

## NOS-MODELLIERUNGEN – EIN THEORETISCHER KONFLIKT MIT FEHLENDER EMPIRISCHER BASIS

Laura Arndt<sup>1</sup>, Tim Billion-Kramer<sup>1,3</sup>, Markus Wilhelm<sup>2</sup> und Markus Rehm<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of Education Heidelberg, Germany

<sup>2</sup>University of Teacher Education Lucerne, Switzerland

<sup>3</sup>Forscherstation Klaus-Tschira-Kompetenzzentrum für frühe naturwissenschaftliche Bildung gGmbH, Germany

\*Please adress all correspondence to Laura Arndt, arndt@ph-heidelberg.de

### ABSTRACT

Die verstärkte Orientierung am Bildungsziel der naturwissenschaftlichen Grundbildung und einem zugrundeliegenden angemessenen Wissenschaftsverständnis wird in den letzten Jahren zunehmend bemerkbar. Hieraus resultiert einerseits ein Konsens in der aktuellen Nature of Science (NOS)-Debatte: Ein umfassendes Wissenschaftsverständnis ermöglicht, im Sinne der naturwissenschaftlichen Grundbildung, eine persönliche und gesellschaftliche Meinungsbildung und Entscheidungsfindung bezüglich naturwissenschaftlich-technischer Entwicklungen. Dazu muss verstanden werden, wie naturwissenschaftliche Erkenntnisse generiert, ausgehandelt, medial übersetzt und veröffentlicht werden. Andererseits erzeugt die gleiche Debatte Konflikte verschiedener NOS-Lager darüber, welche NOS-Modellierung die theoretischen Grundlagen für ein solch umfassendes Wissenschaftsverständnis aufzeigen kann.

Dabei stehen sich der klassische *Minimalkonsens*- und der *Whole Science*-Ansatz mit konkurrierenden NOS-Modellierungen gegenüber. *Whole Science*-Vertreterinnen und -Vertreter bestreiten, dass ein auf vereinfachten Basisprinzipien beruhendes, abstrahiertes Verständnis von Naturwissenschaft die Anforderungen einer zur Partizipation befähigenden naturwissenschaftlichen Grundbildung erfüllen kann. Andersherum wird der *Whole-Science* Ansatz von den Verfechterinnen und Verfechtern des *Minimalkonsens*-Ansatzes als diffus und wenig fassbar problematisiert. Zudem hat das Desiderat valider Messinstrumente für die *Whole Science*-Perspektive zur Folge, dass sich jegliche Kritik und Diskussion auf einer theoretischen Ebene vollziehen, da bezüglich *Nature of Whole Science* (NOWS) kaum empirische Daten vorliegen.

In dieser Arbeit werden beide theoretische Positionen vorgestellt, Kritikpunkte beleuchtet und ein gemeinsamer Weg gesucht. Als Klärungsansatz soll die Entwicklung eines ersten Erhebungsinstrumentes für die *Whole Science*-Perspektive angestrebt werden, um empirische Daten zur Klärung der Frage zu erhalten, ob der holistische Charakter von Naturwissenschaft mehr darstellt, als die Summe der NOS-Aspekte des Minimalkonsenses.

**Hintergrund:** Die Naturwissenschaftsdidaktik diskutiert aktuell, welche Modellierung von *Nature of Science* (NOS) geeignet ist, um ein angemessenes Wissenschaftsverständnis zu fördern. Die klassische Modellierung von NOS als Minimalkonsens wird in dieser Debatte von Vertreterinnen und Vertretern alternativer NOS-Modellierungen kritisiert.

**Ziel:** Konkret sollen die Positionen des *Minimalkonsens*-Ansatzes nach Lederman et al. und des alternativen *Nature of Whole Science*-Ansatz (NOWS-Ansatz) nach Allchin untersucht werden. Schnittmengen und positionsspezifische Stärken und Schwächen sollen identifiziert werden. Dies liefert die theoretische Grundlage für die Entwicklung eines vergleichenden Testinstrumentes, das beide Ansätze in den Blick nimmt. Letztendlich soll empirisch die Frage untersucht werden, ob der holistische Charakter von Naturwissenschaft des NOWS-Ansatzes mehr darstellt, als die Summe der NOS-Aspekte des *Minimalkonsenses*.

**Design und Methode:** *Minimalkonsens*- und *Whole Science*-Ansatz werden kontrastiert; anschließend werden Rahmenbedingungen zur Operationalisierung und Erhebung definiert.

**Ergebnisse:** Trotz positionsspezifischer Unterschiede ergeben sich fruchtbare Schnittmengen beider Ansätze. Diese können genutzt werden, um ein vergleichendes Testinstrument zu entwickeln und das Verhältnis beider Konstrukte zu prüfen.

**Schlussfolgerung/Bedeutung für die Lehrpraxis und künftige Forschung:** Anhand einer Stichprobe  $N > 150$  soll zukünftig das entwickelte Testinstrument eingesetzt und über eine konfirmatorische Faktorenanalyse sowie die Berechnung von Strukturgleichungsmodellen das Verhältnis beider Konstrukte geprüft werden. Daraus ergeben sich sowohl Erkenntnisse zum Konstrukt von NOS für künftige Forschung, als auch Hinweise zur Vermittlung von NOS in Schule und Hochschule.

**Schlüsselwörter:** *Wesen der Naturwissenschaft, Gesellschaftliche Teilhabe, Theoriebildung*

**Received:** March 2020. **Accepted:** June 2020.

**Background:** Science didactics is currently discussing which *Nature of Science* (NOS) modeling is suitable to promote an appropriate understanding of science. The classic modeling of NOS as a minimal consensus is criticized in this debate by representatives of alternative NOS-models.

**Purpose:** Specifically, the positions of the *minimal-consensus*-approach according to Lederman et al. and the alternative *Nature of Whole Science*-approach (NOWS-approach) according to Allchin are to be examined. Intersections and position-specific strengths and weaknesses are to be identified. This provides the theoretical basis for the development of a comparative testinstrument that looks at both approaches. Ultimately, the question of whether the holistic nature of the NOWS-approach represents more than the sum of the NOS aspects of the *minimal-consensus* should be examined empirically.

**Design and Method:** *Minimal-consensus*- and *Whole Science*-approaches are contrasted; then framework conditions for operationalization and survey are defined.

**Results:** Despite position-specific differences, there are fruitful intersections of both approaches. These can be used to develop a comparative testinstrument and to test the relationship between the two constructs.

**Conclusions/Implications for classroom practice and future research:** Based on a sample  $N > 150$ , the developed testinstrument is to be used in the future and the relationship between the two constructs is to be checked using a confirmatory factor analysis and the calculation of structural equation models. This results in both insights into the construct of NOS for future research, as well as information on the mediation of NOS in schools and universities.

**Keywords:** *Nature of Science, Social Participation, Theory Formation*

**Received:** March 2020. **Accepted:** June 2020.

## 1 EINLEITUNG

Die verstärkte Orientierung am Bildungsziel der naturwissenschaftlichen Grundbildung wird in den letzten Jahren zunehmend bemerkbar. Dabei steht ein angemessenes Wissenschaftsverständnis (D-EDK, 2016; Höttecke & Allchin, 2020), welches eine Grundlage zur „aktive[n] Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung“ (KMK, 2004, S. 6) darstellt, nicht zuletzt im Fokus der fachdidaktischen Diskussion. Die thematische Ausrichtung unterschiedlicher fachdidaktischer Jahrestagungen wie die DGGT 2018 (Biologie und Bildung), die Esera 2019 („The beauty and pleasure of understanding: engaging with contemporary challenges through science education“), die GDCP 2019 („Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen“) oder die NARST-Tagung 2020 mit dem Motto „School, community, citizenship: Science Education across places and contexts“ stehen hierfür exemplarisch.

Es vollzieht sich eine Neuausrichtung in der aktuellen *Nature of Science* (NOS)-Debatte der Naturwissenschaftsdidaktik mit einem Fokus auf die Prozesse naturwissenschaftlicher Wissensgenese, da die naturwissenschaftliche Grundbildung zunehmend als Basis zur Befähigung des lebenslangen und eigenständigen Lernens von *Nature of Science* (NOS) verstanden wird (Allchin, 2017). Jeder naturwissenschaftlich geprägten und gesellschaftsrelevanten Debatte, die zu Meinungsbildung und Entscheidungsfindung

herausfordert, liegt unterschiedliches und hoch spezialisiertes Expertenwissen zugrunde (Allchin, 2012b, 2020; Höttecke & Allchin, 2020), das der Öffentlichkeit meistens nicht in Gänze oder gar in verständlicher Aufbereitung vorliegt (Allchin, 2017). Zudem stellen soziale Medien und andere durch das Internet vernetzte Informationsquellen weitere Anforderungen zur fundierten Meinungsbildung und Entscheidungsfindung an ihre Nutzerinnen und Nutzer. Erst wenn verstanden wird, wie naturwissenschaftliche Erkenntnisse generiert, ausgehandelt, medial übersetzt und veröffentlicht werden, kann die Glaubwürdigkeit und Legitimation eingeschätzt – und so persönliche und gesellschaftliche Entscheidungen getroffen – werden (Allchin, 2020; Arndt et al., 2019a; Höttecke, 2019; Stadler et al., 2017). Dabei ist es nötig NOS auch aus der Laienperspektive als soziale und kommunikative Praxis, die auf Arbeitsteilung und Abhängigkeiten beruht, zu verstehen (Höttecke, 2019; Höttecke & Allchin, 2020). Welche NOS-Modellierung die Grundlagen für ein solch umfassendes und angemessenes Wissenschaftsverständnis liefern kann, ist Ausgangspunkt einer sich in der fachdidaktischen Theoriebildung vollziehenden Debatte (vgl. Allchin, 2017; Heering & Kremer, 2018; Osborne, 2017; Schwartz, Lederman, & Abd-El-Khalick, 2012).

## 2 DIE POSITIONEN

Aktuell sind insbesondere vier verschiedene NOS-Modellierungsansätze zu finden, die sich in der

fachdidaktischen Theoriebildungsdebatte zum Wesen der Naturwissenschaft einbringen (Heering & Kremer, 2018): Eine lange Tradition in der naturwissenschafts-didaktischen NOS-Theoriebildung weist der *Minimal-konsens*-Ansatz mit elementarisierten Konsenslisten auf (Lederman, Abd-El-Khalick, Bell, & Schwartz, 2002; McComas & Olson, 1998; Osborne et al., 2003). Dieser Ansatz wird mittlerweile von Vertreterinnen und Vertretern alternativer NOS-Modellierungen kritisiert. Es wird dabei bestritten, dass ein auf vereinfachten Basisprinzipien beruhendes, abstrahiertes Verständnis von Naturwissenschaft die Anforderungen einer zur Partizipation befähigenden naturwissenschaftlichen Grundbildung erfüllen kann. Zu nennen sind hier der *Nature of Whole Science*-Ansatz (NOWS) (Allchin, 2011), der *Family Resemblance Approach*-Ansatz (Erduran & Dagher, 2014) und der *Narrative*-Ansatz (Aduríz-Bravo, 2013). In Tabelle 1 werden diese vier Ansätze kurz dargestellt.

**Tab. 1:** Übersicht unterschiedlicher NOS-Modellierungen (Basierend auf: Heering & Kremer, 2018):

NOS-Modellierung	Kennzeichen	Literatur
<i>Minimalkonsens</i>	Identifikation bedeutender NOS-Aspekte für den schulischen Wissenserwerb auf Grundlage eines Minimalkonsens.	(z. B. Lederman et al., 2002; McComas & Olson, 1998; Osborne et al., 2003)
<i>Nature of Whole Science</i>	Erweiterung der NOS-Aspekte zu NOS-Themen (kontextualisierte, multidimensional verwobene Aspekte).	(z. B. Allchin, 2011)
<i>Family Resemblance Approach</i>	Charakterisierung naturwissenschaftlicher Disziplinen als Mitglieder einer Familie, die Ähnlichkeiten und Unterschiede aufweisen.	(z. B. Erduran & Dagher, 2014)
<i>Narrativer Ansatz</i>	Modellierung des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses anhand wesentlicher Aktivitäten.	(z. B. Aduríz-Bravo, 2013; Heering, 2017)

Im Folgenden sollen zunächst die Positionen des (1) *Minimalkonsens*- und (2) *Whole Science*-Ansatzes vorgestellt werden, da sich zwischen diesen beiden Ansätzen eine intensive Theoriebildungsdebatte vollzieht (vgl. Allchin, 2011, 2017; Heering & Kremer, 2018; Osborne, 2017; Schwartz et al., 2012). Zudem wird von Seiten des NOWS-Ansatzes beansprucht, den Minimalkonsens-Ansatz zu erweitern und holistisch umzuinterpretieren (Allchin, 2011, 2012b, 2020; Heering & Kremer, 2018). Um die Argumente und Differenzen der Theoriebildungsdebatte nachvollziehen zu können, werden im Folgenden beide Positionen vorgestellt:

(1) *Minimalkonsens*-Ansatz

Der Begriff „Natur der Naturwissenschaft“ oder *Nature of Science* ist vieldeutig und – obwohl im anglo-amerikanischen Raum seit den 50er Jahren in der fachdidaktischen Forschung verankert – nicht selten unklar definiert (Heering & Kremer, 2018; Koska & Krüger, 2012). Das Problem einer einheitlichen Definition der „Natur der Naturwissenschaft“ liegt darin begründet, dass ihre Natur bzw. ihr Wesen je nach der Perspektive, aus der sie beschrieben wird, unterschiedlich ausfällt. Von Seiten der Wissenschaftssoziologie, -philosophie, -psychologie und -geschichte sowie von den einzelnen naturwissenschaftlichen Disziplinen gehen unterschiedliche und teilweise einander widersprechende Beschreibungen hervor (Lederman et al., 2002; McComas & Olson, 1998). Bei aller Differenz besteht jedoch ein Minimalkonsens über Charakteristika wissenschaftlicher Erkenntnis, auf den sich die beteiligten Disziplinen einigen können und der für eine didaktische Rekonstruktion von NOS innerhalb der Schulbildung adressatengerecht passend ist (Lederman et al., 2002).

Der Schlüssel der Explikation für die Natur der Naturwissenschaft liegt also in dessen Abstraktionsgrad, weshalb vor allem generelle Basisprinzipien weniger kontrovers diskutiert werden: Naturwissenschaftliches Wissen ist generell vorläufig, da einerseits eine Generalisierung über alle möglichen Fälle wegen des Induktionsproblems nicht möglich ist. Andererseits fließen Kreativität, Vorannahmen, indirekte und selektive Wahrnehmung von Phänomenen und weitere subjektive Anteile der Forschenden in den Erkenntnisprozess ein. Das Verständnis dieser generellen Eigenschaften von Naturwissenschaft und die Eigenheiten ihrer Erkenntnisgewinnung sowie ihre Grenzen bilden - neben anderen Aspekten - die Basis für eine naturwissenschaftliche Grundbildung: Sie ermöglicht es, naturwissenschaftlich begründete, gesellschaftliche Kontroversen nachvollziehen zu können (Lederman, 1992).

Die fachdidaktische Perspektive bildet demnach die Grundlage für eine Beschreibung der Natur der Naturwissenschaft, die durch einen Minimalkonsens legitimiert werden kann (Lederman et al., 2002). Der *Minimalkonsens*-Ansatz geht hierbei deduktiv vor, indem beispielsweise durch kategorienbildende Analyse verschiedener schulcurricularer Dokumente Basisprinzipien abgeleitet werden (Heering & Kremer, 2018). Die Arbeitsgruppe um Lederman fokussierte sich dabei auf Reformdokumente des Forschungsstandes zur Wissenschaftstheorie sowie der fachdidaktischen NOS-Perspektive und fand sieben Aspekte (Lederman et al., 2002) während McComas und Olsen durch eine Lehrplananalyse in acht Ländern elf grundlegende Basisprinzipien von Naturwissenschaft identifizieren konnten (McComas & Olson, 1998). Osborne et al. kamen durch die Befragung von Expertinnen und Experten im Rahmen einer Delphi-Studie zu neun Basisprinzipien (Osborne et al., 2003). Der Minimalkonsens bestätigt sich hierbei anhand von sehr ähnlichen Ergebnissen, die durch unterschiedliche Vorgehensweisen gewonnen wurden (Koska & Krüger,

2012). Exemplarisch soll daher die NOS-Modellierung des *Minimalkonsens*-Ansatzes von Lederman et al. dargestellt werden. Lederman weißt sieben Charakteristika der Naturwissenschaften und ihrer wissenschaftlichen Vorgehensweise aus:

Die sogenannten *Lederman Seven* umfassen grundlegende Aspekte von Naturwissenschaft, die bei allen wissenschaftstheoretischen Kontroversen einen kleinsten gemeinsamen Nenner darstellen und sich für eine naturwissenschaftliche (Schul-)Bildung eignen (Koska & Krüger, 2012; Lederman et al., 2002). Die Aspekte werden innerhalb einer Konsensliste zusammengefasst. Konkret werden folgende in Tabelle 2 dargestellten Aspekte aufgelistet:

**Tab. 2:** Die *Lederman Seven* im Überblick (Basierend auf: Lederman et al., 2002):

Aspekt	Erläuterung
<i>Naturwissenschaftliches Wissen ist theoriegeladen</i>	Forschende vollziehen die Erkenntnisgewinnung auf Grundlage ihres eigenen Vorwissens, persönlicher Erfahrungen, Überzeugungen und fachlicher Prägung.
<i>Naturwissenschaftliches Wissen ist vorläufig</i>	Naturwissenschaftliches Wissen ist nicht absolut und unterliegt der Veränderbarkeit, da dieses Wissen empirisch prüfbar sein muss. Neue Evidenzen, deren Reinterpretation sowie neue Forschungsrichtungen und weitere Faktoren beeinflussen den Erkenntnisprozess stetig.
<i>Kreativität und Vorstellungskraft</i>	Forschung ist kein mechanistischer Prozess, sondern bedarf Kreativität und Vorstellungskraft bei der Entwicklung von Forschungsfragen und -designs, der Interpretation und Aushandlung von Ergebnissen.
<i>Methodenvielfalt</i>	Es gibt nicht die eine naturwissenschaftliche Methode. Verschiedene Phasen der Erkenntnisgewinnung werden nach individueller Zielorientierung eingesetzt und folgen nicht einem universellen Ablauf..
<i>Soziale und kulturelle Einbettung</i>	Naturwissenschaftliche Forschung ist ein menschliches Unterfangen und vollzieht sich im sozialen und kulturellen Rahmen.
<i>Unterscheidung von Theorie und Gesetz</i>	Theorien und Gesetze sind unterschiedliche Wissensformen und können nicht ineinander überführt werden. Theorien erklären Sachverhalte, Gesetze hingegen beschreiben sie.
<i>Unterscheidung von Beobachtung und Schlussfolgerung</i>	Beobachtungen sind direkt oder indirekt wahrnehmbar und deskriptiv. Schlussfolgerungen sind nicht wahrnehmbar und dienen der Erklärung der Beobachtung.

Die sieben Aspekte von NOS bilden die Grundlage für ein epistemologisches Verständnis naturwissenschaftlicher Wissensgenese und zeigen dessen Normen und Werte auf (Lederman et al., 2002). Einzelne Aspekte können zwar genauer betrachtet werden, sie treten jedoch in Wechselwirkungen auf und sollten folglich nicht isoliert betrachtet werden (Lederman et al., 2002). Zudem bilden diese Aspekte als Basisprinzipien den Rahmen für naturwissenschaftliche Prozesse der

Erkenntnisgewinnung, die Datensammlung und Interpretation sowie deren Deutung und Präsentation umfassen (Lederman et al., 2002; Lederman et al., 2014). Es gibt daher Überlappungsbereiche zwischen NOS und naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozessen als *Scientific Inquiry*. Diese beiden Perspektiven sind jedoch voneinander zu unterscheiden (Lederman et al., 2002; Lederman et al., 2014). Für den Bereich von *Nature of Scientific Inquiry* (NOSI) wurden in analoger Vorgehensweise zur Extraktion der NOS-Basisprinzipien Aspekte identifiziert, die NOSI abbilden sollen (vgl. Lederman et al., 2014) und sind zudem in Abbildung 1 einsehbar.



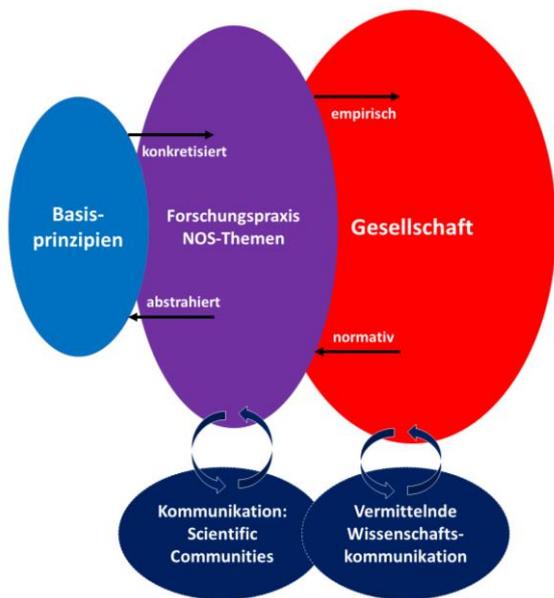
**Abb. 1:** Essenzielle Bereiche für die naturwissenschaftliche Grundbildung nach dem *Minimalkonsens*-Ansatz. Exemplarische Darstellung der Bereiche *Nature of Science* (NOS) und *Nature of Scientific Inquiry* (NOSI) nach Lederman et al. (Lederman et al., 2002; Lederman et al., 2014).

Nach dem *Minimalkonsens*-Ansatz umfasst die naturwissenschaftliche Grundbildung die Bereiche NOS als epistemologische Perspektive, *Scientific Inquiry* als prozessbezogene Perspektive und naturwissenschaftliche Inhalte, die anhand von zentralen *basic ideas* ausgewählt werden. (Heering & Kremer, 2018). Die Bereiche NOS und NOSI werden in Abbildung 1 illustriert.

Verschiedene Testinstrumente zur Erfassung des individuellen Wissenschaftsverständnisses, die auf den NOS-Kategorien des Minimalkonsenses beruhen, sind verfügbar. Ein geläufiger Test ist der „Views of Nature of Science (VNOS)“ (Lederman et al., 2002). Das Testinstrument zeichnet sich durch offene Fragen zu den NOS-Aspekten aus, die Beispiele von Probandinnen bzw. Probanden einfordern (Lederman et al., 2002). Auf diese Weise wird die Probandin bzw. der Proband aufgefordert ihr bzw. sein NOS-Verständnis in eigenen Worten zu formulieren. Dadurch werden tiefere und authentische Einblicke in das individuelle Wissenschaftsverständnis ermöglicht, als es über klassische Multiple-Choice-Formate möglich ist (Lederman et al., 2002). Abschließende semistrukturierte Interviews ermöglichen einen Abgleich mit dem erhobenen und inhaltsanalytisch ausgewerteten Verständnis (Lederman et al., 2002). Somit werden Probleme der bisherigen Erfassung durch vorgegebene Antworten im Multiple-Choice-Format, wie beispielsweise die Vorgabe einiger weniger Antworten oder die Projektion des Verständnisses der Testkonstrukteurin bzw. des Testkonstruktors auf die Testperson, umgangen (Lederman et al., 2002).

(2) *Whole Science*-Ansatz

Die Reformulierung von NOS mittels des *Whole Science*-Ansatzes beansprucht für sich Naturwissenschaft als Ganzes abzubilden und gesellschaftliche Wechselwirkungen und Folgen explizieren zu können (Allchin, 2012b, 2020). Ein prominenter Vertreter dieses Ansatzes ist Douglas Allchin. Er wählt bei seinem *Whole Science*-Ansatz eine induktive Vorgehensweise, bei der anhand von expliziten Fallbeispielen einzelne NOS-Themen identifiziert werden (Heering & Kremer, 2018). Die Fallbeispiele entstammen *Socio-Scientific Issues* (SSIs), die entweder bereits abgeschlossen (historisch aus einer Retrospektive) oder noch Gegenstand aktueller gesellschaftlicher Aushandlungsprozesse (gegenwärtig) sind (Allchin, 2012b). Aus den daraus abgeleiteten Themen lassen sich wechselwirkende Aspekte ableiten, die real gelebte Forschungspraxis abbilden und einen Abgleich mit den ideellen Basisprinzipien vor dem Hintergrund gesellschaftlicher Verflechtungen ermöglichen (Allchin, 2011, 2012a; Boston Working Group, 2013). Da es sich hierbei um ein komplexes Gefüge handelt, werden Basisprinzipien als Orientierungshilfen nicht grundsätzlich abgelehnt (Allchin, 2017). In Abbildung 2 werden diese Bereiche, ihre wechselwirkenden Verhältnisse und Kommunikationsebenen veranschaulicht.



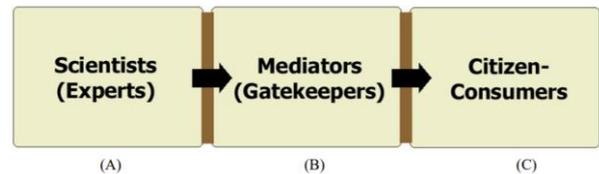
**Abb 3:** Eine mögliche Darstellung des theoretischen *Whole Science*-Ansatzes nach Allchin (2020, 2012b). Ideelle Basisprinzipien und die gesellschaftliche Dimension stehen in Wechselwirkung mit der gelebten Forschungspraxis. Die Forschungspraxis und Gesellschaft stehen miteinander und untereinander in kommunikativer Beziehung.

Allchin bedient sich bei dem Wechsel von exklusiven NOS-Aspekten zu NOS-Themen aus SSIs der Vorstellung eines inklusiven Inventars. Im Gegensatz zu einer Konsensliste ist das Inventar in seiner Auflistung von Themen nicht abgeschlossen und NOS-Aspekte werden anhand dieser realen NOS-Themen konkretisiert (Allchin, 2011, 2020):

„[An inventory-based perspective] concerns the open-ended versus limited (inclusive versus exclusive) approach to NOS. Cultural relevance as a benchmark guides us to be inclusive.“ (Allchin, 2012b, S. 697).

Die NOS-Themen stellen in Abgrenzung zu NOS-Aspekten somit (Lern)Anlässe dar, in denen sich exemplarisch verschiedene wechselwirkende, real-dargestellte Aspekte von NOS konkret im spezifischen, gesellschaftsrelevanten Kontext identifizieren lassen (Boston Working Group, 2013).

Höttecke und Allchin (2020) verweisen auf sich ändernde gesellschaftliche Bedingungen, weshalb gerade im Zeitalter von sozialen Medien der Bereich der (Wissenschafts-)Kommunikation besonders hervorzuheben sei. In der konventionellen NOS-Modellierung über den *Minimalkonsens*-Ansatz ist dieser Bereich der Kommunikation höchstens unter den Aspekt „gesellschaftlich-kultureller Eingebundenheit von Naturwissenschaften“ verortet: (A) Innerhalb von Scientific Communities, (B) die Vermittlung von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen über konventionellen Wissenschaftsjournalismus und neue soziale Medien sowie (C) die Aushandlung von Relevanz, Glaubwürdigkeit und Bedeutung innerhalb der Öffentlichkeit (Zusammengefasst in Abbildung 3).



**Abb. 2:** Kommunizierende Instanzen innerhalb der Wissenschaftskommunikation. (A) Wissenschaftler\*innen, (B) Medien mit Gatekeeper-Funktion und (C) Bürger\*innen (Höttecke & Allchin, 2020, S. 5).

Stellvertretend für viele andere gegenwärtige, naturwissenschaftliche Fälle soll dies am Fallbeispiel der „Feinstaubbelastung“ illustriert werden (vgl. Höttecke & Allchin, 2020):

Für Feinstaubpartikel und Stickoxide von Fahrzeugen herrschen Grenzwerte vor, die von der Europäischen Union festgesetzt wurden und häufig in deutschen Ballungsräumen überschritten werden. Als mögliche Reaktion wurden emotionale Debatten zu Dieselfahrverboten geführt, da diese einen größeren Anteil an der Feinstaub- und Stickoxidbelastung verursachen. Eine Gruppe von mehr als hundert deutschen Pneumologen veröffentlichte daraufhin einen Brief, in dem unter anderem die Festsetzung der Grenzwerte durch die Europäische Union in Frage gestellt wurde. Die Medien griffen diese Debatte auf, wodurch das Thema in öffentlichen Diskursen dominierte und eine fundierte Grenzwertsetzung angezweifelt wurde. Nach einer investigativen Überprüfung der Expertisen der Pneumologen, ihren Behauptungen in ihrem Brief und möglichen ursächlichen Interessenskonflikten zeigte sich: Keine Expertise im Bereich der Epidemiologie konnte

identifiziert werden; Berechnungen zur Untermauerung ihrer Behauptungen waren fehlerhaft; Verbindungen Einzelner zur Automobilindustrie erzeugten Interessenskonflikte.

Durch die direkte Veröffentlichung des Briefes wurde dieser mediale Filter umgangen und Falschinformationen rasant durch soziale Medien verbreitet. Diese Umgehung der Gatekeeper nimmt im Zeitalter von Social Media zu und die persönlichen Informationsquellen verlagern sich zudem von etablierten, konventionellen Medien hin zu digitalen Plattformen ohne Gatekeeping-Instanz (Höttecke & Allchin, 2020). Somit bedarf ein fundiertes Wissenschaftsverständnis nicht nur Wissen über NOS im abstrahierten und vereinfachten Kontext: Künftige Generationen müssen in der Lage sein, Glaubwürdigkeit und Aussagekraft selbst einzuschätzen – und das, ohne ausgewiesene Expertinnen und Experten für Naturwissenschaft zu sein.

Letztlich soll anhand der Beschäftigung mit authentischen, gesellschaftsrelevanten und kontextualisierten NOS-Themen, die sich in solchen Fallbeispielen identifizieren lassen, die Förderung eines angemessenen Wissenschaftsverständnis als ein *funktionales* Verständnis erzielt werden. Hier muss jedoch deutlich zwischen dem *funktionalen* Wissenschaftsverständnis und einer *funktionalen* Scientific Literacy unterschieden werden: Funktionale Scientific Literacy stellt hierbei eine schlichte Nutzung von naturwissenschaftlichen Begriffen dar, die vor allem durch Memorieren gelernt wurden (Bybee, 2002; Hammann, 2004). Das funktionale Wissenschaftsverständnis stellt dem gegenüber das Vermögen dar, Besonderheiten der Naturwissenschaft, ihre Geschichte und Wesen verstehen und hinterfragen zu können sowie in einem gesellschaftlichen Kontext zu begreifen und zu nutzen (Boston Working Group, 2013)[21], was Bybee als Multidimensionale Scientific Literacy beschreibt (Bybee, 2002).

Dies lässt sich beispielsweise über einen Fokus der Authentizität bei der Erkenntnisgewinnung erreichen. Eine stärkere Orientierung an der Forschungspraxis, bei der der Ausgang einer Untersuchung im Voraus nicht bekannt ist, die Untersuchung selbst geplant werden muss und auch widersprechende Ergebnisse gewonnen und ausgewertet werden müssen, könnte die Authentizität stärken (Arndt et al., 2019a; Höttecke & Rieß, 2015). Zudem fördert eine Kontextualisierung die Anschlussfähigkeit und individuelle Sinnstiftung von Wissen und Inhalten (Krell, Upmeier zu Belzen, & Krüger, 2012), weshalb für jede Naturwissenschaft Unterrichtskonzeptionen zum *context-based learning* entwickelt wurden (BiK: Bayrhuber, Bögeholz, & Elster, 2007; CHiK: Demuth, Gräsel, Parchmann, & Ralle, 2008; piko: Duit & Mikelskis-Seifert, 2010). Im Besonderen zeigt eine Kontextualisierung durch historische Fallbeispiele das Potenzial einer Identifikation mit der nachverfolgten Biografie von Forschenden (Allchin, 2012a; Boston Working Group, 2013), was Authentizität und Sinnstiftung vorantreiben kann.

Vor diesem Hintergrund wird die situierte Erfassung des Nows-Verständnisses anhand von authentischen

historischen oder gegenwärtigen Beispielen naturwissenschaftlicher Forschung angestrebt (Boston Working Group, 2013; Höttecke, 2001). Die Beispiele können, wie das Fallbeispiel der „Feinstaubbelastung“, exemplarische Fälle darstellen, die das Wesen der Naturwissenschaft aus einer Perspektive des „science in the making“ fokussieren (Allchin, 2012a; Latour, 1987) – also eine Perspektive, bei der naturwissenschaftliche Wissensgenese als Prozess betrachtet wird und bei dem der Erkenntnisprozess noch in vollem Gange ist. Gerade diese Perspektive ist es, die naturwissenschaftliche und gesellschaftsrelevante Problemstellungen als SSIs hervorbringen (Allchin, 2020; Boston Working Group, 2013; Höttecke & Henke, 2010).

Dabei muss der Fall verschiedene NOS-Themen aufweisen, die miteinander in Wechselbeziehung stehen und die reale Forschungspraxis als menschliches Betätigungsfeld verdeutlichen (Allchin, 2011).

### 3 DER KONFLIKT

Die Kritik im Bereich der NOS-Modellierung verläuft mindestens bilateral zwischen dem *Minimalkonsens*- und dem *Whole Science*-Ansatz:

Einerseits lässt sich festhalten, dass Konsenslisten als lediglich Förderinstrumente dekontextualisierten, deklarativen Wissens von Seiten alternativer NOS-Modellierungen angesehen werden (Allchin, 2011; Heering & Kremer, 2018). Die Legitimation der NOS-Aspekte beruht hierbei auf einem Minimalkonsens ausgewählter Expertinnen und Experten (Heering & Kremer, 2018), wobei nicht nachvollzogen werden kann, warum bestimmte Aspekte ausgewählt und andere, wie beispielsweise biografische Einflüsse, Kommunikationsprozesse oder die Rolle von Finanzierung, - zumindest explizit - unerwähnt bleiben (Allchin, 2011). Zudem ergeben sich beispielsweise Probleme hinsichtlich des Spannungsfeldes zwischen Vorläufigkeit und Beständigkeit, dem Verhältnis zwischen Wissen als Produkt und der Untersuchung als Prozess oder der Unterscheidung internaler und externaler Natur sozio-kultureller Einbettung von Naturwissenschaft (Allchin, 2017, S. 18).

Andererseits wird der *Whole Science*-Ansatz als wenig fassbar und diffus problematisiert (Schwartz et al., 2012): Es werden verschiedene Konstrukte wie NOS und NOSI vermischt sowie Nows der naturwissenschaftlichen Grundbildung gleichgesetzt und das zu breite Konstrukt kann bisher durch keine empirischen Hinweise geprüft werden, wodurch eine evidenzbasierte Nutzung zur Förderung naturwissenschaftlicher Grundbildung ausbleibt (Schwartz et al., 2012) – so die Gegenargumente. Das heißt: Die Kritik am *Whole Science*-Konstrukt bezieht sich folglich sowohl auf die (1) Modellierung des theoretischen Konstruktes, (2.) auf den fraglichen praktischen Einsatz im schulischen Kontext als auch auf dessen vorläufig (3) ausgebliebene empirische Fassung.

(1) Kritik an der jeweiligen theoretischen NOS-Modellierung

Vertreterinnen und Vertreter des *Minimalkonsens*-Ansatzes problematisieren den *Whole Science*-Ansatz als undifferenziert. Die Vorstellung eines inklusiven Inventars verschiedenster NOS-Themen, die multidimensional miteinander in Wechselwirkung stehen (Allchin, 2012b), erschwere eine strikte Operationalisierung, was die valide und zeitökonomische Erfassung der Aspekte von NWS bisher verhindert (Allchin, 2011, 2012b; Heering & Kremer, 2018).

Es gäbe sowohl Klärungsbedarf zur Struktur von NWS sowie zu Abgrenzungen gegenüber ähnlichen Konstrukten wie beispielsweise zu NOSI:

„Allchin overlooks the fact that his „whole science“ view is addressed within our view of NOS, NOSI and skills of inquiry.“ (Schwartz et al., 2012, S. 687).

In der Tat finden sich im *Whole Science*-Ansatz die Elemente des naturwissenschaftlichen Inhalts, die Reflexion der NOS-Aspekte und das Verständnis naturwissenschaftlicher Prozesse (Heering & Kremer, 2018). Letzteres beschreibt jedoch nicht die Fähigkeit, selbst naturwissenschaftliche Untersuchungen durchführen, sondern auf Grundlage dessen Glaubwürdigkeit analysieren zu können (Allchin, 2011) – es geht also um eine Meta-Perspektive epistemologischer Prozesse, die auch in der konventionellen NOS-Modellierung des *Minimal-konsens*-Ansatzes eingenommen wird. Im Gegenzug scheint die strikte Unterscheidung der Bereiche NOS, NOSI und naturwissenschaftlicher Inhalte der *Minimal-konsens*-Perspektive zwar der Operationalisierung dienlich zu sein, sie separiert jedoch gleichzeitig, was sich innerhalb einer naturwissenschaftlichen Grundbildung wechselseitig bedingt (Allchin, 2011). Überlappungsbereiche werden zwar von Lederman et al. explizit benannt und finden sich zugleich in den beiden Testinstrumentarien VNOS-C (What is an experiment?) (Lederman et al., 2002, S. 509) und VOSI (What do you think a scientific experiment is?) (Schwartz, Lederman, & Lederman, 2008, S. 13): NOSI fokussiert hierbei die Prozessebene der Genese naturwissenschaftlicher Daten und Evidenzen, ihrer Konventionen, Akzeptanz und Nutzbarkeit (Schwartz et al., 2008; Schwartz, Lederman, & Crawford, 2004). Allerdings geht damit ebenfalls einher, dass innerhalb der NOS-Modellierung aus der *Minimalkonsens*-Perspektive naturwissenschaftliches Wissen lediglich als Produkt betrachtet wird (Schwartz et al., 2008). Die Prozessebene über „science in the making“ (Latour, 1987) wird hier durch die strikte Separierung von Produkt und Prozess vernachlässigt, wodurch ein holistischer Blick auf Naturwissenschaft und die Förderung eines funktionalen Wissenschaftsverständnisses im Sinne des *Whole Science*-Ansatzes verfehlt wird (Allchin, 2011). Beispielsweise wird über die NOS-Modellierung des *Minimalkonsens*-Ansatzes eine Unterscheidung von Gesetz und Theorie vorgenommen und gefördert. Ohne die Perspektive der zugrundeliegenden Prozesse – wie

werden Gesetze im Gegensatz zu Theorien entwickelt? – kann die Unterscheidung nur auf Basis von Definitionen vorgenommen und reproduziert werden, was zwar zu einer funktionalen, nicht aber multidimensionalen, Scientific Literacy (Bybee, 2002) führt.

(2) Kritik am Einsatz in der Schulpraxis

Der zweite große Bereich der Kritik am *Whole Science*-Ansatz bezieht sich auf dessen Anwendung innerhalb der Schulpraxis.

Für die Schulpraxis wird vermutet, dass die mit *Whole Science* verbundenen Vorstellungen zu komplex seien und Lernende überfordern würden:

„The idea of “whole science” suggests that learners are capable of, and should be taught, all aspects about science.“ (Schwartz et al., 2012, S. 687).

Eine Liste von wenigen Basisprinzipien ist nicht nur empirisch besser zu erheben, sondern auch im Unterricht zeitökonomischer und klarer zu behandeln. Fraglich ist jedoch, ob eine Beschränkung auf ideelle, epistemologische Aspekte von NOS letztendlich zu einem funktionalen Wissenschaftsverständnis führt und somit ein Beitrag zu Scientific Literacy geleistet werden kann (Allchin, 2020):

„These lists were not fully contextualized in the aim of „personal and social decision making“ involving science.“ (Allchin, 2011, S. 523).

Zudem wird der Bereich der naturwissenschaftlichen Medienkompetenz, die Grundlage für eine fundierte Informationsbeschaffung bildet, vernachlässigt (Höttecke & Allchin, 2020). Die Herausforderung zukünftige Generationen – gerade in der Ära von Social Media – dazu zu befähigen, kann nicht über die einfache Bereitstellung von Checklisten zur Glaubwürdigkeitseinschätzung von Informationsquellen geleistet werden (Höttecke & Allchin, 2020). Die Identifizierung von glaubwürdigen Berichtenden oder Interessenskonflikten, das Metawissen über Epistemologie und Kommunikation von Erkenntnissen (vor dem Hintergrund von epistemischen Abhängigkeiten und Vertrauen), Haltungen von Medienskepsis und Fehlersuche und das Bewusstsein epistemischer Ansprüche echter naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung bedürfen anstelle von wenigen Kernkonzepten und diagnostischen Werkzeugen viel mehr einer naturwissenschaftlichen Medienkompetenz (Höttecke & Allchin, 2020). Diese Herausforderung ist anspruchsvoll, jedoch essenziell für eine naturwissenschaftliche Grundbildung. Ziel schulischer Bildung ist nicht nur die berufliche Vorbereitung, sondern die Erziehung von mündigen Bürgerinnen und Bürgern, weshalb der Grundstein einer aufgeklärten naturwissenschaftlichen Medienkompetenz unbedingt im schulischen Rahmen gelegt werden sollte (Arndt et al., 2019a; Gebhard, 2007; Gebhard, Höttecke, & Rehm, 2017).

Zum aktuellen Zeitpunkt liegt für den *Whole Science*-Ansatz jedoch kein valides Erhebungsinstrument vor (Heering & Kremer, 2018), weshalb der potenzielle Mehrwert für die schulische Förderung von naturwissenschaftlicher Grundbildung höchstens theoriebezogen, jedoch nicht evidenzbasiert argumentiert werden kann:

„Allchin claims high school students would provide meaningful responses, but he provides no evidence whatsoever that high school students have actually provided such responses. There are no data here to convince the reader that the KNOWS items produce the type of responses he claims.“ (Schwartz et al., 2012, S. 690).

### (3) Ausstehende empirische Evidenz

Die angesprochene Absenz valider Messinstrumente für die *Whole Science*-Perspektive hat zugleich für die fachdidaktische Forschung zur Folge, dass sich jegliche Kritik und Diskussion auf einer theoretischen Ebene vollziehen. Im Gegensatz zum empirisch gut fundierten konventionellen NOS-Konstrukt des *Minimalkonsens*-Ansatzes, welches durch das validierte und etablierte Messinstrument VNOS-C empirisch gestützt werden kann (Lederman et al., 2002), steht die Genese von Evidenzen für den *Whole Science*-Ansatz noch aus (Heering & Kremer, 2018).

Eine kritische Beleuchtung der Argumente soll grundlegende theoretische Konflikte verständlich machen und ggf. konstruktiv auflösen. Somit kann deduktiv eine Grundlage gebildet werden, die die Entwicklung von Nows-Testinstrumentarien ermöglicht. Die Erfassung von Nows kann dann wiederum genutzt werden, um benötigte empirische Daten zur Prüfung dessen Konstruktes und seine Verortung im Forschungsbereich von NOS zu erzielen. Dieses Erhebungsinstrument muss jedoch deutlich vom speziellen Testformat *KNOWS* als *Knowledge of the Nature of Whole Science* abgegrenzt werden, für das Allchin exemplarisch Fragen, Nows-Aspekte und Items zur Erhebung von Nows liefert (Allchin, 2011).

*KNOWS* stellt zwar ein potenzielles Erhebungsformat dar, welches die analytischen Fähigkeiten der Versuchspersonen anhand von SSIs erheben soll (Allchin, 2017) - die Erfassung des Nows-Konstruktes als solches erfasst demgegenüber keinerlei Hinweise zu analytischen Fähigkeiten der Testpersonen hinsichtlich persönlicher und gesellschaftlicher Entscheidungsfindung. Die Prüfung des Nows-Konstruktes stellt jedoch den ersten Schritt zur Klärung der Frage dar, welche NOS-Modellierung die Grundlage für ein funktionales Wissenschaftsverständnis liefern kann, bevor ein valider *KNOWS*-Test entwickelt werden oder eine sinnvolle Durchführung und Evaluationen von Interventionen erfolgen kann.

Zur Entwicklung eines Testinstruments, kann die Orientierung an der etablierten *Minimalkonsens*-Modellierung von NOS fruchtbar sein, weshalb eine Synthese beider Ansätze sinnvoll erscheint, um die

Kompensation positionsspezifischer Schwächen voranzutreiben:

„Insofern besteht ein zukünftiges Forschungspotenzial in einer Kombination des eher induktiven, prozesshaften Vorgehens Allchins und der deduktiv, wissensbasiert angelegten Forschung der Lederman-Gruppe.“ (Heering & Kremer, 2018, S. 115).

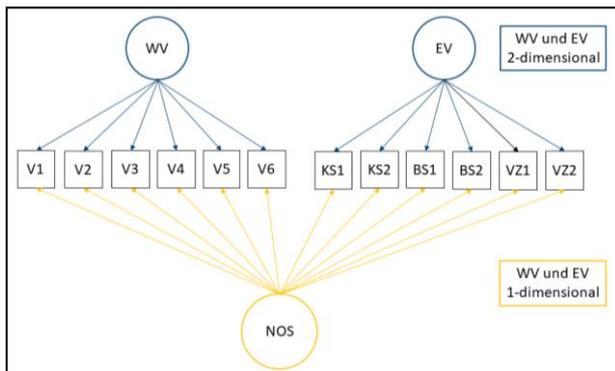
## 4 MÖGLICHE SYNTHESE

Beide theoretischen Ansätze weisen Stärken und Schwächen auf, die nicht zuletzt durch die jeweilige Art der Herangehensweise an das Thema *Nature of Science* bedingt sind.

Allchins induktives Vorgehen zeigt eine deutliche Nähe zu den Zielen der naturwissenschaftlichen Grundbildung, was die Operationalisierung des Konstruktes NOS, konzeptualisiert im Sinne des *Whole Science* Ansatzes, erschwert. Das Desiderat valider Messinstrumente und resultierend die dünne empirische Basis begründen vielerlei genannte und nicht genannte Kritikpunkte (Heering & Kremer, 2018; Schwartz et al., 2012). Lederman et al. können durch ein deduktives Vorgehen mit einer fundierten Operationalisierung und folglich validen Messinstrumenten ihr Konstrukt empirisch abbilden (Heering & Kremer, 2018). In Frage steht jedoch, inwieweit ein funktionales Wissenschaftsverständnis als Basis einer naturwissenschaftlichen Grundbildung mit dem Ansatz von Basisprinzipien ausgebildet werden kann (Allchin, 2020; Höttecke & Allchin, 2020).

Aus der Diskussion um die NOS-Modellierungen des *Minimalkonsens*- und des *Whole Science*-Ansatzes ergeben sich offene Fragen, die empirischer Prüfung bedürfen: Geht mit der Abstraktion von NOS-Aspekten mittels Konsenslisten der holistische Charakter von Naturwissenschaft verloren? Ist der holistische Charakter von Naturwissenschaft mehr als die Summe ihrer Aspekte? Diese Fragen bieten Ansatzpunkte, um empirische Hinweise zum Konstrukt von Nows zu gewinnen und es mit der klassischen *Minimalkonsens*-Modellierung in Beziehung zu setzen (Arndt et al., 2019b). Ein mögliches Vorgehen hierbei wäre die Erweiterung eines Testinstruments zum *Minimalkonsens*-Ansatzes um die *Whole Science* Perspektive. Vergleichende Betrachtungen der generierten Datenlage durch die Probanden können die Prüfung der Dimensionalität mittels Strukturgleichungsmodell ermöglichen und somit Antworten auf die oben genannten Fragen liefern: Dabei zeigt eine eindimensionale Strukturgleichungsmodellierung, die den *Whole Science*-Ansatz aufnimmt, keine Überlegenheit gegenüber mehrdimensionalen Modellierungen, die zwischen NOS als *Minimalkonsens* und NOS als *Whole Science* unterscheiden. Abbildung 4 illustriert exemplarisch zwei mögliche Dimensionalitäten beider Konstrukte, die gefunden werden könnten. Somit kann eine Orientierung an den etablierten Messinstrumenten und Vorgehensweisen

fruchtbar sein, um ein Nows-spezifisches Erhebungsinstrument zu entwickeln.



**Abb. 4:** Mögliche Dimensionalitäten von *Whole-Science-Vignetten* (WV) und *Einzelfacetten-Vignetten* (EV) nach der Berechnung eines Strukturgleichungsmodells. Exemplarisch werden 1- und 2-Dimensionalität dargestellt, andere Formen der Multidimensionalität werden aber nicht ausgeschlossen.

Neben dem VNOS-C (Lederman et al., 2002), welcher durch die Annahme lediglich deklaratives Wissen abzufragen in die Kritik geraten ist (Allchin, 2011, 2012b; Heering & Kremer, 2018), steht ein weiteres valides Erhebungsinstrument zur Erfassung des konventionellen NOS-Konstruktes aus der *Minimalkonsens*-Perspektive zur Verfügung: Der EKoL-NOS-Vignettest (Billion-Kramer et al., 2020) ermöglicht durch das Vignettenformat eine situierte Erhebung (Allchin, 2011; Forster-Heinzer & Oser, 2015) und erfasst drei von sieben Einzelfacetten der *Minimalkonsens*-NOS-Modellierung: „Kreativität und Subjektivität“ (KS), „Beobachtung und Schlussfolgerung“ (BS) oder die „Veränderung mit der Zeit“ (VZ) (siehe auch Abbildung 4).

Dies stellt einen – neben den offenen Fragen und anschließenden semistrukturierten Interviews der VNOS-C-Erhebung – weiteren Ansatz dar, der tiefere Einblicke in das individuelle Wissenschaftsverständnis bspw. von Naturwissenschaftslehrkräften ermöglicht. Diese Probandengruppe erscheint uns besonders relevant, da diese die unterrichtliche Förderung eines funktionalen Wissenschaftsverständnisses aufgrund ihres eigenen individuellen Wissenschaftsverständnisses vornimmt (Allchin, 2012b; Lederman, 1992; Lederman et al., 2002). Anhand von Vignetten kann eine ganzheitliche Erfassung des Wissenschaftsverständnisses im unterrichtlichen Kontext durch den Advokatorischen Ansatz gewährleistet werden (Forster-Heinzer & Oser, 2015; Wilhelm et al., 2013). Ein Kompetenzprofil – im Gegensatz zu einzelnen Wissens-elementen – kann in einem authentischen und multiperspektivischen Kontext erhoben werden, indem die Qualität von möglichen Handlungsoptionen einer Unterrichtssituation mit offenem Ausgang eingeschätzt wird (Rutsch et al., 2017).

Aus den dargelegten Gründen scheint eine valide Erfassung des Wissenschaftsverständnisses über Vignettestests aussichtsreich, weshalb wir eine Erweiterung des EKoL-NOS-Vignetten-Testinstruments um weitere *Whole-Science-Vignetten* anstreben. Somit könnten

durch die Bearbeitung eines erweiterten Vignettestes Grundlagen für den oben ausgeführten direkten empirischen Vergleich mittels Strukturgleichungsmodell geschaffen und erste Antworten zum Verhältnis bzw. zur Dimensionalität von NOS aus *Minimalkonsens*- und *Whole Science*-Perspektive gefunden werden. Letztendlich lassen sich auf diese Weise möglicherweise Rückschlüsse zum Konstrukt von Nows und dessen Operationalisierung ziehen.

## REFERENCES

Aduriz-Bravo, A. (2013). School science as intervention: conceptual and material tools and the nature of science. In P. Heering, S. Klassen, & D. Metz (Eds.), *Enabling scientific understanding through historical instruments and experiments in formal and non-formal learning environments* (pp. 283-301). Flensburg: Flensburg University Press.

Allchin, D. (2011). Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Education*, 95, 518-542.

Allchin, D. (2012a). The Minnesota Case Study Collection: New Historical Inquiry Case Studies for Nature of Science Education. *Science & Education*, 21, 1263-1281.

Allchin, D. (2012b). Towards clarity on whole science and KNOWS. *Science Education*, 96(4), 693-700.

Allchin, D. (2017). Beyond the Consensus View: Whole Science. *CANADIAN JOURNAL of SCIENCE, MATHEMATICS and TECHNOLOGY EDUCATION*, 17(1), 18-26.

Allchin, D. (2020). From Nature of Science to Social Justice: The Political Power of Epistemic Lessons. In L. Hanson & Yacoubian H. (Eds.), *The Nature of Science and Social Justice*. Springer. Retrieved from <http://douglasallchin.net/papers/Allchin-NOS-and-Social-Justice.pdf>

Arndt, L., Billion-Kramer, T., Wilhelm, M., & Rehm, M. (2019a). Antinomien der Naturwissenschaft: Chance zum produktiven und reflektierten Meinungsbildungsprozess im naturwissenschaftlichen Unterricht. *ChemKon*, 26(8), 355-359. Retrieved from <https://doi.org/10.1002/ckon.201900020>

Arndt, L., Billion-Kramer, T., Wilhelm, M., & Rehm, M. (2019b, September). «Nature of Whole Science» versus Konsenslisten.: Dekonstruktion von Emergenz? GDCP Jahrestagung, Wien. Retrieved from [https://www.ph-heidelberg.de/fileadmin/ms-faecher/chemie/Forschung/GDCP\\_Arndt.pdf](https://www.ph-heidelberg.de/fileadmin/ms-faecher/chemie/Forschung/GDCP_Arndt.pdf)

Bayrhuber, H., Bögeholz, S., & Elster, D. (2007). Biologie im Kontext: Ein Programm zur Kompetenzförderung durch Kontextorientierung im

Biologieunterricht und zur Unterstützung von Lehrerprofessionalisierung. *Der Mathematische Und Naturwissenschaftliche Unterricht*, 60(5), 282-286.

Billion-Kramer, T., Lohse-Bossenz, H., Dörfler, T., & Rehm, M. (2020). Professionswissen angehender Lehrkräfte zum Konstrukt Nature of Science (NOS): Entwicklung und Validierung eines Vignettentests (EKoL-NOS). *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s40573-020-00112-z>

Boston Working Group (2013). *How can history and philosophy of science contribute to understanding the nature of scientific literacy?: Mapping research needs*. Report from the conference on how can the HPS contribute to contemporary U.S. science teaching.

Bybee, R. W. (2002). Scientific Literacy - Mythos oder Realität? In W. Gräber, Nentwig, K. P., Th.R., & R. H. Evans (Eds.), *Scientific Literacy: Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (pp. 21-43). Opladen: Leske + Budrich.

D-EDK (2016). Lehrplan 21: Natur, Mensch, Gesellschaft. Retrieved from [https://v-fe.lehrplan.ch/container/V\\_FE\\_DE\\_Fachbereich\\_NMG.pdf](https://v-fe.lehrplan.ch/container/V_FE_DE_Fachbereich_NMG.pdf)

Demuth, R., Gräsel, C., Parchmann, I., & Ralle, B. (Eds.) (2008). *Chemie im Kontext: Von der Innovation zur nachhaltigen Verbreitung eines Unterrichtskonzepts*. Münster: Waxmann.

Duit, R., & Mikelskis-Seifert, S. (2010). *Physik im Kontext: Konzepte, Ideen, Materialien für effizienten Physikunterricht*. Seelze: Friedrich Verlag.

Erduran, S., & Dagher, Z. R. (2014). *Reconceptualizing the nature of science for science education.: Scientific knowledge, practices and other family categories*. New York: Springer.

Forster-Heinzer, S., & Oser, F. (2015). Wer setzt das Mass?: Eine kritische Auseinandersetzung mit dem Advokatorischen Ansatz. *Zeitschrift Für Pädagogik*, 61(3), 361-376.

Gebhard, U. (2007). Intuitive Vorstellungen und explizite Reflexion: Der Ansatz der Alltagsphantasien. In C. Schomaker & R. Stockmann (Eds.), *Der (Sach-) Unterricht und das eigene Leben* (pp. 102-115). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Gebhard, U., Höttecke, D., & Rehm, M. (2017). *Pädagogik der Naturwissenschaften: Ein Studienbuch*. Wiesbaden: Springer VS.

Hamman, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle: Merkmale und ihre Bedeutung - Dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. *Mathematisch-Naturwissenschaftlicher Unterricht*, 57(4), 196-203.

Heering, P. (2017). Der StoryTelling-Ansatz im naturwissenschaftlichen Unterricht: Ursprünge und Perspektiven. In N. Hübsch & K. Wardetzky (Eds.), *Zeit für Geschichten: Erzählen in der kulturellen Bildung* (pp. 56-64). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Heering, P., & Kremer, K. (2018). Nature of Science. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Eds.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (pp. 105-119). Berlin: Springer Spektrum.

Höttecke, D. (2001). *Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen*. Berlin: Logos.

Höttecke, D. (2019, September). *Bewerten in einer Welt aus Filterblasen, Echokammern und Fake News*. FDdB & GDCP. Vortrag auf der Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik.

Höttecke, D., & Allchin, D. (2020). Reconceptualizing Nature-of-Science Education in the Era of Social Media. *Science Education*, 104(4), 641-666. Retrieved from <http://douglasallchin.net/papers/Hottecke-Allchin-NOS-and-Social-Media.pdf>

Höttecke, D., & Henke, A. (2010). Über die Natur der Naturwissenschaften lehren und lernen: Geschichte und Philosophie im Chemieunterricht? *Naturwissenschaften Im Unterricht Chemie*, 21(118/119), 2-7.

Höttecke, D., & Rieß, F. (2015). Naturwissenschaftliches Experimentieren im Lichte der jüngeren Wissenschaftsforschung – Auf der Suche nach einem authentischen Experimentbegriff der Fachdidaktik. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, 21, 127-139.

KMK (2004). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand Verlag.

Koska, J., & Krüger, D. (2012). Nature of Science-Perspektiven von Studierenden: Schritte zur Entwicklung eines Testinstrumentes - Projektskizze. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 11, 115-127.

Krell, M., Upmeier zu Belzen, A., & Krüger, D. (2012). Student's understanding of the purpose of models in different biological contexts. *International Journal of Biology Education*, 2(2), 1-34.

Latour, B. (1987). *Science in action: How to follow Scientists and Engineers through Society*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.

Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S., Bartels, S., Antink-Meyer, A., & Schwartz, R. S. (2014). Meaningful Assessment of Learners' Understandings About Scientific Inquiry -The Views About Scientific

Inquiry (VASI) Questionnaire. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(1), 65-83.

Lederman, N. G. (1992). Students' and Teachers' Conceptions of the Nature of Science: A Review of the Research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.

Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.

McComas, W. F., & Olson, J. F. (1998). Chapter 2: The Nature of Science in International Science Education Standards Documents. In W. F. McComas (Ed.), *Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies* (pp. 41-52). Kluwer Academic Publishers.

Osborne, J. (2017). Going Beyond the Consensus View: A Response. *CANADIAN JOURNAL of SCIENCE, MATHEMATICS and TECHNOLOGY EDUCATION*, 17(1), 53-57.

Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What "ideas-about science" should be taught in school science?: A delphi study of expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 692-720.

Rutsch, J., Rehm, M., Vogel, M., Seidenfuß, M., & Dörfler, T. (Eds.) (2017). *Modellierung der Testletstruktur bei vignetten-Effektive Kompetenzdiagnose in der Lehrerbildung.: Professionalisierungsprozesse angehender Lehrkräfte untersuchen*. Wiesbaden: Springer.

Schwartz, R., Lederman, N., & Lederman, J. (2008). *An instrument to assess views of scientific inquiry: The VOSI questionnaire*. Paper presented at the international meeting of the National Association for Research in Science Teaching. Baltimore, MD.

Schwartz, R. S., Lederman, N. G., & Abd-El-Khalick, F. (2012). A series of misrepresentations: A response to Allchin's whole approach to assessing nature of science understandings. *Science Education*, 96, 685-692.

Schwartz, R. S., Lederman, N. G., & Crawford, B. A. (2004). Developing Views of Nature of Science in an Authentic Context: An Explicit Approach to Bridging the Gap Between Nature of Science and Scientific Inquiry. *Science Education*, 88(4), 610-645.

Stadtler, M., Winter, S., Scharrer, L., Thomm, E., Krämer, N., & Bromme, R. (2017). Selektion, Integration und Evaluation: Wie wir das Internet nutzen, wenn wir uns über Wissenschaft informieren wollen. *Psychologische Rundschau*, 68(3), 177-181.

Wilhelm, M., Brovelli, D., Rehm, M. & Bölsterli, K. (2013). Erfassen professioneller Kompetenzen für den naturwissenschaftlichen Unterricht: Ein Vignettentest mit authentisch komplexen Unterrichtssituationen und offenem Antwortformat. *Unterrichtswissenschaft*, 41(4), 306-329.