

„Wenn man etwas nicht erklären kann, sollte man versuchen, es zu verstehen.“

Die Entwicklung eines Kategoriensystems zur Ermittlung des Wissenschaftsverständnisses von Schülerinnen und Schülern der 5. und 6. Jahrgangsstufe

Silke Vorst

vorst@ipn.uni-kiel.de

Lernort Labor, Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften, IPN Kiel
Olshausenstr. 62, 24098 Kiel

Zusammenfassung

Ein Bereich der naturwissenschaftlichen Grundbildung ist die Natur der Naturwissenschaften. Dazu gehören epistemologische Aspekte wie Erkenntnisgewinnung, Forschungsprozesse sowie wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen. Schüler haben eine naive Sichtweise auf die Naturwissenschaften und deren Forschungsprozesse. Bisher wurde Wissenschaftsverständnis in Interviews (NOS-Interviews) erfasst. Die hier vorgestellte Studie wendet schriftliche Befragungen an, um eine größere Anzahl an Schüleraussagen zu gewinnen. Dazu wurde theoriebasiert ein Kategoriensystem entwickelt, welches es ermöglicht, das Wissenschaftsverständnis einer größeren Stichprobe zu definieren.

Abstract

One aspect of Scientific Literacy is amongst others the Nature of Science, Practical Work and Scientific Inquiry. Students have a low knowledge about the scientific work and reasoning. Till now the knowledge about scientific processes was assessed only by interviews (Nature-of-Science-Interviews). This study wants to present a new way to measure a higher amount of students' views. For this reason a theoretical based instrument has been developed in order to measure students' statements done by a paper and pencil test.

1 Einleitung

Wie entsteht naturwissenschaftliches Wissen? Wie kommen Wissenschaftler zu neuen Erkenntnissen? Was ist ein Experiment, und wie sieht der Forschungsprozess in den Naturwissenschaften aus?

„Scientific Literacy“, „Public Understanding of Science“ (PUS), „La Culture Scientifique“ oder „Naturwissenschaftliche Grundbildung“ stehen für das, was eine breite Öffentlichkeit über Wissenschaften wissen sollte (DURANT 1993). Die PISA - Schwerpunkte des Bereichs „Naturwissenschaftliche Grundbildung“ beziehen sich auf das Wissen der naturwissenschaftlichen Methoden (naturwissenschaftliche Beweisführung), der Ziele (naturwissenschaftliche Erklärungen), des Wesens von Naturwissenschaft und Technik sowie ihrer Rolle in der Gesellschaft. Ein wichtiger Aspekt dieser Grundbildung ist die Natur der Naturwissenschaften (Nature of Science, NOS, PELLA 1966), die das Verstehen von Gesetzmäßigkeiten und Methoden von Wissenschaften beschreibt (MILLAR & WYNNE 1988).

Schon der Pädagoge John Dewey forderte zu Beginn des 20. Jahrhunderts bei der Vermittlung von Naturwissenschaften nicht nur naturwissenschaftliche Inhalte, sondern auch deren Methoden zu berücksichtigen (DEWEY 1910). Wissenschaftsverständnis, das Verständnis über die Natur der Naturwissenschaften, gehört ebenso zur naturwissenschaftlichen Grundbildung wie das Wissen über konkrete Themengebiete innerhalb der naturwissenschaftlichen Fächer (BYBEE 2003). Mehr noch trägt das Wissen über Forschungsprozesse und Methoden maßgeblich zur Förderung des erfolgreichen Lernens naturwissenschaftlicher Inhalte bei (BAUMERT et al. 2001; Driver 1996).

Ziel dieser Arbeit ist es, ein Kategoriensystem zu entwickeln, um Teilaspekte des Wissenschaftsverständnisses von Schülern bezüglich des naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinns und des Forschungsprozesses zu erfassen. Dazu muss vorab der Begriff „Wissenschaftsverständnis“ geklärt werden.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Der Begriff „Wissenschaftsverständnis“

Das Wissenschaftsverständnis umfasst eine Vielzahl von Definitionen, die hier zunächst eingegrenzt werden sollen. Der Begriff ist eine Art didaktische Reduktion aus philosophischen Reflexionen über die Naturwissenschaften und die Natur der Naturwissenschaften (GRYGIER et al. 2004). Die Psychologin BEATE

SODIAN umschreibt Wissenschaftsverständnis als die Einsicht in erkenntnistheoretische, wissenschaftstheoretische und wissenschaftsethische Grundlagen der Naturwissenschaften (SODIAN et al. 2002). Im angloamerikanischen Raum gehören diese Aspekte schon seit Jahrzehnten zur naturwissenschaftlichen Grundbildung, in Deutschland dagegen spielen sie in der Schule noch immer eine eher untergeordnete Rolle. Einzelne Bereiche, wie der Modellbegriff oder die Methoden der Naturwissenschaften, werden hauptsächlich in der Oberstufe und seltener in der Mittelstufe aufgegriffen (GRYGIER et al. 2004).

MCCOMAS (1998) bezeichnet Wissenschaft als Teil der kulturellen und sozialen Tradition. Das produzierte Wissen ist stets veränderbar und kumulativ. Naturwissenschaft ist ein Versuch, natürliche Phänomene zu erklären und Modelle der Welt, wie sie sich uns darstellt, zu konstruieren. Unter anderem benötigt ein Wissenschaftler eine skeptische und kreative Haltung. Zu den epistemologischen Aspekten von Wissenschaft gehört beispielsweise die Erkenntnisgewinnung. MAYER umschreibt drei Dimensionen der Erkenntnisgewinnung: Praktische Arbeitstechniken, wissenschaftliche Erkenntnismethoden und Charakteristika der Naturwissenschaften (MAYER et al. 2003). Seine Erkenntnismethoden beziehen sich auf wissenschaftliche Arbeitsmethoden wie Hypothesenbildung, Untersuchungsplanung und -durchführung.

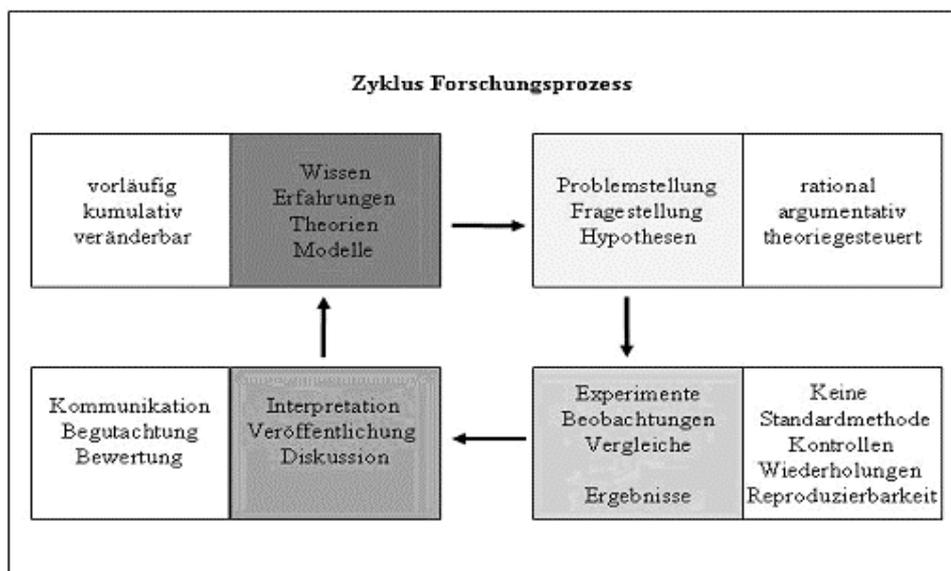


Abb. 1: Zusammenfassende und vereinfachte Darstellung des Forschungsprozesses (CAREY & SMITH 1993; DUIT et al. 2004; HAMMANN 2004; MCCOMAS 2005).

Obwohl es zwischen den verschiedenen Fächern und auch innerhalb der einzelnen Fachdisziplinen erhebliche Unterschiede gibt, gilt doch eine bestimmte naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweise. Der zyklische Forschungsprozess

zess zeichnet sich durch verschiedene Abläufe aus, die in Abbildung 1 vereinfacht zusammengefasst sind. So finden sich vier unterschiedliche Teilaspekte, unter die man das veränderbare und kumulative Wissen und die theoriegesteuerten Fragestellungen und Hypothesen einordnen kann. Zwar ist bekannt, dass es in den Naturwissenschaften keine Standardmethode gibt, jedoch sollten Experimente, Beobachtungen oder Vergleiche kontrolliert werden und die Ergebnisse reproduzierbar sein. Auch werden sie einer wissenschaftlichen Gemeinschaft vorgestellt, in dieser diskutiert, bewertet und fließen in die Erkenntnisgewinnung ein. Zwischen den Teilaspekten gibt es verschiedenste Wechselwirkungen, wie beispielsweise Rückschlüsse bei Evidenz-Theorie-Zusammenhängen.

2.2 Das Wissenschaftsverständnis von Schülern

Die Vermittlung naturwissenschaftlicher Methoden nimmt eine wichtige Rolle in der Didaktik der Naturwissenschaften ein (BAUMERT et al. 2001; DRIVER 1996). Schülern, die grundlegende Abläufe verstanden haben, erleichtert dies das Lernen von naturwissenschaftlichen Inhalten (BAUMERT et al., 2001; DRIVER, 1996; GRYGIER et al. 2002).

Laut entwicklungspsychologischer Studien (GRYGIER et al. 2002; SODIAN et al. 2002) schätzen jüngere Schüler den Forschungsprozess häufig wenig differenziert ein. Im Allgemeinen sehen sie die naturwissenschaftliche Arbeit als reine Aktivität, in dem die Handlungen losgelöst sind von einer dahinter stehenden Idee. Zusammenhänge und die Zielrichtung der Aktivitäten werden nicht erkannt. Das Experiment steht für sich und ist nicht eingebettet in einen Theorie-Evidenz-Zusammenhang. Das Sammeln von Fakten oder die Erfindung von z. B. Heilmitteln sind vorrangige Ziele. Die Informationen oder Entdeckungen sind vom Wissenschaftler leicht aus der Umwelt abzulesen (CAREY 1989; SMITH et al. 2000), was als naiver Realismus bezeichnet wird (THOERMER & SODIAN 2002). Ein weiterer Begriff für die Wahrnehmungen von Wissenschaft ist der des so genannten „Ingenieur-Wissens“: Grundlegende Prozesse und Gesetzmäßigkeiten spielen keine Rolle, vielmehr steht im Vordergrund, ob etwas funktioniert oder nicht. Kinder haben meistens kein Verständnis von den in Abbildung 1 beschriebenen zyklischen Prozessen und den dazugehörigen Denk- und Arbeitsweisen (AIKENHEAD 1987; LEDERMAN et al. 1998).

Entgegen PIAGETS Meinung (INHELDER & PIAGET 1958), dass Kinder Denkweisen im Sinne von Hypothesenbildung und Prüfung erst zwischen 13 und 15 Jahren erlernen können, zeigen neuere Studien, dass Voraussetzungen für

für Grundzüge wissenschaftstheoretischer Reflektionen bereits bei Schülern ab der dritten Jahrgangsstufe vorhanden sind (LEACH 1999; MAYER et al. 2007; SAMARAPUNGAVAN 1992).

3 Rahmenkonzeption, Forschungsfragen und -hypothesen

Die hier dargestellten Forschungsfragen und Methoden sind Teil einer Dissertation über Wissenschaftskommunikation an außerschulischen Lernorten. Dazu ist es erforderlich, eine größere Anzahl von Schüleraussagen zum Wissenschaftsverständnis zu ermitteln. Die aus Interviewstudien (CAREY 1989; SODIAN et al. 2002) gewonnenen Erkenntnisse zum Wissenschaftsverständnis von jüngeren Schülern sollen dafür erstmals mithilfe einer schriftlichen Befragung reproduziert werden.

Forschungsfragen

Welche Kategorien ermöglichen die Bewertung von schriftlichen Aussagen?

Inwieweit ist diese Methode geeignet, darzustellen, welches Wissenschaftsverständnis jüngere Schüler aufweisen?

Wie sieht das Wissenschaftsverständnis von zehn- bis zwölfjährigen Schülern aus?

Forschungshypothesen

Die Entwicklung eines literaturbasierten Kategoriensystems ermöglicht die Bewertung von schriftlich erhobenen Schüleraussagen.

Das Verständnis der Zehn- bis Zwölfjährigen befindet sich auf niedrigem Niveau:

- Naturwissenschaft hat laut Schülermeinung keine klare Zielrichtung.
- Naturwissenschaft wird mehr als reine Aktivität, weniger als Informationssammlung angesehen.
- Schüler haben kein Verständnis für den kumulativen und zyklischen Charakter der Naturwissenschaften.
- Schüler verbinden Hypothese, Experiment und Evidenzen nicht.

4 Methodik

4.1 Entwicklung des Kategoriensystems

Es wurden theoriebasiert fünf verschiedenen Ansätze (CAREY 1989; GRYGIER et al. 2002; SMITH et al. 2000; SODIAN et al. 2002; THOERMER & SODIAN 2002) zu einem neuen Kategoriensystem integriert, um schriftliche Schüleraussagen in abgestufte Verständnisgrade einzuordnen.

4.2 Fragebogen-Methode zur Erfassung des Wissenschaftsverständnisses von Schülern der 5. und 6. Jahrgangsstufe

Aus der Methode des Nature-of-Science-Interviews zur Einschätzung des Wissenschaftsverständnisses (CAREY 1989; SODIAN et al. 2002) wurde ein Fragebogen mit offenem Antwortformat entwickelt. Es handelt sich dabei um insgesamt neun verschiedene Fragen zu metatheoretischen Aspekten von Naturwissenschaften und deren Denk- und Arbeitsweisen. Sie sind in folgenden Teilbereichen zusammengefasst:

1. Ziel der Naturwissenschaften

Intention der Frage nach dem Ziel der Naturwissenschaften ist es, herauszufinden, ob Schüler einordnen können, was Naturwissenschaften sind und wozu sie betrieben werden.

2. Wissensgenese

Die Frage, wie es zu Entdeckungen in den Naturwissenschaften kommt, gibt Aufschluss darüber, ob Schüler Wissenschaft als rein aktional sehen oder auf das Sammeln von Fakten beziehen. Man kann damit feststellen, ob die Kinder zum naiven Realismus tendieren, Wissenschaft als etwas Feststehendes sehen oder den zyklisch-kumulativen Charakter von Wissenschaft erkennen.

3. Ideen- und Fragenherleitung

Woher bekommen Naturwissenschaftler ihre Fragen und Ideen? Erkennen Schüler, was vor einer Frage und einer Idee steht? Können Schüler den theoriegeleiteten Charakter von wissenschaftlicher Arbeit beschreiben und darüber hinaus Ideen, Experimente und Evidenzen in einen sinnvollen Zusammenhang bringen?

4. Forschungsprozess: Experiment [Relation Idee – Experiment]

Die Fragen zu diesem Komplex umfassen Teilschritte des Forschungsprozesses, die das Experiment im Fokus haben. Können die Schüler das Experiment in den Verlauf des Forschungsprozesses einordnen? Sehen sie den Sinn eines

Experiments eher darin, einen Effekt zu erzielen oder erkennen sie, dass das Experiment theoriegeleitet ist und dass es zur Überprüfung von Ideen dient?

5. Forschungsprozess: Ergebnisse und Evaluation von Ideen [Relation Ergebnisse – Idee]

Fragen zu diesem Teilbereich, dessen Inhalt die Relation von Evidenzen und Ideen ist, möchten klären, ob Schüler in der Lage sind, Fragen, Ideen und Ergebnisse in einen sinnvollen Zusammenhang zu bringen. Ist es ihnen möglich zu beschreiben, dass Experimente Ergebnisse hervorbringen, die Ideen verifizieren, aber auch falsifizieren und man dementsprechend diese verwerfen oder revidieren muss?

4.3 Stichprobe

Die Stichprobe bestand aus 155 Berliner Schülern. Die Geschlechterverteilung mit 52 % Schülerinnen und 48 % Schülern war nahezu ausgeglichen. Insgesamt acht Klassen aus unterschiedlichen Bezirken in Berlin nahmen an der schriftlichen Befragung unter kontrollierten Bedingungen im Schulunterricht teil. 75 % der Stichprobe waren Schüler aus der 6. Klasse, 25 % aus der 5. Klasse. Das Alter lag bei der Erhebung zwischen 10 und 13 Jahren, fast 60 % der Schüler waren zum Zeitpunkt der Erhebung 11 Jahre alt, 37,4 % waren 10 bzw. 12 Jahre alt. Bei der Auswahl der Probanden war entscheidend, dass es sich um ältere Grundschulkinder handelt, damit eine ausreichende Lese- und Schreibkompetenz vorausgesetzt werden konnte. Der größte Teil der Kinder gehörte der Grundschule an (65,2 %) an und rund ein Viertel besuchte ein grundständiges Gymnasium (22,6 %). Die Grundschulzeit in Berlin besteht normalerweise aus sechs Schuljahren, es gibt allerdings die Möglichkeit, nach der vierten Klasse zu einem entsprechenden Gymnasium zu wechseln. Eine Klasse (12,3 % der Gesamtstichprobe) kam aus einer Förderschule.

5 Darstellung der Ergebnisse

Die Ergebnisse umfassen einerseits die Vorstellung des Kategoriensystems und dessen Reliabilität, andererseits wird das mithilfe dieses Instruments ermittelte Wissenschaftsverständnis von Schülern der 5. und 6. Klasse aufgezeigt.

Tab. 1: Unterschiedliche Verständnisgrade zur Einteilung der Schüleraussagen.

| | Level 1 | Level 2 | Level 3 | Level 4 | Level 5 |
|---|---|--|--|---|---|
| Generelles Ausdrucksniveau der Schüleraussagen | Antwort ist sehr einfach und ohne Wissenschaftszug. | Äußerung zwar klar und inhaltlich richtig, aber auf einfachem Niveau. | Äußerung ist relativ indifferent, lässt aber die Interpretation eines höheren Verständnisses zu. | Die klare Äußerung spiegelt ein höheres Wissenschaftsverständnis wieder. | Klare und genaue Aussage mit einem tiefer gehenden Wissenschaftsverständnis. |
| Ziel der Naturwissenschaft | Keine Zielrichtung; Wissenschaft ohne Informationssuchender Aspekte | Zielrichtung vorhanden; Wissenschaft als Faktensammlung, Produktion von Heilmitteln oder Erfindungen | Zielrichtung klar formuliert; Wissenschaft ist mehr als reine Informationsaufnahme; Suche nach Antworten | Wissenschaft als Suche nach Zusammenhängen und überprüfbar Erklärungen | Wissenschaft liefert immer tiefer gehende Modelle / Erklärungen über die Welt |
| Wissensgenese | Keine Zielrichtung; Naturwissenschaft ist reine Aktion | Keine Trennung von Wissen und Welt; Naiver Realismus | Beginnende Trennung von Wissen und Welt | Wissenschaft als Konstruktion von Wissen | Wissenschaft ist zyklisch, kumulativ und veränderbar; Kritischer Relativismus |
| Ideen- und Fra- genherleitung | Naturwissenschaft ist reine Aktion | Ingenieur- Sichtweise: funktioniert, funktioniert nicht | Beantwortung von Fragen; Verstehen von Phänomenen; Grundlegende Mechanismen spielen keine Rolle | Grundlegende Mechanismen sind wichtig; Suche nach Prinzipien und Erklärungen; Testbarkeit | Grundlegende Mechanismen werden in größeren Zusammenhängen gesehen |
| Forschungsprozess: Idee – Experiment – Evidenzen | Die Handlungen sind getrennt von Ideen und Fragen | Keine Relation Idee/ Experiment; Keine Prozesse erkennbar | Beginnende Relation Idee/Experiment; erste Prozesse erkennbar | Relation Idee/ Experiment; Evidenzen spielen noch keine explizite Rolle; Prozesse klarer | Evidenzen führen zur Entwicklung neuer Ideen; Prozesse zyklisch |

Aussagen, die auf eine Fehlinterpretation der Fragen schließen lassen oder vollständig sinnfrei sind, werden mit Level 0 beschrieben. In Level 0 werden auch keine Äußerungen oder Verständnisprobleme zusammengefasst.

5.1 Kategoriensystem

Es wurden sechs aufsteigende Levels (Level 0 bis 5) entwickelt, die in der Tabelle 1 in vereinfachter Form dargestellt sind. Der allgemeine Teil gibt einen Überblick über das generelle Niveau der Schüleraussagen. Weiterhin wurden Aspekte wie das Ziel von Naturwissenschaften, die Wissensgenese, Ideen- bzw. Fragenherleitung und der Forschungsprozess beurteilt. Das Kategoriensystem wurde zunächst anhand von 30 Schüleraussagen zu den unterschiedlichen Items getestet. Die Reliabilität konnte durch einen zweiten Rater sichergestellt werden. Die Gutachterübereinstimmung lag bei 78 %.

5.2 Wissenschaftsverständnisses von zehn- bis zwölfjährigen Schülern

Wie im Kapitel 5.1 dargestellt, ist das entwickelte Kategoriensystem dazu geeignet, die aus einer schriftlichen Befragung gewonnenen Schüleraussagen zum Wissenschaftsverständnis zu bewerten. Im Folgenden wird das Wissenschaftsverständnis der untersuchten Stichprobe anhand einzelner beispielhafter Fragen und den entsprechenden Aussagen der Schüler aufgezeigt. Schüleraussagen, die unter Level 0 zusammengefasst sind (Fehlinterpretationen, Verständnisprobleme, keine Äußerungen, siehe Tab. 1), werden in die Darstellung nicht miteinbezogen, da sie inhaltlich keine Aussagen über das Wissenschaftsverständnis der Schüler geben. Die Anzahl der Teilstichprobe n verändert sich dementsprechend im Vergleich zur Gesamtstichprobe ($N = 155$).

5.2.1 Ziel der Naturwissenschaften

Stellt man Schülern die Frage nach dem Ziel der Naturwissenschaften, antworten die meisten mit einem niedrigen Verständnisgrad, bei dem die Suche nach Erkenntnissen eine geringe Rolle spielt.

Schüler, die im Level 1 antworten, verbinden Naturwissenschaften nicht mit einer bestimmten Zielrichtung. Den Aussagen fehlen jegliche informationssuchenden Aspekte. Im Level 2 wird von den Schülern erkannt, dass wissenschaftliche Arbeit von einer Zielrichtung, die aber noch unbestimmt bleibt, geprägt ist. Wissenschaft wird hauptsächlich als Faktensammlung oder als Produktion von Erfindungen und Heilmitteln gesehen. Diesen Level erreicht über ein Drittel der Gesamtstichprobe. Nur 3 % mehr antworteten im Level 3, bei dem die Schüler Naturwissenschaft als die Suche nach Antworten verstehen. Naturwissenschaft hat einen Nutzen für die Menschheit, Natur oder Umwelt. Die beiden höchsten Level, 4 und 5, werden nur noch von wenigen der Befragten erreicht. Level 4 beinhaltet Schüleraussagen, die das Ziel von Naturwissen-

schaften mit der Suche nach Zusammenhängen und Erklärungen in Verbindung bringen. Immerhin von einem der 155 Schüler wird Level 5 erreicht, dessen Antwort die Ansicht widerspiegelt, dass Wissenschaft immer tiefer gehende und komplexere Erklärungen über die Welt liefert. Der Nutzen von naturwissenschaftlicher Arbeit wird beschrieben.

Tab. 2: Verständnisgrade der Schüleraussagen zur Frage: Was ist das Ziel von Naturwissenschaften?

| Level | Beispielaussagen der Schüler (n = 98) | Häufigkeit in % |
|-------|--|--------------------|
| 1 | „Spannende Experimente auszuprobieren.“ | 21,4 |
| 2 | „Viel Neues herauszufinden z. B. neue Tierarten oder ein Mittel um eine Krankheit zu heilen, wo es noch keine Medizin gibt.“ | 33,7 |
| 3 | „Viel über die Natur zu erfahren.“ | 36,7 |
| 4 | „Das Ziel ist die Natur zu erklären. Die Menschen, Tiere, Pflanzen, Sterne usw.“ | 7,1 |
| 5 | „Das Ziel ist neue Entdeckungen durch Forschungen zu finden, um die Welt zu erklären und uns weiter zu entwickeln. Und zum Schutz der Welt.“ | 1,0 |

5.2.2 Wissensgenese

Betrachtet man die Schüleraussagen dieses Items zur Wissensgenese ergibt sich ein ähnliches Bild wie bei der Frage zum Ziel der Naturwissenschaften.

Tab. 3: Verständnisgrade der Schüleraussagen zur Frage: Wie kommt es in den Naturwissenschaften zu neuen Entdeckungen?

| Level | Beispielaussagen der Schüler (n = 110) | Häufigkeit in % |
|-------|--|--------------------|
| 1 | „Über das Internet und durch Bücher.“ | 27,3 |
| 2 | „Man reist, findet ein paar "Sachen". Diese "Sachen" erforscht man. Nun hat man eine neue Entdeckung gemacht.“ | 32,7 |
| 3 | „Durch Experimente und Beobachtung.“ | 35,5 |
| 4 | „Dadurch, dass viele Fragen gestellt werden und der Sache dann auf den Grund gegangen wird. Und, dass durch Versuche etwas festgestellt wird.“ | 3,6 |
| 5 | „Forscher oder Naturwissenschaftler stellen Hypothesen auf und überprüfen diese dann.“ | 0,9 |

Wieder erlangen die meisten Schüler Level 2 und 3. Anders als bei Level 1, bei dem Naturwissenschaft als reine Produktion von positiven Effekten angesehen

wird, bestimmt hier die Sammlung von Informationen die Wissensgenese. Der Unterschied zwischen Level 2 und 3, der von jeweils rund einem Drittel der Befragten erreicht wurde, liegt darin, dass sich im Level 3 erstmalig eine Trennung von der Welt und dem Wissen interpretieren lässt. Wissen wird konstruiert und entspricht einem Modell der real existierenden Welt. Darüber hinaus setzen Schüler im Level 2 die Entdeckungen noch nicht mit den Aktivitäten eines Naturwissenschaftlers wie beispielsweise den Experimenten oder Beobachtungen in Verbindung. Die Schüleraussagen in diesem Level zeichnen sich dadurch aus, dass die Entdeckungen und Erfindungen einfacher Natur sind und ohne große Bemühungen erreicht werden. Ganz dem Prinzip des naiven Realismus folgend „geht der Naturwissenschaftler durch den Wald und entdeckt etwas“. Level 3 zeichnet Schülerantworten aus, die eine gewisse Prozessorientiertheit, Problemstellungen und die Suche nach Antworten erkennen lassen. Im Level 4 sehen Schüler Naturwissenschaft nicht mehr nur als reine Informationssammlung sondern als aktive Konstruktion von Wissen. Dieses Wissen wird als Abbild der Welt verstanden. Zudem beinhalten Antworten des fünften Levels die Annahme, dass Naturwissenschaftler eine Reflexion über das vorhergehende Wissen und der Erfahrungen vollziehen. Wissenschaft ist somit kumulativ und veränderbar.

5.2.3 Ideen- und Fragenherleitung

Die Fragen- und Ideenherleitung nimmt im wissenschaftlichen Prozess eine wichtige Rolle ein. Viele Kinder antworten auf die Frage, woher der Naturwissenschaftler seine Ideen bezieht, im Level 1. Sie denken, dass es dem „Zufall“ überlassen ist, was ein Wissenschaftler macht oder dass er seine Ideen aus dem „Internet und Fernsehen“ bekommt. Auch sind die Ideen beispielsweise nur durch die Launen und Wünsche eines Wissenschaftlers oder dessen Vorgesetzten bestimmt. In dem, von den meisten Kindern erreichten, nächst höherem Level 2 werden andere Wissenschaftler oder Erfahrungen, die dem Wissenschaftler helfen, als Grund für die Bildung von Fragen und Ideen genannt. Schüleraussagen des dritten Levels beinhalten eine Andeutung des naturwissenschaftlichen Arbeitsprozesses. Erst ab Level 4 werden kumulative und zyklische Prozesse erkannt und implizit beschrieben. Ein einziger Schüler ist dem Level 5 zuzuordnen, da er erkennt, welche Bedeutung vorhergehende Arbeiten für die Hypothesenbildung haben.

Tab. 4: Verständnisgrade der Schüleraussagen zur Frage: Wie kommt ein Naturwissenschaftler auf seine Ideen?

| Level | Beispielaussagen der Schüler (n = 113) | Häufigkeit in % |
|-------|--|--------------------|
| 1 | „Sie finden irgendeinen Gegenstand und denken sich etwas aus.“ | 31,0 |
| 2 | „Er forscht viel und reist viel um die Welt. Dabei entdeckt er viel und es bilden sich dann Fragen und Ideen.“ | 47,8 |
| 3 | „Er hat eine Frage, sucht eine Antwort und bekommt eine Idee.“ | 15,9 |
| 4 | „Durch das Lesen von Büchern. Durch das Erforschen der Theorien anderer Wissenschaftler und durch Nachdenken.“ | 4,4 |
| 5 | „Indem er sich andere Versuche anschaut und daraus eine Hypothese aufstellt, die er dann experimentell zu begründen versucht.“ | 0,9 |

5.2.4 Forschungsprozess: Experiment [Relation Idee – Experiment]

Wozu machen Naturwissenschaftler Experimente? Die Tabelle 5 zeigt, dass über die Hälfte der Schüler im Bereich des zweiten Levels antwortet. Für die Schüler liegt der Grund eines Experiments im Ausprobieren. Zum Beispiel um festzustellen, ob etwas funktioniert oder nicht (Ingenieurwissen) oder um Heilmittel zu finden, Probleme zu lösen und Neues zu lernen. Eine typische Antwort dieses Levels ist: „um etwas heraus zu finden“. Eine Verbindung zwischen dem Experiment und einer vorhergehenden Idee oder Frage gibt es bis zum Level 3 nicht. Laut Schülermeinung liegt der Fokus eines Experiments im Level 1 auf einem Effekt, der erzielt werden soll. Eine weitere Handlungsgrundlage gibt es nicht. Diese taucht erst ab dem Level 3 auf. Hier entwickeln Schüler eine erste Vorstellung davon, dass ein Experiment in Verbindung zu einer vorhergehenden Überlegung steht und beispielsweise zur Beantwortung einer Frage oder als Erklärung dient. Die Antwort „Wenn man etwas nicht erklären kann, sollte man versuchen, es zu verstehen“ zeigt, dass der Schüler das Experiment als Erklärungshilfe, als Beitrag zum Verständnis ansieht. Die Testbarkeit von Ideen durch ein Experiment wird erstmalig in Level 4 deutlich. Experimente werden als Beitrag auf der Suche nach Erklärungen und Entwicklung von Ideen gesehen. Darüber hinaus liegen einem Experiment im Level 5 die Überprüfung einer Hypothese und deren Entwicklung zugrunde.

Tab. 5: Verständnisgrade der Schüleraussagen zur Frage: Wozu machen Naturwissenschaftler Experimente?

| Level | Beispielaussagen der Schüler (n = 137) | Häufigkeit in % |
|--------------|--|------------------------|
| 1 | „Die wollen auch ihr Geld verdienen.“ | 16,2 |
| 2 | „Um etwas heraus zu finden.“ | 57,7 |
| 3 | „Wenn man etwas nicht erklären kann, sollte man versuchen, es zu verstehen.“ | 16,1 |
| 4 | „Um Hypothesen nachzuweisen und zu begründen.“ | 9,5 |
| 5 | „Um ihre Theorien zu beweisen oder um neue Theorien aufstellen zu können.“ | 0,7 |

5.2.5 Forschungsprozess: Ergebnisse und Evaluation von Ideen [Relation Ergebnisse – Idee]

Was ein Naturwissenschaftler laut Schülermeinung tun muss, wenn die Ergebnisse eines Experiments nicht mit seiner Idee oder Vermutung übereinstimmen, zeigt die Tabelle 6. Der Level 1 umfasst die Aussagen, die das Experiment nicht in einen Arbeitsprozess einordnen. Entweder das Experiment funktioniert oder man fängt etwas Neues an. Die meisten Schüler, gut ein Drittel, antworten bei diesem Item auf Level 2. Die Zustimmung, aber auch die Ablehnung einer Idee basiert auf einer einfachen Beobachtung oder einem einzelnen Experiment. Wenn das Experiment wiederholt wird, dann ohne Prüfung der Gründe des vorherigen Scheiterns oder einer Fehleranalyse. Ein Arbeitsprozess wird erst ab dem dritten Level angedeutet. Hier erwähnen die Kinder beispielsweise, dass ein Wissenschaftler ein Experiment wiederholen muss, bevor er seine Ideen verändert. Level 4 beinhaltet Schüleraussagen, die erwähnen, dass mehrere Experimente nötig sind, um eine Idee zu revidieren. Die Ergebnisse müssen reproduziert werden. Ab dem Level 5 beinhaltet der wissenschaftliche Erkenntnisprozess entweder eine Entwicklung der Idee (nicht nur ihre Überprüfung) oder aber das Finden von besseren Erklärungen aufgrund von Evidenzen, die durch Experimente gewonnen wurden.

Tab.6: Verständnisgrade der Schüleraussagen zur Frage: Was muss der Naturwissenschaftler tun, wenn die Ergebnisse eines Experiments nicht mit seiner Idee oder seiner Vermutung übereinstimmen?

| Level | Beispielaussagen der Schüler (n = 115) | Häufigkeit in % |
|-------|---|-----------------|
| 1 | „Dann fängt er etwas Neues an.“ | 19,1 |
| 2 | „Er muss einen neuen Versuch starten und dann gelingt er ihm bestimmt.“ | 47,0 |
| 3 | „Entweder er ändert seine Ideen oder er macht den Versuch noch mal etwas anders.“ | 27,8 |
| 4 | „Ein Wissenschaftler macht das Experiment noch mal und wenn es wieder nicht übereinstimmt, verbessert er seine Idee.“ | 5,2 |
| 5 | „Er falsifiziert die Hypothese und entwickelt eine neue, bessere.“ | 0,9 |

5.2.6 Verteilung der Schüleraussagen

Abbildung 2 zeigt die Verteilung der Schüleraussagen in Darstellung von Boxplots zu unterschiedlichen Teilfragen zum Wissenschaftsverständnis. In den Boxen werden 50 % der Stichprobe dargestellt. Die Streuung wird durch den linken und rechten Balken sichtbar. Ausreißer werden in dieser Grafik nicht berücksichtigt, genauso wenig wie die Schüler, die in Level 0 zusammengefasst wurden, da ihre Aussagen keine inhaltliche Interpretation eines naturwissenschaftlichen Verständnisses zulassen.

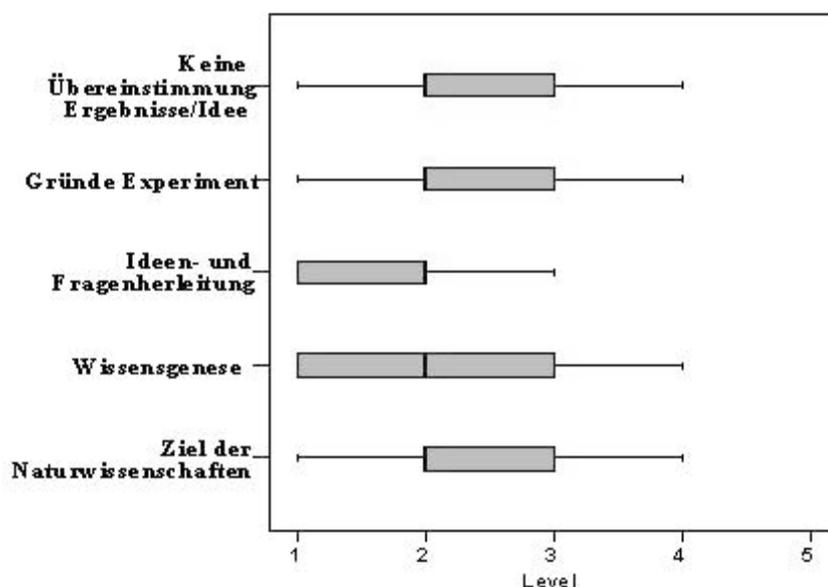


Abb. 2: Boxplots der Schüleraussagen zu Teilfragen der Naturwissenschaft.

Keine Übereinstimmung Ergebnisse/Ideen: Was muss der Naturwissenschaftler tun, wenn die Ergebnisse eines Experiments nicht mit seiner Idee oder seiner Vermutung übereinstimmen? (n = 115)

Gründe Experiment: Wozu machen Naturwissenschaftler Experimente? (n = 137)

Ideen- und Fragenherleitung: Wie kommt ein Naturwissenschaftler auf seine Ideen? (n = 113)

Wissensgenese: Wie kommt es in den Naturwissenschaften zu neuen Entdeckungen? (n = 110)

Ziel der Naturwissenschaften: Was ist das Ziel der Naturwissenschaften? (n = 98)

Der Medianwert der Schüleraussagen liegt für jede Frage bei Level 2. Es lässt sich feststellen, dass die Schüler ähnliche Werte bei der Frage nach dem Ziel der Naturwissenschaften, den Gründen für ein Experiment und fehlender Übereinstimmung bei den Ergebnissen mit der Idee erreichen. Die Frage, woher ein Naturwissenschaftler seine Ideen bekommt, wurde auf einem geringeren Level beantwortet. Die größte Varianz erreichen die Schüler bei der Frage zur Wissensgenese.

6 Diskussion

Aus entwicklungspsychologischer und fachdidaktischer Literatur sind Kategoriensysteme bekannt, um im Interview gewonnene Schüleraussagen über Naturwissenschaft sowie deren Prozesse und Methoden in verschiedene Verständnisgrade einzuordnen (CAREY 1989; GRYGIER et al. 2002; SMITH et al. 2000; SODIAN et al. 2002; THOERMER & SODIAN 2002). Im Rahmen dieser Arbeit wurden die Kategoriensysteme weiter entwickelt und adaptiert, so dass Schüleraussagen, die in einem schriftlichen Fragebogen erhoben wurden, bewertet werden können (siehe Tab. 1). Die Reliabilität dieses neuen Kategoriensystems wurde durch Gutachterübereinstimmung abgesichert (siehe Kapitel 5.1). Das neue Kategoriensystem ermöglicht es, das Wissenschaftsverständnis von jüngeren Schülern schriftlich zu erfassen und die aus der Literatur bekannten Erkenntnisse (AIKENHEAD 1987; CAREY 1989; GRYGIER et al. 2002; LEDERMAN et al., 1998; SODIAN et al. 2002) auch auf diesem Wege zu reproduzieren.

Das Wissenschaftsverständnis von Kindern im Alter von zehn bis zwölf Jahren liegt erwartungsgemäß auf einem niedrigen Niveau. Ausgehend von den Hypothesen (siehe Kapitel 3) wird mittels der Einzelfragen ersichtlich, dass die

meisten Kinder das Ziel von Naturwissenschaft zwar mit „etwas herausfinden“ verbinden (Level 2), die Zielrichtung aber nicht weiter spezifizieren. Auch die Hypothesen zum Forschungsprozess können verifiziert werden. Ein Forschungsprozess mit seinem zyklischen und kumulativen Charakter wird mit dem Level 3 höchstens angedeutet und taucht erst ab dem Level 4 bei Einzelfragen auf. Nur wenige Schüler erreichen diesen oder den höchsten Level. Die meisten Schüler haben kein Verständnis für die zyklischen und kumulativen Prozesse in den Naturwissenschaften. Geht man bei einzelnen Aspekten des Forschungsprozesses ins Detail, lässt sich erkennen, dass eine große Anzahl der Schüler zwar in der Lage ist, die Beantwortung einer Idee mit einem Experiment in Verbindung zu bringen (Level 3), jedoch geben die meisten nicht an, dass der Grund für ein Experiment mit der Untersuchung einer Idee zusammenhängt. Die eingangs gestellte Forschungshypothese, dass Naturwissenschaft von den Schülern mehr als reine Aktivität angesehen wird (Level 1), muss zugunsten der Erkenntnis, dass die meisten Schüler Naturwissenschaft als Informationssammlung (Level 2) ansehen, erweitert werden. Insgesamt haben zehn bis zwölf Jahre alte Kinder eine wenig entwickelte Vorstellung über die Naturwissenschaften und vom Forschungsprozess. Dies ist aus der oben genannten Literatur bekannt und konnte mithilfe des schriftlichen Messinstruments und des darauf adaptierten entwickelten Kategoriensystems bestätigt werden.

Im Weiteren wird das Kategoriensystem dazu genutzt, Schüleraussagen der verschiedenen Verständnisgrade zu definieren, um einen schriftlichen Fragebogen mit diesen Items zu entwickeln. In einer folgenden Studie wird mittels dieses Fragebogens die Einschätzung des Wissenschaftsverständnisses von Schülern durch Mitarbeiter von außerschulischen Lernorten untersucht. Ziel ist es, einen Beitrag zur Verbesserung der Wissenschaftskommunikation und speziell der Experten-Laien-Kommunikation an außerschulischen Lernorten zu leisten.

Zitierte Literatur

- AIKENHEAD, G.S. (1987): High-School Graduates' Beliefs about Science-Technology-Society. III. Characteristics and Limitations of Scientific Knowledge. *Science Education*, **71** (4), 459-487.
- BAUMERT, J., E. KLIEME, M. NEUBRAND, M. PRENZEL, U. SCHIEFELE, W. SCHNEIDER et al. (Eds.) (2001): *PISA 2000: Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich.*. Leske + Budrich, Opladen.
- BYBEE, R.W. (2003): The Teaching of Science: Content, Coherence and Congruence. *Journal of Science Education and Technology* **12** (4), 343-358.

- CAREY, S. (1989): 'An experiment is when you try it and see if it works': a study of grade 7 students' understanding of the construction of scientific knowledge. *International Journal of Science Education* **11**, 514-529.
- CAREY, S. & C. SMITH (1993): On understanding the nature of scientific knowledge. *Educational Psychologist* **28** (3), 235-251.
- DEWEY, J. (1910): Science as subject matter and as method. *Science* **31**, 121-127.
- DRIVER, R. (1996): Young people's images of science. Open University Press, Bristol.
- DUIT, R., H. GROPPENGIEBER & L. STÄUDEL (2004): *Naturwissenschaftliches Arbeiten* (Vol. Materialien 5-10). Friedrich Verlag, Seelze-Velber.
- DURANT, J.R. (1993): What is scientific literacy? In: Gregory, J.R.D.J. (Ed.): *Science and culture in Europe*. Science Museum, London, 129-137
- GRYGIER, P., J. GÜNTHER & E. KIRCHER (2004): Über Naturwissenschaften lernen: Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule. Schneider Verlag Hohengehren, Baltmannsweiler.
- GRYGIER, P., J. GÜNTHER, E. KIRCHER, B. SODIAN & C. THOERMER (2002): Unterstützt das Lernen über Naturwissenschaften das Lernen von naturwissenschaftlichen Inhalten im Sachunterricht? In: CECH, D. & H.J. SCHWIER (Eds.): *Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht*. (Vol. 13). GDSU Jahresband, 59-76.
- HAMMANN, M. (2004): Kompetenzentwicklungsmodelle. *MNU* **57** (4), 196-203.
- INHELDER, B. & J. PIAGET (1958): *The Growth of Logical Thinking from Childhood to Adolescence*. Basic Books, New York, NY.
- LEACH, J. (1999): Students' understanding of the co-ordination of theory and evidence in science. *International Journal of Science Education* **22** (1), 113-113(111).
- LEDERMAN, N.G., P. WADE & L. BELL (1998): Assessing understanding of the nature of science: A historical perspective. *The Nature of Science in Science Education*, 331-350.
- MAYER, J., K. KEINER & H.-P. ZIEMEK (2003): Naturwissenschaftliche Problemlösekompetenz im Biologieunterricht. In: BAUER, A. (Ed.): *Entwicklung von Wissen und Kompetenzen im Biologieunterricht*. IPN, Berlin Kiel, 21-24.
- MAYER, J., B. TEICHERT & F. BRÜMMER (2007): Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, **in Druck**.
- MCCOMAS, W.F. (2005): The principal elements of the nature of science: dispelling the myths. *California Journal of Science Education* **5** (2), 53-70.
- MCCOMAS, W.F. (Ed.) (1998): *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies* 5. Auflage. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- MILLAR, R. & B. WYNNE (1988): Public understanding of science: from contents to processes. *International Journal of Science Education* **10** (4), 388-398.
- PELLA, M.O., G.T. O'HEARN & C.G. GALE (1966): Referents to scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching* **4**, 199-208.
- SAMARAPUNGAN, A. (1992): Children's judgements in theory choice tasks: scientific rationality in childhood. *Cognition* **45**, 1-32.
- SMITH, C.L., D. MACLIN, C. HOUGHTON & M.G. HENNESSEY (2000): Sixth-grade students' epistemologies of science: The impact of school science experiences on epistemological development. *Cognition and Instruction* **18** (3), 349-422.
- SODIAN, B., C. THOERMER, E. KIRCHER, P. GRYGIER & J. GÜNTHER (2002): Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule. *Zeitschrift der Pädagogik* (Vol. 45). BELTZ, Weinheim Basel, 192-206.
- THOERMER, C. & B. SODIAN (2002): Science undergraduates' and graduates' epistemologies of science: the notion of interpretive frameworks. *New Ideas in Psychology* **20** (2-3), 263-283.