Tab. 1). Für weiterführende Schulen, wie das Gymnasium, werden diese vertieft und ausdifferenziert. Wie in Tabelle 1 ersichtlich wird, lauten sie für das Fach Biologie: «Struktur und Funktion, Stoff- und Energieumwandlung, Information und Kommunikation, Steuerung und Regelung sowie individuelle und evolutive Entwicklung» (KMK, 2020a, S. 18). Ziel ist es am Ende der Schulzeit ein «in Konzepten strukturiertes naturwissenschaftliches Grundwissen» (KMK, 2005a, S. 10) zu besitzen und mit Hilfe des erreichten naturwissenschaftlichen Grundverständnisses Themen im Bereich der Nachhaltigkeit, des Umweltschutzes und technisch-naturwissenschaftlicher Innovationen zu verstehen und beurteilen zu können.

In diesem Beitrag interessiert besonders die Rolle des Fachwissens bei nachhaltigen Entscheidungen von Verantwortungsträger*innen. Weit verbreitet ist die Annahme, dass der Aufbau von fachlichem Wissen ausschlaggebend für umweltgerechtes Handeln ist (Bormann, 2013; Kruse & Funke, 2022). Dies führte zu einer Bereitstellung von grossen Mengen an Informationsmaterial zu verschiedenen Nachhaltigkeitsthemen, um mehr Wissen aufzubauen und eine Veränderung des Verhaltens herbeizuführen (ebd.). Viele Studien in den letzten Jahrzehnten haben jedoch aufgezeigt, dass die Korrelation von Wissen und Handeln gering ist und es demnach nicht reicht mehr Fachwissen anzueignen, um umweltbewusster zu handeln (Abrahamse et al., 2005; Bamberg & Möser, 2007; Kruse & Funke, 2022). Wichtig für nachhaltiges Verhalten ist vielmehr eine Kombination aus Fachwissen, Motivation, Handlungsoptionen und ein auf die Handlung folgendes Feedback (Kruse & Funke, 2022). Individuelle (begrenzte Wahrnehmbarkeit, Emotionen, Motivation), soziale (z.B. Normen, Werte der eignen Bezugsgruppe, soziale Interaktionen) und externe (z.B. Rahmenbedingungen, Handlungsangebote, Anreize, Belohnungen) Faktoren spielen ausserdem eine wichtige Rolle (ebd.). Kruse-Graumann (2013) weist in diesem Zusammenhang auf die Notwendigkeit der Umkehr (oder Ergänzung) des lange herrschenden Paradigmas «Vom Wissen zum Handeln» hin und empfiehlt einen Perspektivwechsel «Vom Handeln zum Wissen» (Bormann, 2013). Auf die multiplen Bedingungen, die nötig für Handlungsveränderungen sind,

kann an dieser Stelle nicht vertieft eingegangen werden. Festzuhalten bleibt, dass Wissen eine notwendige, jedoch keine hinreichende Bedingung für umweltbewusstes Handeln darstellt (Funke, 2017; Kruse & Funke, 2022).

In diesem Zusammenhang soll im Folgenden in Kürze auf das Modell des umweltbezogenen Wissens nach Kaiser und Fuhrer (2003) eingegangen werden, die drei verschiedene Formen von umweltbezogenem Wissen unterscheiden:

- Systemwissen beschreibt das «Wissen über Zusammenhänge in Ökosystemen und die Ursachen von Umweltproblemen»,
- Handlungswissen meint das «Wissen um mögliche Handlungsoptionen zur Verringerung von Umweltproblemen» und
- Wirksamkeitswissen kann auch als Ökobilanzwissen bezeichnet werden und meint das «Wissen über die ökologische Effizienz verschiedener Verhaltensweisen» und die Kenntnis des Umweltschutzpotentials (Frick, 2003, S. 3,28)

Auch wenn, wie im Abschnitt zuvor beschrieben, die Aneignung von Wissen in den Hintergrund rückt, ist dennoch Grundlagenwissen in Form von Systemwissen erforderlich, um Ökosysteme verstehen zu können (Frick, 2003). In der Studie von Frick konnte gezeigt werden, dass Systemwissen als Basis für die anderen beiden Wissensformen dient, jedoch selbst das umweltbewusste Verhalten nicht fördert (ebd., S. 4). Handlungswissen und Wirksamkeitswissen wiederum haben einen direkten Effekt auf ökologisches Handeln (ebd.). Daher ist es unerlässlich Handlungswissen aufzubauen, also aufzuzeigen wie Handlungsoptionen konkret ausgeführt werden können. Handlungswissen wiederum steht in direkter Verbindung mit Wirksamkeitswissen – es müssen also immer auch Informationen darüber vermittelt werden, wie ökologisch effizient eine Handlung ist und wie viel Umweltschutzpotential sie mit sich bringt (ebd., S. 121).

2.2 Naturwissenschaftliche Kompetenzen im Schweizer Lehrplan

In der Schweiz wurden nationale Bildungsstandards erstmals im Zuge des Projektes HarmoS (Harmonisierung der obligatorischen Schule) von der EDK entwickelt (EDK, 2007). Das Kompetenzmodell HarmoS Naturwissenschaften unterscheidet sich zu den deutschen Bildungsstandards insofern, dass die Fächer Biologie, Chemie und Physik nicht im Einzelnen betrachtet werden, sondern gemeinsam bis zum 9. Schuljahr als Integrationsfach unterrichtet werden (Metzger & Labudde, 2007).

Die Grundkompetenzen wurden in den Lehrplan 21 eingearbeitet und somit rückt mit der Einführung des Lehrplans 21 (D-EDK, 2016) die Kompetenzorientierung in den Fokus des naturwissenschaftlichen Unterrichts der Volksschulen (Metzger et al., 2023). Die naturwissenschaftlichen und gesellschaftswissenschaftlichen Fächer bilden im 1. und 2. Zyklus den Fachbereich Natur, Mensch, Gesellschaft (NMG). Dieser fächerübergreifende Unterricht bietet die Möglichkeit, die Wechselwirkungen der Mensch-Umwelt-Systeme gemeinsam zu betrachten und unterschiedliche Perspektiven zu beleuchten (D-EDK, 2016). Im Zentrum des Fachbereichs NMG steht die Auseinandersetzung der Schüler*innen mit der Welt und für die Kompetenzentwicklung werden dabei vier wichtige Handlungsaspekte (s. Tab. 1) formuliert: (1) Die Welt wahrnehmen; (2) sich die Welt erschliessen; (3) sich in der Welt orientieren; (4) in der Welt handeln (D-EDK, 2016).

Ein Kompetenzmodell für Gymnasien gibt es in der Schweiz jedoch nicht, weswegen wir uns in unserem Projekt auf die Kompetenzbereiche der KMK fokussieren. Die Forderung nach einer Kompetenzorientierung am Gymnasium wird derzeit wieder im Zusammenhang mit der aktuellen Überarbeitung des Rahmenlehrplans (RLP) für Maturitätsschulen diskutiert. Im Rahmen der WEGM werden von der Schweizerischen Konferenz der Erziehungsdirektoren (EDK) die gymnasialen Referenztexte grundlegend überarbeitet (EDK & WBF, 2019). Neben dem RLP von 1994 (EDK, 1994) beziehen wir uns auf die neusten Reglemente der Rahmentexte (Maturitätsanerkennungsreglement (MAR) und Maturitätsverordnung (MAV)), die im Juni 2023 veröffentlicht wurden.

Bereits im RLP 1994 ist z.B. im Fach Biologie verankert, dass die Natur in Systemzusammenhängen erkannt und das Naturverständnis sowie die Neugierde und Entdeckerfreude geweckt werden sollen, um daraus ein «verantwortungsbewusstes Verhalten gegenüber der Natur» zu entwickeln (EDK, 1994, S. 113–115). Ein wichtiges Richtziel soll hier angebracht werden, welches im Kern die Aussage erhält, die auch in der heutigen Zeit immer wichtiger zu werden scheint: «Das Ziel des Biologieunterrichts ist nicht so sehr Detailwissen zu erwerben, als vielmehr die Einsicht in die grossen Zusammenhänge der Natur zu gewinnen» mit dem Ziel ein «ethisch verantwortbares Handeln [zu entwickeln], welches persönliche, politische und wirtschaftliche Entscheidungsvorgänge beeinflusst» (EDK, 1994, S. 115).

Auch im Fach Chemie bietet der RLP (EDK, 1994) wichtige Anknüpfungspunkte für das Unterrichten aktueller Nachhaltigkeitsherausforderungen, indem Folgendes beschrieben wird: «Alle menschlichen Aktivitäten erschöpfen die natürlichen Rohstoffe und erzeugen Abfälle. Produktion und Verbrauch von Gütern und Energie sind mit Nachteilen verbunden, wie schwindende Rohstoffreserven und Umweltbelastung. Durch transdisziplinäre Zusammenarbeit muss ein solches Verständnis zu einer Änderung im Verhalten jedes Einzelnen führen, insbesondere in unserer Konsumgesellschaft und angesichts der wachsenden Erdbevölkerung.» In den Zielen des Faches Physik (EDK, 1994, S. 105–107) wird auf das «Erkennen der wechselseitigen Beziehungen von naturwissenschaftlich-technischer Entwicklung, Gesellschaft und Umwelt» hingewiesen. Diese Punkte sind wichtig, wenn Maturand*innen auf den «Umgang mit den aktuellen und mit den zukünftigen gesellschaftlichen Herausforderungen und deren Bewältigung» (EDK, 2023, MAV,

S. 4) vorbereitet werden sollen. Dies soll durch den Einbezug transversaler Themen (z.B. BNE) und transversaler Kompetenzen (z.B. Interdisziplinarität) geschehen, die die Zukunftsfähigkeit der gymnasialen Ausbildung stärken sollen (EDK, 2023; EDK & WBF, 2023).

An Schweizer Gymnasien ist dies im Bildungszielartikel im Lehrplan verankert. Neben dem Ziel der allgemeinen Studierfähigkeit steht das Ziel der vertieften Gesellschaftsreife, welches Schüler*innen «auf anspruchsvolle Aufgaben in der Gesellschaft» (EDK, 2023 Art. 6 Abs. 2, MAR) vorbereiten soll. Dies impliziert auch, dass «viele Maturand*innen später in einflussreichen Positionen in Staat, Wirtschaft und Gesellschaft Entscheidungen mit gesellschaftlichen Auswirkungen treffen, also tatsächlich anspruchsvolle Aufgaben in der Gesellschaft übernehmen und lösen müssen» (Eberle & Brüggelbrock, 2013, S. 95).

Diese Zielsetzung ist der Grund für die Auswahl unserer Interview Stichprobe. Weiterhin ausschlaggebend ist die Tatsache, dass die wirklich wichtigen Entscheidungen mit grosser Tragweite von Verantwortungsträger*innen in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft getroffen werden.

2.3 Entscheidungen auf unterschiedlichen Ebenen – *Public-sphere* und *Private-sphere actions*

In allen Industrieländern ist die Klimapolitik mit der zunehmenden Forderung nach einer postfossilen, kohlenstoffneutralen Welt konfrontiert (UN General Assembly, 2015). In der Debatte um die Bewältigung komplexer Herausforderungen im Bereich der Nachhaltigkeit und der Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung sind tiefgreifende Veränderungen a) jedes Einzelnen im Privaten (*private-sphere actions*) wie auch b) im öffentlichen Handeln wichtig (*public-sphere actions*) (Stern, 2000). Während das a) individuelle Verbraucherverhalten oder die Wahl eines nachhaltigen Lebensstils (z.B. eine vegane Ernährung, Verzicht auf Flugreisen und Fahrrad statt Auto) Komponenten sind, um die Gesellschaft in Richtung einer nachhaltigen Zukunft zu lenken, sind b) grosse makroökonomische Entscheidungen im öffentlichen Bereich, wie neue Richtlinien für industrielle Produktionsmuster und politische Rahmenbedingungen (z.B. CO₂ Gesetz, Verbote) von grösserer Bedeutung (WBGU, 2011). Es gibt mehrere Studien (z.B. Niebert, 2019; Steinebach, 2019), die darauf hinweisen, dass die wirksamsten Massnahmen von den Verantwortlichen in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft getroffen werden und dass es vor allem diese politischen, wirtschaftlichen und strukturellen Entscheidungen sind, die die grösste ökologische Wirkung zeigen. Deutlich wird dies an historischen Beispielen, wie der Beendigung des Ozonabbaus oder der Verbesserung der Luftqualität in Europa, was beides durch politische Regulierungen gelöst werden konnte (ebd.).

2.4 Research Gap und Forschungsfrage

Die theoretischen Grundlegungen zeigen deutlich, dass naturwissenschaftliches Wissen und Können in der Schule, auch mit Hinblick auf das Bewältigen aktueller Nachhaltigkeitsherausforderungen, als wichtig angesehen wird. Es existieren viele Studien und Modelle dazu, wie Kompetenzen eingeteilt, modelliert und vermittelt werden können. Bisher gibt es jedoch keine Untersuchungen im Feld derjenigen, die täglich weitreichende Entscheidungen mit gesellschaftlichen Auswirkungen treffen. Die naturwissenschaftlich geprägten Herausforderungen, wie beispielsweise Klimawandel und Energiewende, erfordern Kenntnisse aus den Naturwissenschaften – besonders bei denjenigen, die makroskopische Entscheidungen treffen.

Das Ziel der Studie ist es herauszufinden, welche naturwissenschaftlichen Kompetenzen hochrangige Verantwortungsträger*innen nutzen, um weitreichende Nachhaltigkeitsentscheidungen zu treffen. Da viele aktuelle Herausforderungen im Bereich der Nachhaltigkeit stark naturwissenschaftlich geprägt sind, werden die naturwissenschaftlichen Kompetenzbereiche als Bezugsrahmen verwendet. Daraus ergibt sich folgende projektleitende Forschungsfrage: Welche naturwissenschaftlichen Kompetenzbereiche sind für Verantwortungsträger*innen in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft wichtig, um nachhaltigkeitsrelevante Entscheidungen mit gesellschaftlichen Auswirkungen treffen zu können?

3 Methodik

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurden Interviews mit 14 Verantwortungsträger*innen (w = 6; m = 8) in einflussreichen Führungspositionen geführt, die eine starke Verbindung zu Umweltthemen haben und im Bereich der Nachhaltigkeit Entscheidungen treffen. Die Auswahl der Verantwortungsträger*innen, deren Aussagen den vorliegenden Analysen zugrunde liegen, erfolgte vor allem über eine schwerpunktmässige Beschäftigung mit Nachhaltigkeitsherausforderungen und einem ausgewiesenen umweltpolitischen Bewusstsein und Engagement auf makroskopischer, gesellschaftlicher Ebene. Die zuvor festgelegten theoretischen und forschungspraktischen Kriterien waren leitend bei der Auswahl der Interviewpersonen:

- 1) Einflussreiche, hochrangige Position in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft
- 2) Kein naturwissenschaftliches Studium
- 3) Bereits in Arbeitsfeldern tätig und in Entscheidungsprozesse involviert, in denen Fragestellungen und Dilemmata im Kontext Nachhaltigkeit bearbeitet werden
- 4) Arbeit auf hoher Managementebene mit Schwerpunkt
 - a. Politik (Regierungsmitglieder, umweltpolitische Sprecher*in von Parteien, Abteilungsleiter*in)

- b. Wirtschaft (CEOs von Unternehmen, Wirtschaftsverbänden, Gewerkschaften)
- c. Gesellschaft (Leiter*innen von NGOs, Kulturorganisationen)

Die besondere Schwierigkeit bei Untersuchungen in diesem exklusiven Feld ist die schwere Zugänglichkeit von hochrangigen Führungspersonlichkeiten, wie Minister*innen, CEOs von grossen Firmen oder NGO Vorsitzenden, da sie Personen der Öffentlichkeit sind. Für den Zugang zum Forschungsfeld wurden u.a. auf die Kontakte aus umweltpolitischen Beratungstätigkeiten und Outreach-Aktivitäten aus dem Projektteam zurückgegriffen. Die Stichprobengrösse ergibt sich auf Grundlage der theoretischen Sättigung. Die empirischen Aussagen, die wir analysiert haben und in den Ergebnissen darlegen, stammen von Personen aus dem deutschsprachigen Raum und wurden alle vollständig anonymisiert. Zur eigenen Wiedererkennung haben alle Interviewten ein Synonym gewählt (s. Anhang, Tab. A1: Liste der Interviewpartner*innen).

Die Interviews wurden semi-strukturiert mit teils offener Gesprächsführung und entlang eines Interviewleitfadens geführt. Die Interviewfragen wurden von der Forschungsfrage abgeleitet und iterativ entwickelt. Der Interviewleitfaden wurde durch die Überprüfung von externen Mitarbeiter*innen und drei Pre-Test-Interviews validiert. Der Leitfaden soll als Gedankenstütze dienen, um eine natürliche Gesprächsatmosphäre zu unterstützen und einen offenen Gesprächsverlauf zu gewährleisten (Niebert & Gropengießer, 2014). Der Interviewleitfaden mit Fragen und Interventionen enthält bei allen Personen die gleichen konstitutiven Elemente, um in der Analyse und Interpretation der Daten Vergleichbarkeit zu ermöglichen. Dabei sind die Ansprüche von grösstmöglicher Offenheit mit der nötigen Strukturierung auszubalancieren (ebd.). Der semi-strukturierte Interviewleitfaden wurde entwickelt, um Erzählungen über den Arbeitsalltag der Verantwortungsträger*innen anzuregen, auf ihre Bildungsbiografie Rückschlüsse ziehen zu können und herauszufinden, was sie brauchen, um weitreichende Entscheidungen zu treffen. Da die meisten Nachhaltigkeits-herausforderungen naturwissenschaftlich geprägt sind, zielen viele Fragen auch auf das naturwissenschaftliche Wissen und Können ab und gehen ausserdem auf die Wichtigkeit der naturwissenschaftlichen Kompetenzbereiche ein. Der Interviewleitfaden ist aufgeteilt in drei Themenblöcke:

1. Die Rolle von naturwissenschaftlichem Wissen und Können vor dem Hintergrund der aktuellen Position des*der Interviewten
2. Implementierung im Schulunterricht
3. Gesellschaftliche und individuelle Zukunftsszenarien

Jedes Interview wurde mit einem Bezug auf die aktuelle Position und ein momentanes Projekt eingeleitet und die Verknüpfung zum naturwissenschaftlichen Wissen direkt eingebunden. Dies sah wie folgt aus:

«In Ihrer Funktion treffen Sie täglich Entscheidungen über [konkreten Nachhaltigkeitsbereich]. Diese Themen haben im Kern auch naturwissenschaftliche Bezüge. Auf welcher Grundlage entscheiden Sie über die naturwissenschaftlichen Aspekte?»

Im weiteren Gesprächsverlauf wurden Fragen gestellt, die sich auf den aktuellen Tätigkeitsbereich und Arbeitsschwerpunkte der betreffenden Interviewpartner*innen beziehen. Es ergaben sich mindestens die folgenden Themenblöcke, auf die je nach interviewter Person und Themenschwerpunkt eingegangen werden konnte: Landwirtschaft und biochemische Flüsse, Biodiversität, Klimawandel und Energiewende, Luftverschmutzung und Wirtschaft. Im zweiten Teil wurde besonders auf den Ursprung des naturwissenschaftlichen Wissens eingegangen, um herauszufinden, welches Wissen aus der Schule vorhanden ist und wo und wie naturwissenschaftliches Wissen nach der Schule angeeignet wurde. Ein für diesen Beitrag besonders wichtiger Punkt im Interviewprozess stellte die begründete Priorisierung der vier naturwissenschaftlichen Kompetenzbereiche dar, welches wie folgt eingeleitet wurde: *«In den Naturwissenschaften versucht man heute das Wissen und Können in die Bereiche (1) Fachwissen, (2) Erkenntnisgewinnung, (3) Bewertung und (4) Kommunikation einzuteilen. Welche Rolle spielen diese unterschiedlichen Aspekte in Ihren Entscheidungen? Wo würden Sie in Hinblick auf das, was Sie machen Schwerpunkte in der Schule setzen?»* Die Kompetenzbereiche wurden anhand der KMK-Definition und eines individuellen Beispiels, welches zum Tätigkeitsfeld der Interviewpersonen passte, erläutert. Aus dieser Frage ergeben sich Antworten auf unsere Forschungsfrage und einmalige Einblicke in den Berufsalltag der Interviewpersonen, die in den Ergebnissen in Kapitel 4 dargestellt werden.

Die Interviews fanden Ende 2021 bis Anfang 2022 statt und wurden aufgrund der Kontaktbeschränkungen durch die Pandemie hauptsächlich in Videokonferenzen, teilweise aber auch vor Ort, durchgeführt und aufgenommen. Die Länge der Interviews wurde zeitlich nicht beschränkt, um den Teilnehmenden Raum zu geben ihre Gedanken und Erfahrungen zu äussern und lag zwischen 35 und 66 Minuten mit einer Durchschnittslänge von 52 Minuten. Diese methodische Entscheidung ermöglichte es uns, eine tiefgreifende Datenerhebung und somit ein reichhaltiges und detailliertes Verständnis zu erlangen und zeigte in den Analysen keine qualitativen Unterschiede. Um der Herausforderung unterschiedlicher Interviewlängen zu begegnen und Konsistenz sowie Vergleichbarkeit der Daten sicherzustellen, deckten alle Interviews dieselben Schlüsselfragen und Themenbereiche ab. Die Aufnahmen wurden manuell transkribiert nach Dresing und Pehl (2015) und einer qualitativen Inhaltsanalyse nach den Regeln von Kuckartz (2016) unterzogen. MAXQDA diente als Software, um den Coding Prozess mit deduktiver und induktiver Kategorienbildung und Zusammenfassungen zu unterstützen. Die Interviews wurden mit verschiedenen theoriebasierten Kompetenzmodellen und bildungspolitischen Rahmenmodellen analysiert. In diesem Artikel stehen als deduktive Kategorien die natur-

wissenschaftlichen Kompetenzbereiche (KMK, 2005a) im Vordergrund: Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung. Damit orientieren wir uns an den Curricula, die für den grössten Teil des deutschen Bildungsraum bindend sind. Wie aus Tabelle 1 hervorgeht, spiegeln sich die in den KMK-Kompetenzbereichen formulierten Kompetenzen, wenn auch in unterschiedlich detaillierten Abstufungen, in anderen Curricula (LP 21) bzw. Kompetenzmodellen (HarmoS) sowie in internationalen Vergleichsstudien wie PISA und TIMSS wider. Das gesamte Material wurde von zwei Personen aus dem Projektteam co-codiert und in face-to-face Coding Sitzungen diskutiert. Das gemeinsame Kodieren wurde als kollaborativer und transparenter Prozess betrachtet, um die Tiefe der Analyse zu erhöhen und zu intersubjektiven Nachvollziehbarkeit beizutragen. Die Qualität wurde durch eine konsensuale Validierung sichergestellt. Hierbei ging es weniger um die Messung von Übereinstimmung, sondern mehr um ein tieferes Verständnis der Daten und die Erreichung eines Konsenses (Göhner & Krell, 2020). Die Ergebnisse der Kodierung sowie Unstimmigkeiten und Unklarheiten wurden in regelmässigen Abständen im gesamten Projektteam diskutiert und gecodiert.

Die Zitate, die wir in diesem Beitrag als Beispiele nutzen, wurden redigiert und leicht sprachlich überarbeitet, um Lesbarkeit und Verständnis zu vereinfachen.

4 Ergebnisse

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt entlang der vier naturwissenschaftlichen Kompetenzbereiche aus den deutschen Bildungsstandards. Um die Forschungsfrage zu beantworten, beziehen wir uns auf eine Leitfrage aus den geführten Interviews, wo wir die Verantwortungsträger*innen gebeten haben, die Kompetenzen nach ihrer Wichtigkeit zu bewerten. Die Kompetenzbereiche wurden wie folgt codiert (in den Klammern ist die Anzahl der Codes abgebildet): Fachwissen (165 x), Bewertung (90 x), Kommunikation (80 x) und Erkenntnisgewinnung (45 x). In der folgenden Ergebnisdarstellung wird deutlich, dass die Häufigkeit der Codierung nichts über die Wichtigkeit der Kompetenzen (für die Interviewpersonen) aussagt. Wir haben die Interviewpersonen nach einem Ranking der Kompetenzen gefragt und daraus die Wichtigkeit errechnet (diese Zahlen sind auf der x-Achse in Abb. 1 dargestellt): von wenig wichtig: Platz 4 = 1 Punkt bis am wichtigsten: Platz 1 = 4 Punkte. Dies ergibt das Bild, welches in Abb. 1 ersichtlich wird: Fachwissen (20 Punkte) wird für am wenigsten wichtig in Entscheidungspositionen gehalten, gefolgt von Erkenntnisgewinnung (22 Punkte). Weitaus wichtiger für ihre Arbeit schätzen die interviewten Personen die Bereiche Kommunikation (32 Punkte) und Bewertung (47 Punkte) ein.

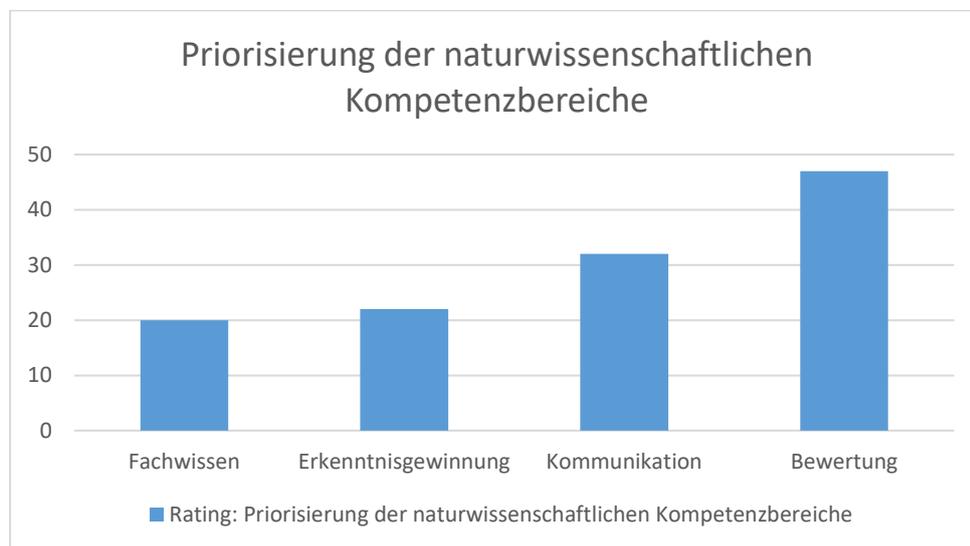


Abb. 1. Priorisierung naturwissenschaftlicher Kompetenzbereiche durch die befragten Verantwortungsträger*innen

Die folgenden Unterkapitel (Kap. 4.1 bis 4.4) geben einen umfassenden Einblick, inwiefern die Verantwortungsträger*innen die Bedeutung von Kompetenzen im Bereich Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Bewertung und Kommunikation für ihre Arbeit gewichten. Die Ergebnisse aus den Interviews werden anhand von Ankerzitaten aus verschiedenen Interviews dargelegt, um wichtige Aussagen zu unterstreichen. Hinter jedem Zitat steht das selbst gewählte Synonym der Interviewten sowie die Position, wo die Aussage im Interview zu finden ist (z.B. Sonne, 22).

Zunächst gehen wir auf den Kompetenzbereich Fachwissen ein (Kap. 4.1), welcher in diesem Artikel im Vordergrund steht und neben der Bewertung (Kap. 4.4) am ausführlichsten erläutert wird. Aufgezeigt werden soll, wie viel naturwissenschaftliches Fachwissen die befragten Verantwortungsträger*innen (laut Selbsteinschätzung) brauchen. Darauf folgend gehen wir in kürzerer Form auf die Wichtigkeit der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (Kap. 4.2) und Kommunikation (Kap. 4.3) für Personen in verantwortungsvollen Positionen ein.

4.1 Kompetenzbereich Fachwissen

Nach der Definition der KMK (2005a) umfasst der Kompetenzbereich Fachwissen die angeeigneten fundierten Kenntnisse über naturwissenschaftliche Basiskonzepte, Theorien und Verfahren. Wir haben uns in der vorliegenden Studie die Frage gestellt, ob, wie viel und welches Fachwissen Personen in einflussreichen Positionen benötigen, um Entscheidungen in naturwissenschaftlich geprägten Nachhaltigkeitsfragen zu treffen. Die folgend aufgeführten Ergebnisse geben einen Überblick über die Antworten der interviewten Personen.

Der Kompetenzbereich Fachwissen wurde innerhalb der geführten Interviews am häufigsten diskutiert und aufgegriffen, was an der Codier Häufigkeit (165x codiert) deutlich wird. Dabei zeigt die Priorisierung der Kompetenzbereiche (s. Abb. 1), dass die Wichtigkeit des Fachwissens bei Entscheidungsprozessen als wenig wichtig eingestuft wurde. Von den Interviewpersonen wird zwischen tiefem, detailliertem Fachwissen und breitem, allgemeinen Wissen unterschieden, wobei das breite Allgemeinwissen der eigenen Person und das Detailwissen zuarbeitenden Referent*innen zugeordnet werde, wie im folgenden Zitat deutlich wird:

Ich habe immer argumentiert: 'Alle meine Mitarbeitenden müssen klüger sein als der Chef.' Und je nach Führungshierarchie war klar, die Abteilungsleiter sind ein bisschen dümmer als ihre Teamleiter, als ihre Referenten. Aber sie mussten in der Lage sein, horizontales und vertikales Wissen gegeneinander abzuwägen. (...) Und ich war der mit dem horizontalstem Wissen, aber mit der geringsten Tiefe. (Spreeblick, 19)

Spreeblick – Präsident eines Bundesamtes – bezieht sich in seinen Ausführungen auf die Unterscheidung zwischen Breite und Tiefe des Fachwissens, die er auch anhand der Hierarchiepositionen darlegt. Für ihn bedeute breites, horizontales Wissen oberflächliche Einblicke in eine Vielzahl technisch-naturwissenschaftlicher Wissensfelder (Energiesysteme, Funktionsweisen von Kraftwerken, Bauwesen etc.) zu haben, ohne verstehen zu müssen, wie die Technologien im Detail funktionieren. Er gestehe sich ein *«all die Themen niemals so tief durchdringen zu können, da ich mich nicht nur mit CRISPR/Cas beschäftigen muss, sondern auch wie ein autonom fahrendes Auto funktioniert, wie zukunftsfähige Energieerzeugung aussieht, wie digitale Algorithmen Hautkrebs identifizieren usw. Ich habe nicht den Luxus mich auf EIN Thema konzentrieren zu können»* (39). Mit dieser Aussage stelle er die unterschiedlichen Bedürfnisse von Führungspersonen und Fachpersonen heraus. Durch die steigende Komplexität der Themen müssen Verantwortungsträger*innen in sehr vielen Themen sprachfähig sein (Sonne, 49). Da dies (laut Aussage der Interviewpersonen, z.B. Spreeblick, 10; Erna, 48, 60) nicht möglich sei, sind sie bei tiefem, 'vertikalen' Detailwissen auf die Zuarbeit von Fachpersonen angewiesen. Erna (94) betont in diesem Zusammenhang, dass Verantwortungsträger*innen eine Schnittstellenfunktion einnehmen, welche das Einbeziehen und Verstehen von Wissen aus verschiedenen Bereichen erfordere. Die Mehrheit der Interviews deutet darauf hin, dass Verantwortungsträger*innen ihr naturwissenschaftliches Wissen grösstenteils durch die Unterstützung und Zuarbeit von naturwissenschaftlich versierten Expert*innen erlangen. Bevorzugte Quellen dieses Fachwissens, sind Spezialist*innen, wie Referent*innen, Mitarbeitende der eigenen Organisation oder externe Expert*innen. Diese vermitteln ihnen fachspezifisches Wissen sowie naturwissenschaftliche Daten und Erkenntnisse auf verständliche Weise und bieten wichtige Perspektiven, beispielsweise die aus Verbraucher*innensicht, aus der Regulierungs- oder Klimaschutzperspektive (Spreeblick, 13). Laut eigener Aussage der Interviewpersonen sei jedoch ein breites, grundlegendes Verständnis verschiedener naturwissenschaftlicher Themen erforderlich, um die erhaltenen Informationen richtig einordnen, bewerten und fundierte Entscheidungen treffen zu können (Spreeblick, 59; Sonne, 49; Pinni, 25; vgl. auch Kap. 4.4). Referent*innen nähmen dabei eine beratende Funktion im Hintergrund ein, treffen selber keine Entscheidungen und haben nur bedingt Kontrolle über die Verwendung des Wissens. Sie haben gegenüber den Verantwortungsträger*innen einen Wissensvorsprung in ihrem Fachbereich, was in folgender Aussage deutlich wird: *«Ich hatte ein Team, das viel mehr weiss als ich und ich musste gut filtern können und dann das Wissen, das ich brauche, abschöpfen»* (Sonne, 9).

Zudem geben die Interviewpersonen an, ihr benötigtes Wissen auf verschiedene Art und Weise zu erwerben: Hugo etwa vertiefte sich durch eigene Recherche in wissenschaftlichen Publikationen, Tschaikowski bilde sich durch den Besuch von wissenschaftlichen Vorträgen weiter und Emma gewinne Basiswissen durch direkte Interaktion mit Stakeholdern sowie durch praxisnahe Erfahrungen, wie beispielsweise Betriebsbesichtigungen. Dabei vertiefte zum Beispiel Stefan Schmidt sein Verständnis für Gentechnik in der Landwirtschaft, während Emma sich in die Thematik der Energieversorgungsnetze einarbeite. Dieses erarbeitete oder ihnen vermittelte Fachwissen entwickle sich im Laufe der Zeit zu einem umfassenden vernetzten Wissenskomplex, der in den täglichen beruflichen Herausforderungen Anwendung findet. Die Interviewten bedienen sich hierbei anschaulicher Metaphern, wie «Puzzle» (Emma, 11), «Koordinatensystem» (Pinni) oder «Landkarte», die sie im Laufe ihrer Karriere entziffern und vervollständigen.

Gemäss den Aussagen wird deutlich, dass das erlangte naturwissenschaftliche Wissen dazu diene, passende Argumente für die eigene Strategie zu entwickeln. Bei der Entscheidungsfindung sei insbesondere die Integration von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen mit dem politisch Realisierbaren von Bedeutung, wie Sonne in folgender Aussage aufzeigt. Dafür bräuchten Entscheidungsträger*innen ein fundiertes Verständnis der naturwissenschaftlichen Grundlagen, um aus den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen Handlungsempfehlungen ableiten zu können:

Es ist die Verknüpfung von naturwissenschaftlichen Argumenten mit dem, was realistisch oder politisch machbar ist. Für mich ist besonders wichtig, dass ich die naturwissenschaftlichen Argumente zu einem gewissen Grad verstehe, sicher nicht im Detaillevel. (...) Ich bin meistens nicht eingeladen, oder treffe Entscheidungen, wenn es um naturwissenschaftliche Detailfragen geht. Im Gegenteil, es geht immer um ein höheres Level der

Abstraktion. Und da ist es wichtig inhaltlich mitsprechen zu können. (...) Ich bereite mich [auf öffentliche Auftritte] so vor, dass ich pro Thema drei, vier, fünf Facts mitnehme und weiss, das sind die neuesten Daten, Fakten, Zahlen, aber die sind immer einzuordnen in das Argument. Ich muss immer den Fakt aus den Naturwissenschaften in den Kontext stellen und daraus Handlungsempfehlungen ableiten, weil es bringt niemandem was, irgendein Wissen zu haben, wenn man keine Handlungsempfehlung mitgibt. (Sonne, 19)

Sonne – eine Umwelt- und Klimaaktivistin sowie Mitglied einer Regierungs-Kommission – betont in ihrer Aussage, dass detailliertes Fachwissen allein in einer verantwortungsvollen Position nicht genüge. Für sie werde dieses Wissen erst in Verbindung mit praktischem Handlungswissen bedeutsam. Sie hebt zudem hervor, dass ein grundlegendes Verständnis über naturwissenschaftliche Zusammenhänge und darüber, wie Systeme funktionieren, essentiell sei, um Fachwissen in den Kontext des «grossen Ganzen» einzuordnen (Sonne, 69). Sie erklärt, dass ihre Entscheidungen auf Fachwissen basierten, jedoch immer im Kontext eines übergeordneten politischen Ziels getroffen würden. Das endgültige Ziel sei dabei die Formulierung einer konkreten Handlungsempfehlung, die mit der politischen Ausrichtung im Einklang stehe. Sie bezeichnet Detailwissen und Theorien als «vergangenes Wissen» und merkt in Bezug auf die Tiefe des Fachwissens an, dass spezifische Details schnell vergessen würden. Daher sehe sie die Vermittlung von übergreifendem Systemwissen in der Schule als besonders wichtig an. Für vertieftes Detailwissen hingegen sei ein naturwissenschaftliches Studium in der jeweiligen Disziplin erforderlich (s. Pinni, 71). Andere Interviewpersonen unterstreichen ebenfalls, dass das fachliche Detailwissen, welches sie für ihre beruflichen Aufgaben benötigen, nicht aus der schulischen Ausbildung stamme. Stattdessen werde dieses Wissen durch kontinuierliche Weiterbildung und Spezialisierung im Berufsleben erworben. Oft erfolge die Vermittlung durch Expert*innen oder werde durch gezielte Eigenrecherche erlangt, wie Sonne anmerkt: «Ich muss wissen, wo ich den Rest einholen kann» (9). Dabei seien besonders kompetente Fachleute wichtig, deren Studien, Ergebnisse und Einschätzungen verlässlich sind und die ihnen helfen, die Fülle an Informationen vorzusortieren und einzuordnen (Pinni, 25, 71). Naturwissenschaftliches Fachwissen ist in diesem Kontext grundsätzlich «anlesbar», kann «beackert» (Stefan Schmidt) und sich «angeeignet» werden, wie folgendes Beispiel von Pinni – Journalistin populärwissenschaftlicher Klimaliteratur – zeigt:

Das, was ich wirklich brauche, um die komplexen Probleme der heutigen Zeit zu beurteilen, da brauche ich ein Studium für. Und das bräuhete ich dann in jedem dieser riesigen Felder. Das bräuhete ich bei der Frage des Insektensterbens in der Insektenkunde, bei der Frage der Gewässer in der Gewässerkunde. Also, ich müsste mindestens 10 Fachstudien haben. Und das klappt nicht. Also muss ich eine Art von Allgemeinwissen haben. (Pinni, 71)

Viele Interviewpersonen betonen, dass allgemeines Grundlagenwissen wichtig sei, um junge Menschen auf das Treffen von nachhaltigen Entscheidungen in verantwortungsvollen Positionen vorzubereiten. Sie sähen nicht nur die Bedeutung von übergreifendem Systemwissen, sondern auch die Bedeutung von Handlungswissen und eines anwendungsbezogenen naturwissenschaftlichen Grundverständnisses als zentral an. In diesem Kontext bekäme die Schule die Aufgabe einerseits die Grundlagen und Systemzusammenhänge eines Fachgebiets zu vermitteln und andererseits Begeisterung für das jeweilige Fachgebiet zu wecken, wie es Tschaikowski (39) vorschlägt. Er betont, dass naturwissenschaftlicher Unterricht besonders den Willen fördern solle, eine nachhaltige Welt aktiv mitgestalten zu wollen.

4.2 Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung

Der Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung umfasst die Kenntnis von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen. Ausserdem gehören die Schritte des wissenschaftlichen Arbeitens, angefangen von Fragestellungen formulieren über Hypothesen aufstellen, Untersuchungen planen und durchführen bis hin zur Auswertung, Interpretation und Reflexion der gewonnenen Daten in diesen Kompetenzbereich (KMK, 2020a). Im Prozess der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung spielt nicht nur das Experimentieren zur Datensammlung eine Rolle, sondern auch die Anwendung von Modellen zur Beschreibung und Darstellung von Erkenntnissen.

Dieser Kompetenzbereich wurde am seltensten codiert (45-mal) und von allen interviewten Verantwortungsträger*innen bei der Frage nach der Priorisierung als am wenigsten wichtig eingeordnet¹ (s. Abb. 1). Den Erkenntnisgewinnungsprozess ordnen die befragten Personen deutlich den Naturwissenschaftler*innen zu, die Spezialist*innen in dem jeweiligen Fachgebiet seien und ihnen durch Zuarbeit die gewonnenen Daten und die Erkenntnisse daraus liefern:

Ich will ja kein Wissenschaftler sein, sondern ich will anwenden. (...) Ein wichtiger Teil der Naturwissenschaften ist wissenschaftliche Methodik, um zu Beweisen zu kommen. Ich finde in der Regel die Ergebnisse vor und bin nicht derjenige, der im Labor steht. Das heisst, was ich können muss, ist, die Ergebnisse zu verstehen. Nicht, den Prozess zu betreiben. (Darth Vader, 11)

Das Zitat zeigt beispielhaft die Einstellung der Interviewten zu dem Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung. Darth Vader – Gewerkschaftspräsident mit Beratungsfunktion auf bundespolitischer Ebene – grenzt sich hier von denjenigen – den Wissenschaftler*innen – ab, die im Labor stehen und Daten erzeugen. Er betont, dass er in seiner Position vielmehr die ihm zugetragenen Ergebnisse verstehen, interpretieren und kritisch hinterfragen müsse, um sie dann in

¹ Da der Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung in den Interviews vergleichsweise wenig Beachtung fand, wird er in diesem Artikel entsprechend weniger ausführlich behandelt.

seinem Feld und für seine Argumentation anzuwenden. Dabei helfe ihm sein «Generalistenblick», der im Gegensatz zur «verfachlichten Debatte» dazu beitrage das ganze Systemspektrum mit allen Faktoren zu überblicken und die vorgelegten Informationen einzuordnen. Bei der Prüfung sei ausserdem «*Logik, Beziehungen und Plausibilitätschecks sowie ein bisschen Knowhow*» hilfreich (15). Auch wenn die Interviewpersonen selten eigene Experimente zur Erkenntnisgewinnung durchführen, seien grundlegende Kenntnisse zu diesem Prozess erforderlich, um Daten und Ergebnisse interpretieren und diese sowie den Prozess hinterfragen zu können.

Im Kontext des Erkenntnisprozesses beinhaltet die wissenschaftliche Arbeit nicht nur die Sammlung und Aufarbeitung von Daten sowie die Erstellung von Ergebnissen. Sie umfasst auch den fachwissenschaftlichen Teil, der in Kapitel 4.1 beschrieben wurde. Ein weiteres Beispiel für die Einstellung zum Erkenntnisgewinnungsprozess bietet die Journalistin Pinni. Sie sieht es nicht als ihre Aufgabe an, den wissenschaftlichen Erkenntnisprozess selbst durchzuführen. Vielmehr betrachte sie es als ihre Rolle, die Öffentlichkeit darüber aufzuklären, wie Wissenschaft und wissenschaftlicher Erkenntnisgewinn funktionieren. Pinni stellt fest, dass in weiten Teilen der Öffentlichkeit ein Missverständnis darüber bestehe, wie Wissenschaft ablaufe. Dies zeigt sie in folgendem Zitat:

*«Ich glaube, es ist unsere Aufgabe als Journalist*innen zu erklären, dass das der Erkenntnisprozess ist und dass niemand die absolute Wahrheit kennt.»* (Pinni, 35)

Laut Pinni solle das Verständnis für wissenschaftliche Prozesse als Grundkompetenz, nicht nur für Politiker*innen und Führungspersonen, angesehen werden. Dies würde dazu beitragen, politische und gesellschaftliche Prozesse besser zu verstehen und in der externen Kommunikation gezielt anzusprechen. An anderer Stelle im Interview wird deutlich, dass für Pinni die Interpretation von Wahrscheinlichkeiten in wissenschaftlichen Daten von besonderer Bedeutung sei. Sie erklärt, dass wissenschaftliche Erkenntnisse in der Regel eine Reihe von Antworten mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit für ihre Richtigkeit böten, wobei stets ein Element der Unsicherheit bleiben würde. Um diesen Prozess angemessen zu kommunizieren, müsse sie in der Lage sein, die Daten einzuordnen und richtig zu interpretieren. Diese Kompetenz fällt auch in den Bereich der Kommunikation und wird wiederum von den Verantwortungsträger*innen als besonders wichtig erachtet und im folgenden Abschnitt näher diskutiert.

4.3 Kompetenzbereich Kommunikation

Eine Fachsprache zu entwickeln, sich präzise und fachgerecht auszudrücken, dies aber auch in Alltagssprache umzusetzen, um damit Gesellschaft in öffentlichen Diskussionen und Entscheidungen teilhaben zu lassen, sind wichtige Teilkompetenzen, die die KMK für den Kompetenzbereich Kommunikation beschreibt (2020a, S. 12). Diese Fähigkeiten werden von den Interviewpersonen als besonders wichtig für die erfolgreiche Ausübung ihrer täglichen Aufgaben angesehen.

Verantwortungsträger*innen sind täglich damit befasst, das ihnen zugetragene Wissen in verständliche Argumente zu übertragen, unterschiedliche Interessensgruppen zu berücksichtigen und schliesslich verantwortungsvolle Entscheidungen zu treffen, die zu einer konkreten Leitlinie oder Policy führen. In diesem Prozess sei es wichtig, wissenschaftliche Erkenntnisse und Daten in Form einer politischen Strategie so zu kommunizieren, dass sie für die breite Öffentlichkeit zugänglich und überzeugend sind. Dies zeigt Emma – Geschäftsführerin eines Energieunternehmens und im Bereich Public Affairs tätig – im unten aufgeführten Zitat. Bei der Erarbeitung einer (transformativen) Kommunikationsstrategie müsse sie, in der Rolle als Repräsentantin, fachliches Wissen in Alltagssprache übersetzen und wissenschaftliche Zahlen verständlich vermitteln, um effektiv mit der breiten Öffentlichkeit kommunizieren zu können.

Wir müssen strassengängig werden. (...) Wir müssen in der Lage sein, unsere Argumente und Ziele kurz und prägnant, auf ein oder zwei Seiten, darstellen zu können. Denn unsere politische Strategie ist erst erfolgreich, wenn individuelle Interessen in ein Allgemeininteresse transformiert werden und das Gemeinwohl in den Vordergrund rückt. (Emma, 19)

Emma arbeitet im strategischen Management von Entscheidungsprozessen an der Schnittstelle zwischen Wirtschaft, Politik und Gesellschaft. Sie weist auf die Übersetzungsleistung von Fach- in Alltagssprache hin und wie wichtig es sei naturwissenschaftlich relevante Aspekte im Alltag der Menschen anzusprechen. Sie sei bestrebt individuelle (d.h. industrielle und wirtschaftliche) als auch öffentliche Interessen durch die sachgerechte Vermittlung von Fachwissen in Einklang zu bringen.

Ein normaler Mensch in meinem Umfeld weiss nicht, ob 100 Tonnen CO₂ viel oder wenig ist, ist es hunderttausend, Millionen? Was davon ist relevant? Das heisst, ich muss dolmetschen zwischen der Welt der Wissenschaft, wo ganz klar ist: jede Tonne zählt. Und dann wiederum in die Welten hinein, die die Entscheidungen treffen. Diese Übersetzungsleistung finde ich das Zentrale: die Information aufzunehmen und sich zu überlegen, wie kriege ich das jetzt mehrheitsfähig. Das ist dann Politik – dafür musst du Mehrheiten organisieren.

(Erna, 44)

In leitenden Positionen komme Verantwortungsträger*innen eine Schlüsselrolle in der Steuerung von Transformationsprozessen und der Gewinnung unterschiedlicher Zielgruppen zu. Sie agieren nicht nur als Meinungsführende, Agenda-Setter und viel beachtete Stimmen im öffentlichen Diskurs, sondern müssen auch unterschiedliche Zielgruppen ansprechen. Dabei sei eine ausgeprägte Fähigkeit zur sprachlich-argumentativen Vermittlung unerlässlich. Da viele

Minister*innen, Firmenvorsitzende oder Journalist*innen einen Hintergrund in Recht, Politikwissenschaft, Wirtschaft oder Sozial- und Geisteswissenschaften haben (Indeed, 2021), können sie davon profitieren, dass bereits in der Ausbildung ein grosser Wert auf kommunikative und strategische Kompetenzen gelegt würde. Hugo – Vorsitzende eines umweltpolitischen Bundesverbandes mit nachhaltigkeitsrelevanten Schwerpunkten wie Klimawandel und Verbraucherschutz – veranschaulicht im unten aufgeführten Zitat den Stellenwert der Kommunikationskompetenz für ihre Aufgaben. Obwohl sie ihre formale Ausbildung in Politik-, Kommunikationswissenschaften und Linguistik zunächst für «irrelevant» erkläre, betont sie wie wichtig genaues Sprachverständnis und eine klare Kommunikation seien. In ihrer Rolle sähe sie das strategische Erarbeiten einer Kommunikationsstrategie wie auch die Fähigkeit naturwissenschaftliche Sachverhalte angemessen und effektiv zu vermitteln als zentral an:

Wichtig ist, dass wir kommunizieren, Verhandlungen führen und Sitzungen leiten können. Ich sage immer so Scherzes halber: 'Was ich studiert habe, ist vollkommen irrelevant für das, was ich tue.' Kommunizieren, eine gewisse Allgemeinbildung, Umgang mit Menschen und die Bereitschaft Verantwortung zu übernehmen, sind viel wesentlichere Punkte. (...) Wobei mir gerade klar wird, dass tatsächlich ein exakter Umgang mit Sprache ziemlich relevant ist – deswegen ist meine Ausbildung doch gar nicht so schlecht. (Hugo, 21/35)

Agatha leitet als Agrarwissenschaftlerin einen grossen Bio-Lebensmittelverband, der sowohl Zertifizierungen für landwirtschaftliche Produkte ausstellt als auch Lobbyarbeit leistet. Ihr übergeordnetes Ziel sei die Förderung des ökologischen Landbaus und damit einhergehend das Vorantreiben der Nachhaltigkeitswende in der Landwirtschaft. In ihrer leitenden Rolle lege sie grossen Wert auf klare Kommunikation und strategische Argumentation und betont, dass ein tiefes Verständnis für die Regeln des Diskurses entscheidend sei, um überzeugende Argumente zu präsentieren. Während sie ihr agrarwissenschaftliches Fachwissen als klaren Vorteil ansähe, hebt Agatha hervor, dass sie anfangs Schwierigkeiten im Bereich der argumentativen Kommunikation hatte:

Was ich gerade am Anfang ganz schwierig fand, war dieses Argumentieren. Ich glaube, das lernt man in manchen Studiengängen besser, also z.B. in Jura ist es ja quasi deren Geschäft. Das war jetzt bei uns kein Teil des Studiums. Und wenn ich mich jetzt so in der Welt umschaue und was für Diskussionen und Scheindiskussionen geführt werden und wer da irgendwie mit Fake Facts um die Ecke kommt, dann denke ich, das muss heutzutage zu einer Grundausbildung gehören. Zu gucken, wie unterscheide ich denn richtige Fakten von falschen Fakten oder wie baue ich eine Argumentation auf? (Agatha, 29)

In diesem Zitat zeigt Agatha die Notwendigkeit der Identifizierung falscher Fakten auf. Ausserdem wird die Wichtigkeit der Verbindung verschiedener Kompetenzbereiche deutlich. Die Fähigkeit zum Argumentieren, die im ersten Satz angedeutet wird, spiele eine zentrale Rolle im Entscheidungsprozess von Verantwortungsträger*innen und ist den Bereichen Kommunikation und Erkenntnisgewinnung zuzuordnen. Eine eingehende Analyse der Argumentationsstrategien von Verantwortungsträger*innen im Rahmen ihrer Entscheidungsprozesse könnte ein interessantes Thema für eine zukünftige Studie sein.²

4.4 Kompetenzbereich Bewertung

Der kritische Umgang mit Informationen, das Beurteilen von Quellen hinsichtlich ihrer Qualität und das Unterscheiden von wissenschaftlichen und nicht-wissenschaftlichen Aussagen sind Facetten, die unter den Kompetenzbereich der Bewertung fallen (KMK, 2020b). Für die gymnasiale Oberstufe formuliert die KMK ausserdem die Fähigkeit sich kriteriengeleitet Meinungen zu bilden, um darauf aufbauend gesellschaftlich und politisch relevante «Entscheidungen zu treffen und Handlungsoptionen [mit fachlichem Bezug] abzuleiten» (ebd., S. 17). Entscheidungen sollen auf Grundlage naturwissenschaftlicher Aspekte getroffen werden und gleichzeitig anhand von «gesellschaftlich akzeptierten und persönlich relevanten Normen und Werten» reflektiert und begründet werden» (KMK, 2020a). In den Interviews ordnen acht (von 14) befragten Verantwortungsträger*innen die Bewertungskompetenz als am wichtigsten ein und betonen die zentrale Rolle im Umgang mit Informationen, wie das folgende Zitat beispielhaft zeigt:

Ganz oben ist für mich das Thema Bewertung. Es steht über allem, weil es letztendlich die Fähigkeit bringt, die Informationsflüsse überhaupt verarbeiten zu können. (...) Dabei muss ich nicht in jeder Fachdisziplin ganz tief einsteigen. Wenn die Bewertungsebene jedoch nicht klar ist, können Fachdisziplinen auch zu Fachidiotie verkommen. (Stefan Schmidt, 33)

Stefan Schmidt – ein stellvertretender Fraktionsvorsitzender – verdeutlicht, dass die Fähigkeit zur Bewertung entscheidend sei, um Informationsflüsse zu verarbeiten. Er hebt hervor, dass es nicht erforderlich sei, in jeder Fachdisziplin tiefgehendes Fachwissen zu besitzen. Viel wichtiger sei die Fähigkeit, Daten aus verschiedenen Quellen (Sekundär- und Tertiärquellen) zu bewerten, um zuglieferte Informationen, die meist bereits stark gefiltert seien, von Referent*innen einordnen zu können (s. Kapitel 4.1 Fachwissen). Bewertungskompetenz sei somit nicht nur eine (intellektuelle) Fähigkeit, sondern auch eine kritische Haltung gegenüber Informationen, die eine Unterscheidung von Qualität und Relevanz ermögliche. Er sähe die Bewertungskompetenz als Möglichkeit an, Fachwissen in einen breiteren Kontext zu stellen, anstatt dieses isoliert im eigenen Fachbereich zu nutzen, was die Gefahr von «Fachidiotie» mit sich bringe.

² Dabei wäre der Einbezug und die Betrachtung mit Hilfe des Toulmin'schen Argumentationsschema (Toulmin, 2003) interessant.

Dabei gehe die Fähigkeit über das Erfassen von Einzelinformationen hinaus und erfordere das Erkennen von Zusammenhängen, um Informationen in den breiteren Kontext einzubauen. Dies wird auch im folgenden Zitat deutlich:

Wie sind Zahlen ins Verhältnis zu setzen? Ich hatte neulich den Fall, dass wir eine Probe genommen haben von einer Teichfolie und die hat den Grenzwert überschritten. Jetzt beschwert sich der Hersteller, dass wir das anmahnen. Ich habe dann einen Kollegen gefragt: wenn der Grenzwert jetzt eins wäre, haben wir zehn gemessen oder haben wir 1,5 gemessen? (...)

Oder wenn jemand sagt: bestimmte Klimagase wirken x-Mal schlimmer oder in der Höhe anders, muss man das einordnen können. Was heisst das für Flugemissionen? Die einzelnen chemischen Prozesse dahinter muss ich nicht verstehen. Ich muss jedoch bewerten können, was mir an Zahlen präsentiert wird. (Hugo, 21)

Die Fähigkeit, Zahlen zu interpretieren und zu beurteilen, stelle in Entscheidungssituationen eine essenzielle Qualifikation für die befragten Verantwortungsträger*innen dar. Diese Kompetenz ermögliche es ihnen, über reine Daten hinauszublicken und eine tiefere Ebene des Verständnisses zu erreichen. Statt sich in unwichtigen Details zu verlieren, betonen die Interviewpersonen die Wichtigkeit, das Gesamtbild im Auge zu behalten. Dies bedeute, dass sie in der Lage seien, relevante Informationen von irrelevanten zu unterscheiden und Prioritäten zu setzen.

Die im ersten Abschnitt des Zitats angesprochenen Grenzwerte seien ein gutes Beispiel für Detailwissen (s. Kapitel 4.1), welches nicht direkt aus dem Alltagswissen abzuleiten ist. Grenzwerte basieren auf chemisch-physikalischen Messungen und Analysen, deren Durchführung ein professionell fundiertes, detailliertes Fachwissen erfordere. Die politische Festlegung von Gesetzen zur Einhaltung von Grenzwerten erweise sich insbesondere für fachfremde Personen als unverzichtbar, um Zahlen einordnen und bewerten zu können (Hugo, 21; Sonne, 39). Da Grenzwerte wichtig bei einer Vielzahl von Nachhaltigkeitsherausforderungen (z.B. Umweltgifte, Klimawandel oder Landwirtschaft) seien, spielen sie auch in Entscheidungsprozessen für Verantwortungsträger*innen eine bedeutende Rolle. Neben den vorgeschriebenen Grenzwerten helfe ein Wertegerüst, die Daten zu bewerten und einzuordnen, was Erna im folgenden Zitat verdeutlicht:

Man braucht die Offenheit sich die Sachdaten zu holen, sie dann politisch und in ihren sozialen Konsequenzen zu bewerten. Also ein Gerüst, ein Wertegerüst dahinter zu haben, wo man sagt, wie bewerte ich diese Fakten? Und was bedeutet das dann eben für meine Tätigkeit. (Erna, 54)

Erna hebt die Bedeutung von Offenheit für diverse neuen Ideen und verschiedene sachliche Informationen hervor, was ihre Wertschätzung für eine solide Informationsgrundlage unterstreiche. In einer Welt, in der Informationen leicht zugänglich sind, betont sie die Notwendigkeit proaktiv relevante Fakten zu identifizieren. Dabei reiche es nicht aus Daten lediglich zu sammeln, vielmehr sei es unerlässlich diese in ihrem politischen und sozialen Kontext zu bewerten. Erna sei sich dabei im Klaren über die Rolle, die ihre eigenen Wertvorstellungen in diesem Bewertungsprozess spielen. Sie sähe ihr persönliches Wertegerüst als Wegweiser bei der Informationsbewertung und als nützliche Hilfe bei der Entscheidungsfindung. Der letzte Satz des Zitats deutet darauf hin, dass Erna sich der Verbindung zwischen Informationsbewertung und Handlungsorientierung in ihrer eigenen Tätigkeit bewusst ist.

Die Analyse und Entscheidungsfindung seien umso komplexer und anspruchsvoller, wenn zusätzliche Faktoren der Unsicherheit hinzugezogen werden. In einer Welt, die sich durch wachsende Dynamik und Komplexität auszeichne, werde das Handeln unter Unsicherheit für Verantwortungsträger*innen bedeutsamer (vgl. auch Eberz et al., 2023). Innerhalb dieses Kontextes werfe die eigene Fehlbarkeit, als ein zusätzliches Element der Unsicherheit, komplexe Fragen nach den eigenen Grenzen und der potenziellen Voreingenommenheit auf. Auch das oft entscheidende, aber schwierig zu messende Element des Vertrauens in andere Personen spiele hier eine wichtige Rolle. Diese Aspekte werden im Zitat von Spreeblick aufgegriffen:

Ich muss mit meiner eigenen Fehlbarkeit umgehen und muss ein Gefühl dafür entwickeln, wenn mir die Person xj erzählt, warum erzählt sie mir das? Wie erzählt sie mir das? Und vertraue ich dem? Und habe ich die Chance, eine gewisse Diversität an Meinungen mir zu organisieren, um eine interdisziplinäre Sicht mir zu bekommen? (Spreeblick, 39)

Das Anerkennen der eigenen Fehlbarkeit sei eine Grundvoraussetzung für kritisches Denken und Selbstreflexion, was beides für eine Bewertungskompetenz wichtig ist. Dieses Bewusstsein für die eigene Fehlbarkeit fördere eine stärkere Skepsis sowohl gegenüber den eigenen Ansichten als auch gegenüber den Informationen, die von anderen stammen. Neben der bereits genannten Selbstreflexion sei die Bereitschaft externe Expertise einzuholen und eine Diversität von Perspektiven erforderlich. Als wichtiges Hilfsmittel, um die Zuverlässigkeit und Glaubwürdigkeit einer Informationsquelle zu bewerten, nennt Spreeblick die Art und Weise wie die Information präsentiert würden. Dafür sei einmal die Frage «Warum erzählt die Person mir das?» relevant, um die Intention hinter der Informationsweitergabe zu verstehen. Dadurch solle erkannt werden, ob die Referent*in eine Agenda verfolge oder objektive Informationen weitergäbe. Aber auch die Frage nach dem «Wie?» spiele eine grosse Rolle, um durch Präsentation, Klarheit und verwendete Quellen darauf zu schliessen, wie gründlich die zuarbeitende Person ihre Arbeit gemacht habe. Zusätzlich spiele Vertrauen in die Zuarbeit eine wichtige Rolle, da Verantwortungsträger*innen häufig keine Expert*innen in naturwissenschaftlichen und technischen Themen sind.

Zum Schluss des Zitats wird die Wichtigkeit interdisziplinärer Perspektiven betont. Unterschiedliche Blickwinkel, Meinungen und Daten könnten zu einem besseren Verständnis eines Themas beitragen. Es sei wichtig aus unterschiedlichen Quellen zu schöpfen, um das Risiko einer verzerrten oder eingeschränkten Sicht zu minimieren. Unterschiedliche Expertenmeinungen und verschiedene wissenschaftliche und soziale Perspektiven sollen dabei berücksichtigt werden.

5 Diskussion

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie geben Einblicke in die Arbeit und das naturwissenschaftliche Denken von hochrangigen Führungspersonen in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft. Dieser Beitrag untersucht dabei, welche naturwissenschaftlichen Kompetenzen Verantwortungsträger*innen nutzen, wenn sie nachhaltigkeitsrelevante Entscheidungen treffen. Dafür werden die für die schulische Bildung entwickelten naturwissenschaftlichen Kompetenzbereiche auf ihre Anwendbarkeit im beruflichen Kontext von Verantwortungsträger*innen analysiert. Damit wird für die Beschreibung der Kompetenzen eine explizit ausserdisziplinäre Perspektive eingenommen: Es wird nicht aus Perspektive der Naturwissenschaften gefragt, was naturwissenschaftliche Laien brauchen, um aus einer naturwissenschaftlichen Sicht die Welt zu verstehen, sondern es wird aus Perspektive von naturwissenschaftlichen Laien gefragt, was sie von den Naturwissenschaften brauchen, um Gesellschaft gestalten zu können. Die Forschungsergebnisse stützen sich auf Erzählungen aus erster Hand, die aus dem eher schwer zugänglichen Feld von Bundesminister*innen, CEOs grosser Unternehmen und Vorsitzenden von NGOs stammen. Dadurch erlangt das Projekt innovativen Charakter, da bisher keine empirischen Untersuchungen im Hinblick auf naturwissenschaftliche Kompetenzen bei Personen in hochrangigen Positionen stattgefunden hat.

5.1 Limitationen und weitere Forschung

Vor dem Hintergrund projektspezifischer Limitationen sollen im Folgenden zunächst Empfehlungen für weiterführende und anschlussfähige Studien gegeben und darauffolgend die vorliegenden Ergebnisse diskutiert werden. Es ist festzuhalten, dass die Daten sich auf die Selbstbeschreibung und Selbsteinschätzung der Verantwortungsträger*innen stützen. Wir konnten dadurch analysieren, welche Kompetenzen sie selbst für am wichtigsten halten, jedoch nicht, welche sie wirklich in ihrem Berufsalltag nutzen. Weiterführende Studien könnten die Kompetenzen der Verantwortungsträger*innen direkt im Forschungsfeld erheben und untersuchen, wie Entscheidungsprozesse konkret ablaufen und welche Kompetenzen wirklich genutzt werden. Aufgrund des explorativen Ansatzes der Studie ist die Stichprobe mit 14 Interviewpersonen eher klein. In unseren Analysen haben wir uns auf Erzählungen von Einzelfällen konzentriert, daher war die Anzahl für unsere Forschungsfrage ausreichend und theoretisch gesättigt und für das exklusive Feld hochrangiger Entscheidungspersonen sogar als gross einzuordnen. Ausserdem haben wir uns auf Personen ohne formalen naturwissenschaftlichen Bildungshintergrund fokussiert, um herauszufinden, wie diese Personen ihr naturwissenschaftliches Fachwissen erwerben oder nutzen. Die Befragung von Verantwortungsträger*innen explizit mit naturwissenschaftlichem Hintergrund wäre eine lohnenswerte Studie, um Unterschiede in den Ergebnissen diskutieren zu können. Eine weitere Einschränkung liegt darin, dass die Teilnehmenden nur eine vereinfachte Beschreibung anstatt detaillierter Informationen der Kompetenzbereiche während der Interviews erhielten. Dies kann zur Folge haben, dass ihre Antworten nicht die ganze Bandbreite und Komplexität der Kompetenzbereiche vollständig erfassen.

Da es bislang für das Schweizer Gymnasium kein spezifisches naturwissenschaftliches Kompetenzmodell gibt, haben wir uns auf die Bildungsstandards der deutschen Kultusministerkonferenz fokussiert. Diese bilden zwar einen bildungspolitischen Rahmen ab, da die Lehrpersonen jedoch curricular gefordert sind, entlang der Bildungsstandards und damit der KMK-Kompetenzbereiche zu unterrichten, erschien es uns angemessen und auch effektiv, diese in der Studie einzubeziehen. Mit Einführung des neuen RLPs für Schweizer Gymnasien wird auch in der Schweiz die Kompetenzorientierung erneut diskutiert und zukünftige Studien könnten das Ziel der vertieften Gesellschaftsreife zusammen mit für die Schweiz formulierten naturwissenschaftlichen Kompetenzbereichen betrachten. Es ist jedoch davon auszugehen, dass sich diese nicht stark von den in Deutschland formulierten Kompetenzen unterscheiden.

5.2 Diskussion der Ergebnisse

In der Analyse wurden die vier naturwissenschaftlichen Kompetenzbereiche – Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung – im Hinblick auf ihre Relevanz im beruflichen Alltag der Interviewten bewertet. Diese Auswahl der Kompetenzbereiche lehnt sich an die deutschen Bildungsstandards und findet ähnliche Entsprechungen in anderen Kompetenzmodellen, wie beispielsweise im Lehrplan 21.

Die Ergebnisse zeigen, dass die befragten Verantwortungsträger*innen in einer Selbstbeschreibung vor allem dem Kompetenzbereich Bewertung, aber auch der Kommunikation eine hohe Bedeutung beimessen, während Fachwissen und Erkenntnisgewinnung zunächst als weniger wichtig eingeordnet werden. Gleichzeitig zeigt die 'quantitative' wie qualitative Auswertung des Vorkommens unterschiedlicher Kompetenzen in den Interviews, dass die Bedeutung des Fachwissens und auch der Erkenntnisgewinnung nicht negiert werden können. Insbesondere die Bewertungskompetenz scheint als sehr bedeutsamer Kompetenzbereich für Verantwortungsträger*innen hervorzutreten. In der folgenden Diskussion gehen wir daher im ersten Teil insbesondere auf die Rolle des Fachwissens für Verantwortungsträger*innen ein und beleuchten im zweiten Teil den Kompetenzbereich der Bewertung.

5.2.1 Anforderungen an naturwissenschaftliches Fachwissen für Verantwortungsträger*innen

Allein die Zahl der Nennungen von Fachwissenselementen in den Interviews wie auch die Themenvielfalt zeigt die hohe Bedeutung von Fachlichkeit für die evidenzbasierte Entscheidungsfindung von Verantwortungsträger*innen. Auch wenn dem Kompetenzbereich Fachwissen auf explizite Nachfrage von den Interviewpersonen eine eher geringe Bedeutung beigemessen wird, spielt dieser doch eine hervorgehobene Rolle. Dies zeigt auch die Vielfalt der Themen und die Fachlichkeit in den Argumentationen der Verantwortungsträger*innen. In unterschiedlichem Detaillierungsgrad werden in den Interviews Aspekte des Treibhauseffekts, der Desertifikation, von Stoffstrombilanzen bis hin zu Fragen der Energieerhaltung angesprochen.

Von der Faktenkenntnis zum Überblickswissen: Ob selbst erarbeitet oder durch die entsprechenden Fachebenen vorbereitet: Fachwissenschaftliche Kompetenzen spielen auch für Verantwortungsträger*innen eine bedeutsame Rolle. Gleichzeitig wird jedoch deutlich, dass auf dieser Ebene weniger fachliches Detailwissen, als vielmehr ein Grundverständnis notwendig scheinen. Dieses ermöglicht, komplexe Themen wie Klimawandel, Energieversorgung, Erhalt der Biodiversität oder Umgang mit Ressourcen systematisch zu betrachten und sie in politischen Diskussionen einzuordnen. Viele der befragten Führungskräfte erwerben im Verlauf ihrer Karriere ein breites Basiswissen zu relevanten Themen. Dieses Fachwissen geht nicht so tief ins Detail, dass es eine eigenständige Expertenposition beanspruchen kann, ermöglicht aber proaktive Handlungen und vor allem auch die Extrapolation auf andere Fachgebiete. Fachwissen wird dabei vornehmlich im Kontext der eigenen Verhandlungsposition als nützlich erachtet. Für Verantwortungsträger*innen spielt die Gesellschaftsrelevanz in der Auswahl von Lerninhalten die zentrale Rolle.

Wissen an Systemgrenzen: Das Fachwissen spielt vorrangig an Schnittstellen zu anderen Themenbereichen, wie beispielsweise Energiefragen in kultureller, wirtschaftlicher, juristischer Hinsicht eine Rolle. Aus einer systemtheoretischen Perspektive spielen für die Verantwortungsträger*innen fachliche Wissensbestände an den Systemgrenzen, im Übergang zu anderen Disziplinen eine zentrale Rolle.

Vom Verstehen zum Anwenden: Aus einer fachdidaktischen Perspektive ergibt sich hier die Herausforderung zwischen relativ niedrigen Lernzieldimensionen (Verstehen naturwissenschaftlicher Zusammenhänge) und den komplexeren Lernzieldimensionen (Anwenden, Evaluieren) eine Brücke zu schlagen (Andersson & Krathwohl, 2001). Hieraus ergibt sich das fachdidaktische Desiderat Konzepte auf einem Körnungsgrad beschreiben zu können, das zum einen ein angemessenes Verstehen erreicht, aber gleichzeitig auch künftigen Nicht-Naturwissenschaftler*innen eine Basis für gesellschaftliche Entscheidungen bietet. Konkret wird es dabei weniger darum gehen beispielsweise beschreiben zu können, in welchen Spektren CO₂-Moleküle Strahlung wie absorbieren, sondern dass sie Strahlung absorbieren und emittieren.

Vertrauen in Fachlichkeit: Entscheidend für die Verantwortungsträger*innen ist hier das Vertrauen in Fachlichkeit und Fachexpertise: Da sie in der Regel in ihrem naturwissenschaftlichen Überblickswissen von einem Team von Fachreferent*innen ergänzt werden, spielen Anschlussfähigkeit und Glaubwürdigkeit von Wissensbeständen eine wichtige Rolle. Diese Zusammenarbeit mit Expert*innen ist unerlässlich für verantwortungsvolle Entscheidungsprozesse, da die Referent*innen, laut Erna, als «Wissensquellen» dienen und somit die Handlungsfähigkeit der Entscheidungsträger*innen stärken. Daraus lässt sich schliessen, dass «eigenes» naturwissenschaftliches Detailwissen in Führungspositionen in den Hintergrund gelange, «zugeliefertes» Fachwissen als Bewertungsgrundlage und vor allem für die Glaubwürdigkeit der Quelle aber enorm wichtig sei. Dabei sei es ausserdem wichtig trotz vorhandener Wissenslücken («Mut zur Lücke», Emma, 21) selbstbewusst und kompetent aufzutreten.

Den Kern verstehen: Die Verantwortungsträger*innen beziehen sich selten auf Details aus ihrem schulischen naturwissenschaftlichen Wissen, nutzen aber ein Grundverständnis naturwissenschaftlicher Konzepte als Ausgangspunkt, um spezialisiertes Wissen je nach Bedarf zu vertiefen. Diese Aussagen zeigen eine grosse Nähe zu den fachdidaktischen Ansätzen mit dem Prinzip der Basiskonzepte einen Abstraktionsgrad zu schaffen mit dem Zusammenhänge zulasten von konzeptionellem Detailwissen in den Vordergrund treten (Prenzel et al., 2001). Im Kontext der Naturwissenschaftsdidaktik sollte diskutiert werden, ob insbesondere aus Perspektive einer naturwissenschaftlichen Allgemeinbildung eher die Vermittlungen eines grundlegenden Verständnisses als stark detailliertes Konzeptwissen im Vordergrund stehen sollte. Für die heutige Schulbildung kann dabei auf bereits entwickelte Konzepte zurückgegriffen werden, die in Kapitel 2.1 erläutert wurden. Das Unterrichten von Fachwissen entlang von Basiskonzepten (KMK, 2005a, S. 9) oder den amerikanischen *Disciplinary Core Concepts* (NGSS Lead States, 2013) kann dabei helfen, ein vernetzendes Grundverständnis wichtiger naturwissenschaftlicher Konzepte zu entwickeln. Dieses Grundwissen kann vernetztes Denken fördern und als Basis für weiterführendes Lernen und interdisziplinäres Denken über die Fachgrenzen hinaus dienen (KMK, 2020a, S. 18). Das vernetzte Wissen der grundlegenden Basiskonzepte könne den Verantwortungsträger*innen dabei helfen, die ihnen durch Expert*innen zugelegenen Informationen einordnen und bewerten zu können.

Handlungswissen: Für die Ebene der Verantwortungsträger*innen unserer Studie zeigen die Daten, dass sie nicht geleitet durch ihr eigenes Wissen im Nachhaltigkeitsbereich zum Handeln angeregt werden, sondern hier eher ihr Wertesystem leitend ist. Sie bewegen sich jedoch immer zwischen verschiedenen Wissenswelten, wodurch ihre Entscheidungen nicht durch einfache Ursache-Wirkungsprinzipien geleitet werden, sondern um ein Vielfaches komplexer seien durch den Einbezug diverser Perspektiven. Das Fachwissen bleibe für sie als notwendige, aber nicht als hinreichende Bedingung bestehen, wie es auch in Kruse und Funke (2022) beschrieben wird. Wichtiger für ihr Handeln seien die Bereitschaft Verantwortung zu übernehmen und der Wille etwas zu verändern.

Mit Blick auf die in Kapitel 2.1 beschriebenen umweltbezogenen Wissensformen sei es bedeutsam Systemwissen in Verbindung mit Handlungswissen in der Schule zu vermitteln. Frick (2003) und Kaiser und Fuhrer (2003) betonen,

dass theoretisches naturwissenschaftliches Grundlagen-Systemwissen nicht zu Handlungen führe, wenn die Person nicht den direkten Handlungsbedarf erkenne. Diese Erkenntnis und das Wissen darüber, dass insbesondere *public-sphere actions* (nationale Gesetze, Verbote, Regulationen) zu weitreichenden Veränderungen führen, lässt die Schlussfolgerung zu, dass junge Menschen, die in der Schule auf verantwortungsvolle Aufgaben vorbereitet werden sollen, sinnvoll vernetztes Systemwissen gekoppelt an gesellschaftliche Handlungsmöglichkeiten vermittelt bekommen sollten.

5.2.2 Bewertungskompetenz wird zum wichtigsten Kompetenzbereich in verantwortungsvollen Positionen

Im vorherigen Abschnitt wird deutlich: Fachwissen ist als Bewertungsgrundlage eine notwendige Grundlage für Entscheidungsträger*innen. Das beurteilen können von Informationen und Wissensquellen bekommt dabei eine höhere Priorität als detailliertes Fachwissen und wird so als wichtigster Kompetenzbereich von den interviewten Personen eingeschätzt. Studien zur Bewertungskompetenz bei Schüler*innen zeigen jedoch, dass naturwissenschaftliches Fachwissen beim Bewerten in der Regel nicht herangezogen wird (Heitmann & Tiemann, 2011; Menthe, 2012; Sander & Höttecke, 2015; Stuckey et al., 2011). Interessant sind hier die Unterschiede, die sich bei den Entscheidungsträger*innen zu den Ergebnissen der o.a. Studien zeigen: Während Fachwissen für die Lernenden bei Bewertungsentscheidungen häufig keine Rolle spielt, spielt es für die Entscheider*innen eine Rolle – in unterschiedlichen Akzentuierungen: Insbesondere die Aussage von Erna (54, Kap. 4.4) zeigt sehr deutlich, dass das Fachwissen abgewogen und kontextualisiert wird. Es werden z.B. soziale Konsequenzen erörtert (Erna) oder in einem Wertesystem (Stefan Schmidt) reflektiert. Gleichzeitig kann es dabei bewusst gegenüber sozialen oder politischen Argumenten zurückgestellt werden. Entscheidend ist, dass dies ein bewusster Prozess ist. Dies lässt sich auch ausserhalb der geführten Interviews in öffentlichen, medial publizierten politischen Bewertungen der Interviewpersonen wiederfinden, wenn sie beispielsweise argumentieren, «dass eine bestimmte Politik nicht für das Erreichen des 1.5-Grad-Ziels reiche, aber mehr politisch nicht durchsetzbar sei». Dieses Reflexionsniveau zeigt von einer hohen Bewertungskompetenz, da Werthaltungen, Fachargumente und politische Einschätzungen reflektiert abgewogen werden.

Diese Anforderungen spiegeln auch die komplexen Herausforderungen (wie Covid-Pandemie und Klimawandel) wider, in denen nicht mehr einfach umreissbare Fakten, die eindeutig richtig oder falsch sind, leitend sind. Vielmehr begegnen ihnen Wahrscheinlichkeiten, die eine erhebliche Herausforderung mit sich bringen, besonders wenn es zur Konsensfindung in Steuerungsprozessen von politischer Transformation komme (Stefan Schmidt, 27). Dies zeigt, dass neben der Bewertungskompetenz der Umgang mit Unsicherheiten, Wahrscheinlichkeiten und Risiko eine bedeutsame Rolle beim Verstehen und Beurteilen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse steht.

Dies deckt sich mit der Forderung von Niebert (2023), dass nachhaltigkeitsorientierter Naturwissenschaftsunterricht sich stärker von einer *textbook-science*, in der ausschliesslich in Theorien und Formeln niedergeschriebene sichere Wissensbestände vermittelt werden, emanzipieren sollte. Vielmehr sollte ein Unterricht, der Fachwissen als vorläufig darstellt, der Lernende Wahrscheinlichkeiten einschätzen und Unsicherheiten als Teil von Lösungen kommuniziert, prominenter platziert werden. Dies hätte nicht nur im Kompetenzbereich Bewertung Auswirkungen, sondern würde insbesondere für die Kompetenzbereiche Erkenntnisgewinnung und Kommunikation neue Herausforderungen bewirken.

Besondere Bedeutung erlangt die in Kapitel 2 beschriebene Unterscheidung zwischen *private* und *public sphere actions* und die besondere Bedeutung der *public sphere actions*. Bei der Vorbereitung auf zukünftige Führungspositionen sollten deshalb nicht nur die Naturwissenschaften und das Individuum selbst im Zentrum stehen, sondern die Verbindung zwischen Naturwissenschaften und Gesellschaft. Nicht nur die individuellen alltäglichen Entscheidungen im eigenen Leben (die aufgrund der reduzierten Komplexität zu Anfang eine gute Möglichkeit darstellen, Bewertungskompetenz zu schulen), sollten eine Rolle spielen, sondern die Entscheidungen, die in und für die Gesellschaft getroffen werden. Dies ist insbesondere in der Schweiz auch die zentrale Forderung der vertieften Gesellschaftsreife. Bei der Auswahl der Unterrichtsinhalte sollten Themen gewählt werden, die an der Schnittstelle Gesellschaft und Naturwissenschaft liegen und Fähigkeiten wie Argumentieren, Urteilen und Entscheiden in der Schule fördern (Åkerblom & Lindahl, 2017; Sadler & Zeidler, 2009). International werden dafür im naturwissenschaftlichen Unterricht komplexe Herausforderungen entlang von *Socio-Scientific Issues* (SSI) diskutiert (Sadler, 2012; Zeidler et al., 2005). Diese aktuellen Themen, wie Klimawandel, Energiewende und Ressourcenübernutzung, zeigen die gesellschaftliche Relevanz hinter der Wissenschaft auf und sollten die soziale (*socio*) wie auch die naturwissenschaftliche (*scientific*) Perspektive betrachten (Zeidler et al., 2005). Dabei machen Kranz et al. (2022) darauf aufmerksam, dass SSIs häufig als Motivator für den Unterricht eingesetzt werden und dabei der Fokus auf das Vermitteln der naturwissenschaftlichen Perspektive gelegt und die soziale Perspektive vernachlässigt werde. Beim Vorbereiten auf das Lösen von anspruchsvollen Aufgaben gilt es die Schüler*innen zu schulen, das gesamte System mit allen Perspektiven zu betrachten, um Handlungsmöglichkeiten herauszukristallisieren und Lösungswege aufzuzeigen.

Damit werfen wir einen Blick auf das gymnasiale Bildungsziel der vertieften Gesellschaftsreife, welches junge Menschen am Gymnasium auf verantwortungsvolle Positionen, wie sie die befragten Interviewpersonen haben, vorbereiten soll. Mit der Überarbeitung der Schweizer Gymnasiallehrpläne wird gefordert die beiden gymnasialen Bildungsziele (allgemeine Studierfähigkeit und vertiefte Gesellschaftsreife) gleichwertig zu betrachten und das Bildungsziel der vertieften Gesellschaftsreife zu stärken. Somit ist es umso bedeutsamer fassen zu können, welche Kompetenzen – künftige – Entscheidungsträger*innen benötigen, um «anspruchsvolle Aufgaben in Wirtschaft, Staat und Gesellschaft» zu

übernehmen (Eberle et al., 2015; EDK, 2019). Hier liefert die vorliegende Studie erste Hinweise, denen es in weiterführenden Analysen vertieft nachzugehen gilt.

6 Zusammenfassung

Zum Abschluss dieses Artikels möchten wir vier wesentliche Erkenntnisse hervorheben, die sich auf die vier naturwissenschaftlichen Kompetenzbereiche beziehen. Unsere Forschung bietet Einblicke in die Entscheidungsprozesse von Führungspersonen im Bereich der Nachhaltigkeit. Diese Erkenntnisse können helfen zu verstehen, welche naturwissenschaftlichen Kompetenzen für das Treffen von weitreichenden Entscheidungen unabdingbar sind. Die Ergebnisse können bestehende und bereits etablierte Konzepte ergänzen und konkretisieren, indem sie reale Beispiele aus dem beruflichen Kontext integrieren. Damit kann die Relevanz, der in Lehrplänen und Curricula festgelegten Kompetenzen untermauert werden. Im Hinblick auf den Schulunterricht lassen sich aus den Ergebnissen entlang der Kompetenzbereiche folgende zentrale Punkte ableiten:

- **Basiskonzepte und Systemgrenzen sind wichtige Wissensbestände**

Die gute Nachricht ist: Naturwissenschaftliches Fachwissen dient als eine Grundlage für nachhaltigkeitsrelevante Entscheidungen in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft. Eine naturwissenschaftliche Grundbildung und das Verstehen von Basiskonzepten sind zentral, da dies als Basis für die Bewertung von Fakten dient und für die Kommunikation wichtig ist. Gleichzeitig zeigen die Ergebnisse ein komplexes Bild: Es ist insbesondere das Wissen an den Systemgrenzen, im Übergang zu wirtschaftlichen, historischen und sozialen Systemen, welches Entscheidungsträger*innen leitet. Um hierauf reagieren zu können, könnte ein interdisziplinär ausgerichteter Unterricht, der fachliche Konzepte unmittelbar in gesellschaftliche Kontexte einordnet, ein wichtiges Element sein. Der Fokus der Fachlichkeit auf das Verstehen von Basiskonzepten kann hier die entsprechenden curricularen Freiheiten schaffen. Wenn Fachwissen (z.B. Energiebilanzen von pflanzlichen vs. tierischen Nahrungsmitteln) in Verbindung mit gesellschaftlichem Handlungswissen (z.B. Mittagsangebot in der Mensa, Mehrwertsteuersätze für verschiedene Lebensmittel) vermittelt wird, können gezielter Kompetenzen für das Lösen von verantwortungsvollen Aufgaben entwickelt werden. Diese müssten jedoch auch entsprechende Konsequenzen für die Ausbildung von Lehrpersonen haben, deren Kompetenzen dann deutlich interdisziplinärer vermittelt werden müssten.

- **Der Weg zur Erkenntnisgewinnung: Von *Hands on* zu *Minds on***

Aus Perspektive der für Entscheidungsträger*innen im Nachhaltigkeitsbereich, aber ausserhalb eines engen naturwissenschaftlichen Tätigkeitsfeldes notwendigen Kompetenzen, scheint es sinnvoll zu sein, im Unterricht einen starken Schwerpunkt auf das Verstehen des Erkenntnisgewinnungsprozesses zu legen. Dies spiegelt sich in der schon von Hammann und Mayer (2000) beschriebenen Forderung wider, dass beim Experimentieren das Verstehen der methodischen und inhaltlichen Hintergründe der Schritte des Erkenntnisgewinns nicht hinter den praktischen experimentellen Erfahrungen zurücktreten dürfen (*hands on and minds on*). Auch die für Entscheidungsträger*innen notwendigen Kompetenzen legen nahe, dass es sinnvoller sein könnte, statt den Fokus auf eine Vielzahl praktischer Experimente zur Erlangung konkreter Arbeitsweisen zu legen, grundlegende Fragen der Erkenntnisgewinnung stärker in den Mittelpunkt zu stellen. Dazu zählen Konzepte wie die Falsifizierbarkeit und die Einsicht in die Grenzen objektiver Erkenntnis, welche bereits in schulischer Bildung wie in der Weiterbildung adressiert werden. Ebenso sollte die Bedeutung des kritischen Hinterfragens des Sinns und Zwecks von Experimenten hervorgehoben werden.

- **Kommunikation als Kernelement: Diskussionen in der Schule fördern**

Kommunikationskompetenz ist ein zentraler Bestandteil in Entscheidungsprozessen der befragten Verantwortungsträger*innen. Nicht nur müssen Entscheidungen innerhalb von Organisationen klar und überzeugend kommuniziert werden, sondern sie müssen auch an die breite Öffentlichkeit in einer strukturierten und verständlichen Weise vermittelt werden. Dies ist insbesondere in der Politik entscheidend, wo die Bildung von Mehrheiten oft von der Fähigkeit abhängt, komplexe Sachverhalte effektiv zu kommunizieren und zu argumentieren.

Diese Erkenntnisse legen nahe, dass im Unterricht ein Fokus auf die Förderung von Diskussions- und Argumentationsfähigkeiten gelegt werden sollte, um Schüler*innen auf zukünftige Herausforderungen vorzubereiten, insbesondere wenn sie in Entscheidungspositionen tätig werden. Dabei sollte es nicht nur in sprach- oder sozialwissenschaftlichen Fächern Raum für Diskussionen geben, sondern dies sollte unbedingt fächerübergreifend praktiziert werden. Dabei können aktuelle und alltagsnahe Themen als Grundlage für Diskussionen und Debatten dienen.

- **Bewertungskompetenz als wichtiger Kompetenzbereich: kritisches Reflektieren üben anhand von SSI**

Die Ergebnisse der Interviewanalysen haben gezeigt, dass die Bewertungskompetenz ein Schlüsselbereich im Arbeitsalltag der befragten Verantwortungsträger*innen darstellt. Hierfür sollte dieser Kompetenzbereich (möglichst in allen Fachdisziplinen) intensiv gefördert und anhand aktueller Fragen geübt werden. Für die Auswahl der Inhalte für den Naturwissenschaftsunterricht heisst das konkret zum Beispiel eine Orientierung entlang gesellschaftlich relevanter

wissenschaftlicher Themen (anhand von SSIs). Dies bietet die Möglichkeit aktuelle Herausforderungen, die an der Schnittstelle von Naturwissenschaften und Gesellschaft liegen, aufzugreifen und zu diskutieren. Grundlegende Fachkenntnisse bilden die Basis für das Bewerten von Informationen.

Mit Einführung der Kompetenzorientierung im naturwissenschaftlichen Unterricht war die Hoffnung verbunden, künftig neben dem Kompetenzbereich Fachwissen regelmässig auch die übrigen Kompetenzbereiche mit in den Unterricht zu integrieren. Aufbauend auf der vorliegenden Studie und den von den Entscheidungsträger*innen benötigten Kompetenzen kann dieser Ansatz unterstützt werden. Darüber hinaus geben die Ergebnisse Hinweise für eine stärkere Akzentuierung des Unterrichts entlang der curricular geforderten Kompetenzen: Mehr Bewertungskompetenz, eine stärkere Orientierung des Fachwissens an Basiskonzepten, mehr interdisziplinäres Arbeiten, ein tieferes Verständnis davon, wie Wissen entsteht und ein Umgang mit unsicherem Wissen könnten eine gute Grundlage für künftige Entscheidungsträger*innen bieten. Eine besondere Herausforderung, aber auch eine Chance wird dabei eine stärkere Orientierung des Unterrichts entlang von gesellschaftlichen Fragen der *public sphere* sein: Eine Herausforderung dergestalt, dass Lehrpersonen sich ein entsprechendes Wissen aneignen müssen. Eine Chance wird es aber gleichzeitig sein, weil dann insbesondere bei Nachhaltigkeitsthemen weniger moralisiert und individualisiert werden muss und Schule über die Sicherstellung der gesellschaftlichen Teilhabe auch im naturwissenschaftlichen Unterricht ihrem Ziel der Erziehung mündiger Bürger*innen wieder einen Schritt näherkommen kann.

Danksagung

Die Autor*innen danken dem ganzen Projektteam, welches diese Arbeit, besonders im Analyseprozess, unterstützt hat. Hier sind besonders Sandra Lang, Sara Taner und Petra Breitenmoser zu nennen. Ausserdem wollen wir uns an dieser Stelle bei allen Personen bedanken, die sich für die Interviews bereit erklärt und sich Zeit genommen haben uns Einblicke in ihre Arbeitswelt zu geben.

Das Projekt *NABINA – Der Beitrag naturwissenschaftlicher Bildung beim Umgang mit Nachhaltigkeitsherausforderungen* (Projektnummer AZ 37003/01) wurde von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) finanziell gefördert (Förderzeitraum: Januar 2021 bis Juni 2023).

Datenverfügbarkeit

Die Liste der Interviewpersonen befindet sich im Anhang in Tabelle A1. Die Interviewleitfaden ist im Artikel Eberz et al. (2023) in der Zeitschrift *Sustainability* zu finden. Das Kodierungssystem ist auf Anfrage bei der korrespondierenden Autorin erhältlich.

Anhang

Tabelle A1. Liste der Interviewpartner*innen

| Interview Personen (Synonyme*) | Bereich | Position | Bildung | Bereich der Expertise |
|--------------------------------|--------------------|--|---|---|
| Tschaikowski | Gesellschaft | Koordinator Dachverband | Politikwissenschaft | Politische Transformation und technologischer Fortschritt |
| Fischer | Wirtschaft | CEO Energieagentur | Physik, Betriebswirtschaft | Energiewende und Klimaschutz |
| Buchholz | Politik | Präsident Bundesamt | Politikwissenschaft, Betriebswirtschaft | Entwicklungszusammenarbeit und Umweltfragen |
| Erna | Politik | Bundesministerin | Germanistik, Politikwissenschaft | Lenkungstransformation |
| Emma | Wirtschaft | CEO Energieunternehmen | Politikwissenschaft, Betriebswirtschaft | Energiewende und -versorgung |
| Pinni | Gesellschaft | Redakteurin grosse Wochenzeitung | Politikwissenschaft | Klima- und Umweltpolitik, Postwachstumsökonomie |
| Stefan Schmidt | Politik | Stellvertretender Fraktionsvorsitzender | Jura (Landwirtschaftsrecht) | Klimawandel und Verteilungsfragen |
| Darth Vader | Wirtschaft/Politik | Gewerkschaftspräsident | Chemie Laborant | Energieversorgung und -sicherheit, Ressourcen, Kohleausstieg |
| Bornholm | Wirtschaft | CEO Energieunternehmen | Verwaltungswissenschaften | Energiewende und -versorgung |
| Spreeblick | Wirtschaft/Politik | Präsident Bundesamt | Betriebswirtschaft | Klimawandel und Digitalisierung |
| Sonne | Gesellschaft | Klimaaktivistin, Mitglied Regierungskommission | Betriebswirtschaft | Ressourcennutzung, Migrationsbarrieren, Biodiversität |
| Hugo | Gesellschaft | Geschäftsführerin Umweltorganisation | Politik- und Kommunikationswissenschaft | Umweltschutz, Klima und Energie |
| Agatha | Wirtschaft | Leiterin Landwirtschaftsverband | Agrarwissenschaft | Ökologische Landwirtschaft, Transformation nachhaltige Landwirtschaft |
| Pottbäcker | Politik | Ehemaliger UN-Beamter | Betriebswirtschaft | Umweltpolitik, Klimawandel, Kreislaufwirtschaft |

* Um die Anonymität zu gewährleisten, werden alle Interviewpersonen mit ihrem selbst gewählten Synonym genannt.

Literatur

- Abrahamse, W., Steg, L., Vlek, C., & Rothengatter, T. (2005). A review of intervention studies aimed at household energy conservation. *Journal of Environmental Psychology*, 25(3), 273-291. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2005.08.002>
- Åkerblom, D., & Lindahl, M. (2017). Authenticity and the relevance of discourse and figured worlds in secondary students' discussions of socioscientific issues. *Teaching and Teacher Education*, 65, 205-214. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.03.025>
- Anderson, L.W. & Krathwohl, D.R. (Eds.) (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Longman.
- Bamberg, S., & Möser, G. (2007). Twenty years after Hines, Hungerford, and Tomera: A new meta-analysis of psychosocial determinants of pro-environmental behaviour. *Journal of Environmental Psychology*, 27(1), 14-25. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2006.12.002>
- Baumert, J., Bos, W., & Lehmann, R. (2000). *Mathematische und naturwissenschaftliche Grundbildung am Ende der Pflichtschulzeit*. Opladen: Leske + Budrich.
- Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., Schneider, W., Tillmann, K.-J., & Weiß, M. (1999). *Internationales und nationales Rahmenkonzept für die Erfassung von naturwissenschaftlicher Grundbildung in PISA*. <http://hdl.handle.net/21.11116/0000-0001-B094-0>
- BFS, & EDK (Hrsg.). (2009). *PISA 2006: Analysen zum Kompetenzbereich Naturwissenschaften. Rolle des Unterrichts, Determinanten der Berufswahl, Vergleich von Kompetenzmodellen*.
- Bormann, I. (2013). Kommunikation und Bildung für Nachhaltige Entwicklung—Perspektiven angesichts milieuspezifischen Umweltbewusstseins und -verhaltens in Deutschland. *ZEP – Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik*, 3, 11-18.
- D-EDK (Hrsg.). (2016). *Lehrplan 21 - Natur, Mensch, Gesellschaft*. Bereinigte Fassung vom 29.02.2016. https://v-ef.lehrplan.ch/container/V_EF_DE_Fachbereich_NMG.pdf
- Dresing, T., & Pehl, T. (2015). *Praxisbuch Interview, Transkription & Analyse. Anleitungen und Regelsysteme für qualitative Forschung* (6th ed). Eigenverlag.
- Eberle, F., & Brüggelbrock, C. (2013). *Studien und Berichte- Bildung am Gymnasium*. Bern: EDK.
- Eberle, F., Brüggelbrock, C., Rüede, C., Weber, C., & Albrecht, U. (2015). *Basale fachliche Kompetenzen für allgemeine Studierfähigkeit in Mathematik und Erstsprache*. 285.
- Eberz, S., Lang, S., Breitenmoser, P., & Niebert, K. (2023). Taking the lead into sustainability: Decision makers' competencies for a greener future, *Sustainability*, 15(6), 4986. <https://doi.org/10.3390/su15064986>
- EDK. (1994). *Rahmenlehrplan für die Maturitätsschulen. Empfehlung an die Kantone gemäss Art. 3 des Schulkonkordats vom 29. Oktober 1970*.
- EDK. (2007). *Interkantonale Vereinbarung über die Harmonisierung der obligatorischen Schule (HarmoS-Konkordat)*. https://edudoc.ch/nanna/record/24711/files/HarmoS_d.pdf?withWatermark=0&withMetadata=0&version=1®isterDownload=1
- EDK. (2019). *Weiterentwicklung der gymnasialen Maturität; Weiteres Vorgehen Phase II des Projekts: Aussprache mit dem Vorsteher des Departements für Wirtschaft, Bildung und Forschung (WBF) und Beschluss*.
- EDK. (2023). *Reglement über die Anerkennung von gymnasialen Maturitätszeugnissen (Maturitätsanerkennungsreglement, MAR). Beschluss Plenarversammlung 22. Juni 2023*. https://edudoc.ch/nanna/record/231401/files/A_PLE-2023-2_d_03_gymnasiale-maturitaet.pdf?withWatermark=0&withMetadata=0&version=1®isterDownload=1
- EDK, & WBF. (2019). *Auslegeordnung zur Weiterentwicklung der gymnasialen Maturität-Bericht der Steuergruppe im Rahmen des Mandats von EDK und WBF vom 6. September 2018 „Weiterentwicklung des gymnasialen Maturität: Mandat für eine Auslegeordnung zu den Referenztexten“*. Fassung vom 19.09.2019. Bern: Eigenverlag.
- EDK, & WBF. (2023). *Weiterentwicklung der gymnasialen Maturität. Vademecum Projekt „Aktualisierung des Rahmenelehrplans“*. Aktualisierte Fassung vom 27. Februar 2023.
- Fischer, J. A. (2022). *Basiskonzepte Konkretisieren. Entwicklung und Evaluation einer Interventionsmaßnahme zur Förderung kumulativen Lernens durch den Einsatz von Basiskonzepten*. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- Frick, J. (2003). Umweltbezogenes Wissen: Struktur, Einstellungsrelevanz und Verhaltenswirksamkeit [Dissertation, University of Zurich]. In Frick, Jacqueline. *Umweltbezogenes Wissen: Struktur, Einstellungsrelevanz und Verhaltenswirksamkeit*. 2003, University of Zurich, Philosophische Fakultät. <https://doi.org/10.5167/uzh-163134>
- Funke, J. (2017). *How Much Knowledge Is Necessary for Action?* (99-111). https://doi.org/10.1007/978-3-319-44588-5_6
- Göhner, M.; Krell, M. Qualitative Inhaltsanalyse in naturwissenschaftsdidaktischer Forschung unter Berücksichtigung von Gütekriterien: Ein Review. *Z. Didakt. Naturwissenschaften* 2020, 26, 207–225.
- Gräber, W., & Nentwig, P. (2002). Scientific Literacy—Naturwissenschaftliche Grundbildung in der Diskussion. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa, & R. Evans (Hrsg.), *Scientific Literacy: Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (7-20). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-322-80863-9_1
- Hammann, M. & Mayer, J. (2012). Was lernen Schülerinnen und Schüler beim Experimentieren? *Biologie in unserer Zeit*, 42 (5), 284–285.
- Heitmann, P., & Tiemann, R. (2011). Aspekte von Bewertungskompetenz im naturwissenschaftlichen Unterricht. *CHEMKON*, 18. <https://doi.org/10.1002/ckon.201110143>

- Indeed. (2021). *Bildungswege in den Bundestag: Die beruflichen Qualifikationen der Politiker*innen*. <https://de.indeed.com/lead/bildungswege-in-den-bundestag-die-beruflichen-qualifikationen-der-politikerinnen>
- Kaiser, F. G., & Fuhrer, U. (2003). Ecological behavior's dependency on different forms of knowledge. *Applied Psychology: An International Review*, 52, 598-613. <https://doi.org/10.1111/1464-0597.00153>
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., Reiss, K., Riquarts, K., Rost, J., Tenorth, H.-E., & Vollmer, H. J. (2003). *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Eine Expertise* (DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation; Bd. 1, S. 224). BMBF. <https://www.pe-docs.de/volltexte/2020/20901/>
- KMK. (2005a). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). Beschluss vom 16.12.2004*. Luchterhand https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Biologie.pdf
- KMK. (2005b). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Bildungsabschluss (Jahrgangsstufe 10). Beschluss vom 16.12.2004*. München: Luchterhand. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Chemie.pdf
- KMK. (2005c). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Bildungsabschluss (Jahrgangsstufe 10). Beschluss vom 16.12.2004*. München: Luchterhand. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf
- KMK. (2020a). *Bildungsstandards im Fach Biologie für die Allgemeine Hochschulreife*. Carl Link Verlag. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Biologie.pdf
- KMK. (2020b). *Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife*. Carl Link Verlag. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Chemie.pdf
- KMK. (2020c). *Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife*. Carl Link Verlag. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Physik.pdf
- Kranz, J., Schwichow, M., Breitenmoser, P., & Niebert, K. (2022). The (Un)political Perspective on Climate Change in Education—A Systematic Review. *Sustainability*, 14(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/su14074194>
- Kruse, L., & Funke, J. (2022). *Umweltpsychologie*. Heidelberg University Library. <https://doi.org/10.11588/HEIDOK.00031082>
- Kruse-Graumann, L. (2013). Vom Handeln zum Wissen: Ein Perspektivwechsel für eine Bildung für nachhaltige Entwicklung. In N. Pütz, M. K. W. Schweer, & N. Logemann (Hrsg.), *Bildung für nachhaltige Entwicklung* (31-57).
- Kuckartz, U. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (3rd, revised ed. Aufl.). Beltz Juventa.
- Labudde, P & Adamina, M. (2008). HarmoS Naturwissenschaften.: Impulse für den naturwissenschaftlichen Unterricht von morgen. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung* 26(2008)3, 351-360.
- 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. <https://doi.org/10.25656/01:15883>
- Metzger, S., & Labudde, P. (2007). HarmoS Naturwissenschaften+: Bildungsstandards für die Schweiz. *Praxis der Naturwissenschaften-Physik in der Schule*, 6(56), 14-18.
- Metzger, S., Totter, A., & Müller-Kuhn, D. (2023). Praktisch-naturwissenschaftliches Arbeiten mit einem neuen Lehrmittel: Alles neu oder alles beim Alten? *Progress in Science Education (PriSE)*, 6(1), Article 1. <https://doi.org/10.25321/prise.2023.1362>
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18290>
- Niebert, K. (2019). The Gymnasium in Times of the Anthropocene. In D. Holtsch, M. Oepke, & S. Schumann (Hrsg.), *Lehren und Lernen auf der Sekundarstufe II* (175-187). hep.
- Niebert, K. (2021). Lessons learned from Covid-19: Why Sustainability Education needs to become political. *Progress in Science Education, Vol. 4*(No. 3), 6-14. <https://doi.org/10.25321/prise.2021.1169>
- Niebert, K. (2023). Biologische Bildung für Nachhaltigkeit. In Gropengießer, H. & Harms, U.: *Fachdidaktik Biologie*. Aulis Verlag: Hannover, S. 522-547.
- Niebert, K., & Gropengießer, H. (2014). Leitfadengestützte Interviews. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Fragen und Methoden der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. (121-132). Berlin: Springer.
- OECD. (2017). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic, Financial Literacy and Collaborative Problem Solving*. OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264281820-en>
- OECD, O. for E. C. and D., Organisation for Economic Co-operation and Development, & Programme for International Student Assessment (Hrsg.). (1999). *Measuring student knowledge and skills: A new framework for assessment*. OECD.
- Parchmann, I. (2010). Kompetenzmodellierung in den Naturwissenschaften. Vielfalt ist wertvoll, aber nicht ohne ein gemeinsames Fundament. Review. *Zeitschrift für Pädagogik*, 56, 135-142. <https://doi.org/10.25656/01:3387>
- Prenzel, M., Rost, J., Senkbeil, M., Häußler, P., & Klopp, A. (2001). Naturwissenschaftliche Grundbildung: Testkonzeption und Ergebnisse. In J. Baumert, E. Klieme, M. Neubrand, M. Prenzel, U. Schiefele, W. Schneider, P.

- Stanat, K.-J., Tillmann, & M. Weiß (Hrsg.), *PISA 2000* (191-248). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-322-83412-6_6
- Sadler, T. D. (2012). *Socio-Scientific Issues in the Classroom: Teaching, Learning and Research* (Bd. 22). Springer.
- Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2009). Scientific literacy, PISA, and socioscientific discourse: Assessment for progressive aims of science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(8), 909-921. <https://doi.org/10.1002/tea.20327>
- Sander, H., & Höttecke, D. (2015). Bewertungskompetenz in der Physikdidaktik: Zwischen Rationalität und Intuition. In *Fachlich argumentieren lernen. Didaktische Forschungen zur Argumentation in den Unterrichtsfächern* (167-181). Waxmann Verlag GmbH. https://www.pedocs.de/frontdoor.php?source_opus=14021
- Schecker, H., & Parchmann, I. (2006). Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Jg. 12, 45-66.
- Steinebach, Y. (2019). Instrument choice, implementation structures, and the effectiveness of environmental policies: A cross-national analysis. *Regulation & Governance*, 1, 1-18. <https://doi.org/10.1111/rego.12297>
- Stern, P. C. (2000). Toward a Coherent Theory of Environmentally Significant Behavior. *Journal of Social Issues*, 56(3), 407-424. <https://doi.org/10.1111/0022-4537.00175>
- Stuckey, M., Feierabend, T., Nienaber, S., & Eilks, I. (2011). *Erfassung von Bewertungskompetenz in Gruppendiskussionen zum Klimawandel*. Konferenzbeitrag Universität Bremen.
- Toulmin, S. E. (2003). *The Uses of Argument* (2. Aufl.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511840005>
- UN General Assembly. (2015). *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. UN General Assembly. <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld/publication>
- Vorholzer, A., & von Aufschnaiter, C. (2020). Dimensionen und Ausprägungen fachinhaltlicher Kompetenz in den Naturwissenschaften – ein Systematisierungsversuch. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 26(1), 1-18. <https://doi.org/10.1007/s40573-020-00107-w>
- WBGU (Hrsg.). (2011). *Welt im Wandel: Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation; Zusammenfassung für Entscheidungsträger*. <http://www.wbgu.de/en/flagship-reports/fr-2011-a-social-contract/>
- Weinert, F. E. (Hrsg.). (2001). *Leistungsmessungen in Schulen*. Beltz.
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L., & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357-377. <https://doi.org/10.1002/sce.20048>