

# Wissen über naturwissenschaftliche Denkweisen schriftlich erfassen

Helma Kleinhorst & Prof. Dr. Katrin Sommer<sup>1</sup>

**Abstract:** Schülerinnen und Schüler zeigen zahlreiche Defizite im Bereich der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen, unter anderem was die Anwendung einer adäquaten Variablenkontrollstrategie bei der experimentellen Beantwortung von Forschungsfragen angeht. Durch das Eltern-Kind-Projekt **KEMIE** (**K**inder **E**rleben **M**it **I**hren **E**ltern **C**hemie), das chemische Inhalte systematisch mit naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen verknüpft, soll unter anderem die Häufigkeit und Qualität der Anwendung von Variablenkontrolle verbessert werden. Um zu überprüfen, ob die Teilnahme am Projekt KEMIE solche Verbesserungen bewirkt, wurde mit der Flugzeug- & Drachenaufgabe ein etabliertes Interview mit Fragen zur Überprüfung der Fähigkeit zur Variablenkontrolle ausgewählt und in einen Fragebogen umgewandelt. Das Vorgehen bei der Entwicklung des Kategoriensystems und die Anwendung des Kategoriensystems zur Auswertung der Antworten werden hier vorgestellt.

## 1 Einleitung

Die experimentelle Methode ist durch eine Abfolge von Denk- und Handlungsschritten gekennzeichnet, um Hypothesen mit Hilfe von Experimenten zu verifizieren oder zu falsifizieren. Naturwissenschaftliche Denkweisen sind ein Bestandteil der experimentellen Methode. Die Bildung von Hypothesen auf der Basis gewonnener Fragestellungen gehört ebenso dazu wie die Planung von experimentellen Lösungsvorschlägen. Für den Schritt der Planung und Durchführung des Experimentes ist die Kenntnis bestimmter Verfahren, also intellektueller Fertigkeiten zur Verarbeitung von Informationen (Gagné 1973), unverzichtbar, wie beispielsweise das Prinzip der Variablenkontrolle. Die erfolgreiche Anwendung von Variablenkontrolle ist gegeben, wenn bei den durchgeführten Experimenten alle Variablen bis auf die zu untersuchende konstant gehalten werden. Es wird deutlich, dass die erfolgreiche Anwendung der experimentellen Methode wissenschaftliches Denken erfordert.

---

<sup>1</sup> Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Didaktik der Chemie. Email: helma.kleinhorst@rub.de katrin.sommer@rub.de

## 2. Theoretischer Hintergrund und Fragestellung

Zum wissenschaftlichen Denken gehört neben dem Denken über domänenspezifische Inhalte der Naturwissenschaften auch ein domänenübergreifendes formales Denken, das u.a. ein sowohl deklaratives als auch prozedurales Verständnis naturwissenschaftlicher Methoden beinhaltet (Sodian 1998; Koerber et al. 2008). Die Elemente dieser domänenübergreifenden Methodenkompetenz werden als „naturwissenschaftliche Denkweisen“ bezeichnet. Dazu gehören mehrere Teilkompetenzen, die komplex miteinander verbunden sind. Diese Teilkompetenzen, zu denen vor allem das Theorieverständnis, Experimentierstrategien und die Fähigkeit zur Dateninterpretation zählen, können sich jeweils graduell unterschiedlich entwickeln (Koerber et al. 2011). Im Projekt Science P werden daher drei Niveaustufen formuliert, die den Verlauf der Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens bzw. der einzelnen Teilkompetenzen charakterisieren. Man bezeichnet sie als „naive Vorstellung“, „Zwischenvorstellung“ und „adäquate Vorstellung“ (Hardy et al. 2010; Koerber et al. 2011). Bezogen auf das Beispiel der Variablenkontrolle lassen sich die Niveaustufen wie folgt beschreiben: Kinder, die bei einer entsprechenden Aufgabenstellung keine Variable im Experiment variieren, um eine Fragestellung zu beantworten, befinden sich auf dem untersten Niveau der naiven Vorstellungen. Zeigen die Kinder bereits eine Vorstellung darüber, dass die zu untersuchende Variable variiert werden muss, halten jedoch andere Variablen nicht konstant, so ist das charakteristisch für das Niveau der Zwischenvorstellungen. Erst wenn sowohl die zu untersuchende Variable verändert als auch die anderen Variablen bewusst konstant gehalten werden, liegt das Niveau der wissenschaftlich adäquaten Vorstellung vor (Koerber et al. 2011).

Allerdings verfügen nur wenige Schülerinnen und Schüler über ein wissenschaftlich adäquates Konzept zur Variablenkontrolle. Durch mehrere Studien (u.a. Hammann et al. 2006; de Jong und van Joolingen 1998; Schauble et al. 1991) konnten zahlreiche Defizite bei der Anwendung einer adäquaten Variablenkontrollstrategie identifiziert werden. So variieren Schülerinnen und Schüler Variablen unsystematisch, was mit der fehlenden Unterscheidung zwischen der zu untersuchenden Variable und den sogenannten Kontrollvariablen zu begründen ist (Hammann et al. 2006). Denn die Kontrollvariablen müssten konstant gehalten werden, um tatsächlich Aussagen über die zu untersuchende Variable treffen zu können. Das führt u.a. dazu, dass Schülerinnen und Schüler mehrere Variablen zugleich ändern oder nur solche Variablen ändern, die für die Fragestellung keine Rolle spielen (de Jong und van Joolingen 1998).

Um diesen Defiziten entgegen zu wirken, ist es wichtig, dass sich Schülerinnen und Schüler schon früh mit naturwissenschaftlichen Denkweisen auseinandersetzen. Die unterschiedlichen Fähigkeiten, die Kinder bezüglich des wissenschaftlichen Denkens zeigen, bleiben im Entwicklungsverlauf häufig bestehen (Bullock et al. 2009). Sodian et al. (2008) führen das auf mangelhafte Berücksichtigung wissenschaftstheoretischer Inhalte im Schulunterricht zurück. Sie folgern daraus, dass bereits im Grundschulalter Förderung notwendig ist, um den Abstand zwischen kompetenten und weniger kompetenten Kindern zu verringern.

Die Ergebnisse der LOGIK-Studie belegen, dass bereits Grundschulkinder unter einfachen Bedingungen in der Lage sind, wissenschaftlich zu denken bzw. durch entsprechende Lernarrangements dazu angeleitet werden können (Sodian et al. 2008; Grygier 2008).

Bislang fehlen allerdings Untersuchungen, die außerhalb des schulischen Lernens angesiedelt sind. Das außerschulische Projekt KEMIE (Kinder erleben mit ihren Eltern Chemie), das sich an Kinder der 3. bis 6. Jahrgangsstufe richtet, stellt die Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Denkweisen an chemischen Kontexten in den Mittelpunkt. Aus wissenschaftlicher Sicht ist dabei von Interesse, ob die Teilnahme am Projekt KEMIE bei Kindern und Eltern einen Einfluss auf das Wissen über naturwissenschaftliche Denkweisen hat. Wir konzentrieren uns dabei vor allem auf eine Forschungsfrage: Verändern sich durch die Projektteilnahme die Häufigkeit und Qualität der Anwendung von Variablenkontrolle zur Untersuchung geeigneter Fragestellungen?

### 3. Methodischer Ansatz

Um die Fragestellung zur Anwendung von Variablenkontrolle zu untersuchen, wurde ein bereits existierendes Testinstrument ausgewählt, das unter anderem in der LOGIK-Studie zum wissenschaftlichen Denken eingesetzt wurde. Es handelt sich dabei um die sogenannte Flugzeug- und Drachenaufgabe, die als Interview für Kinder der 3. bis 6. Klasse eingesetzt wird (Bullock et al. 1999; Grygier 2008). Um alle am Projekt teilnehmenden Kinder und Eltern zu befragen, wurde das Interview in einen Fragebogen umgewandelt.<sup>2</sup> Wie der Name bereits andeutet, bestehen zwei Versionen des Fragebogens: eine Version ist in den Kontext „Flugzeuge“, die andere in den Kontext „Drachen“ eingebettet, wobei die Aufgabenstellungen ansonsten identisch sind.

Durch den Aufbau des Projektes aus einem Grundkurs KEMIE und einem darauffolgenden Vertiefungskurs KEMIEplus ergeben sich insgesamt vier Messzeitpunkte: jeweils zu Beginn und Ende jedes Kurses füllen die Teilnehmerinnen und Teilnehmer den Fragebogen aus, dabei wird abwechselnd der Kontext „Flugzeug“ bzw. „Drachen“ eingesetzt. Am Ende können so Aussagen über die Entwicklung von Kindern und Eltern über den gesamten Projektverlauf – immerhin 1 ½ Jahre – getroffen werden. Zusätzlich wird eine Kontrollgruppe, bestehend aus Grundschulern und Gymnasiasten, befragt, um nachvollziehen zu können, welches Wissen über Variablenkontrolle allein durch die Teilnahme am naturwissenschaftlichen Schulunterricht oder aufgrund allgemeiner Entwicklungsfortschritte erlangt wird. Die Kontrollgruppe wird zu drei Messzeitpunkten befragt (siehe Abbildung 1). Insgesamt liegen vollständige Fragebogensätze von 53 Kindern und 42 Eltern der Experimentalgruppe sowie von 213 Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe vor.



Abbildung 1: Untersuchungsdesign zur Erhebung des Wissens über Variablenkontrolle.

<sup>2</sup> Innerhalb der letzten Jahre sind hier weitere schriftliche Testinstrumente mit Multiple-Choice-Aufgaben entstanden, die ebenfalls auf der Flugzeug- und Drachenaufgabe basieren bzw. Elemente daraus enthalten (Hardy et al. 2010; Koerber et al. 2011).

Der Fragebogen enthält insgesamt drei Aufgaben, welche die Anwendung von Variablenkontrolle verlangen. Es soll ersichtlich werden, ob Variablenkontrolle spontan verwendet wird und in welcher Qualität das erfolgt. Beim Beispiel des Kontexts „Flugzeuge“ sind die Aufgaben in eine Geschichte eingebettet, in der der Flugzeugingenieur Herr Müller die Aufgabe hat, Flugzeuge zu entwickeln, die möglichst wenig Treibstoff verbrauchen. Vorgegeben werden drei mögliche Variablen (Höhenruder, Flügel und Nase) mit je zwei Ausprägungen, die einen Einfluss haben könnten. Zunächst soll untersucht werden, ob die Position des Höhenruders (oben oder unten) eine Rolle für den Treibstoffverbrauch spielt. Es wird somit eine konkrete Fragestellung vorgegeben, auf die sich die folgenden Antworten beziehen sollen.

Bei der ersten Aufgabe („Spontanaufgabe“) sollen spontan schriftliche Antworten darauf gegeben werden, wie Herr Müller überprüfen kann, ob die Position des Höhenruders eine Rolle spielt. Es ist an dieser Stelle nicht vorgegeben, dass ein Experiment beschrieben werden muss. Andere Antworten sind ebenfalls möglich. Diese Aufgabe soll also überprüfen, ob die Probanden von sich aus spontan ein Experiment zur Beantwortung der Fragestellung vorschlagen und wenn sie es tun, ob und in welcher Qualität sie das Prinzip der Variablenkontrolle beachten<sup>3</sup>.

Bei der zweiten und dritten Aufgabe („Wahlaufgaben“) wird den Probanden vorgegeben, dass Herr Müller einen Versuch durchführt und dazu Flugzeuge bauen muss. Hierzu werden ihnen Abbildungen von Flugzeugteilen bzw. vollständigen Flugzeugen (siehe Abbildung 2) vorgegeben, aus denen sie die ihrer Meinung nach geeigneten Flugzeuge „bauen“ bzw. auswählen sollen. Hier werden die Probanden also durch die Aufgabenstellung dazu aufgefordert, Variablenkontrolle anzuwenden. Die Aufgaben dienen dazu zu erkennen, ob ein Verständnis von Variablenkontrolle vorliegt oder Flugzeuge möglicherweise unsystematisch aufgeschrieben oder angekreuzt werden. Beherrschen die Probanden das Prinzip der Variablenkontrolle, haben es aber in der offenen Antwort nur nicht oder unzureichend formuliert, erhalten sie durch diese stärker geleiteten Aufgaben die Gelegenheit dazu, ihr Wissen diesbezüglich zu zeigen.

---

<sup>3</sup> Eine hohe Qualität bei der Variablenkontrolle kennzeichnet sich dadurch aus, dass erkannt wird, dass immer Flugzeugpaare miteinander verglichen werden müssen, bei denen nur die Position des Höhenruders verändert ist. Alle anderen Variablen müssen bei beiden Flugzeugen konstant gehalten werden.

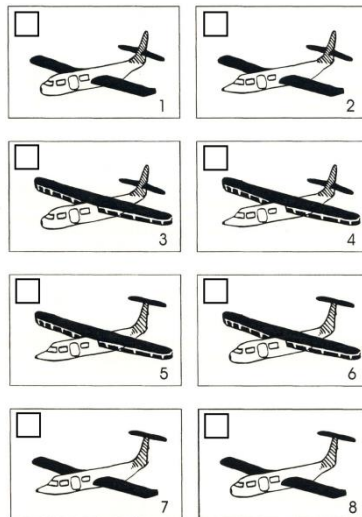


Abbildung 2: Vorgegebene Flugzeuge bei einer der beiden Wahlaufgaben. Die Aufgabenstellung lautet „Kreuze an, welche der Flugzeuge Herr Müller bauen soll!“. Die Abbildungen der Flugzeuge sind entnommen bei Grygier (2008).

Ziel der Aufgabenauswertung ist es nun herauszufinden, inwiefern die Probanden Experimente vorschlagen und eine adäquate Variablenkontrollstrategie zur Überprüfung der vorgegebenen Fragestellung anwenden. Die Antworten der Probanden sollen also auf die Qualität der Variablenkontrolle hin untersucht werden. Die Kategorien, die dazu benötigt werden, sollen eine Abstufung der Antworten ermöglichen, also ordinal skaliert sein.

Grygier (2008) hat bereits für das ursprüngliche Interview ein Kodiermanual für die vorgestellten Aufgaben der „Flugzeug- & Drachenaufgabe“ entwickelt. Hier werden vier Kategorien vorgegeben (siehe Tab. 1), anhand derer die Antworten für jede der drei Aufgaben kodiert werden. In den Kategorien lässt sich eine ähnliche Aufteilung erkennen, wie sie auch durch die drei Niveaustufen (naive Vorstellung, Zwischenvorstellungen, wissenschaftliche adäquate Vorstellung) gegeben ist, die u.a. bei Koerber et al. (2011) verwendet werden, Auswertungseinheit ist bei jeder Aufgabe die vollständige Antwort. Die vier Kategorien sollten auch für den Fragebogen zugrunde gelegt werden. Eine erste Stichprobe des verfügbaren Materials wurde anhand des bereits vorliegenden Kodiermanuals ausgewertet. Dabei zeigte sich jedoch, dass die Kategorien für das Interview nicht ohne weiteres auf den Fragebogen übertragbar sind, vor allem aufgrund der Wahlaufgaben, die keine offenen Antworten erlauben.

Anhand des Materials (aus der „Spontanaufgabe“ und den beiden „Wahlaufgaben“) wurde induktiv eine Anpassung des Kategoriensystems von Grygier vorgenommen. Das betrifft die Beschreibungen der vier Oberkategorien. Bei dem schriftlichen Testinstrument und zwar vor allem bei den Wahlaufgaben, kann nicht bewertet werden, ob bestimmte Variablenkombinationen absichtlich oder zufällig angekreuzt bzw. angegeben wurden. Für die Zuordnung in das Kategoriensystem von Grygier ist es jedoch für die Einordnung in die Kategorie „Kontrolliertes Experiment“ unerlässlich zu wissen, ob Kontrollvariablen mit Absicht konstant gehalten werden (siehe Tab. 1). Das wurde bei der Anpassung des Kategoriensystems berücksichtigt.

Hinzu kommt, dass bestimmte Antworten, die im ursprünglichen Kategoriensystem unter die Kategorie „Kein Experimentvorschlag“ fallen, differenzierter betrachtet werden und im angepassten Kategoriensystem einer höheren Kategorie zugeordnet werden können, die dann als „Experiment ohne Variablenkontrolle“ bezeichnet wird (siehe Tab. 1).

Anschließend wurden für jede Oberkategorie auf das konkrete Material zugeschnittene Unterkategorien erstellt, die eine Zuordnung erleichtern und detailliertere Auswertungen zu den vorgeschlagenen Experimenten und zur Variablenkontrolle ermöglichen. Es wurde ein Kodierleitfaden erstellt, in dem die Definitionen der Ober- und Unterkategorien, entsprechende Ankerbeispiele und Abgrenzungsregeln enthalten sind. Das verfeinerte Kategoriensystem wurde deduktiv durch zwei vorab geschulte und unabhängige Kodierer angewandt. Im Anschluss wurde die Interkoderreliabilität über den gesamten Datensatz bestimmt und im Falle von Nichtübereinstimmungen von einer dritten unabhängigen Person Entscheidungen für endgültige Kategorienzuordnungen getroffen. Die Übereinstimmung der Kodierer liegt bei 0.87 für die Spontanaufgabe. Einen Überblick über den Ablauf bei der Entwicklung des Kategoriensystems gibt Abbildung 3.

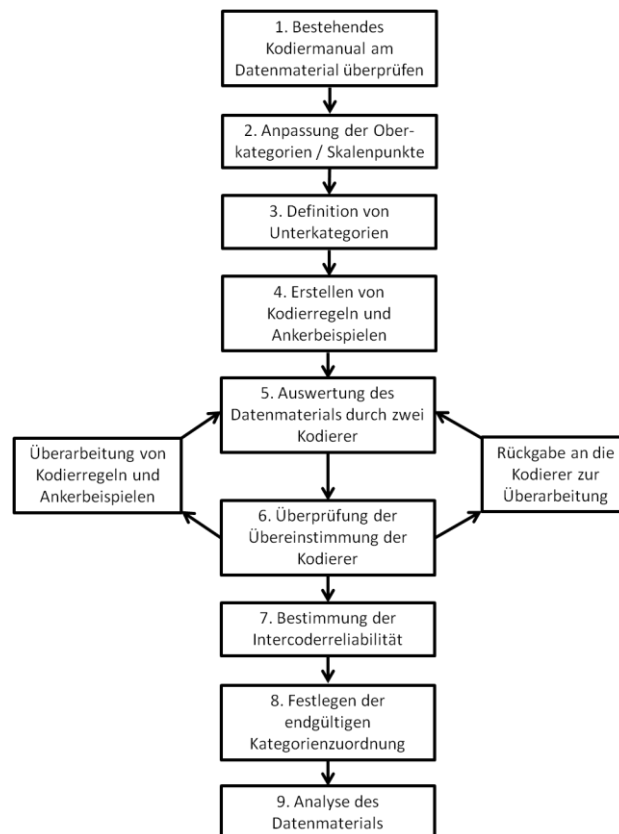


Abbildung 3: Ablaufmodell der Entwicklung des Kategoriensystems und der Auswertung.

## 4. Ergebnis der Erstellung des Kategoriensystems

Das entstandene Kategoriensystem enthält vier Oberkategorien. Je höher die Oberkategorie, in die eine Antwort eingeordnet wird, desto höher die Qualität des vorgeschlagenen Experiments bzw. der Variablenkontrolle. Den Oberkategorien werden insgesamt 13 Unterkategorien zugeordnet, die jedoch nicht hierarchisch geordnet sind. Im Vergleich mit dem von Grygier (2008) entwickelten Kodiermanual ergibt sich vor allem ein Unterschied bezüglich der dritten Kategorie (Inadäquate Variablenkontrolle), die bei Grygier als *kontrastiver Test* bezeichnet wird (siehe Tabelle 1). Bei Grygier werden hier nur solche Antworten eingeordnet, bei denen das Höhenruder bereits absichtlich variiert wird und andere Variablen nicht erwähnt werden. Hier wurde eine Anpassung vorgenommen. In die Kategorie 3 fallen die Antworten, die bei Grygier als kontrastiver Test bezeichnet werden, aber zusätzlich weitere Möglichkeiten der Variablenkontrolle, die sich jedoch nicht dazu eignen, die Frage nach dem Einfluss des Höhenruders eindeutig zu beantworten (siehe Tab. 1).

Tabelle 1: Kategorien zur Auswertung der Flugzeug- und Drachenaufgabe im Vergleich zum Kodiermanual von Grygier (2008).

Überarbeitete Oberkategorien mit allgemeiner Definition und Unterkategorien	Kategorien bei Grygier (2008, S.107)
<b>1. Kein Experiment</b> Fehlende oder unsinnige Antworten bzw. Antworten, die kein Experiment beinhalten. <u>Unterkategorien:</u> (1) WEIß NICHT (2) SONSTIGES: Alle vorgeschlagenen Tätigkeiten, die keinen Bezug zur Forschung/ Experimenten haben (auch Vermutungen).	<b>Kein Experimentvorschlag</b> keine (oder nicht kodierbare) Antworten
<b>2. Experiment ohne Variablenkontrolle</b> Experimente ohne Erwähnung der Variablen bzw. Experimente, bei denen keine Systematik bezüglich der Variablenkontrolle erkennbar ist. <u>Unterkategorien:</u> (3) VAGE FORSCHENDE TÄTIGKEIT: Allgemeine Tätigkeiten, die zwar ein Forschen beinhalten, aber keine Messung vorschlagen (z.B. ausprobieren, forschen,...). (4) KONKRETE MESSUNG: Vorschlag einer Messung, aber ohne Variablenkontrolle. Es muss eine Messgröße genannt werden. (5) KEINE SYSTEMATIK ERKENNBAR: 1 bzw. 3 – 7 Flugzeuge/Drachen, bei denen keine Systematik erkennbar ist. (6) „BEIDE“ OBJEKTE: Zwei oder beide nicht näher bezeichnete Flugzeuge/Drachen/Varianten/Möglichkeiten. Sobald die konkrete Variable (Höhenruder (HR)/Form) genannt ist, wird die Antwort in 12/13 eingeordnet.	<b>Konfundiertes Experiment</b> mehrere Variablen werden unsystematisch verändert
<b>3. Inadäquate Variablenkontrolle</b> Experimente, bei denen Variablen (absichtlich) verändert werden, aber eine Beantwortung der Forschungsfrage nicht möglich ist. <u>Unterkategorien:</u>	<b>Kontrastiver Test</b> Fokus auf das Höhenruder, andere Variablen werden nicht ausdrücklich erwähnt oder verändert.

<p>(7) FOKALE VARIABLE KONSTANT: 2 – 4 Flugzeuge/Drachen, bei denen nur das HR/die Form konstant gehalten wird.</p> <p>(8) „ALLE“ OBJEKTE: alle (acht) Flugzeug- bzw. Drachenkombinationen</p> <p>(9) ALLE VARIABLEN VERÄNDERT: Veränderung aller Variablen bei einem Flugzeugpaar/Drachenpaar</p> <p>(10) ANDERE VARIABLE KONSTANT: Flugzeug- bzw. Drachenpaare, bei denen <i>eine</i> Variable konstant gehalten wird und die restlichen Variablen (auch HR/Form) verändert bzw. nicht erwähnt werden.</p> <p>(11) ANDERE VARIABLE VERÄNDERT: Eine andere Variable als das HR/die Form wird verändert, die anderen beiden Variablen (einschließlich HR/Form) werden nicht verändert.</p> <p>(12) FOKALE VARIABLE VERÄNDERT: Das HR/die Form wird verändert, aber andere Variablen werden nicht explizit erwähnt. Die Antwort bezieht sich eindeutig auf die Variable.</p>	
<p><b>4. Adäquate Variablenkontrolle</b></p> <p>Experimente, bei denen Variablen (absichtlich) so verändert werden, dass eine Beantwortung der Forschungsfrage möglich ist.</p> <p><u>Unterkategorien:</u></p> <p>(13) FOKALE VARIABLE VERÄNDERT: Das HR/die Form wird verändert, aber (alle) andere(n) Variablen ausdrücklich konstant gehalten (auch eigene Variablen).</p>	<p><b>Kontrolliertes Experiment</b></p> <p>Höhenruder wird variiert, andere Variablen werden bewusst konstant gehalten.</p>

Die Anwendung des Kodiermanuals soll nun am einem konkreten Beispiel vorgestellt werden: Auf die Frage danach, wie Herr Müller herausfinden kann, ob die Stellung des Höhenruders eine Rolle für den Treibstoffverbrauch spielt, lautet die Antwort eines Teilnehmers:

*„Zwei identische Modelle bauen, jedoch bei einem das Höhenruder oben, beim anderen unten.“*

In Bezug auf die Fragestellung der Untersuchung ist es für die Auswertung von Interesse, ob bei der Antwort Variablenkontrolle berücksichtigt wird. Um Variablenkontrolle zu beschreiben, muss die Antwort die Nennung des Objekts „Flugzeug“ oder Umschreibungen wie „Prototyp“, „Modell“ oder Ähnliches beinhalten. Es können auch direkt die Variablen „Höhenruder“, „Flügel“ oder „Nase“ genannt werden. Zuerst wird deshalb die Entscheidung getroffen, ob in der Antwort Objekt und/oder Variable genannt werden. Bei der Beispielantwort ist dies der Fall. Als nächstes wird entschieden, von wie vielen Flugzeugen oder deren Variablen in der Antwort die Rede ist. In dem Beispiel sind es „zwei Modelle“, also zwei Objekte. Dann ist zu entscheiden, ob bei den erwähnten Objekten eine Veränderung der Variablen vorgenommen wird und wenn ja, welche Variablen geändert werden. Bei der Beispielantwort wird deutlich, dass das Höhenruder des Flugzeugs verändert wird: „...bei einem das Höhenruder oben, beim anderen unten.“ Bei den offenen Antworten kann hier nun abschließend noch die Entscheidung getroffen werden, ob die anderen Variablen ausdrücklich konstant gehalten werden, was im Beispiel durch die Bemerkung „zwei identische Modelle“ gegeben ist. Alle diese Merkmale zusammengekommen führen zu einer Einordnung der Antwort in die Oberkategorie 4.



In allen Fällen, in denen kein Objekt, also Flugzeug, genannt wird oder keine Variablenkontrolle möglich ist, wird bei den Antworten zumindest die beschriebene Tätigkeit betrachtet. Dies geschieht, um festzustellen, ob in solchen Fällen trotz allem noch ein Experiment vorgeschlagen wird oder völlig andere Tätigkeiten, die in keinem Zusammenhang zu einem Experiment stehen. Folgende Antwort würde daraufhin in die Oberkategorie 2 „Experiment ohne Variablenkontrolle“ eingeordnet werden:

*„Er kann ein kleines Modell bauen und es ausprobieren.“*

In die Oberkategorie 1 „Kein Experiment“ würde die folgende Antwort fallen:

*„Herr Müller könnte es nachlesen, also in einem Flugzeughandbuch oder so etwas ähnlichem.“*

Auch bei den Antworten zu den Wahlaufgaben wird nach diesem Schema vorgegangen und die gewählten Flugzeuge nach Anzahl und veränderten Variablen betrachtet und eingeordnet. Da bei den Wahlaufgaben die Durchführung eines Experiments durch die Aufgabenstellung vorgegeben ist, kann die Oberkategorie 1 „Kein Experiment“ hier nur vergeben werden, wenn keine Antwort vorliegt. Hinzu kommt, dass bei richtig angekreuzten Flugzeugpaaren, bei denen nur das Höhenruder verändert und alle anderen Variablen konstant gehalten werden, bei den Wahlaufgaben nicht entschieden werden kann, ob die Konstanz der anderen Variablen beabsichtigt ist. Eine Unterscheidung zwischen Unterkategorie 12 und 13 ist hier nicht möglich, sodass für die Wahlaufgaben in diesem Fall die Vergabe der Unterkategorie 13 und somit der Oberkategorie 4 festgelegt wird (siehe Tabelle 1).

Zuletzt wird für die beiden Wahlaufgaben eine gemeinsame Kategorie vergeben, indem vor allem die Konsistenz der beiden Antworten bewertet wird. Wird bei einer der beiden Aufgaben eine Antwort auf niedrigerem Niveau gegeben, so ist diese leitend für die Gesamtzuordnung, da das Antwortverhalten auf dem höheren Niveau nicht konsistent gezeigt wird und eine Einordnung in das höhere Niveau somit nicht gerechtfertigt ist. So wird am Ende für jeden Probanden eine Kategorienzuordnung für die Spontanaufgabe und eine für die Wahlaufgabe erhalten. Auf diese Weise kann das spontane Antwortverhalten der Probanden mit dem Antwortverhalten verglichen werden, wenn konkrete Objekte und Variablen zur Auswahl stehen.

## **Ausblick**

Wie Untersuchungen zeigen (z.B. Sodian et al. 2008), fällt es Kindern leichter, bei einer Wahlaufgabe Variablenkontrolle anzuwenden als diese spontan vorzuschlagen. Deshalb ist bei der vorgestellten Studie zu erwarten, dass die Probanden für die Wahlaufgaben im Allgemeinen die gleiche oder eine höhere Kategorie erreichen als in der Spontanaufgabe. Außerdem sollten sich die Teilnehmer des an naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen ausgerichteten KEMIE-Projekts sowohl bei der Spontan- als auch bei der Wahlaufgabe deutlicher verbessern als die Probanden der Kontrollgruppe, die nicht am Projekt teilnehmen. Ob sich dieser Effekt des KEMIE-Projekts zeigt, kann jedoch erst nach der vollständigen Auswertung aller Daten festgestellt werden.

## Literatur

- Bullock, M. und Ziegler, A. (1999). Scientific Reasoning: Developmental and Individual Differences. In: F.E. Weinert und W. Schneider (Hrsg.): *Individual development from 3 to 12*. Cambridge University Press: Cambridge, 38-54.
- Bullock, M., Sodian, B. und Koerber, S. (2009). Doing Experiments and Understanding Science. Development of Scientific Reasoning from Childhood to Adulthood. In: W. Schneider und M. Bullock (Hrsg.): *Human Development from early childhood to early adulthood. Findings from the Munich Longitudinal Study*. Erlbaum: Mahwah, 173-197.
- Gagné, R.M. (1973). Science – A Process Approach. In: H. Tütken, und K. Spreckelsen (Hrsg.): *Naturwissenschaftlicher Unterricht in der Grundschule. Band 2. Konzeptionen und Beispiele des naturwissenschaftlichen Unterrichts*. Diesterweg: Frankfurt a.M, 111-124.
- Grygier, P. (2008). *Wissenschaftsverständnis von Grundschulern im Sachunterricht*. Klinkhardt: Bad Heilbrunn.
- Hammann, M., Phan, Th., Ehmer, M. und Bayrhuber, H. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. *MNU*, 59:5, 292-299.
- Hardy, I., Kleickmann, Th., Koerber, S., Mayer, D., Möller, K., Pollmeier, J., Schwippert, K. und Sodian, B. (2010). Die Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenz im Grundschulalter. *Zeitschrift für Pädagogik*, 56:Beiheft, 115-125.
- de Jong, T. und van Joolingen, W.R. (1998). Scientific Discovery Learning with Computer Simulations of Conceptual Domains. *Review of Educational Research*, 68:2, 179-201.
- Koerber, S., Sodian, B., Thoermer, C. und Grygier, P. (2008). Wissen über Wissenschaft als Teil der frühen naturwissenschaftlichen Bildung. In: H. Giest, A. Hartinger und J. Kahlert (Hrsg.): *Kompetenzniveaus im Sachunterricht*. Klinkhardt: Bad Heilbrunn, 135-153.
- Koerber, S., Sodian, B., Kropf, N., Mayer, D. und Schwippert, K. (2011). Die Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens im Grundschulalter. Theorieverständnis, Experimentierstrategien, Dateninterpretation. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 43:1, 16-21.
- Schauble, L., Klopfer, L.E. und Raghavan, K. (1991). Students' Transition from an Engineering Model to a Science Model of Experimentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 28:9, 859-882.
- Sodian, B. (1998). Wissenschaftliches Denken. In: D. Rost (Hrsg.): *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie*. Beltz Verlag: Weinheim, 566-570.

Sodian, B., Bullock, M. und Koerber, S. (2008). Wissenschaftliches Denken und Argumentieren. Was muss Hänschen lernen, damit aus Hans etwas wird? In: W. Schneider (Hrsg.): *Entwicklung von der Kindheit bis zum Erwachsenenalter. Befunde der Münchener Längsschnittstudie LOGIK*. Beltz Verlag: Weinheim, 67-84.