

## M-offene Probleme in Biologie und Mathematik

Sabine Mogge & Helmut Vogt

sabine.mogge@uni-kassel.de – helmut.vogt@uni-kassel.de

Universität Kassel, Abteilung Didaktik der Biologie, Heinrich-Plett-Str. 40, 34132 Kassel

### **Zusammenfassung**

*Das Ziel der vorzustellenden Studie besteht darin, mittels eines neuen Aufgabentyps, den M(odellbildung)-offenen Problemen, die Modellbildungsprozesse von Grundschulern<sup>1</sup> hinsichtlich Biologie und Mathematik zu analysieren. Die Modellbildungsprozesse der Grundschüler wurden in Abhängigkeit ihrer individuellen typologischen Einstellungsausprägung zu Schule und Unterricht (TESU) und den Unterschieden zwischen Einzel- und kooperativen Bearbeitungen der Probleme untersucht. Die Studie weist zwei Versuchsserien mit 42 Grundschulern auf. In je einer Versuchsserie bekamen alle Grundschüler das selbe M-offene Problem einer Domäne (Biologie oder Mathematik) und fertigten dazu ihre individuellen Bearbeitungen an. Im Anschluss daran arbeiteten je zwei Schüler gleicher TESU zusammen und erstellten basierend auf ihren individuellen Bearbeitungen eine kooperative Bearbeitung. Ausgehend von den erhobenen Daten konnten fünf Kategorien für die Modellbildungsprozesse der Probanden aufgezeigt werden und sowohl eine Abhängigkeit von der Domäne als auch von der TESU beim Erreichen dieser Kategorien. Es konnte gezeigt werden, dass die M-offenen Probleme das Potenzial besitzen Modellbildungsprozesse bei Schülern hervorzurufen und deren fachliche Kompetenz zu messen. M-offene Probleme bieten somit die Grundlage für eine Kompetenzmatrix, welche erlauben würde, die gemessenen Schülerkompetenzen zu evaluieren und dem Lehrer gleichsam als individuelles Diagnoseinstrument zu dienen.*

### **Abstract**

*The presented study aims at analyzing primary level students' modeling processes towards problems from biological and mathematical domains using a new type of task, called M(odeling)-open problem. These modeling processes are researched with respect to the students' individual typological occurrence of attitude towards school and lessons (TOASL) and differences of individual*

---

<sup>1</sup> Aus Gründen der Kürze und Übersichtlichkeit werden im Folgenden die Begriffe Schüler und Grundschüler geschlechtsneutral verwendet, sie meinen das männliche und weibliche Geschlecht gleichsam.

*and collaborative treatment. The study contains two test series with 42 primary level students for one biological and one mathematical problem. In each series, all students first got the same M-open problem and created their individual meta-treatment thereon. Afterwards, pairs of students of equal TOASL jointly passed a collaborative treatment based on their meta-treatments. From the pool we identified five main levels of modeling processes and were able to differentiate the degree of fulfillment of these levels by domain and TOASL. As demonstrated in the study, M-open problems have the potential to evoke students' modeling processes and measure their expertise. Thus, they provide the basis for an expertise matrix that allows for evaluation of students' expertise and can serve as an individual diagnostic instrument for teachers.*

---

## **1 Einleitung**

Anlässlich der unterdurchschnittlichen Resultate deutscher Schüler in den PISA-Studien (2000/2003) werden in naher Zukunft in allen Schulstufen und Jahrgängen bundesweit geltende Bildungsstandards eingeführt. Noch mangelt es jedoch an Instrumenten, die es den Lehrern ermöglichen, die von den Bildungsstandards beschriebenen fachlichen Kompetenzen ihrer Schüler zu messen und zu evaluieren. Bevor man sich jedoch den fachlichen Kompetenzen zuwendet, sollte man einen näheren Blick auf die Modellbildungsprozesse der Schüler werfen, da diese als wesentliche Voraussetzung für die Demonstration und Anwendung fachlicher Kompetenzen angesehen werden können. Hinsichtlich der Modellbildungsprozesse wird ein Zusammenhang zum Interesse der Schüler am jeweiligen Unterrichtsgegenstand, zum Einstellungstyp der Schüler zu Schule und Unterricht und dem damit einhergehenden Selbstkonzept und der Selbstwirksamkeitserwartung sowie zum Inhalt der fachlichen Domäne erwartet. Es kann davon ausgegangen werden, dass in Abhängigkeit zur Ausprägung dieser fünf Aspekte die Modellbildungsprozesse der einzelnen Schüler verschieden verlaufen. Ebenso sollte eine kooperative Arbeitsumgebung Einfluss nehmen auf die Modellbildungsprozesse.

Im Hinblick auf die Evaluation von (Schüler-)Kompetenzen müssen daher neue Aufgabentypen entwickelt werden, die zum einen Modellbildungsprozesse bei Schülern hervorrufen und zum anderen nützlich sind als Erhebungs- und Messinstrument für fachliche Kompetenzen im Hinblick auf die nationalen Bildungsstandards.

## 2 Theoretische Grundlagen

### 2.1 Interesse im Schulkontext

Der Aufbau von Interessen der Schüler am Unterrichtsgegenstand ist gleichsam eines der wesentlichen Ziele schulischer Bildung (KRAPP 1998) als auch die Voraussetzung für deren kognitive Leistungsbereitschaft (SCHIEFELE 1996; KRAPP 1998). Die Steigerung der Schülerinteressen am Unterrichtsgegenstand stellt somit eine Möglichkeit dar, die Effektivität und somit die Qualität des Unterrichts zu erhöhen.

SCHIEFELE et al. (1983) explizieren in ihrer Konzeption einer Pädagogischen Theorie des Interesses erstmalig, dass Interesse durch die Auseinandersetzung einer Person mit einem Gegenstand, einer Tätigkeit oder einem Kontext hervorgerufen wird (Personen-Gegenstands-Auseinandersetzung).

In diesem Sinne definieren UPMEIER ZU BELZEN & VOGT (2001) die Indifferenz als den Zustand vor der ersten Auseinandersetzung zwischen Schüler und Unterrichtsgegenstand und beschreiben sie als neutrale Ausgangshaltung. Vom Stadium der Indifferenz aus ist jede Person-Gegenstands-Auseinandersetzung im schulischen Bereich fremdgeleitet, und innerhalb des motivationalen Kontinuums ist sowohl eine Entwicklung in Richtung Interesse als auch in Richtung Nicht-Interesse möglich (LEWALTER & SCHREYER 2000; UPMEIER ZU BELZEN & VOGT 2001). Diese Entwicklung wird unter anderem maßgeblich durch die motivationale Handlungsenergie geprägt, die nach der Selbstbestimmungstheorie der Motivation von DECI & RYAN (1993) auf drei Quellen zurückzuführen ist: Psychologische und physiologische Bedürfnisse sowie Emotionen. Die psychologischen Bedürfnisse gliedern sich auf in drei angeborene Grundbedürfnisse – die *basic needs*: Bedürfnis nach Autonomie bzw. Selbstbestimmung, Bedürfnis nach Kompetenz bzw. (Selbst-)Wirksamkeit und Bedürfnis nach sozialer Eingebundenheit bzw. sozialer Zugehörigkeit (DECI & RYAN 1993; vgl. BANDURA 1997).

Demnach führt eine unzureichende Befriedigung oder gar Verletzung der *basic needs* in der Lernsituation zu einer niedrigen Qualität des intrinsischen Erlebens in der Auseinandersetzung des Schülers mit dem Unterrichtsgegenstand, was zu Nicht-Interessen führen kann. Bei Erfüllung der *basic needs* und somit hoher intrinsischer Erlebensqualität kann daraus eine positive Interessehaltung resultieren.

In Abhängigkeit von der Stärke und Dauer der Auseinandersetzung eines Schülers mit dem Unterrichtsgegenstand wird sowohl bei Interesse als auch bei Nicht-Interesse zwischen zwei Ausprägungsformen unterschieden. Im Zuge

einer positiven Person-Gegenstands-Auseinandersetzung kann situationales Interesse oder individuelles Interesse resultieren (KRAPP 1992), durch negative Desinteresse oder Abneigung (UPMEIER ZU BELZEN & VOGT 2001). Während situationales Interesse und Desinteresse einen situationsgebundenen und zeitlich begrenzten Zustand darstellen, werden einerseits individuelles Interesse und andererseits Abneigung als stark manifestiertes, persönlichkeitspezifisches Merkmal definiert (KRAPP 1998; UPMEIER ZU BELZEN & VOGT 2001).

Im Schulalltag sind Interessen bzw. Nicht-Interessen des Schülers durch drei Aspekte charakterisiert: Einer Bereitschaft zur kognitiven Auseinandersetzung mit dem (Unterrichts-)Gegenstand, Emotionen bei der Auseinandersetzung mit diesem Gegenstand und einer Wertorientierung gegenüber diesem Gegenstand (vgl. SCHIEFELE et al. 1983). Die durch den Unterricht erzeugte Ausprägung dieser drei Aspekte und die daraus resultierende Interessehaltung nehmen Einfluss auf die Bereitschaft des Schülers zur erneuten Auseinandersetzung mit dem betreffenden Unterrichtsgegenstand im nachfolgenden Unterricht.

## **2.2 Einstellung im Schulkontext**

Aktuelle sozialpsychologische Einstellungstheorien verstehen Einstellung als Tendenz, Objekte, Personen oder Verhalten auf einem evaluativen Kontinuum zu bewerten, welches sich von sehr negativ bis sehr positiv erstreckt (vgl. KROSNIK & PETTY 1995). Basierend auf dieser Definition werden in der Einstellungsforschung zwei grundlegend verschiedene Ansätze – das mehrdimensionale (1) und das eindimensionale (2) System – diskutiert:

(1) Das hypothetische mehrdimensionale Konstrukt versteht Einstellung als eine Kombination von drei konzeptuell unterscheidbaren Reaktionen (kognitiv, affektiv, verhaltensbezogen – Dreikomponentenmodell) auf ein Objekt (ROSENBERG & HOVLAND 1966; EAGLY & CHAIKEN 1993).

(2) Dahingegen definiert das eindimensionale Konstrukt Einstellung durch die affektiven und kognitiven Elemente des mehrdimensionalen Ansatzes, die verhaltensbezogenen Elemente treten hierbei in den Hintergrund (FISHBEIN & AJZEN 1975; PETTY & CACIOPPO 1986).

Der alltägliche Umgang der Schüler mit ihrer Schule verdichtet sich zu einem Geflecht von Einstellungen, das neben Alltagswissen in und über Schule und Unterricht auch spezifische Verhaltenseigenschaften umfasst und einen individuellen emotionalen Umgang mit dem Einstellungsobjekt „Schule“ darstellt. Darauf basierend postuliert CHRISTEN (2004), dass sich Einstellungen von Schülern hinsichtlich Schule und Unterricht aus ihren Handlungen und verbalen Äußerungen einschätzen lassen und wählt das eindimensionale Kon-

strukt der Einstellung nach FISHBEIN & AJZEN (1975) als Grundlage ihrer Untersuchung. CHRISTEN (2004) überträgt das eindimensionale Modell auf den schulischen Kontext und kann so drei individuelle typologische Einstellungsausprägungen von Grundschulern zu Schule und Unterricht (TESU) definieren und beschreiben: Den Lernfreude-Typ, den Gelaugweilt-Frustrierten Typ und den Zielorientierten Leistungs-Typ.

Der Gelaugweilt-Frustrierte Typ und der Zielorientierte Leistungs-Typ zeichnen sich im Gegensatz zum Lernfreude-Typ nicht durch eine grundlegend positive Einstellung zu Schule und Sachunterricht aus. Der Lernfreude-Typ und der Gelaugweilt-Frustrierte Typ haben ein hohes kognitives Selbstkonzept, der Zielorientierte Leistungs-Typ sogar ein sehr hohes. Sowohl der Lernfreude-Typ als auch der Zielorientierte Leistungs-Typ weisen ein sehr hohes Selbstwertgefühl auf. Das Selbstwertgefühl des Gelaugweilt-Frustrierten Typs wird bis zum 3. Schuljahr zunehmend positiver, jedoch zum 4. Schuljahr hin negativer. Zwei wesentlich unterscheidbare Ausprägungen kennzeichnen diesen Typ: Der „Gelaugweilte-Typ“ und der „Frustrierte-Typ“ – Langeweile entsteht durch Unterforderung im Unterricht und/oder Uninteressantheit des Unterrichts; Frustration entsteht durch Misserfolg und/oder Überforderung im Unterricht.

### **2.3 Selbstkonzept und Selbstwirksamkeit(-serwartung) im Schulkontext**

Im Schulkontext geht man von einem allgemeinen schulischen Fähigkeitsselbstkonzept bzw. bezogen auf die Fächer von fachspezifischen schulischen Fähigkeitsselbstkonzepten aus. Das allgemeine schulische Fähigkeitsselbstkonzept wird als die Summe der Gedanken und Inhalte über die eigenen Fähigkeiten in schulischen (Leistungs-)Situationen definiert, basierend auf der Annahme, dass die Einschätzungen der eigenen Fähigkeiten das Verhalten und Erleben in mannigfaltiger Weise beeinflussen und folglich in schulischen Lern- und Leistungssituationen eine zentrale Rolle spielen (SCHÖNE et al. 2003).

Die Selbstwirksamkeit (*self-efficacy*) bezieht sich auf die individuelle Überzeugung hinsichtlich der eigenen Fähigkeiten zu handeln und zu organisieren, um Forderungen in bestimmten Situationen zu meistern (BANDURA 1997). Daher sollte man eher von der Selbstwirksamkeitserwartung (*efficacy beliefs*) sprechen, die Einfluss auf das Handeln, Denken, Fühlen und die Motivation der Menschen nimmt (vgl. BANDURA 1997). So vertritt BANDURA (1997) die Auffassung, dass die Selbstwirksamkeit(-serwartung) eine herausragende Bedeutung im (schulischen) Handlungsgeschehen besitzt.

Da die verschiedenen Einstellungstypen unterschiedliche Qualitäten des Selbstkonzeptes aufweisen, resultieren daraus unterschiedliche Selbstwirksamkeitserwartungen und unterschiedliche Handlungen bzw. Handlungsweisen.

## 2.4 Kooperatives Lernen im Schulkontext

Das Lernen in kooperativen schulischen Arbeitsumgebungen fördert:

- die Selbstwirksamkeit(-serwartung) der Schüler im Handlungsgeschehen (BANDURA 1997),
- die intrinsische Motivation bestimmenden *basic needs* (DECI & RYAN 1993),
- die intrinsische Motivation unterstützende Kombination aus wirksamkeitsförderlichem Feedback mit Maßnahmen der Autonomieunterstützung (KRAPP & RYAN 2002).

Im Hinblick auf die Arbeitsaufteilung kann kooperatives Lernen in verschiedene Formen unterschieden werden (WOLLRING 2004):

- paralleles Arbeiten in gegenseitiger Wahrnehmung,
- paralleles Arbeiten mit anschließendem Zusammenfassen der Einzelbeiträge zu einer Gesamtlösung,
- paralleles Arbeiten mit anschließendem Zusammenführen der Verfahrensweise,
- gemeinsames Arbeiten mit Hilfeauftrag und gemeinsames arbeitsteiliges Bearbeiten eines Problems.

## 2.5 Modellbildungsprozess

Im naturwissenschaftlichen Unterricht sowie im Mathematikunterricht spielt das Bilden von Modellen eine zentrale Rolle (vgl. WOLLRING 2001). Unter „Modelle bilden“ wird im Allgemeinen eine abbildende Arbeitstechnik verstanden, bei der Probleme aus der realen Welt in den folgenden drei Schritten bearbeitet werden: «Modellieren», «Lösen», «Interpretieren und Befund erschließen» – die drei Schritte für „vorhersagendes Modellbilden“ im Modellbildungsprozess<sup>2</sup>.

Die ungeklärte sachliche Problemstellung wird zunächst übertragen oder reduzierend auf eine geklärte sachliche oder eine geklärte mathematische Problemstellung abgebildet (Modellieren). Durch die Bearbeitung der geklärten sachlichen oder mathematischen Problemstellung innerhalb ihres Kontextes mit

---

<sup>2</sup> Der Modellbildungsprozess bzw. Bearbeitungsprozess umfasst das Modellieren, Lösen und Interpretieren und Befund erschließen. Das Bearbeitungsergebnis zusammen mit dem Bearbeitungsprozess bzw. Modellbildungsprozess bilden die Bearbeitung.

den dafür typischen Verfahren ergibt sich eine „Lösung“ (Lösen), welche nach problemorientierter Interpretation zu einem „Befund“ führt (Interpretieren und Befund erschließen)<sup>3</sup>. Ein fakultativer vierter Schritt kommt hinzu, wenn die Möglichkeit besteht, zu überprüfen und zu bewerten, ob und inwieweit der aus dem Modell erstellte Befund mit der eintretenden Wirklichkeit übereinstimmt (Validieren).

In dem folgend vorgestellten Design werden die Probanden mit Problemen konfrontiert, die ein Modell bilden erfordern, auf Grund des Versuchsdesigns und der Problemkontexte jedoch kein Validieren im genannten Sinn gestatten. Die Bewertung der Befunde wird durch das Abgleichen zweier zunächst getrennt erstellter Modellbildungen und Befunde zweier Versuchspersonen gewährleistet. In einer kooperativen Arbeitsumgebung werden diese miteinander verglichen, aufgearbeitet und nach einer gemeinsamen Modellbildung zu einem gemeinsamen Befund zusammengeführt.

## 2.6 Domänen Biologie und Mathematik

Die Untersuchung wurde in den Domänen Biologie und Mathematik durchgeführt, da sich in beiden Domänen fächerübergreifende Kompetenzen schulen lassen. Außerdem ist der Wechsel zwischen verschiedenen Komplexitätsebenen in keinem anderen Fach so umfassend und flexibel zu leisten wie in der Mathematik und besonders der Biologie (vgl. BALLMANN et al. 2002). Die Fähigkeit, diesen Wechsel zwischen den verschiedenen Komplexitätsebenen zu vollziehen, ebenso wie ihre Zusammenhänge zu erkennen, kann als zentraler Bestandteil des Modellierens betrachtet werden und spielt daher in der vorzustellenden Studie eine zentrale Rolle.

## 3 Rahmenkonzeption, Forschungshypothesen und -fragen

Basierend auf den zuvor vorgestellten theoretischen Grundlagen wurden die Rahmenkonzeption (Abb. 1), Forschungshypothesen und -fragen entwickelt.

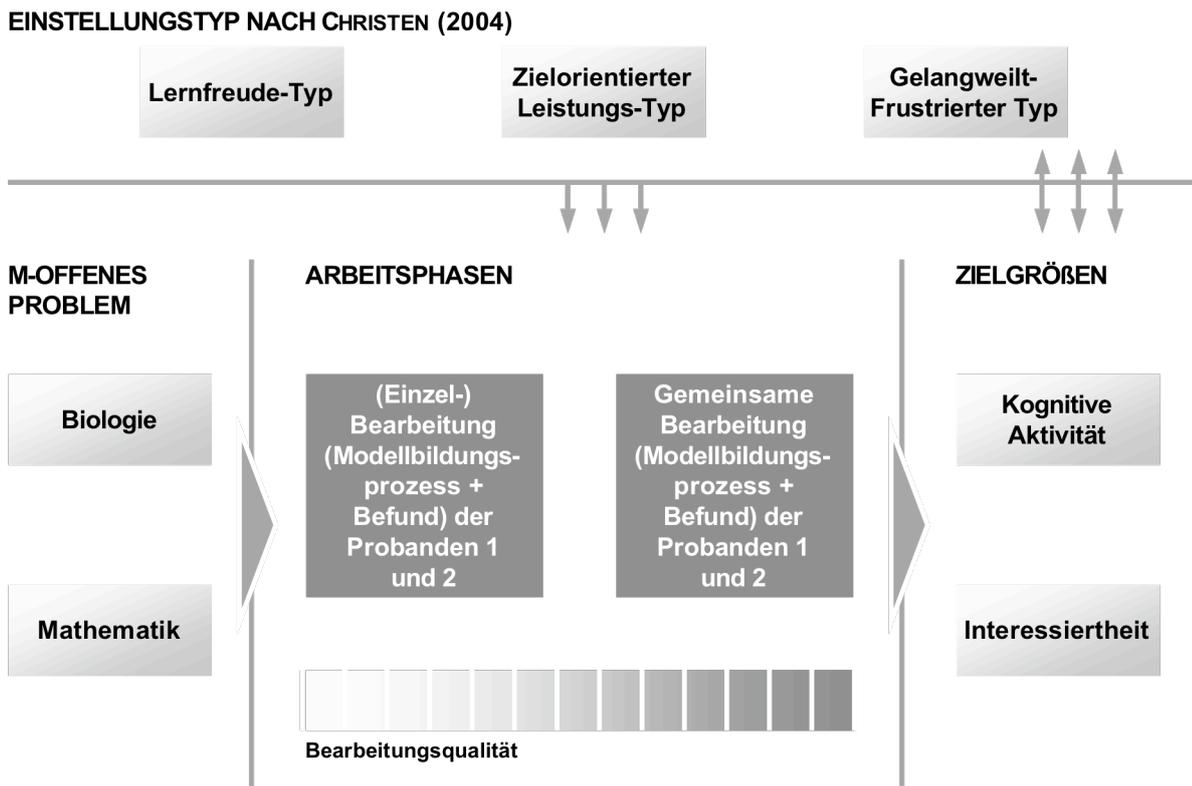
### *Hypothesen:*

- M-offene<sup>4</sup> Probleme aus den Bereichen der Biologie und der Mathematik, zusammen mit den bei der Aufgabenbearbeitung möglichen provozierten Modellbildungsprozessen, wecken bei Grundschulern kognitive Aktivitäten und Interessiertheit an der Bearbeitung von M-offenen Problemen.

---

<sup>3</sup> Lösungen sind richtig oder falsch, Befunde sind mehr oder weniger zutreffend.

<sup>4</sup> *M-offen* bezeichnet die Eigenschaft eines Problems, bei dem Lösungsansätze aufgrund verschiedener Modellbildungen möglich und sinnvoll sind.



**Abb. 1:** Rahmenkonzeption der vorliegenden Studie.

- Der bei der Bearbeitung der M-offenen Probleme angestoßene Modellbildungsprozess ist abhängig vom jeweiligen Einstellungstyp der Grundschüler zu Schule und Unterricht.
- Das kooperative Arbeiten mit M-offenen Problemen erzeugt einen substanziellen Zuwachs in der Qualität des Modellbildungsprozesses gegenüber den Einzelbearbeitungen.

*Forschungsfragen:*

- Inwieweit sind die M-offenen Probleme aus der Biologie und der Mathematik geeignet, um bei Grundschülern kognitive Aktivitäten und Interessiertheit hervorzurufen?
- Gibt es verschiedene Kategorien hinsichtlich der Modellbildungsprozesse von Grundschülern bei M-offenen Problemen? Wenn ja, spielt die individuelle typologische Einstellungsausprägung der Grundschüler zu Schule und Unterricht im Hinblick auf die zu erreichenden Kategorien der Modellbildungsprozesse eine Rolle?
- Nimmt das kooperative Arbeiten der Grundschüler Einfluss auf die Qualität der gemeinsamen Bearbeitung?

## 4 Methodik

### 4.1 Untersuchungsinstrumente

In der vorliegenden Studie wurde mit zwei biologischen und zwei ähnlich strukturierten mathematischen M-offenen Problemen mit qualitativem biologietypischen Hintergrund und quantifizierendem mathematischen Hintergrund gearbeitet, um den Modellbildungsprozess hinsichtlich des M-offenen Formats bei Grundschulern zu analysieren. Die M-offenen Probleme entsprechen den folgenden Anforderungen; sie:

- erfragen Befunde, keine solitären („richtigen“ oder „falschen“) Lösungen
- beanspruchen ein für Grundschüler lebensweltliches und beziehungsreiches Setting
- weisen einen gestalterischen Modellierungsanspruch auf
- enthalten bewusste Unschärfen in Form von undefinierten Variablen
- provozieren eine Auseinandersetzung
- schließen mit einer an den Probanden gerichteten Frage.

Hinsichtlich der M-offenen Probleme kann zwischen inputbasierten und nicht-inputbasierten unterschieden werden. Im Falle von den in der vorliegenden Studie verwendeten inputbasierten M-offenen Problemen entspricht der Input der Primärbearbeitung<sup>5</sup> des M-offenen Problems. Die Schülerbearbeitung wird dementsprechend als Meta-Bearbeitung bezeichnet, da sie sowohl eine Auseinandersetzung mit dem M-offenen Problem als auch dem Input, der Primärbearbeitung, darstellt. Der Input zu einem M-offenen Problem kann unterschiedlich ausgestaltet sein, z. B. provokativ, anregend, unterstützend, stark richtungweisend bzw. lenkend, etc.

Des Weiteren wurde ein Fragebogen, bestehend aus 59 Likert-skalierten Items konstruiert, der folgende Skalen zum Gegenstand hat:

- Interesse am Arbeiten mit M-offenen Problemen
- Interesse am Arbeiten in kooperativen Arbeitssituationen
- Verständnis der M-offenen Probleme
- Vorwissen bezüglich des Settings der Probleme.

### 4.2 Untersuchungsdurchführung

Sowohl die vier M-offenen Probleme als auch der Fragebogen wurden vor der Durchführung der Studie an Studierenden des Lehramtes für Grundschulen (Sachunterricht und Mathematik) und an Grundschulern einer vierten Klasse hinsichtlich Verständlichkeit, linguistischer Klarheit und Umfang getestet.

---

<sup>5</sup> Die Primärbearbeitung wurde zusammen mit dem jeweiligen Problem entwickelt und den Probanden schließlich als die Problembearbeitung eines (fiktiven) gleichaltrigen Grundschulers dargeboten.

Die Studie umfasste zwei nach den drei zuvor erhobenen Einstellungstypen differenzierte, inputbasierte Testserien mit 42 Grundschulern zweier vierter Klassen. Jeder Grundschüler bearbeitete ein Biologie- und ein Mathematikproblem.

In Serie 1 erhielten alle Schüler jeweils dasselbe M-offene Problem einer Domäne (Biologie oder Mathematik) zusammen mit einer Primärbearbeitung (Input) und fertigten im ersten Schritt parallel ohne Korrespondenz ihre individuellen schriftlichen Meta-Bearbeitungen an (Dauer 15 Minuten). Im zweiten Schritt arbeiteten je zwei Grundschüler gleicher TESU zusammen und erstellten eine auf ihren individuellen Meta-Bearbeitungen basierende gemeinsame schriftliche Bearbeitung (Dauer 15 Minuten). In Serie 2 bearbeiteten die Grundschüler jeweils ein Problem aus der anderen Domäne (Biologie bzw. Mathematik) in gleicher Weise wie in Serie 1. Am Ende jeder Versuchsserie füllten die Grundschüler den Fragebogen aus (Dauer ca. 30-40 Minuten).

An der Studie nahmen 18 Schüler des Lernfreude-Typs (LFT), 21 Schüler des Gelaugweilt-Frustrierten Typs (GFT) und 3 Schüler des Zielorientierten Leistungs-Typs (ZLT)<sup>6</sup> teil. Über die zwei Klassen verteilt ergaben sich so 8 LFT-Paare, 10 GFT-Paare, 1 ZLT-Paar und 2 gemischte Paare.

### 4.3 Auswertung der Untersuchung

Die individuellen Meta- und die kooperativen schriftlichen Bearbeitungen wurden kategoriengeleitet mit Hilfe der Textanalysesoftware MAX<sub>QDA</sub> ausgewertet.

## 5 Darstellung und Diskussion der Ergebnisse

Hinsichtlich des Modellierungsprozesses ausgewählter Grundschüler zu M-offenen Problemen konnten für beide Domänen (Biologie und Mathematik) fünf Kategorien definiert werden. In Kap. 5.1 soll das Erreichen dieser Kategorien durch die Schüler unabhängig von deren TESU betrachtet werden, erst in Kap. 5.2 erfolgt eine Differenzierung entsprechend ihrer TESU.

---

<sup>6</sup> Die Daten des Zielorientierten Leistungs-Typs werden wegen ihrer geringen Anzahl in der Studie im Weiteren nicht diskutiert.

## 5.1 Betrachtung des Modellbildungsprozesses hinsichtlich der Domäne

### A. Textverständnis und Treffen von Annahmen

Die erste Stufe im Modellbildungsprozess hinsichtlich M-offener Probleme ist das Entnehmen von Informationen aus dem M-offenen Problem selbst und/oder der Primärbearbeitung und deren Verschriftlichung (Textverständnis). Der qualitativ nächst höhere Schritt im Modellbildungsprozess ist das Treffen von Annahmen basierend auf den entnommenen Informationen. Da die M-offenen Probleme mehrere Variablen aufweisen, ist das Treffen von Annahmen ein unerlässlicher Schritt für jedwede Art von Modellierungsprozess hinsichtlich M-offener Probleme.

In der vorliegenden Studie gelang es nahezu allen Probanden, sowohl bei den Problemen aus dem Bereich der Biologie als auch aus dem Bereich der Mathematik Informationen aus dem Text zu entnehmen und Annahmen zu treffen. Daher kann davon ausgegangen werden, dass das primäre Verständnis der Probleme in beiden Domänen als äquivalent anspruchsvoll anzusehen ist.

### B. Erkennen des M-offenen Formats

Das Erkennen des M-offenen Formats ist ausgehend von den ersten beiden Stufen ein denkbarer nächster Schritt im Modellbildungsprozess. Dieses Erkennen äußern die Probanden durch:

- schriftliche Bemerkungen, dass sie Fakten hinsichtlich des M-offenen Problems nicht kennen
- Vermutungsäußerungen
- Gebrauch des Konjunktivs
- Wenn-dann-Formulierungen
- Präsentation mehrerer Befunde (Treffen mehrerer „Annahmen-Sets“).

In beiden Domänen war jeweils die Hälfte der Probanden in der Lage, das M-offene Format zu erkennen. Auch diese Tatsache spricht dafür, dass hinsichtlich der verwendeten M-offenen Probleme in Biologie und Mathematik das primäre Verständnis als äquivalent anspruchsvoll betrachtet werden kann.

### C. Erkennen eines Netzfadens<sup>7</sup>

In Analogie zum Erkennen des M-offenen Formats sind die beiden ersten Stufen auch die Voraussetzung für das Erkennen eines „Netzfadens“, nicht jedoch das Erkennen des M-offenen Formats. Das Erkennen eines Netzfadens zeichnet

---

<sup>7</sup> Ein Netzfaden ist definiert als die Beziehung zwischen zwei Variablen (Variablen-Pärchen), z. B. Kuh frisst Gras; Insekten fressen Kirschen, etc.

sich dadurch aus, dass die Beziehung eines Variablen-Pärchens zueinander erkannt wird.

Das Erkennen eines Netzfadens ist Voraussetzung für die Anfertigung eines Vorschlags im Sinne des fachlichen Kontexts. Da im mathematischen Bereich doppelt so viele Probanden wie im biologischen Bereich einen Netzfaden erkannten, hatten auch in dieser Domäne mehr Probanden die Voraussetzung erfüllt, um einen Vorschlag im Sinne des fachlichen Kontexts anfertigen zu können. Im mathematischen Bereich gelang es doppelt so vielen Probanden einen Vorschlag im Sinne des fachlichen Kontexts anzufertigen.

Die erhaltenen Resultate lassen erkennen, dass mathematische Netzfäden schneller zu erfassen sind, oder aber dass das Setting der M-offenen Probleme aus dem Bereich der Biologie zum Erkennen sozialer Netzfäden verleitet und somit vom fachlichen Kontext wegführt.

#### *D. Entwickeln eines Netzes*

Das Erkennen eines Netzes zeichnet sich dadurch aus, dass mindestens zwei Variablen-Pärchen erkannt und gegebenenfalls sogar in Verbindung gebracht werden.

In beiden Domänen war jeweils die Hälfte der Probanden, die einen Netzfaden erkannt hatten, auch in der Lage ein Netz zu entwickeln. Dies zeigt, dass, auch wenn biologische Netzfäden zunächst schwieriger zu erfassen sind als mathematische, ausgehend von diesen die Konstruktion eines Netzes dann doch vergleichbar gut wie im Bereich der Mathematik gelingt.

#### *E. Umgang mit der Primärbearbeitung*

Im Bereich der Mathematik waren über die Hälfte der Probanden mit der Primärbearbeitung teilweise oder ganz einverstanden, im Bereich der Biologie hingegen nur etwa ein Drittel. Die erhaltenen Daten weisen darauf hin, dass Primärbearbeitungen im Bereich der Mathematik einen stärkeren „Ich-Bezug“ für die Probanden aufweisen bzw. logischer oder realistischer erscheinen als bei den Problemstellungen der Biologie. Es erscheint als eine der einfacheren Meta-Bearbeitungsarten, der Primärbearbeitung (teilweise) zuzustimmen und diese um neue Ideen zu ergänzen. Ob dies auch die Meta-Bearbeitungen mit der höchsten Qualität sind, sei dahingestellt und soll im Folgenden nicht diskutiert werden.

Da im mathematischen Bereich circa ein Viertel und im biologischen Bereich weniger als die Hälfte nicht auf die Primärbearbeitung eingegangen ist, kann davon ausgegangen werden, dass hinsichtlich beider Domänen die Pri-

märbearbeitung eine starke Provokation für die Probanden darstellt und eine nicht minder starke Ausblendung hervorruft.

Lediglich fünf Probanden in beiden Domänen (einer in der Biologie, vier in der Mathematik) äußerten explizit, mit der Primärbearbeitung nicht einverstanden zu sein und erstellten gänzlich andere Vorschläge.

In beiden Domänen „zerfallen“ die Probanden somit in zwei Gruppen: Die, die den „Ich-Bezug“ wahrnehmen und die, die den Input ausblenden, sodass eine explizite Ablehnung kaum stattfindet.

## **5.2 Betrachtung des Modellierungsprozesses hinsichtlich der TESU**

Berücksichtigt man bei der Darstellung der Ergebnisse der vorliegenden Studie die individuellen TESU, so stellt man fest, dass nahezu keine Unterschiede zwischen den Einstellungstypen beim Umgang mit den M-offenen Problemen innerhalb einer Domäne (Biologie und Mathematik) bestanden. Erst bei der Gegenüberstellung beider Domänen zeigt sich bei den Schülern des LFT und des GFT eine Abhängigkeit von der TESU: Hinsichtlich des biologischen Bereichs hatten die Schüler des GFT Schwierigkeiten Annahmen zu treffen und einen Netzfaden zu erkennen, während die Schüler des LFT beim Erkennen eines Netzfadens und Entwickeln eines Netzes auf Probleme stießen. Das lässt erkennen, dass die Schüler des LFT sich erst ab einer qualitativ höheren Stufe des Modellierungsprozesses Hindernissen gegenübersehen, während dies für die Schüler des GFT bereits „früher“ im Modellierungsprozess zutrifft. Es liegt die Vermutung nahe, dass die Schüler der Untergruppe des „überfordert Frustrierten Typs“ hierbei die Mehrheit stellen, welche ab einem frühen Zeitpunkt in ihrem Modellierungsprozess die an sie gestellten Anforderungen als zu hoch bewerten, was eine tiefer gehende Auseinandersetzung verhindert. Die Schüler der Untergruppe des „unterfordert Gelangweilten Typs“ sollten an diesem Ergebnis nicht ausschlaggebend beteiligt sein, da nach Befragung der Grundschüler keiner angab, unterfordert zu sein und zum anderen das Novum „M-offenes Problem“ sowie die gesamte Arbeitssituation (Auseinandersetzung mit Primärbearbeitung, kooperative Arbeitsphase) Langeweile entgegenwirkt.

Anhand des Fragebogens konnte gezeigt werden, dass sowohl die Schüler des LFT als auch des GFT in beiden Domänen hohe Zustimmung gegenüber den Skalen Interesse am Arbeiten mit M-offenen Problemen, Interesse am Arbeiten in kooperativen Arbeitssituationen, Verständnis der M-offenen Probleme und Vorwissen bezüglich des Settings der Probleme zeigten. Die Schüler des LFT gaben zu allen Themen die positivere Bewertung ab. Man kann vermuten,

dass sich die Schüler des LFT insgesamt als „erfolgreicher“ als die Schüler der anderen TESU betrachtet haben dürften.

### **5.3 Individuelle vs. kooperative Arbeitsphase**

Hinsichtlich des vermuteten substanziellen Zuwachses in der Qualität des Modellbildungsprozesses gegenüber den Einzelbearbeitungen durch das kooperative Arbeiten zeigte sich, dass bei weitem nicht alle kooperativen Bearbeitungen eine höhere Qualität aufwiesen. In einigen Fällen setzten sich die Grundschüler mit der qualitativ niedrigeren Bearbeitung durch, und in Folge dessen erlangte die gemeinsame Bearbeitung eine geringere Qualität als die des Partners mit der qualitativ höherwertigen Bearbeitung.

### **5.4 Biologiedidaktische Relevanz**

Die Studie zeigt, dass M-offene Probleme das Potenzial haben, bei Grundschülern Modellbildungsprozesse hervorzurufen und somit gleichsam zum Messen ihrer fachlichen Kompetenz dienen können. M-offene Probleme bieten den Ausgangspunkt für den Einsatz einer in der Entwicklung befindlichen Kompetenzmatrix, welche die Evaluation der erhobenen fachlichen Kompetenzen der Grundschüler im Hinblick auf die künftigen nationalen Bildungsstandards ermöglichen kann. Diese Kompetenzmatrix weist keine Niveaustufen auf, sondern setzt sich vielmehr zusammen aus den folgenden drei Achsen: Kompetenzen, fachliche Teildimensionen und Verarbeitungstiefe. Während die Kompetenzen und Verarbeitungstiefe allgemein gültig sind, sind die fachlichen Teildimensionen domänenabhängig und alle Punkte in dieser dreidimensionalen Kompetenzmatrix aufgaben-/problemabhängig.

Die Kompetenzmatrix kann von Lehrern als (schüler-)individuelles Diagnoseinstrument eingesetzt werden, um Grundschüler in ihrem individuellen Lernweg zu unterstützen und um ihnen Kompetenzdefizite und Möglichkeiten zu deren Behebung aufzuzeigen.

Ferner bieten M-offene Probleme Ansätze für Elemente in der didaktisch-methodischen Ausgestaltung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Grundschule, mit denen die literacy-Kompetenzen von Grundschülern gestärkt werden können.

## **Literatur**

BALLMANN, R., R. DIECKMANN, Th. FREIMAN, J. LANGLET, K.-P. OHLY, Th. SAATHOFF, A. SANDMANN, H. VOGT, V. WOLFF, J. ZABEL & H.-D. LICHTNER (2002): Weniger (Additives) ist mehr (Systematisches). Kumulatives lernen. Handreichungen für den Biologieunterricht in den

- Jahrgängen 5-10. Verband Deutscher Biologen und biowissenschaftlicher Fachgesellschaften e.V.
- BANDURA, A. (1997): *Self-efficacy: the Exercise of control*. W.H. Freeman and Company, New York.
- CHRISTEN, F. (2004): *Einstellung von Grundschulern zu Schule und Sachunterricht und der Zusammenhang mit ihrer Interessiertheit*. Inaugural-Dissertation der Abteilung für Didaktik der Biologie der Universität Kassel. University Press, Kassel.
- DECI, E.L. & R.M. RYAN (1993): Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Z.f.Päd.* **39** (2), 223-238.
- EAGLY, A.H. & S. CHAIKEN (1993): *The psychology of attitudes*. Harcourt Brace Jovanovich, Fort Worth, TX.
- FISHBEIN, M. & I. AJZEN (1975): *Belief, attitude, intention and behavior. An introduction to theory and research*. Reading, Addison-Wesley, MA.
- KRAPP, A. (1992): Konzepte und Forschungsansätze zur Analyse des Zusammenhangs von Interesse, Lernen und Leistung. In: A. KRAPP & M. PRENZEL [Hrsg.]: *Interesse. Lernen, Leistung. Neuere Ansätze einer pädagogisch-psychologischen Interessenforschung*. Aschendorff, Münster. 9-52.
- KRAPP, A. (1998): Entwicklung und Förderung von Interesse im Unterricht. *Psychologie, Erziehung, Unterricht* **44**. Ernst Reinhard, München Basel, 185-201.
- KRAPP, A. & R.M. RYAN (2002): Selbstwirksamkeit und Lernmotivation. Eine kritische Betrachtung der Theorie von Bandura aus der Sicht der Selbstbestimmungstheorie und der pädagogisch-psychologischen Interessentheorie. *Z.f.Päd.* **44**. Beiheft, 54-82.
- KROSNIK, J.A. & R.E. PETTY (1995): Attitude strength: An overview. In: R.E. PETTY & J.A. KROSNIK [eds.]: *Attitude strength – Antecedents and consequences*. Erlbaum, Hillsdale, NJ. 1-24.
- LEWALTER, D. & I. SCHREYER (2000): Entwicklung von Interessen und Abneigungen – Zwei Seiten einer Medaille? Studie zur Entwicklung berufsbezogener Abneigungen in der Erstausbildung. In: U. SCHIEFELE & K.P. WILD [Hrsg.]: *Interesse und Lernmotivation. Untersuchungen zu Entwicklung, Förderung und Wirkung*. Waxmann, Münster. 53-72.
- PETTY, R.E. & J.T. CACIOPPO (1986): *Attitudes and persuasions – Classic and contemporary approaches*. Dubuque, Brown, IA.
- ROSENBERG, M.J. & C.I. HOVLAND (1966): Cognitive, affective and behavioural components of attitudes. In: M.J. ROSENBERG, W.J. MCGUIRE, R.P. ABELSON & J.W. BREHM [eds.]: *Attitude organization and change*. New Haven, London.
- SCHIEFELE, U. (1996): *Motivation und Lernen mit Texten*. 1. Auflage, Hogrefe-Verlag, Göttingen.
- SCHIEFELE, H., M. PRENZEL, A. KRAPP, A. HEILAND & H. KASTEN (1983): Zur Konzeption einer pädagogischen Theorie des Interesses. Gelbe Reihe Nr. 6: *Arbeiten zur Empirischen Pädagogik und Pädagogischen Psychologie*. Selbstverlag, München.
- SCHÖNE, C., O. DICKHÄUSER, B. SPINATH & J. STIENSMEIER-PELSTER (2003): Das Fähigkeits-selbstkonzept und seine Erfassung. In: J. STIENSMEIER-PELSTER & F. RHEINBERG [Hrsg.]: *Diagnostik von Motivation und Selbstkonzept*. 1. Auflage, Hogrefe-Verlag, Göttingen Bern Toronto Seattle. 3-14.
- UPMEIER ZU BELZEN, A. & H. VOGT (2001): Interessen und Nicht-Interessen bei Grundschulkindern. Theoretische Basis der Längsschnittstudie PEIG. *IDB* **10**, 17-31.
- WOLLRING, B. (2001): Zur Sicht auf die „Sachen“ – Notizen zum Kontaktfeld von Mathematikunterricht und Sachunterricht in der Grundschule. In: G. BECK, M. RAUTERBERG, G. SCHOLZ, & K. WESTPHAL [Hrsg.]: *Sachen des Sachunterrichts*. Frankfurter Beiträge zur Erziehungswissenschaft, Band 4. Frankfurt a. M.: Fachbereich Erziehungswissenschaft der Johann Wolfgang Goethe-Universität. 111-134.
- WOLLRING, B. (2004): Kooperative Aufgabenformate und Lernumgebungen im Mathematikunterricht der Grundschule. In: H DAUBER [Hrsg.]: *Gestalten – Entdecken. Lernumgebungen für selbständiges und kooperatives Lernen*. Kassel: Zentrum für Lehrerbildung der Universität Kassel. Reihe Studium und Forschung. 14-21.

