

Woran machen Kinder Gemeinsamkeiten zwischen Phänomenen fest? Prozedurales und konzeptuelles Wissen von Drittklässlern zu Hebeln

Veronika Schwelle, Katrin Lohrmann, Andreas Hartinger

Angaben zur Veröffentlichung / Publication details:

Schwelle, Veronika, Katrin Lohrmann, and Andreas Hartinger. 2012. "Woran machen Kinder Gemeinsamkeiten zwischen Phänomenen fest? Prozedurales und konzeptuelles Wissen von Drittklässlern zu Hebeln." In *Lernen und Lehren im Sachunterricht: zum Verhältnis von Konstruktion und Instruktion*, edited by Hartmut Giest, Eva Heran-Dörr, and Carmen Archie, 119–26. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.



*Veronika Schwelle, Katrin Lohrmann und
Andreas Hartinger*

Woran machen Kinder Gemeinsamkeiten zwischen Phänomenen fest? Prozedurales und konzeptuelles Wissen von Drittklässlern zu Hebeln

The identification of common features and principles is considered as an important condition for the application of knowledge to new phenomena. The research project investigates how children (age 8-9) recognize commonalities between different phenomena and what role procedural and conceptual knowledge play. The findings described here are drawn from a qualitative pre-study in which 17 students were individually interviewed on the natural science topic "lever". The aim was to gain insights into the way the students recognize similarities and differences across three phenomena. The findings show that the students had dominantly used procedural knowledge rather than conceptual knowledge for their estimation of similarities and dissimilarities.

1. Einleitung

Das Projekt „Phänomen(un)ähnlichkeiten“¹ beschäftigt sich mit der Frage, wie Kinder im Sachunterricht der Grundschule darin unterstützt werden können, konzeptuelles Wissen zu erwerben und dieses – im Sinne von scientific literacy – auf unbekannte Phänomene anzuwenden. Die theoretische Fundierung der empirischen Fragestellung ergibt sich aus einer Verknüpfung neuerer lernpsychologischer Erkenntnisse mit traditionellen Überlegungen und methodischen Prinzipien der Didaktik des Sachunterrichts.

Im Rahmen einer Vorstudie des Projekts sollte erfasst werden, woran Kinder Gemeinsamkeiten zwischen Phänomenen zum Hebelgesetz festmachen. Überprüft wurde außerdem, über welches prozedurale und konzeptuelle Wis-

¹ Das Projekt wird mit dem Aktenzeichen LO 1706/1-1 durch die DGF gefördert und entstand aus der AG Drittmittelförderung der GDSU.

sen die Kinder bezüglich dieser Thematik verfügen (vgl. Kap. 4). Der Beitrag gibt einen Überblick über die theoretische Einbettung der Vorstudie, deren Ergebnisse und die daraus folgenden Konsequenzen für die Hauptuntersuchung.

2. Stand der Forschung

Da Wissen stets kontextgebunden ist, ist es erforderlich, das erlernte Wissen über diese Situiertheit hinaus auch für andere Kontexte anwendbar zu machen. Forschungsbefunde haben gezeigt, dass die Anwendung von Wissen gelingt, wenn Personen über flexible Wissensstrukturen verfügen (Spiro/ Feltovich/ Jacobson/ Coulson 1991).

Fördern lässt sich der Aufbau von flexibel anwendbarem Wissen schon während des Lernprozesses dadurch, dass die Kinder im Unterricht zum expliziten Vergleich von multiplen Konkretionen, d.h. von mehreren Beispielen bzw. Phänomenen zu einer identischen Grunderkenntnis oder Gesetzmäßigkeit, aufgefordert werden (Gentner/ Loewenstein/ Thompson 2003).

Die Grundlage für das Arbeiten mit multiplen Konkretionen ist das Zugrundeliegen einer gemeinsamen Tiefenstruktur und daraus folgend die Identifikation gemeinsamer strukturell relevanter Merkmale. Bezogen auf naturwissenschaftliche Themen des Sachunterricht bedeutet dies, dass die Phänomene der gleichen naturwissenschaftlichen Gesetzmäßigkeit folgen. Spreckelsen (1997) spricht bezogen auf die gemeinsame Tiefenstruktur von „genotypischer Analogie“. Gemeinsame Merkmale lassen sich jedoch nicht nur auf der Tiefenstruktur, sondern auch auf der Oberflächenstruktur erkennen. Diese „phänotypischen Analogien“, wie sie Spreckelsen bezeichnet, zeigen Gemeinsamkeiten der zu bearbeitenden Konkretionen auf, die sich aus ihrem Erscheinungsbild ergeben.

Gentner (1989) konzeptualisiert in ihrer Structure-Mapping-Theorie die kognitiven Prozesse, die für das Erkennen der Tiefenstruktur erforderlich sind (vgl. zsf. Lohrmann 2010). Demnach müssen die Lernenden die strukturell relevanten Merkmale der Phänomene identifizieren und aufeinander beziehen, um Gemeinsamkeiten erkennen zu können. Diese kognitiven Prozesse werden von Gentner et al. (2003) als „structural alignment“ oder auch als „Mapping“ bezeichnet. Dieses kann sich auf unterschiedlichen, aufeinander aufbauenden Ebenen abspielen: auf der Ebene der einzelnen Elemente, der Relationen zwischen den Elementen und auf der Ebene des gesamten Systems aus Einzelmerkmalen und Relationen (Gentner 1989, Gentner/ Kurtz 2006, Gentner/ Markman 1994).

Auf welcher Ebene dieses Mapping gelingt, ist u.a. vom Vorwissen abhängig. Forschungsbefunde zeigen diesbezüglich, dass Novizen ihren Blick eher auf die Oberflächenstruktur der Phänomene richten, da ihnen die Tiefenstruktur noch nicht bekannt ist (Blanchette/ Dunbar 2001, Chi/ Feltovich/ Glaser 1981). Durch instruktionale Unterstützung ist es jedoch möglich, Novizen auf die Tiefenstruktur der Phänomene zu stoßen (Kurtz/ Miao/ Gentner 2001), beispielsweise durch das Hinzuziehen von zusätzlichem Arbeitsmaterial oder das gezielte Lenken ihrer Aufmerksamkeit.

Einen didaktischen Ansatz für das Arbeiten mit multiplen Konkretionen stellt das Analoge Enkodieren dar (Gentner et al. 2003). Dieser Ansatz versucht, an der Structure-Mapping-Theorie ansetzend, eine konkrete Umsetzungsmöglichkeit für die Gestaltung von Lernsituationen zu geben. Der Grundgedanke ist dabei, dass Lernende gleichzeitig mit zwei Phänomenen konfrontiert werden, deren Funktionsprinzip noch nicht durchgearbeitet wurde. Dadurch können wechselseitige Vergleichsprozesse zwischen den beiden Phänomenen angeregt werden, bei denen die Erkenntnis, die an einem Phänomen erlangt wurde, auf das andere übertragen werden kann. Da keines der Phänomene vorher durchgearbeitet wurde, soll der Blick von der Oberflächenstruktur gelöst und auf die gemeinsame Tiefenstruktur, im vorliegenden Projekt das Hebelgesetz, gelenkt werden.

3. Forschungslücke

Aus bisherigen Forschungsarbeiten geht hervor, dass das Arbeiten mit noch unbekanntem multiplen Konkretionen den Lernprozess fördert, indem flexibel anwendbares Wissen angebahnt wird. Unberücksichtigt blieb bisher jedoch die Auswahl und somit die Beschaffenheit der Konkretionen. Es stellt sich deshalb die zentrale Frage, was von den Lernenden miteinander verglichen werden soll. Dieser Problematik wird auch internationale Aufmerksamkeit geschenkt, beispielsweise durch Rittle-Johnson/ Star (2009). Sie stellen heraus, dass es zu der Frage, was miteinander verglichen werden soll, unterschiedliche Einschätzungen gibt. Einerseits sprechen sich Autoren dafür aus, – bezogen auf die Oberflächenstruktur der Phänomene – mit ähnlichen Phänomenen zu arbeiten, da gerade Novizen ansonsten überfordert sind (Chi et al. 1981, Vosniadou 1989), andererseits plädieren Autoren dafür, mit unähnlichen Phänomenen zu arbeiten, um den Blick auf die Tiefenstruktur nicht zu verstellen (Gentner et al. 2003, Kurtz et al. 2001).

Diese Forschungslücke wird im Projekt „Phänomen(un)ähnlichkeiten“ aufgegriffen, indem untersucht wird, wie sich die Ähnlichkeit bzw. Unähnlichkeit von Phänomenen auf den Aufbau von konzeptuellem Wissen auswirkt.

4. Fragestellung und Design der Vorstudie

Es handelt sich bei dem Projekt „Phänomen(un)ähnlichkeiten“ um eine quasi-experimentell angelegte Unterrichtsstudie, bei der sich durch die Variation der Phänomene „ähnlich“ vs. „unähnlich“ zwei Versuchsgruppen sowie eine Kontrollgruppe, die als Wartegruppe konzipiert ist, ergeben.

Bezugnehmend auf die Überlegungen zur subjektiv wahrgenommenen Übereinstimmung (Mähler/ Stern 2010) war es Ziel dieser Vorstudie, einen Eindruck zu erlangen, welche Phänomene Kinder als ähnlich und welche sie als unähnlich einschätzen – und woran sie dies festmachen (Lohrmann 2010). Durch theoretische Überlegungen wurden bereits im Vorfeld auf der Oberflächenstruktur Ähnlichkeiten bzw. Unähnlichkeiten zwischen den ausgewählten Phänomenen bestimmt. Die Einschätzungen der Kinder sollten, zusätzlich zu den theoretischen Überlegungen, in die Festlegung der Phänomengruppierung der Versuchsgruppen für die Hauptuntersuchung einfließen.

In Einzelinterviews wurden die Kinder um ihre subjektive Einschätzung von Phänomenen zum Hebelgesetz gebeten. Das Design basiert dabei auf dem Grundprinzip des Analogen Enkodierens: In Anlehnung an Spreckelsen (a.a.O.) wurden von uns drei Phänomenkreise bestehend aus drei Phänomenen zu unterschiedlichen Funktionen des Hebelgesetzes entwickelt.

Tabelle 1: Phänomenkreise zum Hebelgesetz

	Phänomenkreis 1	Phänomenkreis 2	Phänomenkreis 3
Phänomene	Balkenwaage Mobile Kragbogenbrücke	Brechstange Nussknacker Sackkarre	Nussknacker Locher Flaschenöffner
Funktion	Gleichgewicht	Kraftverstärkung (einfach)	Kraftverstärkung (doppelt)

Das gemeinsame Funktionsprinzip von Phänomenkreis 1, bestehend aus Balkenwaage, Mobile und Kragbogenbrücke, liegt im Herstellen von Gleichgewicht. Bei der auf den ersten Blick sehr komplex wirkenden Kragbogenbrücke haben wir uns auf das Arbeiten mit zwei Brückensteinen beschränkt: Bei zu weitem Überkragen des oberen Steins über den unteren kippt der obere Brückenstein, was jedoch durch den Einsatz eines zusätzlichen Gewichts verhindert werden kann. Die Phänomenkreise 2 und 3 unterscheiden sich im Vergleich zu Phänomenkreis 1 dahingehend, dass die Phänomene das gemeinsame Funktionsprinzip der Kraftverstärkung haben. Innerhalb dieses

Funktionsprinzips kann in einem weiteren Schritt zwischen einfachen (Phänomenkreis 2) und doppelten Hebeln (Phänomenkreis 3) differenziert werden.

Die Einzelinterviews folgten alle dem gleichen Ablauf: Nach der Präsentation eines Phänomenkreises hatten die Kinder die Möglichkeit, die einzelnen Phänomene genauer anzuschauen und auszuprobieren. Anschließend wurden die Kinder dann um eine Einschätzung hinsichtlich ihrer Ähnlichkeit bzw. Unähnlichkeit gebeten. Es ging dabei um die Frage, ob ihnen zwei Phänomene ähnlicher erscheinen als die anderen. Nachdem sich die Kinder zunächst völlig frei äußern konnten, wurden sie im Anschluss (gemäß der Methode des *stimulated recall* – vgl. Calderhead 1981) gezielt unterstützt, ihren Blick auf relevante Merkmale zu richten (z.B. durch Impulse wie: *„Bei der Waage hast du ein Gewicht entdeckt. Gibt es beim Mobile und der Brücke auch ein Gewicht?“*). Bei der anschließenden inhaltsanalytischen Auswertung, die in zwei Schritten erfolgte, wurde das Ausmaß dieser Unterstützung berücksichtigt: Zunächst wurde der Erstzugang zu den Phänomenen untersucht, indem wir die Einschätzungen der Kinder auf die Frage *„Gibt es zwei Gegenstände, die sich ähnlicher sind oder sind alle drei gleich ähnlich?“* auswerteten. In einem zweiten Schritt betrachteten wir die Äußerungen der Kinder, bei denen sie gezielt unterstützt wurden.

Als konzeptuelles Wissen wurden dann von uns Aussagen eingestuft, die Ansätze des Hebelgesetzes zum Inhalt hatten (z.B. *„Bei dem ist das das Gleiche, das ist die gleiche Armtechnik.“*). Als prozedurales Wissen eingestuft wurden Äußerungen, die auf Äußerlichkeiten oder beobachtbare Funktionsvorgänge hinweisen, wie z.B.: *„Und die zwei Dinge [Flaschenöffner und Locher] find ich jetzt halt ganz gleich. Hier muss man nach oben drücken, und da ist das das Gleiche, nur drückt man nach unten.“*

Befragt wurden insgesamt 17 Kinder aus zwei dritten Klassen. Diese kleine Stichprobe ergab sich auf Grund der sich einstellenden Sättigung (Strübing 2008), da wir nach etwa 15 Interviews feststellen konnten, dass weitere Interviews keinen zusätzlichen Erkenntnisgewinn erwarten lassen würden. Zu diesem Schluss gelangten wir auf Grund der inhaltlichen Erklärungsschemata der Kinder (vgl. Kap. 5).

5. Ergebnisse

Wir konnten feststellen, dass die Kinder bezüglich der Thematik prozedurales Wissen haben und in ihren Erklärungen häufig darauf zurückgreifen. Konzeptuelles Wissen wird von den Kindern dagegen kaum herangezogen. Den Kindern ist es folglich möglich, auf Grund ihres Alltagswissens zu

erklären, dass etwas so ist, aber nicht warum. So äußert sich ein Schüler bezüglich des Phänomenkreises 2 wie folgt: „*Sie machen alle etwas einfacher.*“ Auf die Frage der Interviewerin, warum das so ist, entgegnet er: „*Ne, ich kann's mir nicht vorstellen.*“ Das Fehlen des konzeptuellen Wissens wird auch beim Erstzugang der Kinder zu den Phänomenen deutlich, wobei den Kindern an dieser Stelle noch am häufigsten konzeptionelle Tiefe gelingt. So sagt ein Kind über Waage und Kragbogenbrücke: „*Wenn man die Bausteine nebeneinander legt, sind es auch zwei Arme.*“ Bei zielgerichtetem Nachfragen wenden sich die Kinder jedoch meist der Oberflächenstruktur der Phänomene zu: „*Also der Nussknacker hat mit den beiden nichts zu tun. Das ist ja eher was für Nüsse.*“

Untersucht man, welche Argumente Kinder wählen, um die Gemeinsamkeiten der Phänomene zu begründen, zeigt sich, dass sie hier ausschließlich auf der Oberflächenstruktur argumentieren. Zudem erweist es sich, dass die Einschätzungen hinsichtlich der Ähnlichkeit bzw. der Unähnlichkeit der Phänomene sehr unterschiedlich sind. Folgende drei Beispiele zum Phänomenkreis 1 verdeutlichen dies:

Tabelle 2: Subjektiv wahrgenommene Gemeinsamkeiten von drei Schülern

Waage – Mobile	„ <i>Das [Waage] hat Ähnlichkeit mit dem [Mobile], das [Mobile] ist eigentlich ein Nachbau, nur dass das untere Gestell nicht da ist.</i> “
Waage – Brücke	„ <i>Bei den beiden entdeck ich was Gemeinsames. Weil da, das hat auch was mit Gewicht zu tun. Wenn man das Gewicht wegnimmt, dann geht's runter. Und wenn man's ausgleicht, geht's nicht runter.</i> “
Waage – Mobile – Brücke	„ <i>Das hat alles mit Gewicht zu tun, die drei.</i> “

Die Ähnlichkeit von Waage und Mobile wird im strukturellen Aufbau begründet, die von Waage und Brücke hingegen mit dem Gewicht, das dazu kommt bzw. wegfällt. Bei der Einschätzung, dass alle drei Phänomene gleich ähnlich sind, wird auf das Vorkommen von Gewichten fokussiert.

Bei der Quantifizierung der Ergebnisse aller 17 Kinder zum Phänomenkreis 1 zeigt sich, dass die eine Hälfte der Kinder Waage und Mobile als ähnlich einschätzt und die andere Hälfte der Kinder Waage und Kragbogenbrücke. Nur ein Kind äußert sich, dass alle drei Phänomene von ihm gleich ähnlich wahrgenommen werden.

6. Diskussion

Auch bei der Quantifizierung der anderen beiden Phänomenkreise gelangen wir zu identischen Ergebnissen: Die Einschätzungen der Kinder sind so unterschiedlich, dass sich keine Phänomenkombination als ähnlich durchsetzen kann. Wir mussten deshalb erkennen, dass es uns mit diesem Setting nicht möglich ist, die Forschungsfrage der Vorstudie zu beantworten. Die Beurteilung der Ähnlichkeit bzw. Unähnlichkeit ist daher mittels theoretischer Kriterien durchzuführen. Erklären lässt sich dies im Wesentlichen damit, dass die Kinder über kein konzeptuelles Wissen zum Hebelgesetz verfügen.

Als Quintessenz aus dieser Vorstudie ergibt sich deshalb, dass von Kindern in der Auseinandersetzung mit noch unbekanntem Sachverhalten keine kognitiven Prozesse erwartet werden können, die sich auf der Tiefenstruktur bewegen, da konzeptuelles Wissen die Grundlage dafür darstellt. Selbst durch die von uns geleistete Unterstützung können Kinder nur wenig in den vorher bereits geschilderten Mappingprozessen unterstützt werden, da die Bezugspunkte, die von den Kindern fokussiert werden, ausschließlich auf der Oberflächenstruktur liegen. Dies bestätigt Forschungsbefunde, die zeigen, dass Mapping auf höheren Ebenen von Kindern nur geleistet werden kann, wenn sie über ausreichendes Vorwissen verfügen.

Es bleibt dennoch die für die Gestaltung des Unterrichts eine wichtige Frage der nun durchzuführenden Hauptuntersuchung, inwieweit Mappingprozesse im Unterricht (bei der im Unterschied zu einer Interviewsituation gezielte Arbeitsanregungen gegeben werden) durch die (Un-)Ähnlichkeit auf der Oberflächenebene unterstützt oder verhindert werden.

Literatur

- Blanchette, I.; Dunbar, K. (2001): Analogy use in naturalistic settings: The influence of audience, emotion and goals. In: *Memory and Cognition*, 29, pp. 730-735.
- Calderhead, J. (1981): Stimulated recall: A method for research on teaching. In: *British Journal of Educational Psychology*, 51, pp. 211-217.
- Chi, M.; Feltovich, P.; Glaser, R. (1981): Categorization and representation of physics problems by experts and novices. In: *Cognitive Science*, 5, pp. 121-152.
- Gentner, D. (1989): The mechanisms of analogical learning. In: Vosniadou, St.; Ortony, A. (Eds.): *Similarity and analogical reasoning*. New York, pp. 199-241.
- Gentner, D.; Kurtz, K.J. (2006): Relations, objects, and the composition of analogies. In: *Cognitive Science*, 30, pp. 609-624.
- Gentner, D.; Loewenstein, J.; Thompson, L. (2003): Learning and transfer: A general role for analogical encoding. In: *Journal of Educational Psychology*, 95, pp. 393-408.
- Gentner, D.; Markman, A.B. (1994): Structural alignment in comparison: No difference without similarity. In: *American Psychological Society*, 5, pp. 152-158.

- Kurtz, K.J.; Miao Ch.-H.; Gentner, D. (2001): Learning by analogical bootstrapping. In: *The Journal of the Learning Science*, 10, pp. 417-446.
- Lohrmann, K. (2010): (Un)ähnlichkeit zwischen naturwissenschaftlichen Phänomenen aus der Sicht von Grundschulkindern. Interviewstudien zum Structural Alignment. In: *Empirische Pädagogik*, 24, S. 264-285.
- Mähler, C.; Stern, E. (2010): Transfer. In: Rost, D.H. (Hrsg.): *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie*. Weinheim, S. 859-869.
- Rittle-Johnson, B.; Star, J.R. (2009): Compared with what? The effects of different comparisons on conceptual knowledge and procedural flexibility for equation solving. In: *Journal of Educational Psychology*, 101, pp. 529-544.
- Spiro, R.J.; Feltovich, P.J.; Jacobson, M.J.; Coulson, R.L. (1991): Cognitive flexibility, constructivism, and hypertext: Random access instruction for advanced knowledge acquisition in ill-structured domains. In: *Educational Technology*, 31, pp. 24-33.
- Spreckelsen, K. (1997): Phänomenkreise als Verstehenshilfen. In: Köhnlein, W.; Marquardt-Mau, B.; Schreier, H. (Hrsg.): *Kinder auf dem Weg zum Verstehen der Welt*. Bad Heilbrunn, S. 111-127.
- Strübing, J. (2008): *Grounded Theory. Zur sozialtheoretischen und epistemologischen Fundierung des Verfahrens der empirisch begründeten Theoriebildung*. Wiesbaden, S. 33-34.
- Vosniadou, St. (1989): Analogical reasoning as a mechanism in knowledge acquisition: A developmental perspective. In: Vosniadou, St.; Ortony, A. (Eds.): *Similarity and analogical reasoning*. Cambridge, pp. 413-437.