

Kurzzusammenfassung

Ein adäquates Verständnis naturwissenschaftlicher Erkenntnisse ist Bestandteil naturwissenschaftlicher Grundbildung und trägt somit dazu bei, Lernenden eine aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation zu ermöglichen. Mit Blick auf öffentliche Diskussionen um die Glaubwürdigkeit von Erkenntnissen scheint insbesondere ein adäquates Verständnis der Vorläufigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse sowie der Eingebundenheit dieser Erkenntnisse in einen größeren, sozialen und kulturellen Kontext essentiell zu sein, wobei dem Unterrichtsfach Chemie eine zentrale Rolle zukommt. Internationale Studien weisen allerdings darauf hin, dass Lehramtsstudierende vielfach über naive oder inkonsistente Ansichten dieser beiden Aspekte von „Nature of Science“ (NOS) verfügen und diese Vorstellungen darüber hinaus besonders resistent gegenüber Veränderungen sind. Im Zuge einer detaillierten theoretischen Grundlegung werden in der vorliegenden Arbeit dementsprechend zunächst Arbeitsdefinitionen für die Vorläufigkeit und die soziokulturelle Eingebundenheit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse für die Chemielehrer*innenbildung hergeleitet, indem beide Aspekte sowohl aus wissenschaftstheoretischer als auch aus naturwissenschaftsdidaktischer Perspektive analysiert werden. Darüber hinaus werden in der Arbeit die Fragen untersucht, welche Vorstellungen Chemielehramtsstudierende hierzulande über die beiden NOS-Aspekte aufweisen, inwiefern diese Vorstellungen resistent gegenüber Veränderungen sind und wie sich ein adäquates Verständnis im Rahmen der Chemielehrer*innenbildung fördern lässt. Schließlich können zukünftige Lehrende nur dann Lernumgebungen zur Verständnisförderung auf Seite der Lernenden gestalten, wenn sie selbst über ein adäquates Verständnis verfügen. Zur Beantwortung dieser Fragen wurden im Rahmen des dargestellten Forschungsprojektes drei empirische Untersuchungen mit Chemielehramtsstudierenden durchgeführt und ausgewertet. Die Ergebnisse der Studien zeigen, dass die Studierenden zwar häufig inkonsistente Ansichten über die soziokulturelle Eingebundenheit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse vertreten, diese mithilfe entsprechender Interventionsinhalte aber vergleichsweise leicht erweitert werden können. Der NOS-Aspekt sollte im Rahmen der Schul- und Hochschulbildung dementsprechend häufiger und unter Berücksichtigung der verschiedenen Dimensionen der Eingebundenheit thematisiert werden. Die Förderung des Verständnisses der Studierenden über die Vorläufigkeit erweist sich dagegen als schwieriger: Beispielsweise waren die Teilnehmenden einer ersten Studie auch nach einer Intervention größtenteils nicht in der Lage, ihre Ansichten über die Vorläufigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zu begründen. Darüber hinaus scheint die Auseinandersetzung mit

der Vorläufigkeit einige Studierende zu verunsichern. Bei der Vermittlung sollten dementsprechend auch Gründe für die Beständigkeit und Glaubwürdigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse betont werden. Zudem ist eine Differenzierung nach verschiedenen Erkenntnisarten erforderlich. So werden naturwissenschaftliche Theorien und Modelle von den Lehramtsstudierenden beispielsweise eher für vorläufig und naturwissenschaftliche Gesetze oder Konstanten eher für beständig oder sogar für unveränderbar gehalten. In den Studien des Forschungsprojektes wurden zahlreiche Maßnahmen und Inhalte zur Förderung des Verständnisses über beide NOS-Aspekte zusammengestellt sowie neue Vermittlungsmethoden entwickelt und evaluiert, z. B. die dekontextualisierte Aktivität „BlackTube“ zur Vermittlung der Vorläufigkeit von Gesetzen und Gesetzmäßigkeiten in der Chemie. Diese Vermittlungsansätze werden in der Arbeit vorgestellt und in Form eines Seminarkonzeptes für die Chemielehrer*innenbildung zusammengefasst.

Abstract

An adequate understanding of scientific knowledge is part of scientific literacy and enables learners to participate in social communication actively. In view of public discussions about the credibility of scientific knowledge, an adequate understanding of the tentative nature of scientific knowledge and its integration into a larger, social and cultural context is essential. In this regard, chemistry education plays a key role. However, international studies show that preservice science teachers tend to have naïve or inconsistent conceptions of these two aspects of "Nature of Science" (NOS). Additionally, these conceptions turn out to be especially resistant to change. As part of a detailed theoretical framework, definitions about tentativeness and sociocultural embeddedness of scientific knowledge are derived for chemistry teacher education, by analysing both aspects from the perspectives of philosophy of science and science education. In this PhD thesis, it will be investigated, which ideas German preservice chemistry teachers have about the two aspects of NOS, to what extent these ideas are resistant to change, and how an adequate understanding can be promoted in the context of chemistry teacher education. Finally, future teachers can only design learning environments to promote understanding, if they themselves have an adequate understanding. In order to answer this research questions, three empirical studies were conducted with chemistry teacher students. Results of the studies show that while teacher students often hold inconsistent views about the sociocultural embeddedness of scientific knowledge, these views are comparatively less resistant to change. Consequently, this aspect of NOS should be taught in a more multidimensional way within science education, addressing the different dimensions of embeddedness. On the other hand, teacher students' understandings of tentativeness seem to be more difficult to change, because the participants are not able to explain their views. Additionally, dealing with tentativeness unsettles some of them. Accordingly, the focus should also be on reasons for the durability and credibility of scientific knowledge, regarding different types of scientific knowledge. For example, teacher students tend to regard scientific theories and models as tentative and scientific laws or constants as stable or even unchangeable. Within the research project, numerous approaches and activities were compiled, developed and tested to foster preservice science teachers' understanding about both NOS aspects, such as the decontextualized activity "BlackTube" to demonstrate the tentative nature of laws in chemistry. These approaches are presented and discussed in the PhD thesis and summarised in a course design for chemistry teacher education.

1 Einleitung

„Wissenschaft wird von Menschen gemacht. Dieser an sich selbstverständliche Sachverhalt gerät leicht in Vergessenheit, und es mag zur Verringerung der oft beklagten Kluft zwischen den beiden Kulturen, der geisteswissenschaftlich-künstlerischen und der technisch-naturwissenschaftlichen, beitragen, wenn man ihn wieder ins Gedächtnis zurückruft.“ – Werner Heisenberg (1969, S. 4)

Naturwissenschaftliche Bildung ermöglicht den von der Kultusministerkonferenz beschlossenen Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss zufolge *„eine aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklungen und naturwissenschaftliche Forschung und ist deshalb wesentlicher Bestandteil von Allgemeinbildung.“* (KMK, 2005a, S. 6). In aktuellen Diskussionen um die Glaubwürdigkeit von (naturwissenschaftlichen) Aussagen, die mit Stichwörtern wie *„Fake News“*¹ oder *„Fake Science“* (Eckert & Hornung, 2018) verbunden werden, scheint neben der Vermittlung von Fachwissen dabei ein adäquates Verständnis von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen, deren Gewinnung (McComas, 2017, S. 72) und insbesondere von deren Grenzen eine wichtige Voraussetzung zu dieser Partizipation zu sein:

„In many cases of public resistance to science [...] it seems that the main problem is not only the lack of understanding of the relevant science, but also – and perhaps most crucially – the lack of understanding of the uncertainty inherent in science.“ (Kampourakis, 2018, S. 830).

Studien zeigen allerdings, dass Lernende vielfach naive Vorstellungen über naturwissenschaftliche Erkenntnisse und deren Grenzen aufweisen und beispielsweise der Ansicht sind, dass es sich bei diesen Erkenntnissen – entgegen der obigen Aussage des Physikers Werner Heisenberg – um absolut sicheres, objektives und von äußeren oder menschlichen Einflüssen unabhängiges Wissen handeln würde (McComas, 1998b, S. 55–64; Abd-El-Khalick, 2006, S. 407 f.). Doch nicht nur Schüler*innen, sondern auch Lehrer*innen naturwissenschaftlicher Fächer verfügen häufig über unreflektierte oder inkonsistente Ansichten über naturwissenschaftliche Erkenntnisse (vgl. Cofré, Núñez, Santibáñez, Pavez, Valencia & Vergara, 2019). Den Lehrenden kommt dabei als Multiplikator*innen eine entscheidende Bedeutung zu, welche bereits im Rahmen der Lehrer*innenbildung reflektiert werden sollte (Reiners, 2017, S. 17). Schließlich sollen die Lehrkräfte die Lernenden durch die Gestaltung von Lernumgebungen auf die gesellschaft-

¹ Von der Dudenredaktion werden *„Fake News“* als *„in den Medien und im Internet, besonders in sozialen Netzwerken, in manipulativer Absicht verbreitete Falschmeldungen“* (Dudenredaktion, o. D.) definiert.

liche Teilhabe vorbereiten. Mit Blick auf gesellschaftliche Herausforderungen wie dem Klimawandel oder dem Ausbau erneuerbarer Energien scheint dabei insbesondere das Unterrichtsfach Chemie eine zentrale Rolle einzunehmen (Müller & Reiners, 2020b). Die Förderung eines adäquaten Verständnisses über naturwissenschaftliche Erkenntnisse bei Lehramtsstudierenden der Chemie stellt dementsprechend die übergeordnete Intention der vorliegenden Arbeit dar. In der internationalen naturwissenschaftsdidaktischen Forschung wird eine solche Vermittlung über die Naturwissenschaften und ihrer Erkenntnisse von einer Meta-Ebene aus unter dem Begriff *Nature of Science* (NOS) zusammengefasst. Im zweiten Kapitel dieser Arbeit werden dementsprechend zunächst die theoretischen Grundlagen über naturwissenschaftliche Grundbildung (vgl. Kap. 2.1) und die Vermittlung von Nature of Science (vgl. Kap. 2.2) vorgestellt.

Wie ihrem Titel zu entnehmen ist, liegt der Schwerpunkt dieser Arbeit allerdings auf zwei spezifischen Merkmalen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und der Förderung eines adäquaten Verständnisses dieser beiden Aspekte im Rahmen der Lehrer*innenbildung, nämlich auf den Aspekten der *Vorläufigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse* und der *Eingebundenheit dieser Erkenntnisse in einen größeren sozialen und kulturellen Kontext*. Für diese Fokussierung gibt es verschiedene Gründe:

Beide Aspekte stellen zum einen besonders zentrale Merkmale von Nature of Science dar, denen eine große Bedeutung zur Bewertung der Wissenschaftlichkeit und Glaubwürdigkeit von Aussagen zukommt (vgl. Bell, 2009, S. 4; Urhahne, Kremer & Mayer, 2008, S. 79; Kampourakis, 2018, S. 830). So wird die Vorläufigkeit – gemäß dem Prinzip der Falsifikation nach Karl Popper (1976), nach welchem wissenschaftliche Erkenntnisse an der Erfahrung scheitern können müssen – beispielsweise als Abgrenzungskriterium zwischen wissenschaftlichen und nicht-wissenschaftlichen Aussagen betrachtet. Zudem stellt die Vorläufigkeit einen Grund für die stetige Entwicklung der Naturwissenschaften dar (vgl. Kap. 3). Unter dem Aspekt der soziokulturellen Eingebundenheit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse werden dagegen die wechselseitigen Beziehungen zwischen Naturwissenschaft, Gesellschaft und Kultur sowie die gegenseitigen Auswirkungen der beteiligten Institutionen aufeinander zusammengefasst (vgl. Kap. 4). Das Zitat von Heisenberg zu Beginn dieses Kapitels verdeutlicht die zusätzliche Bedeutung einer solchen kulturellen Betrachtung der Naturwissenschaften, in deren Sinne die konstitutive Rolle des Menschen für die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung betont wird, zur Verständigung zwischen den zwei Kulturen (Snow, 1967). Da sowohl die „Vorläufigkeit“ als auch die „soziokulturelle Eingebundenheit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse“ nicht einheitlich definiert und verwendet werden, ist im Rahmen der Arbeit zunächst eine theoretische

Klassifikation beider Begrifflichkeiten notwendig, die in den Kapiteln 3 und 4 unter Berücksichtigung wissenschaftstheoretischer und naturwissenschaftsdidaktischen Perspektiven erfolgt und jeweils in der Formulierung einer Arbeitsdefinition für die Lehrer*innenbildung mündet (vgl. Kap. 3.3 und Kap. 4.3).

Wie in Kapitel 5 detailliert dargestellt wird, deuten internationale Studien sowie eine im Rahmen des Forschungsprojektes durchgeführte Voruntersuchung darauf hin, dass Naturwissenschaftslehrende und insbesondere Lehramtsstudierende nicht nur teilweise über naive oder inkonsistente Ansichten über die Vorläufigkeit und soziokulturelle Eingebundenheit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse verfügen, diese Vorstellungen scheinen darüber hinaus, im Vergleich zu Vorstellungen über andere NOS-Aspekte, auch besonders resistent gegenüber Veränderungen zu sein (Mesci & Schwartz, 2017). Eine solche Veränderungsresistenz stellt im Sinne der übergeordneten Leitfrage, wie sich im Rahmen der Lehrer*innenbildung ein adäquates Verständnis von Chemielehramtsstudierenden über NOS fördern lässt, einen weiteren Grund für die Fokussierung dieser Arbeit auf die beiden NOS-Aspekte der Vorläufigkeit und soziokulturellen Eingebundenheit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse dar. Dementsprechend stand die genaue Untersuchung der Vorstellungen von Lehramtsstudierenden der Chemie zu beiden NOS-Aspekten im Vordergrund der empirischen Untersuchungen des Forschungsprojektes. Da Lehrende durch ihr Studium oder durch Fortbildungen für Lehrkräfte zudem häufig nur unzureichend auf die Vermittlung von NOS-Aspekten vorbereitet werden (M. Müller, Gimbel, Ziepprecht & Wodzinski, 2020, S. 276), wurden darüber hinaus Maßnahmen entwickelt, mit deren Hilfe sich das Verständnis der Studierenden fördern lässt. Die Lehramtsstudierenden sollen diese Maßnahmen darüber hinaus auch in ihrem zukünftigen Chemieunterricht einsetzen und anwenden können.

Die konkreten Ziele der insgesamt drei empirischen Studien des Forschungsprojektes werden in Kapitel 5 ausgehend von der Darstellung der Voruntersuchung (vgl. Kap. 5.1) und des aktuellen Forschungsstandes (vgl. Kap. 5.2) hergeleitet und in Form von Forschungsfragen, Untersuchungsfragen und Arbeitshypothesen konkretisiert (vgl. Kap. 5.3). Anschließend wird in Kapitel 6 die übergeordnete Konzeption des Forschungsprojektes beschrieben, inklusive der verwendeten Datenerhebungs- und Datenauswertungsmethoden (vgl. Kap. 6.3). Die einzelnen Studien, mit denen jeweils unterschiedliche, aufeinander aufbauende Ziele verfolgt wurden (vgl. Kap. 6.1), und deren jeweilige Ergebnisse werden in Kapitel 7 vorgestellt und diskutiert.

Schließlich folgt in Kapitel 8 ein kurzes Fazit zu den Ergebnissen. Dabei soll die Beantwortung der in Kapitel 5 vorgestellten Forschungsfragen diskutiert und ein kurzer Ausblick auf Forschungsdesiderata gegeben werden, die sich aus dem Forschungsprojekt ableiten lassen.

Durch die differenzierte, empirische Untersuchung der Vorstellungen von Lehramtsstudierenden des Faches Chemie und durch das Entwickeln von neuen Vermittlungsansätzen soll diese Arbeit insgesamt Möglichkeiten zur Förderung eines adäquaten Verständnisses der Vorläufigkeit und soziokulturellen Eingebundenheit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse im Rahmen der Chemielehrer*innenbildung eröffnen und Lehramtsstudierende zur Weitergabe dieses Verständnisses an ihre zukünftigen Schüler*innen befähigen. Langfristig soll Lernenden dadurch eine aktive Partizipation in gesellschaftlichen Diskussionen um naturwissenschaftliche Aussagen ermöglicht werden.

2 Theoretische Grundlegungen

Die vorliegende Arbeit soll zu der übergeordneten Leitfrage beitragen, wie sich im Rahmen der Lehrer*innenbildung ein adäquates Verständnis von Lehramtsstudierenden über Nature of Science fördern lässt. Die Forderung nach einer solchen wissenschaftstheoretischen Grundbildung von Lehramtsstudierenden (vgl. Ströker, 1967; Stork, 1989; Reiners, 1994) blieb im deutschsprachigen Raum lange ohne Konsequenzen (Reiners, 2017, S. 77). Im Zuge der zunehmenden Kompetenzorientierung des Schulunterrichts und dem damit einhergehenden Ruf nach einer naturwissenschaftlichen Grundbildung (ebd.) flossen wissenschaftstheoretische Aspekte allerdings zunehmend in curriculare Vorgaben für den naturwissenschaftlichen Unterricht (vgl. Kap. 1 sowie Kap. 3.4 und Kap. 4.4) und damit auch in die Lehrer*innenbildung an der Hochschule ein. In diesem Kapitel sollen dementsprechend die bereits in der Einleitung erwähnten Begriffe „naturwissenschaftliche Grundbildung“ und „Nature of Science“ näher theoretisch beleuchtet werden.

2.1 Naturwissenschaftliche Grundbildung

In der Naturwissenschaftsdidaktik besteht weitestgehend Konsens darüber, dass *naturwissenschaftliche Grundbildung* – im Englischen „*Scientific Literacy*“ – das Bildungsziel naturwissenschaftlichen Unterrichts darstellt (Gräber & Nentwig, 2002, S. 7). Im Rahmen der ersten PISA-Studie (Programm for International Student Assessment) wurde der Begriff von der OECD (Organisation for Economic Co-Operation and Development) mithilfe der folgenden Definition umschrieben, die vor allem die Rolle naturwissenschaftlicher Grundbildung zum Treffen von begründeten Entscheidungen im alltäglichen Leben betont:

„Naturwissenschaftliche Grundbildung (Scientific Literacy) ist die Fähigkeit, naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, welche die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen.“ (OECD, 1999, S. 60; Übersetzung nach Prenzel, Rost, Senkbeil, Häußler & Klopp, 2001, S. 198).

Aufgrund der zunehmenden Kompetenzorientierung des Unterrichts im Anschluss an die Ergebnisse internationaler Vergleichsstudien (Reiners, 2017, S. 72), wie z.B. PISA 2000 (Prenzel

et al., 2001), wird naturwissenschaftliche Grundbildung zunehmend auch in Form von verschiedenen Kompetenzen definiert (Gräber, Nentwig & Nicolson, 2002, S. 135).² Nach Weinert (2001), dessen Definition von Kompetenz auch den Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz zugrunde liegt (KMK, 2005a, S. 7), handelt es sich bei Kompetenzen um *„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 und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können.“* (Weinert, 2001, S. 27 f.). Eine so definierte Kompetenz kann bezogen auf die Naturwissenschaften nach Stäudel (2010) nur wirksam werden, wenn *„ein Bewusstsein von den zur Verfügung stehenden Mitteln existiert, wenn die Anwendung bestimmter Instrumente sowie deren Reichweite und Grenzen verstanden sind.“* (ebd., S. 33).

In ihrem Kompetenzmodell definieren Gräber, Nentwig und Nicolson (2002, S. 136–139) naturwissenschaftliche Grundbildung als Schnittmenge verschiedener Kompetenzen, zu denen sie neben bestimmten Handlungsfähigkeiten und Bewertungsmöglichkeiten auch eine bestimmte Wissensbasis zählen (ebd., S. 137). Diese Wissensbasis unterteilen sie in die *„inhaltliche Sachkompetenz“*, welche zum Erwerb einer naturwissenschaftlichen Grundbildung *„fraglos unverzichtbar“* (ebd.) sei und die *„Epistemologische Kompetenz“*. Dieser auch als *„wissenschaftstheoretische Kompetenz“* bezeichnete Bereich umfasse das Wissen über die Erzeugung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse, die Diskussion über Grenzen, Objektivität und außerwissenschaftliche Einflüsse auf diese Erkenntnisse sowie die historische Betrachtung der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (ebd., S. 138). Auch international gibt es einen breiten Konsens darüber, dass ein solches Verständnis der Naturwissenschaften und ihrer Erkenntnisgewinnung von einer Meta-Ebene aus (inklusive der Vorläufigkeit und der soziokulturellen Eingebundenheit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse) Bestandteil naturwissenschaftlicher Grundbildung ist (ebd., S. 139). Allerdings werden die einzelnen Kompetenzbereiche dabei unterschiedlich gewichtet (ebd., S. 139). So würde Bybee (1997) beispielsweise eher der Sachkompetenz und Shamos (1995) eher die Metakompetenz stärker gewichten (Gräber, Nentwig & Nicolson, 2002, S. 139).

² Darstellungen der historischen Entwicklung sowie Übersichten über verschiedene Konzepte des Begriffs „Scientific Literacy“ finden sich beispielsweise bei DeBoer (2000), Laugksch (2000), Bybee (2002) oder Gräber und Nentwig (2002).