

Thomas Wilhelm¹
Lion Cornelius Glatz¹

¹Goethe-Universität Frankfurt am Main

Schülervorstellungen zur Ausdehnung bei Erwärmung

Ausgangslage

In der Physikdidaktik besteht heute weitgehend Einmütigkeit darin, dass es für das Lehren der Physik sehr wichtig ist, Schülervorstellungen zum unterrichteten Thema zu kennen und zu berücksichtigen. Bei manchen Themen der Physik – vor allem bei zentralen Themen und grundlegenden Begriffen – sind diese Schülervorstellungen sehr gut erforscht, so dass sie bereits in Lehrbüchern dargelegt werden (Schecker et al., 2018). Bei anderen Themen liegen dagegen nur wenig Erhebungen vor, vor allem bei Randthemen und bei fortgeschrittenen Teilthemen. Ein solches Teilthema ist die Ausdehnung bei Erwärmung, zu der es nur lange zurückliegende Erhebungen gibt.

Bisher dokumentierte Vorstellungen

Nach Duit (1986, S. 33) wurde in mehreren Untersuchungen die Ausdehnung einer Flüssigkeit in einem Thermometermodell thematisiert (voller Erlenmeyerkolben mit Glassteigrohr). Von Grundschulkindern wird das Ansteigen des Flüssigkeitsfadens selten mit der Ausdehnung der Flüssigkeit gedeutet (Wiesner & Stengl, 1984). Die Schülererklärungen des Ansteigens sind dabei nicht belastbar: Wärme macht die Flüssigkeit leichter, Wärme bringt generell Dinge zum Steigen oder Dampfblasen treiben das Wasser hoch. Dagegen haben 12-jährige Kinder meistens keine Schwierigkeiten, das Ansteigen des Flüssigkeitsfadens auf die Ausdehnung des Wassers zurückzuführen, wenn auch die obigen Deutungen noch vorkommen (Erickson, 1979).

Von sich aus nutzen Schülerinnen und Schüler selten eine explizite Stoffvorstellung und kaum das Teilchenmodell (Duit, 1986). Wird das Teilchenmodell als Erklärung angeboten, wird es von vielen akzeptiert. Allerdings werden Alltagserfahrungen mit makroskopischen Dingen für die Beschreibung von submikroskopischen Objekten übernommen. Die kleinsten Teilchen haben demnach Eigenschaften wie Temperatur, Farbe, Geruch, Form und Konsistenz (Mikelskis-Seifert 2002; Fischler & Reiners 2006; Fischler 1997). Entsprechend geht die Volumenausdehnung eines Körpers bei Erwärmung auf die Ausdehnung seiner einzelnen kleinsten Teilchen zurück (Novik & Nussbaum, 1981; Fischler & Schecker, 2018).

Es gibt aber auch Hinweise auf diffuse Vorstellungen, die zu einem Wärmestoff passen (Erickson, 1979). Dazu gehört die Vorstellung, die Wärme als eine Art Wärmestoff dringt in einen Gegenstand ein und macht ihn dadurch leichter (Fischler & Schecker, 2018). Deshalb steigt warme Luft auf.

Relevant ist auch die Vorstellung, zwischen den Teilchen eines Festkörpers ist Luft (Peuckert, 2005). Eine Ausdehnung des Festkörpers kann dann an der Ausdehnung der Luft liegen.

Vorgehensweise

Im Rahmen einer Staatsexamensarbeit (Glatz, 2017) wurde mit Hilfe von halboffenen Leitfadeninterviews mit Experimenten untersucht, welche Vorstellungen Schüler zur Ausdehnung bei Erwärmung haben. Es sollte damit untersucht werden, ob die Schülervorstellungen, die aus früheren Studien bekannt sind, wiedergefunden werden, und ob darüber hinaus auch Vorstellungen auftauchen, die bisher noch nicht beschrieben sind.

Da die Vorstellungen kurz vor einem entsprechenden Unterricht interessierten und nicht Vorstellungen, die durch den Unterricht zu dem Thema erzeugt werden, wurden 12 Schülerinnen und Schüler der 5. und 6. Jahrgangsstufe vor einem Wärmelehreunterricht befragt. Da die

Vorstellungen zur Ausdehnung von festen, flüssigen und gasförmigen Materialien interessiert, wurden drei entsprechende Experimente diskutiert: 1. Eine Metallkugel passt nach dem Erhitzen nicht mehr durch einen Ring. 2. In einem Modell eines Flüssigkeitsthermometers steigt beim Erwärmen der Flüssigkeitsfaden im Glasrohr. 3. Ein unaufgeblasener Luftballon über einer liegenden Glasflasche dehnt sich aus, wenn heißes Wasser über die Flasche gegossen wird.

Den Schülerinnen und Schülern wurden zuerst die ersten beiden Versuche vorgeführt. Dann sollten sie ihre vermutete Erklärung auf einem Arbeitsblatt festhalten, was in den anschließenden Einzelinterviews aufgegriffen wurde. Der dritte Versuch folgte später im Interview. Ein Interviewleitfaden wurde nach Niebert & Gropengießer (2014) erstellt.

Die Auswertung der Leitfadeninterviews geschah nach Gropengießer (2008) in drei Schritten: Zunächst wurden alle Interviews transkribiert. Im zweiten Schritt wurden die Interviews redigiert. Dazu wurden Bedeutung tragende Aussagen ausgewählt, Redundanzen und Füllsätzen weggelassen und der Text so transformiert und paraphrasiert, dass es eigenständige Aussagen sind, die ohne die Beiträge des Interviewleiters allein stehen können. Dabei wird auch die Grammatik der Aussagen geglättet. Im dritten Schritt werden die redigierten Aussagen geordnet.

Mit Hilfe der geordneten Aussagen wird ein Fließtext zu jeder interviewten Person erstellt, der deren Vorstellungen erläutert, genannt Explikation (Krüger & Riemeier, 2014) und eine Einzelstrukturierung entscheidender Vorstellungen vorgenommen (Mayring, 2010). Als letzter Schritt erfolgt eine Verallgemeinerung der Ergebnisse.

Ergebnisse

Angelehnt an Gropengießer (2008) werden die Verallgemeinerungen der einzelnen, in den Interviews gefundenen Konzepte in tabellarischer Form dargestellt. Die rechte Seite der untenstehenden Tabelle bietet jeweils den Überblick über die Konzepte der Schülerinnen und Schüler und enthält (redigierte) Formulierungen der Schüler. Auf der linken Seite befindet sich jeweils die Verallgemeinerung des Konzeptes.

Metall wird bei Erwärmung dadurch größer, dass ein Teil der Materie schmilzt und sich als neue Schicht darüberlegt.	<p>Lena: <i>Die Metallkugel ist innen komplett ausgefüllt und besteht aus mehreren Schichten. Nach Erwärmung hat sich eine neue Schicht darüber gebildet.</i></p> <p>Lydia: <i>Das Metall ist etwas geschmolzen und dadurch größer geworden. Es hat sich etwas verbreitet, gedehnt, ausgebreitet.</i></p> <p>Daniel: <i>Das Eisen wird heiß und dann wird ein kleines bisschen davon, aber nur ganz wenig, flüssig und das kommt dann an der Seite wieder direkt neu drauf.</i></p> <p>Julia: <i>Das Metall hat sich ausgebreitet, weil sich da irgendwie eine Schicht drum gebildet hat. Die Schicht kam aus der Hitze.</i></p> <p>Felix: <i>Bei der Kugel schmilzt das Metall und wird irgendwie ausgebreitet oder so.</i></p>
Erwärmtes Wasser und Verdunstung oder Wasserdampf steigen nach oben.	<p>Lena: <i>Luft und Wasser verdunsten und steigen nach oben.</i></p> <p>Lydia: <i>Verdunstete Luft wurde durch die Hitze in den Luftballon transportiert.</i></p> <p>Michael: <i>Der Dampf ist gekochtes Wasser. Das Wasser und alles hat sich erwärmt und ist nach oben gekommen.</i></p> <p>Daniel: <i>Durch die heiße Luft bläst sich der Luftballon auf. Da wir das Wasser erhitzen, ist da ja Wasserdampf und der Wasserdampf steigt nach oben. Dadurch, dass es abkühlt, geht der Wasserdampf auch wieder aus dem Luftballon raus.</i></p>

	Felix: <i>Das Wasser und die rote Farbe sind weiter hochgestiegen, weil heiß geht nach oben. Wenn man das Wasser darüber schüttet, ist es gleich, wie wenn es drinnen ist: Die heiße Luft geht dann nach oben.</i>
Materie besteht aus kleinen Teilchen, die bei Erwärmung größer werden, sich ausdehnen.	Lena: <i>Das Eisen besteht aus Elementarmagneten. Bei Hitze werden die größer und breiten sich aus.</i> Anna: <i>Wasser sind so kleine Teilchen, die sind alle miteinander verbunden. Wenn das jetzt erwärmt wird, dann werden diese Teilchen vielleicht größer oder zusammengedrückt.</i> Michael: <i>Wenn die Atome erhitzt werden, breiten die sich aus.</i> Diego: <i>Die Moleküle werden größer, breiten sich aus.</i> Tom: <i>Atome sind vielleicht so gasförmige Kügelchen, die in der Luft irgendwie herumschwirren.</i>
Hitze ist ein Stoff, der Platz verbraucht und andere Stoffe verdrängt.	Lukas: <i>In dem Wasser ist etwas, das es nach oben hält. Diese Hitze verbraucht ein bisschen Platz.</i> Lydia: <i>Die Hitze nimmt dem Metall den Platz im Inneren weg. Das Wasser ist hochgekommen, weil dort die Hitze den Platz verbraucht.</i> Anna: <i>Hitze macht Druck. Dieser Druck lässt die Flüssigkeit nach oben steigen.</i>
Durch Hitze kann Luft in Stoffen entstehen.	Julia: <i>Das Wasser ist durch die Hitze hochgestiegen. Da ist noch Luft aus der Hitze unten dazugekommen. Es ist heiß geworden und dann entsteht irgendwie Luft.</i> Heike: <i>Nachdem die Kugel heiß gemacht wurde, geht die so raus und innen wird die hohl. Innendrin ist dann Luft.</i>
Anthropomorphe Erklärungen	Tom: <i>Die Flasche wird erwärmt und dann kann es sein, dass die Luft raus will, weil es in diesem Teil sehr heiß wird, aber nicht raus kann und dann in diesen Luftballon rein.</i> Felix: <i>Könnte sein, dass der Luftballon abfliegt. Dadurch, dass Wärme kommt, will er dann weg, sozusagen.</i>
Magnetische Reaktionen	Lena: <i>Wenn die Metallkugel erwärmt wird, sind die Elementarmagnete ungeordnet und dehnen sich aus. Dadurch ist sie nicht mehr magnetisch und wird größer.</i>

Tab. 1: Überblick über die gefundenen Konzepte der Schülerinnen und Schüler (links: Verallgemeinerung der Konzepte, rechts: redigierte Schüleraussagen).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich einige bekannte Vorstellungen wiederfanden: „Warmes steigt auf“, „Teilchen dehnen sich aus“, „Wärmestoff“, „Luft in den Körpern“ und „anthropomorphe Vorstellungen“. Die Argumentation mit dem Aufsteigen gab es selbst dann, wenn die Flasche waagrecht lag und der Luftballon sich nach Seite aufblähte. Eine Argumentation mit Teilchen wurde nie selbstständig herangezogen, sondern erst dann gerne verwendet, wenn diese vom Interviewer angesprochen wurde.

Es traten aber auch bisher nicht dokumentierte Vorstellungen auf: „Metall schmilzt und eine neue Schicht kommt dazu“ und „magnetische Reaktionen“. Tatsächlich schmilzt das Metall nicht, aber das Aussehen der Eisenkugel verändert sich, was zu dieser Annahme führen kann. Die Begründung mit den Elementarmagneten ist eine unterrichtsinduzierte Schülervorstellung, die durch den vorhergehenden naturwissenschaftlichen Unterricht entstand.

Literatur

- Duit, R. (1986). Wärmeverstellungen. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik/Chemie*, 34 (13), 30-33.
- Erickson, G. (1979). Childrens' conceptions of heat and temperature. *Science Education* 63, 221-230.
- Fischler, H. (Hrsg.) (1997). *Teilchen – Themenheft. Naturwissenschaften im Unterricht - Physik*, Heft 41.
- Fischler, H. & Reiners, C. S. (Hrsg.) (2006). *Die Teilchenstruktur der Materie im Physik- und Chemieunterricht*. Berlin: Logos.
- Fischler, H. & Schecker, H. (2018). Schülervorstellungen zu Teilchen und Wärme. In Schecker, H.; Wilhelm, T.; Hopf, M. & Duit, R. (Hrsg.). *Schülervorstellungen und Physikunterricht*. Springer-Spektrum.
- Glatz, L. C. (2017). Erhebung von Schülervorstellungen zur Ausdehnung bei Erwärmung, Staatsexamensarbeit Goethe-Universität Frankfurt am Main, <http://www.thomas-wilhelm.net/arbeiten/Ausdehnung.pdf>
- Gropengießer, H. (2008). Qualitative Inhaltsanalyse in der fachdidaktischen Lehr-Lernforschung. In P. Mayring & M. Gläser-Zikuda (Hrsg.), *Die Praxis der Qualitativen Inhaltsanalyse*, 2. Aufl., S. 172-189. Weinheim: Beltz.
- Kesidou, S. & Duit, R. (1993). Students' conceptions of the second law of thermodynamics—an interpretive study. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(1), 85-106. doi:10.1002/tea.3660300107
- Krüger, D. & Riemeier, T. (2014). Die qualitative Inhaltsanalyse – eine Methode zur Auswertung von Interviews. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 133-145). Berlin: Springer Spektrum.
- Mayring, P. (2012). *Qualitative Inhaltsanalyse*. In U. Flick, E. Kardoff & I. Steinke (Hrsg.), *Qualitative Forschung – Ein Handbuch* (468-475). Hamburg: Rowohlt.
- Mikelskis-Seifert, S. (2002). Die Entwicklung von Metakzepten zur Teilchenvorstellung bei Schülern. Berlin: Logos
- Niebert, K. & Gropengießer, H. (2014). Leitfadengestützte Interviews. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 121-132). Berlin: Springer Spektrum.
- Novik, S. & Nussbaum, J. (1981). Pupils' understanding of the particulate nature of matter: a cross age study. *Science Education* 65, 187-196.
- Peuckert, J. (2005). *Stabilität und Ausprägung kognitiver Strukturen zum Atombegriff*. Berlin: Logos.
- Schecker, H.; Wilhelm, T.; Hopf, M. & Duit, R. (Hrsg.) (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht*. Springer-Spektrum.
- Wiesner, H. & Stengl, H. (1984). Vorstellungen von Schülern der Primarstufe zu Temperatur und Wärme. *Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe* 12, 445-452.