

Inhalt:

- 1 Vorstellungen bei älteren Schüler/-innen
- 2 Vorstellungen bei Grundschüler/-innen
 - 2.1 Bedingungen eines Feuers
 - 2.2 Löschen eines Feuers
 - 2.3 Die Kerze
 - 2.4 Zerteilung und Verteilung
- 3 Literaturhinweise

Feuer und Verbrennung

Mirjam Steffensky

Kinder sind - wie die meisten Menschen - fasziniert vom Feuer. Sie erleben ein Feuer als gemütlichen Wärmespender in Ofen oder Kamin, kennen aber auch die zerstörerische Kraft von Feuer bei Wohnungs- oder Waldbränden. Das Interesse ist sowohl bei Jungen als auch bei Mädchen hoch. Das Vorwissen der Schüler/-innen ist allerdings sehr unterschiedlich, während einige Schüler/-innen bereits in der Jugendfeuerwehr aktiv sind, haben andere Schüler/-innen in der vierten Klasse noch nie ein Streichholz angezündet.

Das Thema ist in den meisten Bildungsplänen des Sachunterrichts verankert, es wird im Unterricht oft aber ausschließlich unter (zweifelsohne wichtigen) Sicherheitsaspekten thematisiert. Das ist insofern schade, weil sich das Thema auch dafür anbietet, grundlegende Konzepte der Naturwissenschaften und speziell der Chemie, z.B. das Konzept der Veränderung und Erhaltung, kennen zu lernen und zu thematisieren. Gleichzeitig bietet das Thema zahlreiche Alltagsbezüge wie Kerzen, Grillen, Lagerfeuer.

Die Mehrzahl der Untersuchungen von Schülervorstellungen zu dem Thema sind mit Mittelstufenschüler/-innen durchgeführt worden. Zunächst werden diese Ergebnisse skizziert und dann Vorstellungen von Grundschüler/-innen, die wir aus einer Serie von Laborstudien kennen, beschrieben.

1 Vorstellungen bei älteren Schüler/-innen

Der Fokus der Untersuchungen zum Thema Feuer und Verbrennung bei älteren Schüler/-innen liegt auf den Vorstellungen zu beobachtbaren stofflichen Veränderung und dem Verständnis der zugrundeliegenden chemischen Reaktion (z.B. Prieto, Watson & Dillon, 1992). Diese Untersuchungen zeigen, dass Schüler/-innen nicht eine Vorstellungen, sondern eine Bandbreite von Vorstellungen zur Verbrennung haben, die stark kontextabhängig sind. Typisch sind z.B.:

- **Verbrennung als Vernichtung:** Diese Vorstellung ist aus einer Alltagsperspektive naheliegend, da der ursprünglich vorhandene Stoff nicht mehr da ist und die neu entstandenen Reaktionsprodukte völlig andere Eigenschaften haben, z.B. Benzin wird verbraucht und ist dann weg. Damit (jüngere) Schüler/-innen Verbrennungen nicht als Vernichtung ansehen, müssen sie zunächst die stoffliche Ebene von der Objekt-Ebene differenzieren.
- **Verbrennung als Änderung der Eigenschaften des Stoffes (Modifikation):** Der Stoff bleibt erhalten, ändert aber seine Eigenschaften, z.B. die Eisenwolle verbrennt und ändert ihre Farbe. Die Farbänderung wird nicht als Indiz für das Entstehen eines neuen Stoffes gedeutet, sondern es wird angenommen, dass der Stoff erhalten bleibt

und nur seine Farbe, in diesem Beispiel von grau nach silbrig-glänzend ändert. Oder eine Verbrennung wird als (physikalische) Änderung des Aggregatzustandes verstanden: Der Alkohol verbrennt zu nicht mehr sichtbaren Alkoholdampf.

- **Verbrennung als Transmutation:** Ein gegebener Stoff wird in einen neuen Stoff überführt, Holz wird in das Gas Kohlenstoffdioxid überführt oder ein Stoff wird zu Energie/Wärme. Eine Wechselwirkung im Sinne einer chemischen Reaktion mit einem anderen Stoff, hier Sauerstoff, wird nicht angenommen.
- **Verbrennung als chemische Reaktion:** Durch die Interaktion mit einem anderen Stoff, in diesem Fall Sauerstoff, entsteht ein neuer Stoff(e) mit neuen Eigenschaften. Die Schwierigkeit auch für manche älteren Schüler/-innen besteht darin, dass bei der Verbrennung der eine Reaktionspartner Luft/Sauerstoff nicht sichtbar ist und entsprechend die Interaktion zwischen zwei Stoffen übersehen wird.

2 Vorstellungen bei Grundschüler/-innen

Untersuchungen mit jüngeren Schüler/-innen weisen auf ähnliche Vorstellungen zur chemischen Umsetzung hin, wie die oben beschriebenen Vorstellungen von älteren Schüler/-innen. Erwartungsgemäß treten allerdings Vorstellungen, die man der Kategorie Transmutation oder chemische Reaktion zuordnen würde, seltener auf (Rahayu & Tytler, 1999). Vorstellungen der Kategorie Transmutation und (eingeschränkt) auch die der Modifikation sind durchaus belastbar und anschlussfähig zum später angestrebten Konzept der chemischen Reaktion.

In unseren Untersuchungen haben die Schüler/-innen entweder in einem Labor der Universität oder in der Schule in Kleingruppen Serien von Versuchen zum Thema Feuer durchgeführt. Zur Untersuchung der Vorstellungen sowie des Wissens wurden sie vorher und nachher in Einzelinterviews befragt. Die Hälfte der befragten Schüler/-innen waren nach Einschätzung ihrer Klassenlehrer/-innen auf der Grundlage ihrer Deutsch- und Mathematiknoten leistungsschwache, die andere Hälfte leistungsstarke Schüler/-innen (Steffensky & Unthan, in Vorbereitung).

Wichtig ist für die Grundschüler/-innen zunächst, ein Verständnis dafür zu entwickeln, dass Verbrennung nicht Vernichtung („Das Wachs ist dann weg.“ oder „Beim Lagerfeuer bleibt nur noch etwas Asche übrig“) bedeutet. Solche Vorstellungen sind häufig beschrieben und zeigen sich auch in unsern Befragungen von Dritt- und Viertklässler/-innen (N=45) aus der die beiden Zitate stammen. Es finden sich aber auch Vorstellungen, die der oben beschriebenen Kategorie der Modifikation zuzuordnen wären, z.B. „dann wenn die Kerze ausgebrannt ist, dann *is* ja da nichts mehr und das kommt, da sich die Kerze in Rauch auflöst“.

Das Wachs oder Holz „verschwindet“, daraus entsteht aber etwas Neues. Versuche, in denen die Schüler/-innen erkunden, dass etwas Neues entsteht, z.B. das Nachweisen von Kohlenstoffdioxid und Wasser beim „Ver“brennen der Kerze, sind dabei unterstützend. Das Konzept der Erhaltung ist den Grundschüler/-innen auch aus anderen Kontexten bekannt wie dem Wasserkreislauf oder dem Lösen und Wiedergewinnen von z.B. Salz in bzw. aus Wasser.

Generell nutzen viele Schüler/-innen bei dem Thema Feuer und speziell im Zusammenhang mit der benötigten Luft animistische Bilder, z.B. „das Feuer braucht die Luft zum Atmen“, „die Flamme stirbt ohne Sauerstoff“, die als Lernhilfen und als Zugang zu neuen Perspektiven geeignet sein können (vgl. z.B. Lück, 2001).

2.1 Bedingungen eines Feuers

Zentral für das Thema Feuer sind die drei Bedingungen, die erfüllt sein müssen, damit ein Feuer entfacht wird. Dass zum Brennen ein Brennstoff nötig ist, wissen fast alle Kinder oder zumindest können sie verschiedene Beispiele wie Papier, Wachs, Holz oder Benzin aufzählen, viele können auch Luft/Sauerstoff als zweite Bedingung angeben. Viele kennen auch die entsprechenden Versuchsvariationen „Kerze unterm Glas“. Sie haben damit freilich noch kein Verständnis für die Interaktion, also die chemische Reaktion, zwischen den beiden benötigten Stoffen.

Die dritte Bedingung, nämlich das Erreichen einer spezifischen Entzündungstemperatur, ist für die Grundschüler/-innen schwieriger zu verstehen. Sie gehen davon aus, dass man eine Flamme, vermittelt durch Streichhölzer oder ein Feuerzeug, benötigt und es einen direkten Kontakt zwischen der Flamme und dem Brennmaterial braucht. Zwei Aussagen, die dieses verdeutlichen, wären:

- „so etwas zum Anzünden, wie zum Beispiel bei Waldbränden, ist ja oft irgendwie eine Zigarette, die einem runter fällt oder ein Streichholz ... ein Feuerzeug oder so was“
- „die Flamme muss direkt daran und dann springt sie rüber und das neue Holz brennt auch“

Dass es aber nicht auf die Flamme als solches ankommt, sondern auf die Hitze und die dadurch erreichte Entzündungstemperatur, ist weniger anschaulich.

Manche Schüler/-innen kennen Versuche mit Brenngläsern, die sie zur Erklärung heranziehen. Auch der Versuch, ein Streichholzköpfchen in einem Reagenzglas anzuzünden, in dem das Reagenzglas von außen erhitzt wird, verdeutlicht, dass die Flamme nicht den Brennstoff berühren muss, sondern es auf die Temperatur ankommt.

In unseren Untersuchungen haben wir das Experiment, ein Stück Papier in einem Metallsieb über einer Kerze anzuzünden, ausgewählt (Abb. 1), um einen Einblick in die Vorstellungen und Theorien zur Bedingung benötigte Entzündungstemperatur zu erhalten. Die Schüler/-innen wissen, dass ein Papier zu brennen beginnt, wenn man es über eine Kerzenflamme hält. Verblüffender Weise fängt das Papier im Metallsieb kein Feuer.



Abb. 1

Typische Erklärungen der Schüler/-innen sind z.B.

- Flammenkonzept (siehe oben: die Flamme muss den Brennstoff direkt berühren):
„Die Flamme will durch das Sieb, aber die Löcher sind zu klein.“
(Es ist praktisch, Siebe mit unterschiedlichen Maschengrößen zu nutzen, damit die Schüler/-innen diese Erklärungen überprüfen können.)
- Richtungskonzept: „Die Luft kommt nicht durch, die Luft muss von unten kommen“

Ungefähr ein Drittel der von uns befragten Schüler/-innen konnte eine fachlich anschlussfähige Erklärung, bei der die nicht erreichte nötige Entzündungstemperatur angeführt wurde, entwickeln:

- „Das Sieb hält die Hitze so'n bisschen auf.“ Oder „Das Sieb schluckt die Hitze, deshalb wird es heiß und es reicht nicht fürs Papier.“

2.2 Löschen eines Feuers

Haben die Schüler/-innen die drei Bedingungen erkannt, die benötigt werden, um ein Feuer zu entfachen, fällt es ihnen nicht schwer, das Prinzip der verschiedenen Löschmethoden, z.B. das Ersticken mit Sand oder Schaum, den Entzug des Brennmaterials durch Brandschneisen oder die Erniedrigung der Temperatur durch Zugabe von Wasser, zu erklären, bei denen jeweils eine oder mehrere der drei Bedingungen entzogen wird. Auch bei Methoden, die für die Schüler/-innen weniger bekannt sind, wie das Löschen mit Kohlenstoffdioxid, konnten wir keine auffälligen Schwierigkeiten oder Alternativvorstellungen beobachten. Zwar äußern manche Schüler/-innen beim Bauen eines Kohlenstoffdioxid-Feuerlöschers aus Backpulver (oder Natron) und Essig zunächst spontan, das Feuer würde durch den Geruch des Essigs gelöscht werden. Da diese Vermutung jedoch für die Schüler/-innen einfach zu überprüfen und widerlegen ist, hält sich die „Geruchs-Theorie“ nicht lange.

2.3 Die Kerze

Kerzen bieten sich für Versuche zum Thema Feuer an, weil Schülerversuche mit Kerzen relativ einfach handhabbar sind. Für ein Verständnis des Kerzen Brennens ist es allerdings notwendig, dass Schüler/-innen die verschiedenen Aggregatzustände kennen. Obwohl fast alle Schüler/-innen im vorangegangenen Unterricht die drei Zustände von Materie, z.B. im Zusammenhang mit dem Wasserkreislauf, kennen gelernt haben, fällt es vielen schwer, dieses Wissen auf die Kerze zu übertragen. Gerade das gasförmige Wachs (von Schüler/-innen eher als Wachsdampf oder -nebel oder -rauch bezeichnet), der eigentliche Brennstoff der Kerze, ist für die Schüler/-innen schwer vorstellbar.

Schüler/-innen können die einzelnen Bestandteile eines Teelichtes mühelos benennen, jedoch gibt es unterschiedliche Vorstellungen über deren Funktionen. Der Docht ist in der Vorstellung der Schüler/-innen häufig das brennbare Material. Dagegen nehmen sie an, dass Wachs lediglich dazu dient, dass der Docht länger brennt oder der Docht gehalten wird oder die Kerze duftet.

Irritationen entstehen, wenn herausgefunden wird, dass die reine Dochtschnur nur kokelt, wenn sie in die Flamme gehalten wird, und sich auch das feste Wachs nicht einfach entzünden lässt, wenn ein Feuerzeug daran gehalten wird.

Unsere Befragungen zeigen aber, dass sowohl leistungsstarke als auch leistungsschwache Schüler/-innen durchaus in der Lage sind, die wesentlichen Vorgänge beim Brennen einer Kerze (Wachs schmilzt, wird durch den Docht in die Flamme transportiert, wird gasförmig und verbrennt) zu erschließen, sie aber entsprechende Unterstützung und vor allem Zeit benötigen. So können beispielsweise viele Schüler/-innen in Nachbefragungen oft nur mit unterstützenden Fragen erklären, warum eine Kerzenflamme ausgepustet werden kann („Ich puste den Dampf weg, ähm ich nehme den Brennstoff weg“). Dieses Auspusten verwirrt insbesondere, da Schüler/-innen bekannt ist, dass man ein Lagerfeuer, den Grill oder ein Kaminfeuer anpustet, damit es besser brennt (siehe nächster Abschnitt).

2.4 Zerteilung und Verteilung

Neben den drei Bedingungen, dem Vorhandensein von Sauerstoff und Brennstoff sowie dem Erreichen der Entzündungstemperatur, spielt für die Brennbarkeit eines Stoffes auch die Größe der Oberfläche eine entscheidende Rolle (Zerteilungsgrad). Gefragt, wieso man ein Lagerfeuer anpustet, um es in Gang zu bekommen, argumentieren viele Kinder zunächst ausschließlich mit dem Sauerstoff: „Dann kriegt das Feuer Nachschub an Sauerstoff“ Vernachlässigt wird der Aspekt der Verteilung des Brennstoffes. Nach der

Lerneinheit sind viele Schüler/-innen in der Lage, im Kontext Lagerfeuer den Verteilungsaspekt und die entsprechend vergrößerte Oberfläche in ihre Argumentation zu integrieren („Die Hölzer breiten sich aus, und dann kommt mehr Sauerstoff dazwischen.“). Schwierigkeiten mit Modellen zur Oberflächenvergrößerung, z.B. aus Legosteinen, konnten wir nicht feststellen. Allerdings gelingt nur den wenigsten Schüler/-innen spontan die Übertragung dieses Wissens auf Versuche wie den Wachsbrand oder die Mehlstaubexplosion, bei denen die große Oberfläche (oder Oberflächenvergrößerung) der kleinsten Wachs- oder Mehlpartikel längst nicht so anschaulich ist, wie die Verteilung des Brennstoffes bei einem Lagerfeuer.

3 Literaturhinweise

- Lück, G. (2001): Wenn die unbelebte Natur im Sachunterricht beseelt wird. Die Rolle der Animismen im Vermittlungsprozess. In Kahlert, J. & Inckemann, E. (Hrsg.): Wissen, Können und Verstehen – über die Herstellung ihrer Zusammenhänge im Sachunterricht. Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts, Bd. 11, Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, 149–159.
- Prieto, T., Watson, R. & Dillon, J. (1992). Pupils' understanding of combustion, *Research in Science Education* 22(1), 331-340.
- Rahayu, S. & Tytler, R. (1999). Progression in primary school children's conceptions of burning: Toward an understanding of the concept of substance, *Research in Science Education* 29(3), 295-312.