

Schüler haben sich schon viele Jahre mit Dingen in ihrer Alltagswelt auseinandergesetzt, bevor in der Schule der fächerdifferenzierte naturwissenschaftliche Unterricht beginnt: Sie haben die „Sendung mit der Maus“ gesehen, erste Versuche und Entdeckungen im Kindergarten und in der Vorschule gemacht, und sie sind im Sachunterricht und im naturwissenschaftlichen Unterricht mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen in Berührung gekommen. Sie haben also bereits zahlreiche Erklärungen für Phänomene ihrer Lebenswelt entwickelt. Diese Erklärungsansätze entsprechen allerdings nicht immer der naturwissenschaftlichen Sichtweise. Solche vorwissenschaftlichen Erklärungen werden als Vorstellungen bezeichnet. Welchen Einfluss Vorstellungen auf das Lernen haben, über welche ursprünglichen Erklärungen Schüler für chemische Vorgänge verfügen, wie wir Vorstellungen im Chemieunterricht erkennen und adäquat berücksichtigen können, werden wir in diesem Kapitel in den Blick nehmen.

## 3.1 Zur Bedeutung von Vorstellungen

Dass die Vorstellungen, die Schüler bereits besitzen, für die Planung und erfolgreiche Durchführung von Unterricht von immenser Bedeutung sind, ist keine wirklich neue Erkenntnis. Schon Adolph Diesterweg formulierte dies vor gut 170 Jahren: „Ohne die Kenntnis des Standpunktes des Schülers ist keine ordentliche Belehrung desselben möglich. Man weiß ja sonst nicht, was vorauszusetzen, wo anzuknüpfen ist“ (1850, S. 205).

Im Kapitel Konstruktivismus und kumulatives Lernen (Kap. 8) wird ausgeführt, wie Lernprozesse nach heutigem Verständnis ablaufen. Wesentliches Kriterium ist dabei, an bereits vorhandenes Wissen anzuknüpfen. Wenn wir über „Wissen“ sprechen, dann meinen wir damit nicht das Wissen, das unverrückbar erscheint, wissenschaftlich akzeptiert und korrekt ist und so in einem Lexikon stehen könnte; sondern wir denken dabei an solches Wissen, das eine Person erworben hat, das damit natürlich subjektiv geprägt ist, aber für die Person als zutreffend und stimmig sowie

letztendlich als erklärungs mächtig gilt. Zu diesem Wissen gehören auch Erklärungen, die wir uns von bestimmten Phänomenen machen, oder Erklärungen, die wir plausibel finden und deshalb für uns als gültig annehmen. Wenn also ein Kind, das zu verstehen versucht, warum die Asche von verbranntem Holz so viel leichter ist als das Holzscheit, das verbrannt wurde, zu dem Schluss kommt, dass wohl ein Teil des Holzes verbrannt und damit „weg“ sei, dann ist diese Erklärung im Verständnis des Kindes völlig schlüssig und somit richtig. Allerdings entspricht diese Vorstellung nicht der naturwissenschaftlichen Sichtweise und erst recht nicht dem Gesetz von der Erhaltung der Masse. Solche subjektiven Erklärungen, die nicht der naturwissenschaftlichen Sicht entsprechen, wurden in der fachdidaktischen Diskussion als Fehlvorstellungen, naive, lebensweltliche oder vorwissenschaftliche Vorstellungen oder auch als *misconceptions* und Alltagsvorstellungen bezeichnet (Barke 2006, S. 22). Wegen des bewertenden Aspekts tendiert man inzwischen dazu, diese Begriffe zu vermeiden und diese Art von Vorstellungen einfach neutral als Vorstellungen bzw. Schülervorstellungen zu bezeichnen.

► **Vorstellung** Eine Vorstellung ist ein gedankliches Bild, Modell oder eine Erklärung, die sich eine Person zu einem Phänomen oder einer Situation gemacht hat.

Vorstellungen von Schülern können unvollständig, aber auch sehr klar und vollständig sein (Pfundt 1975), und sie sind oftmals zeitlich stabil oder werden erst in einer Situation spontan erzeugt (Häußler et al. 1998). Aber wie manifest eine Vorstellung auch sein mag, „ohne ausdrückliches Abbauen falscher Vorstellungen [werden] keine tragfähigen Vorstellungen erworben“ (Piaget und Inhelder 1958; zit. nach Pfundt 1975, S. 157). Walter Jung (1981, S. 9) betont einen weiteren Aspekt von Vorstellungen, nämlich ihre Auswirkung auf die Wahrnehmung: „Vorstellungen bestimmen die Deutung neuer Erfahrung durch Selektion und Transformation der Daten, und sie bestimmt die Produktion neuer Erfahrung durch Steuerung von Erwartungen, die aus den Vorstellungen folgen.“

Auf dem Weg von Schülervorstellungen hin zur naturwissenschaftlichen Sichtweise werden oft Zwischenstadien, sogenannte Hybride, durchlaufen (Häußler et al. 1998, S. 182). Eine typische Hybridvorstellung ist z. B. die Mischung von Kontinuums- und Diskontinuumsvorstellungen: Viele Schüler, die sich Wasser ursprünglich als einen einheitlichen und kontinuierlich aufgebauten Stoff vorstellen, und die dann im Unterricht mit dem Teilchenmodell und dem diskontinuierlichen Aufbau von Wasser konfrontiert werden, neigen dazu, beide Vorstellungen zu vereinen. Sie stellen sich dann Wasserteilchen vor, die sich im Wasser befinden. Wasser wird also einerseits als eine große Menge von Teilchen gedacht, andererseits liegt Wasser als kontinuierlicher Stoff zwischen diesen Teilchen vor. Solche Hybridvorstellungen können sich sehr hartnäckig – trotz Schule und Unterricht – bis ins Erwachsenenalter hinein halten.

---

### Aufgabe

Befragen Sie Erwachsene in Ihrem Bekanntenkreis, wie sie sich den Aufbau von Wasser vorstellen. Sollten Sie Antworten erhalten, die auf Teilchenvorstellungen schließen lassen, so fragen Sie in einem zweiten Schritt nach, was sich zwischen den Wasserteilchen befindet.

Unterricht, der Vorstellungen von Schülern explizit berücksichtigt, ist deshalb erfolgreicher, weil nur so die Vorstellungen reflektiert und verändert werden können und somit ein tieferes Verständnis der Konzepte erfolgen kann (Häußler et al. 1998, S. 182; Kap. 8). Häußler et al. (1998, S. 199) nennen zwei entscheidende Faktoren für diesen Lernprozess, nämlich Zeit und Geduld. Wie bereits erwähnt, können sich Vorstellungen sehr hartnäckig halten und zeitlich stabil sein. Es wäre ein Irrglaube zu denken, dass sie leicht zu verändern oder einfach durch sachlich zutreffende Erklärungsansätze zu ersetzen wären. Selbst wenn Sie mit ihrer Klasse erfolgreich das Teilchenkonzept z. B. bei Gasen erarbeitet und die Schüler sicher verstanden haben, dass zwischen den Gasteilchen leerer Raum ist, muss das überhaupt nicht zur Folge haben, dass Ihre Klasse diese Vorstellung auch auf Flüssigkeiten übertragen kann. Intelligente Wiederholungen und die variantenreiche Anwendung von Konzepten auf verschiedene Inhalte sind wichtige didaktische Maßnahmen, um Vorstellungen hin zur naturwissenschaftlichen Sichtweise zu verändern.

Häußler et al. (1998) stellen einige allgemeine Regeln für einen Schülervorstellungen berücksichtigenden Unterricht zusammen, die zum Teil den Empfehlungen, die wir in Kap. 8 zusammengetragen haben, sehr ähneln. Wir möchten vier der Empfehlungen von Häußler et al. (1998, S. 199) im Kontext unserer Erörterungen zum Thema Schülervorstellungen wiederholen und unsererseits mit praxisnahen Beispielen veranschaulichen.

### 1. Die Perspektive der Schülerinnen und Schüler ernst nehmen

Erst wenn der Lehrer die Perspektive der Schüler ernst nimmt und zunächst unrichtige Antworten auf Fragen nicht als falsch abtut, sondern als Äußerung von Vorstellungen wahrnimmt und damit als Lerngelegenheit nutzt, werden sich Schüler mit ihren Vorstellungen, Erklärungsansätzen und Antworten wertgeschätzt und ernst genommen fühlen. Dieses Gefühl ist sowohl für ein positives Lern- und Unterrichtsklima entscheidend als auch eine Voraussetzung für erfolgreiches Unterrichten und Lernen (Kap. 7). Wir möchten das Dargelegte mit einem Negativbeispiel illustrieren, das wir in einer Unterrichtsstunde zum Thema Wasserstoff in der Jahrgangsstufe 8 beobachtet haben:

- L.:** Was wisst ihr über Wasserstoff?  
**S.:** Wasserstoff steigt nach oben. In Ballons.  
**S. (fragt):** Wenn Wasser verdunstet, steigt dann Wasserstoff auf?  
**L.:** Nein, das ist Wasserdampf.

Der Lehrer in unserem Beispiel „bügelt“ die Frage des Schülers geradezu ab; er nimmt ihn nicht ernst und verpasst so eine wichtige Lerngelegenheit. Denn wir sind davon überzeugt (und unsere Unterrichtserfahrung stärkt uns in unserer Annahme), dass es mit großer Sicherheit in der Klasse noch andere Schüler gibt, die entweder die Vorstellung des Schülers teilen oder aber nicht sicher sind, was denn nun „die richtige Antwort“ sein könnte. Wie einfach hätte sich der Lehrer der Vorstellungen weiterer Schüler versichern können, wenn er die ernst gemeinte Frage des Schülers auch ernst genommen und zur weiteren Erörterung an die Klasse

gerichtet hätte. In jedem Fall hätte es der Lehrer leicht vermeiden können, durch seine u. E. vorschnelle und didaktisch wenig einfühlsame Antwort bzw. Zurechtweisung im Sinne von „Hast du denn immer noch nicht den Unterschied zwischen Wasserstoff und Wasserdampf verstanden?!“ aufseiten des Schülers Frustrationsgefühle auszulösen.

## **2. Die vorunterrichtlichen Vorstellungen berücksichtigen**

Sicher ist es nicht immer möglich, eine ausführliche Befragung der Schüler durchzuführen, um alle in der Lerngruppe oder Klasse existierenden Vorstellungen zu ermitteln. Aber es gibt verschiedene, zeitlich durchaus ökonomische und effektive Möglichkeiten, die wir kurz aufzählen möchten.

1. Die Literatur zur Erforschung von Schülervorstellungen gibt viele Hinweise darüber, welche Vorstellungen zu einem bestimmten Thema bzw. einem fachlichen Konzept zu erwarten sind.
2. Manchmal reicht eine kleine Zeichnung, die in wenigen Minuten oder als Hausaufgabe aufgegeben werden kann, um Vorstellungen zu identifizieren: Male oder beschreibe, wie du dir den Aufbau von Wasser vorstellst.
3. Genaues Zuhören und Nachfragen in Unterrichtsgesprächen (siehe unser oben angeführtes Beispiel). Äußerungen von Schülern offenbaren viele und die Vielfältigkeit der in der Lerngruppe vorhandenen Vorstellungen.

Im letzten Abschnitt dieses Kapitels werden wir auf Fragen zur Diagnostik von Schülervorstellungen zurückkommen und auf einige Möglichkeiten differenzierter eingehen.

## **3. Aktive Auseinandersetzung mit einem Problem oder Thema anregen**

Insbesondere in der Chemie lassen sich viele Schülervorstellungen mithilfe von Experimenten widerlegen. Im Falle des Schülers, der sich fragt, ob Wasserstoff aufsteigt, wenn Wasser verdampft, könnte leicht ein einfaches Experiment durchgeführt werden, um dies zu klären. Das entsprechende Experiment könnte sogar gemeinsam mit der Klasse geplant werden. Diese Vorgehensweise würde auch dem Anliegen, Sachverhalte variantenreich zu üben und zu verfestigen, dienen. Zunächst würden wir Stoffeigenschaften von Wasser, Wasserdampf und Wasserstoff in Erinnerung rufen. Um Wasserstoff nachzuweisen, nutzt man die Knallgasprobe und zeigt, dass er brennbar ist. Dass man einen Glimmspan oder ein brennendes Streichholz mit Wasser löschen kann, ist selbst für Schüler im Anfangsunterricht trivial. Ob diese Eigenschaft aber auch bei Wasserdampf anzutreffen ist, mag für Schüler nicht selbstverständlich sein. Sind die infrage kommenden möglichen Antworten – und damit also die Vermutungen – soweit geklärt, dann reicht es aus, einen brennenden Span in Wasserdampf zu halten. Der aufsteigende Wasserdampf entzündet sich – wie wir wissen – nicht, sondern der glimmende Holzspan erlischt. Die Frage des Schülers konnte ohne Gesichtsverlust oder Frustration überzeugend geklärt werden. Selbst wenn der Nachweis von Wasserstoff mit der Knallgasprobe

erst in dieser Stunde erarbeitet werden sollte, ließe sich die Frage des Schülers an das Stundenende verschieben und zum Abschluss der eben vorgeschlagene Versuch durchführen.

Für eine Reihe von Themen haben Barke et al. (2015) eine Liste von geeigneten Experimenten zusammengestellt, die sich gut zur aktiven Auseinandersetzung mit eigenen oder fremden Vorstellungen eignen. Eine äußerst umfassende Zusammenstellung zum Thema naturwissenschaftsdidaktische Schülervorstellungsforschung finden Sie in der Bibliographie von Pfundt und Duit (1985).

#### **4. Reflexion über das eigene Wissen und den eigenen Lernprozess anregen**

Damit Lernende Vorstellungen, die sich bislang als tragfähig erwiesen haben, dauerhaft aufgeben, müssen sie ihre neu erworbenen Vorstellungen als plausibler und tragfähiger erfahren. Eine schwierige Vorstellung für Schüler ist die Wiedergewinnbarkeit von Stoffen aus Verbrennungsprodukten. Helga Pfundt (1975, S. 158) zitiert in diesem Zusammenhang einen 17-jährigen Schüler: „Der Formel nach müßte sich natürlich aus Kohlendioxid wieder Kohlenstoff herstellen lassen. Aber in Wirklichkeit ist es natürlich unmöglich, aus einem farblosen Gas einen festen, schwarzen Stoff herauszuholen.“ Bis in die höheren Jahrgangsstufen ist es also wichtig, Vorstellungen wie diese („es ist natürlich unmöglich“) und bereits eigentlich erlerntes Wissen („der Formel nach müßte“) aufzugreifen und zu hinterfragen. Mitunter lassen sich Verunsicherungen mit wenig aufwendigen Experimenten ausräumen (siehe Wasserdampf/Wasserstoff-Beispiel weiter oben); in anderen Fällen mag es ausreichen, Erinnerungen an bereits erarbeitete Sachverhalte wachzurufen. Wichtig und erfolversprechend ist vor allem, die Veränderung von Vorstellungen zu thematisieren und sie erörternd zu diskutieren. Die Erweiterung und Veränderung von Vorstellungen und Konzepten (in diesem Beispiel sind es Vorstellungen zum Konzept der chemischen Reaktion und der Massenerhaltung; Abschn. 11.6) werden als *conceptual growth* bzw. *conceptual change* bezeichnet. Mehr zur Conceptual-Change-Theorie finden Sie z. B. in Krüger (2007), Krüger und Vogt (2007), Barke (2006) oder in Duit und Treagust (2003).

---

## **3.2 Vorstellungen zu chemischen Konzepten und ihre Ursachen**

Die Literatur zu Schülervorstellungen über chemische Sachverhalte und Phänomene ist überaus breit gefächert. In den letzten 50 Jahren sind zahlreiche Untersuchungen mit Schülern der verschiedenen Altersstufen durchgeführt worden. In diesem Abschnitt möchten wir Ihnen einen kurzen Überblick über die Vielfalt der auftretenden Vorstellungen in der Chemie geben und für detaillierte Einblicke auf die umfassende Darstellung zu Schülervorstellungen im Kontext der Chemie z. B. von Helga Pfundt (1981) und Hans-Dieter Barke (2006) verweisen.

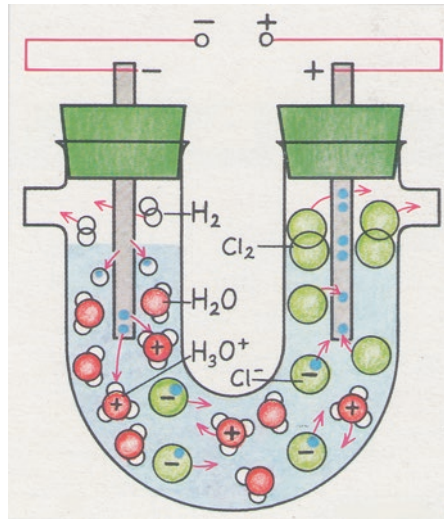
Neben der Kenntnis der Schülervorstellungen selbst ist es auch immer von Bedeutung zu wissen, woher solche Vorstellungen kommen können. Eine Ursache

für ihr Auftreten ist in unserer Alltagssprache auszumachen (Barke 2006; Kap. 4). Mit dieser Sprache wachsen Kinder auf, und von frühester Kindheit an hören sie Sätze wie: „Das Feuer *will* nicht ausgehen“, „Das Holz *will* nicht brennen“, „Der Rost *zerfrisst* das Eisen“, „Wasser *verdunstet*“, „Der Fleck wird *entfernt*“, „Der Fleckentferner *verflüchtigt* sich“, „Zucker *löst* sich *auf*“. Diese Sprache und die dadurch hervorgerufenen Vorstellungen bringen Schüler mit in den Chemieunterricht. Aufgabe von Lehrern ist es daher, sensibel auf missverständliche oder mehrdeutige Formulierungen zu achten und zu reagieren, wenn alltagssprachliche Formulierungen zu viel Interpretationsfreiraum eröffnen. Dabei reicht es in der Regel nicht aus, alltagssprachliche Formulierungen einfach nur in eine fachsprachlich korrekte Ausdrucksweise zu korrigieren, sondern vor allem die Vorstellungen, die Kinder damit zum Ausdruck bringen, zu berücksichtigen und zu thematisieren.

Doch neben der Alltagssprache ist auch der Unterricht in der Schule selbst ein Quell von in die Irre leitenden Schülervorstellungen. Barke (2006, S. 20 f.) bezeichnet diese Art von Vorstellungen als „hausgemacht“ und spricht damit einen Sprachgebrauch an, der Vorstellungen geradezu provoziert. Auch die Nutzung von missverständlichen Abbildungen aus Schulbüchern, Arbeitsblättern, Tafelbildern und sonstigen Medien kann dazu beitragen, „Fehlvorstellungen“ zu nähern oder ihr Entstehen zu provozieren. Einige Beispiele dafür zeigen und diskutieren wir in den nun folgenden Abschnitten, in denen wir auf einige gängige Schülervorstellungen verweisen und näher eingehen. Dabei werden wir die Vorstellungen anhand der Basiskonzepte (Kap. 1) zusammenfassen, obwohl sich natürlich nicht alle Vorstellungen immer uneindeutig nur einem einzigen Konzept zuordnen lassen.

### 3.2.1 Stoff-Teilchen-Beziehungen

**Aufbau der Materie** Seit der Zeit von Demokrit und Aristoteles dominierten zwei Hypothesen die Diskussion in den Naturwissenschaften zum Aufbau der Materie: die Kontinuumshypothese und die Diskontinuumshypothese (Barke 2006, S. 14). Während Demokrit und weitere Philosophen Materie als aus kleinsten, nicht weiter teilbaren Teilchen aufgebaut (griech. „**atomos**“, unteilbar) betrachteten, waren Aristoteles und andere Philosophen davon überzeugt, dass Materie kontinuierlich aufgebaut ist. Insbesondere die Behauptung, dass sich zwischen den kleinsten Teilchen leerer Raum befinden müsse, machte es den Vertretern der Diskontinuumshypothese so schwer, dass ihre Idee auf breite Akzeptanz stieß. Bis heute stellen sich (nicht nur jüngere) Schüler Stoffe zunächst als kontinuierlich aufgebaut vor, später akzeptieren sie sogar sehr leicht die Teilchenvorstellung (Duit 2004, S. 205). Oft finden wir bei Schülern aber beide Vorstellungen vermischt, da insbesondere die Vorstellung vom leeren Raum zwischen Teilchen Schwierigkeiten bereitet; diese Schwierigkeit hat Eingang in die fachdidaktische Diskussion gefunden und wird als *horror vacui* bezeichnet (Duit 2004, S. 206).



**Abb. 3.1** Salzsäure leitet elektrischen Strom – Beispiel für die Vermischung von Kontinuums- und Diskontinuumsvorstellungen (Geiger et al. 1990, S. 145)

Die Vermischung von Kontinuum und Diskontinuum finden wir auch in Abbildungen zahlreicher Schul- und Lehrbücher. Abb. 3.1 stellt ein solches Beispiel dar: Das abgebildete U-Rohr ist mit blauer Farbe ausgefüllt, die unweigerlich an Wasser erinnert. In dieser blauen Flüssigkeit „schwimmen“ alle möglichen Teilchen, unter anderem auch Wasserteilchen. Aus Sicht der Grafiker, die möglichst anschauliche Abbildungen erstellen wollen, ist diese Vermischung vielleicht verständlich. Wollen wir aber Schülervorstellungen nicht auch noch provozieren und untermauern, dann sind solche Abbildungen unbedingt mit den Schülern kritisch zu erörtern und zu reflektieren.

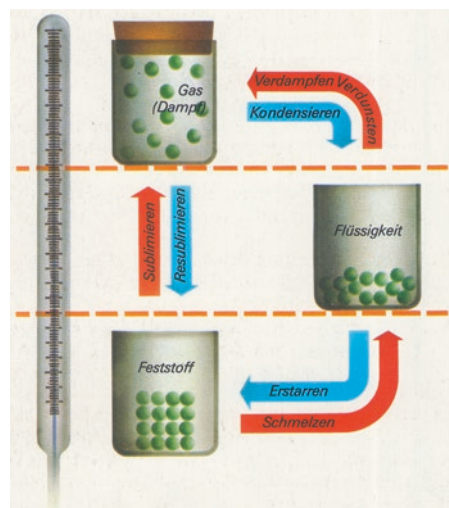
**Teilchenaggregationen** Wie Teilchen zusammenhalten und welche Kräfte zwischen den Teilchen wirken, stellt für viele Schüler eine Hürde dar. Die Begriffe Atom und Molekül werden zwar relativ zeitig im Unterricht eingeführt, doch führt die frühe Einführung oft nicht im gewünschten Maße zur stimmigen Anwendung der genannten Begriffe. Auch die spätere Einführung der Ionen macht Barke (2006, S. 105) als ein problematisches unterrichtliches Unterfangen aus. Oft haben Schüler die „Existenz“ von Atomen akzeptiert und eine weitgehend zutreffende Vorstellung vom Konzept der Moleküle als Verbund von Atomen entwickelt, doch greifen sie, wenn sie ihre Vorstellungen beschreiben sollen, häufig auf Bilder von Lebewesen zurück, die sich an den Händen halten; sich also händchenhaltend verbunden haben. Dieses offenbar sehr einprägsame Bild wird auch auf Ionenbindungen übertragen. So äußern Schüler häufig, dass z. B. bei Fällungsreaktionen „Salzmoleküle“ sichtbar werden oder beim Verdampfen einer Salzlösung „Salzmoleküle“ zurückbleiben (Barke 2006, S. 105).



Ein weiterer Quelle zahlreicher Vorstellungen bilden der Bereich der Aggregatzustände eines Stoffes und der Wechsel von einem in den anderen Aggregatzustand. Dass Eis und Wasserdampf chemisch betrachtet der gleiche Stoff sind, ist, wie wir weiter oben schon erwähnt haben, für Schüler nicht selbstverständlich, und dass der Wechsel eines Stoffes von dem einen in den anderen Aggregatzustand keine chemische Reaktion ist, ist auch nicht zwingend einleuchtend; hat doch eine Stoffportion Wasser ganz andere Eigenschaften als eine Portion Eis (gefrorenes Wasser) oder Wasserdampf. Der Zusammenhalt und die Anordnung von Teilchen spielt dementsprechend auch beim Wechsel der Aggregatzustände eine große Rolle. In Abb. 3.2 ist der zunehmende Abstand zwischen den Teilchen eines Stoffes mit zunehmender Temperatur dargestellt. Auf den ersten Blick scheint diese Abbildung sehr übersichtlich und durchaus gelungen. Auf zwei Dinge möchten wir jedoch hinweisen, die u. E. problematisch sind und unerwünschte Schülervorstellungen verursachen (können). Zum einen ist das die Vermischung der makroskopischen Ebene (Glas mit Stopfen) mit der Ebene der submikroskopischen Modellebene der Teilchen. Zum anderen sollte die Anzahl der Teilchen in solchen mehrteiligen Abbildungen konstant bleiben. In diesem Beispiel nimmt aber die Teilchenanzahl ab: Im Feststoff sind 16 grüne Kugeln dargestellt, in der Flüssigkeit nur noch 14, und im Gas sind es lediglich 13! Das dargestellte Verschwinden von Materie beim Aufgeben von Teilchenaggregationen ist sicher nicht beabsichtigt gewesen, kann aber zu Vorstellungen führen, die so sicherlich nicht gewollt sind. Auch hier gilt: Wenn das in Ihrer Schule verwendete Chemiebuch Abbildungen dieser Art beinhaltet, diskutieren Sie solche Darstellungen mit Ihrer Klasse. Derartige Diskussionen und Erörterungen helfen dabei, Modellkompetenz aufseiten der Schüler zu fördern.

Weitere Ergebnisse von Untersuchungen über Vorstellungen zu Aggregatzuständen und ihren Übergängen haben wir im Kasten „Schülervorstellungen zu Aggregatzuständen und ihren Übergängen“ zusammengestellt.

**Abb. 3.2** Übergänge zwischen den Aggregatzuständen: Abnahme der Teilchenanzahl (Eisner et al. 1995, S. 32)





### Schülervorstellungen zu Aggregatzuständen und ihren Übergängen

Rosalind Driver, Ann Squires, Peter Rushworth und Valerie Wood-Robinson haben in ihrem Buch *Making sense of secondary science – Research into children's ideas* (2014) Vorstellungen von Kindern und Jugendlichen über Aggregatzustände und Aggregatzustandsänderungen gesammelt und Ergebnisse eigener Untersuchungen dargestellt. Diese Zusammenschau zeigt eine erstaunliche Bandbreite an Vorstellungen, die wir hier kurz zusammenfassen möchten.

- **Der feste Aggregatzustand**

Jüngere Kinder, im Alter von 5 bis 10 Jahren, fassen nahezu jedes starre Material als fest auf, jedes Pulver aber als flüssig. Pulver werden von Kindern deshalb den Flüssigkeiten zugeordnet, da man sie „gießen“ oder „umgießen“ kann. Plausibel wird dies, wenn man sich ansieht, wie Mehl aus einem Sack umgefüllt wird: Das sehr weiche – und gar nicht starre oder fest wirkende Pulver – fließt regelrecht aus dem Sack. Alle nichtstarrten Materialien wie Knete, Schwämme oder Textilien werden von Kindern als etwas eingeordnet, das zwischen fest und flüssig ist. Material, das man also knautschen und reißen kann, das verformbar oder weich ist, wird nicht mit Fest-Sein in Verbindung gebracht. Der feste Aggregatzustand wird mit Nicht-Verformbarkeit assoziiert.

- **Der flüssige Aggregatzustand**

Kinder identifizieren Flüssigkeiten als ein Material, das fließen und das man gießen kann. Die bekannteste Flüssigkeit ist Wasser. Aus diesem Grund werden zunächst auch andere Flüssigkeiten als wässrig oder aus Wasser bestehend beschrieben.

- **Der gasförmige Aggregatzustand**

Gasen wird von Kindern oft kein materieller Charakter zugesprochen. In ihren Augen besitzen Gase einen flüchtigen Charakter – ähnlich wie Gedanken. Luft und Gas werden sogar unterschiedliche Bedeutungen zugewiesen; während Luft „gut“ ist, ist Gas mit „giftig“, „brennbar“ oder „gefährlich“ konnotiert. Auch wenn Schüler im Laufe der Schulzeit Gase als Materie verstehen, werden sie oft als masselos angesehen. 9- bis 13-Jährige weisen Gasen sogar eine negative Masse zu; gemäß der Annahme: Je mehr Gas in ein Gefäß gefüllt wird, desto leichter wird es.

- **Schmelzen**

Kinder im Alter von 5 bis 6 Jahren nehmen an, dass ein Stück Eis leichter wird, wenn es schmilzt. Diese Annahme findet man auch bei ca. 25 % der 10-Jährigen. Des Weiteren zeigen die Untersuchungen, dass Kinder nicht stringent zwischen schmelzen und lösen unterscheiden: Wird ein fester Körper in Wasser gegeben, achten Kinder oft nur auf den festen Körper und nicht auf das ihn umgebende Lösungsmittel. Demzufolge bezeichnen sie den zu beobachtenden Vorgang des Kleiner-Werdens des Körpers als

Schmelzen, also als Flüssig-Werden – egal, ob es sich um einen Eiswürfel oder ein Stück Zucker handelt. Selbst bei 17-Jährigen konnte diese fehlerhafte Vermischung der Vorgänge Schmelzen und Lösen beobachtet werden.

- **Erstarren**

Beim Übergang von flüssig nach fest zeigen die Ergebnisse einer Untersuchung, dass Kinder die Temperatur und das Fest-Werden einer Schmelze nicht in unmittelbaren Zusammenhang bringen.

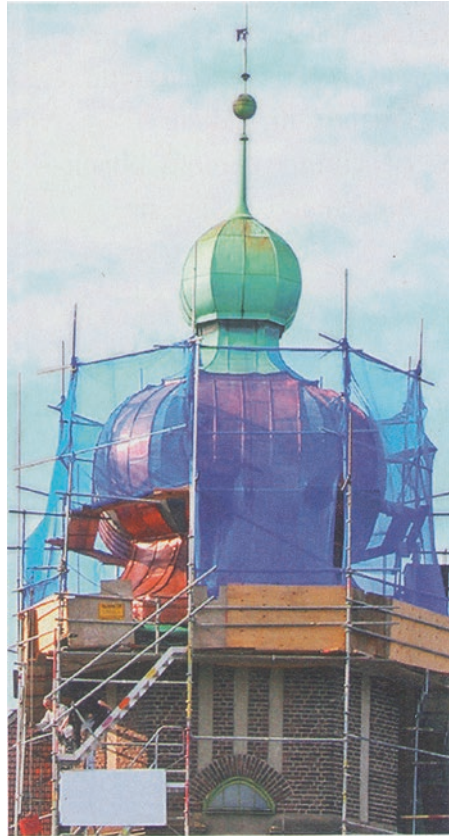
- **Verdunsten und Verdampfen**

Kinder im Alter von 5 und 6 Jahren zeigen sich vom Phänomen des „Verschwindens“ eines Stoffes beeindruckt: Verdunstet z. B. Wasser aus einer Schale, so ist dieser Vorgang des Verdunstens selbst nicht beobachtbar, sehr wohl aber das Ergebnis; und das ist für Kinder eindeutig, denn das Wasser ist scheinbar weg. Kinder sind davon sehr beeindruckt und akzeptieren dies, denn sie suchen auch nicht nach einer Erklärung für das „Verschwinden“. Erst im Alter von 8 bis 10 Jahren entsteht die Idee, dass die „verschwundene“ Flüssigkeit „irgendwo hingegangen sein muss“. Ein solcher Ort hat in der Vorstellung der Kinder den Charakter eines Behälters. Später wird das Konzept von diesem Behälter erweitert und auch auf die uns umgebende Luft bezogen: „Wasser geht in die Luft.“ Das Konzept von Verdunsten und Verdampfen geht mit der Entwicklung von Vorstellungen vom Aufbau der Materie aus kleinsten Teilchen und von der Masseerhaltung einher. Ein Stoff verschwindet nicht einfach so, sondern geht in eine andere Form – hier vom flüssigen in den gasförmigen Aggregatzustand – über. Dabei verändert sich auch der Zusammenhalt im Teilchenverband, nicht aber die Menge der Teilchen und damit die Masse des Stoffes. Diese durchaus komplexe Vorstellung wird erst von Schülern im Alter von 12 bis 14 Jahren entwickelt.

### 3.2.2 Struktur-Eigenschafts-Beziehungen

**Stoffe als Eigenschaftsträger** Im Anfangsunterricht werden in der Regel sehr früh die Kennzeichen einer chemischen Reaktion – als Änderung von Stoffeigenschaften und Energieänderung – erarbeitet. Die Änderung von Eigenschaften scheint aber bei Schülern nicht zur Vorstellung von neuen Stoffen zu führen, sondern zur Übernahme neuer Eigenschaften (Barke 2006, S. 37). Das äußert sich in Sätzen wie „Das Kupferdach ist grün geworden“. Die Schüler scheinen die Vorstellung zu haben, dass aus dem rotbraun-glänzend aussehenden Kupfer grünes Kupfer geworden ist, dass es sich aber in beiden Fällen immer noch um Kupfer handelt. Schließlich ist ein roter Kleiderschrank doch immer noch ein Kleiderschrank, auch wenn man ihn grün angestrichen hat! Genau diese Vorstellung wird in manchen Büchern unterstützt, wie Sie im folgenden Beispiel mit der Bildunterschrift „von ... bis“ (Abb. 3.3) leicht nachvollziehen können.

**Abb. 3.3** Kupferdach:  
Stoff als Träger von  
Eigenschaften (Obst et al.  
2009, S. 80)



3 Kupfer – von kupferfarben bis grün

Auch im nächsten Beispiel wurde nicht sorgsam und fachsprachlich korrekt formuliert, wenn es heißt: „So überziehen sich Kupferdächer im Laufe der Zeit mit einer grünen Schicht“ (Eisner et al. 1995, S. 35). Mit diesem Satz wird sogar suggeriert, dass etwas auf das Kupfer aufgebracht wird, nicht aber, dass Kupferteilchen mit Teilchen eines anderen Stoffes reagiert haben und so in genau den grünen Stoff umgewandelt wurden.

Eine weitere sehr gängige Vorstellung ist die Übertragung von Eigenschaften makroskopischer Stoffe auf die kleinsten Teilchen (Barke 2006, S. 100). So werden Eisenatome als hart, Bleiatome als eher weich und Schwefelatome als gelb charakterisiert. Ursachen dieser Vorstellungen werden ebenfalls durch Darstellungen und Verbildlichungen angelegt, die in verschiedenen Schulbüchern (Abb. 3.1 und Abb. 3.4) und in anderen Medien zu finden sind.

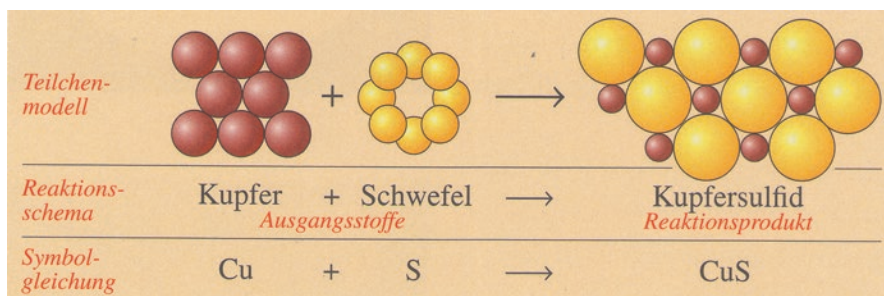
### 3.2.3 Chemische Reaktion

**Verbrennungsreaktion/Vernichtungsvorstellung** Dass bei der Verbrennung von Stoffen entweder „nichts“ oder Asche übrig bleibt, ist eine Erfahrung, die uns aus dem Alltag bekannt ist. Das Gros der Verbrennungsprodukte, die für uns wahrnehmbar

nach einer Verbrennungsreaktion zurückbleiben, sind leichter als die Ausgangsstoffe, die ursprünglich verbrannt wurden. Die Vorstellung, dass bei einer chemischen Reaktion Stoffe vernichtet werden oder verschwinden (Barke 2006, S. 42 f.), ist daher äußerst naheliegend und nicht überraschend. Zwar verschwinden für unser Auge die makroskopisch sichtbaren Ausgangsstoffe; nicht aber ihre submikroskopisch kleinsten Teilchen, aus denen sie aufgebaut sind! Diese Teilchen werden lediglich umgruppiert, und sie verbinden sich auch mit Teilchen anderer Stoffe, verschwinden tun die Teilchen aber nicht. Inwiefern Schüler ein Verständnis für die Erhaltung der Masse bei solchen Vorgängen und Reaktionen entwickeln, hängt eng mit der im Kasten angesprochenen Vorstellung zusammen, dass Gase keine Masse besitzen (Driver et al. 2014, S. 77). Stellen sich Schüler Gase als masselos vor, so können sie nicht gleichzeitig eine Masseerhaltung bei Reaktionen, an denen Gase beteiligt sind, denken.

**Mischen und Entmischen** Dass bei einer chemischen Reaktion neue Stoffe mit neuen Eigenschaften entstehen, hört jeder Schüler bereits im Anfangsunterricht. Dieses Grundprinzip der Chemie wird von den Schülern oft einfach auswendig gelernt, aber leider oft nicht verstanden. Die Vorstellung, dass zwei Stoffe bei einer chemischen Reaktion sich eben nicht nur mischen, sondern eine Verbindung eingehen und somit einen anderen Stoff bilden, der aus neuen Teilchen besteht, ist für Schüler schwierig zu verstehen. Viele der Beispiele, die im Anfangsunterricht genutzt werden, wie die Reaktion von Eisen und Schwefel, die Reaktion von Kupfer und Schwefel oder die Reaktion von Wasserstoff und Sauerstoff, werden von Schülern zunächst oft als Mischen interpretiert.

Abb. 3.4 verdeutlicht besonders eindrucksvoll, wie diese Mischungsvorstellung entstehen kann. Die durch die Darstellung hervorgerufenen gedanklichen Verknüpfungen stehen trotz der Übersichtlichkeit des verwendeten Modells dem Konzept der chemischen Reaktion nahezu entgegen. Die in der Abbildung thematisierte Stoffumwandlung soll der Einführung der chemischen Reaktion dienen; zu diesem Zeitpunkt sind den Schülern die Formelsprache und ein differenziertes Teilchenmodell (Atomkern und Atomhülle) noch nicht bekannt. Was wir hier sehen, ist die Darstellung der Ausgangsstoffe Kupfer und Schwefel im Teilchenmodell.



**Abb. 3.4** Einführung der chemischen Reaktion am Beispiel „Kupfer und Schwefel reagieren zu Kupfersulfid“ – Übertragung makroskopischer Eigenschaften auf Teilchen, Mischungsvorstellung (Obst et al. 2009, S. 76)

Dabei sind die Kupferatome in rötlich-brauner Farbe und die Schwefelatome in gelber Farbe dargestellt. Die makroskopische Stoffeigenschaft „Farbe des Stoffes“ wurde also auf die Teilchenebene übertragen (Abschn. 3.2.2). Außerdem erachten wir es als problematisch, dass das entstehende Produkt Kupfersulfid an eine Mischung beider Edukte erinnert. Dass ein neuer Stoff mit neuen Eigenschaften (Kupfer-(II)-sulfid ist schwarz!) entstanden ist, kann man der Abbildung nicht entnehmen. Warum im Produkt plötzlich die gelben Kugeln größer und die braunen Kugeln kleiner dargestellt werden, kann bei Schülern eigentlich nur Verwunderung hervorrufen. Uns ist bewusst, dass damit angedeutet werden soll, dass die entstandenen Ionen im Vergleich zu den Atomen der Edukte andere Volumina besitzen. Da aber den Schülern Ionen noch gar nicht bekannt sind, ruft diese – sicherlich gut gemeinte – Abbildung Probleme hervor, die zum gegenwärtigen Zeitpunkt im Chemieanfangsunterricht noch gar nicht anstehen und vom eigentlichen Unterrichtsanliegen eher ablenken.

### 3.2.4 Energetische Betrachtungen bei Stoffumwandlungen

Neben dem Kennzeichen der Stoffumwandlung ist die Energieumwandlung das zweite wesentliche Kennzeichen chemischer Reaktionen. Dass Energie nicht verloren geht oder gewonnen werden kann, wird Schülern zwar wiederholt nahegebracht, aber unser Sprachgebrauch steht dem Energieerhaltungssatz nahezu diametral entgegen. Vielmehr befördert unser Sprachgebrauch die Vorstellung vom Verschwinden oder vom Gewinnen von Energie: Kraftstoff wird verbraucht, eine Batterie ist leer, Energie wird gespart, oder aber etwas kostet Energie, und der Schokoriegel bringt verbrauchte Energie sofort zurück. Aber nicht nur das Verbrauchen und Gewinnen ist eine Vorstellung im Themenbereich Energie, auch die Frage, wo die Energie sich befindet, wird selten so formuliert, dass es einer naturwissenschaftlich korrekten Sichtweise entspricht (Abb. 3.5).

Die Zitate in Abb. 3.5 zeigen nur einen kleinen Ausschnitt der Bandbreite, wie der Begriff Energie im Alltag verwendet wird und welche Vielzahl an Komposita möglich und gebräuchlich ist. Formulierungen wie diese machen aber das Verständnis des Basiskonzepts „Energetische Betrachtung bei Stoffumwandlungen“ für



Abb. 3.5 Gebrauch des Begriffs Energie in Medien

Schüler nicht leichter. Allein der Begriff „Energimolekül“ ist so irreführend, dass verständlich wird, warum sich Schüler so schlecht vorstellen können, wo sich Energie z. B. in unserer Nahrung befindet. Auch die Vorstellung von Paketen oder Bündeln, in denen Energie in Stoffen – vor allem in Nahrungsmitteln – vorliegt, ist weit verbreitet (Mann und Treagust 2010).

Wir möchten Sie keineswegs davor warnen, die in diesem Abschnitt vorgestellten Abbildungen im Unterricht zu verwenden – ganz im Gegenteil. Wir möchten Sie vor dem Hintergrund von sich hartnäckig haltenden Schülervorstellungen sensibilisieren, einerseits selbst sehr kritisch und sorgsam mit Abbildungen dieser Art umzugehen und diese andererseits ruhig im Unterricht einzusetzen, um sie mit Ihren Schülern genauso kritisch und ausführlich zu diskutieren.

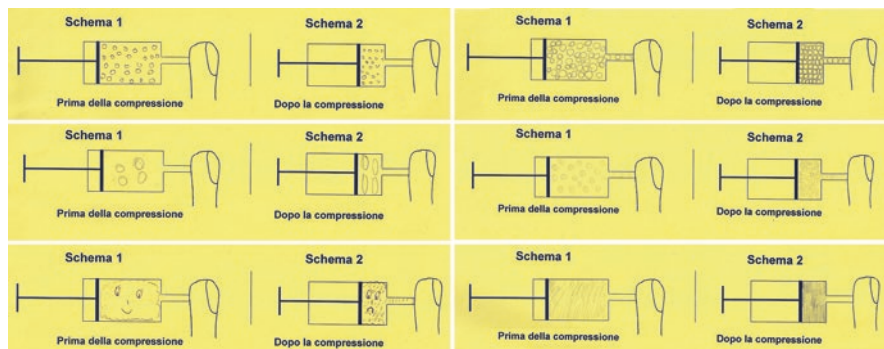
Eine andere wohlgemeinte Mahnung, Schülervorstellungen zu begegnen und sie nicht unaufmerksam zu provozieren, ist an uns selbst gerichtet. Wir müssen selbst darauf achten, ungünstige und missverständliche Darstellungen in Tafelbildern und Arbeitsblättern zu vermeiden und verschiedene Darstellungen (multiple Repräsentationen) in Zeichnungen und Modellen zu verwenden (Gilbert und Treagust 2009). Schüler dazu aufzufordern, Vorgänge und Reaktionen auf Teilchenebene darzustellen, ist für Lehrende ein sehr aufschlussreiches Diagnoseverfahren und für Lernende ein Anlass, immer mal wieder „flexibel“ (im Sinne von „nicht-träge“, Kap. 8) das eigene Verständnis über den Aufbau der Materie in unterschiedlichen Kontexten anzuwenden. Wir haben schon oft beobachtet, dass Schüler eine Reaktionsgleichung zwar formell richtig aufstellen konnten, dann aber die Reaktion grafisch so darstellten, dass dabei Fehlvorstellungen deutlich wurden.

---

### 3.3 Diagnose von Schülervorstellungen

In diesem Kapitel haben wir bereits mehrfach betont, wie wichtig die Kenntnis von Schülervorstellungen für die Planung und Durchführung von gutem Chemieunterricht ist. Folgerichtig ist daher auch die Erkenntnis, dass es von besonderer Bedeutung ist, die Vorstellungen seiner Schüler zunächst in Erfahrung zu bringen. Wenn wir jetzt behaupten, dass man Vorstellungen aber eigentlich nicht erfassen kann, so mag Sie dies zunächst verwirren. Doch tatsächlich ist es so, dass jedwede Untersuchung von Schülervorstellungen von Beobachtungsdaten (z. B. von Gesprächen, Texten oder Zeichnungen) ausgeht und aus diesen Daten auf die Vorstellungen geschlossen werden muss (Duit 1981, S. 187). Hinzu kommt, dass die Interpretation der Daten auf der Basis unserer eigenen Vorstellungen erfolgt. Machen wir uns das an einem Beispiel bewusst: In Abb. 3.6 zeichnet ein Kind als Antwort auf die Frage: Wie stellst du dir den Aufbau von Luft vor? eine Wolke. Da wir selbst mit diesem Fragebogen ein Ziel verfolgen, nämlich herausfinden wollen, ob Kinder bereits über Teilchenvorstellungen verfügen, haben wir uns vorher mit der Literatur beschäftigt und sind über Kontinuums- und Diskontinuumsvorstellungen informiert. Demzufolge liegt es nahe, dass wir auch genau solche Zeichnungen erwarten, die uns in unseren Annahmen stützen. Doch besitzt das Kind, das eine Wolke skizziert, wirklich eine Kontinuumsvorstellung? Möglicherweise ja; vielleicht denkt es aber auch





**Abb. 3.6** Zeichnungen von 13-Jährigen zur Aufforderung: Zeichne, wie du dir den Aufbau von Luft vor und nach dem Zusammendrücken der Spritze vorstellst! (Noto La Diega et al. 2010, S. 98)

gar nicht an Teilchen und Kontinuum, sondern stellt sich vor, dass Wolken aus Luft bestehen und die Luft darin eben sichtbar ist. Vielleicht ist Wolke aber auch einfach ein Synonym für Luft, und das Kind will damit eigentlich zum Ausdruck bringen, dass im gewählten Beispiel die ganze Spritze mit Luft ausgefüllt ist.

Neben der Einschränkung, dass Vorstellungen von Personen nicht direkt beobachtbar sind, gibt es eine zweite. Und das ist die Einschränkung, Vorstellungen nicht immer präzise kommunizieren zu können (Kap. 4). Vor allem jüngere Kinder oder auch Kinder und Jugendliche, die die Unterrichtssprache nicht als Muttersprache erlernt haben, stoßen durchaus an die Grenzen ihres Ausdrucksvermögens und offenbaren fehlende Sprachkenntnisse oder auch Grenzen in ihrer zeichnerischen Fertigkeit. Trotz dieser Schwierigkeiten sollten Sie aber nicht darauf verzichten, Schülervorstellungen selbst in Erfahrung zu bringen. Dazu gibt es mehrere Wege: Interviews mit Einzelnen oder mit Gruppen, Zeichnungen und schriftliche Verfahren (Duit 1981). Gemein ist all diesen Verfahren, dass sie einen Ausgangspunkt haben. Dabei kann es sich um ein Alltagsphänomen handeln, um einen Versuch, aber auch um eine Aussage oder Frage oder um *concept cartoons* (Naylor und Keogh 2000) – kurz, um alles, was einen Anlass zum Nachdenken bietet. Einige gängige Methoden möchten wir abschließend kurz vorstellen.

### 3.3.1 Interviews und Gespräche

Umfassende und systematische Interviews mit einzelnen Schülerinnen und Schülern zu führen, ist im Schulalltag zwar selten praktikabel und möglich, doch liegt in dieser Methode eine besondere Chance insbesondere für Lernende, die sehr leistungsschwach sind. Auch sehr junge Kinder oder Kinder nichtdeutscher Herkunft, also solche Kinder, die Schwierigkeiten haben, sich schriftlich auszudrücken, können von Interviews profitieren. Für diese Kinder sind Interviews von Vorteil, da der mündliche Ausdruck ihnen oft viel leichter fällt als die schriftsprachliche Darlegung ihrer Ideen und Erklärungen (Duit 1981).



Gruppeninterviews sind eine recht ökonomische Variante der Interviewmethode und gut geeignet, wenn Sie mögliche Vorstellungen zu einem Themenbereich sammeln möchten (Duit 1981). Nicht geeignet sind Gruppeninterviews, wenn Sie individuelle Schülervorstellungen in Erfahrung bringen möchten, denn die geäußerten Vorstellungen könnten von vorangegangenen Äußerungen aus der Gruppe bereits beeinflusst worden sein (Duit 1981).

Eine u. E. empfehlenswerte Methode, um mit Ihren Schülern ins Gespräch zu kommen, ist die *Predict-observe-explain*-Methode (kurz: POE; Liew 2009). Im Unterricht beginnt das Gespräch mit der Vorhersage, was wohl bei dem Versuch passieren wird („predict“). In dieser Phase erhalten Sie Kenntnis über die Vorstellungen, die in Ihrer Klasse offensichtlich vorherrschen. Dann wird der Versuch durchgeführt und beobachtet („observe“). Aus den entstehenden Widersprüchen zwischen Vorhersage und Beobachtungen wird die Auseinandersetzung mit Vorstellungen gefördert, und man gelangt gemeinsam zu einer Erklärung und zur Auflösung des Widerspruchs („explain“).

### **3.3.2 Zeichnungen – am Beispiel einer Untersuchung zu Teilchenvorstellungen bei Kindern**

Eine schnell einsetzbare und praktikable Methode, um Vorstellungen zu erheben, sind Aufgaben, in denen Schüler aufgefordert sind, ihre Vorstellungen zu zeichnen. Benedict und Bolte (2009; 2011) haben solche Aufgaben in einem Fragebogen für Grundschul Kinder zusammengestellt, der sowohl auf Interviews mit Kindern als auch auf Arbeiten von Novick und Nussbaum (1981) basiert. Ziel der Untersuchung war es herauszufinden, ob und, wenn ja, über welche Vorstellungen Kinder im Grundschulalter hinsichtlich des Teilchenkonzepts bereits verfügen, und ob sie bereits in so jungem Alter ein Teilchenmodell von sich aus zur Erklärung von Phänomenen heranziehen. Dazu wurden die Kinder aufgefordert, ihre Ideen zeichnerisch darzustellen. Die Ergebnisse zeigen, dass eine große Zahl von Kindern der 3. und 4. Jahrgangsstufe bereits über Vorstellungen von der Teilchenstruktur der Materie verfügt, diese aber überaus divers ausfallen. Noto La Diega, Benedict und Bolte 2010 haben diese Untersuchung mit 13-jährigen Schülern in Italien fortgeführt und kommt zu ähnlichen Ergebnissen. Die Konsequenz ist, dass wir davon ausgehen müssen, dass Schüler im Anfangsunterricht Chemie keine unbeschriebenen Blätter sind, sondern wir mit einer Vielzahl an Vorstellungen rechnen und diesen gerecht werden müssen. Die Vorstellungen reichen von Diskontinuum bis Kontinuum, von der Veränderung der Teilchenform bis zur Veränderung des Teilchenabstands (Abb. 3.6).

### **3.3.3 Schriftliche Befragungen zur Erfassung von Schülervorstellungen**

Eine weitere schnell durchzuführende Möglichkeit der Diagnose von Schülervorstellungen bieten schriftliche Tests. Dazu stehen Ihnen alle Möglichkeiten für schriftliche Befragungen offen. Sie können Ihre Schüler bitten aufzuschreiben, wie

sie sich einen Prozess, z. B. das Lösen von Salzen in Wasser, vorstellen. Aufgaben dieser Art lassen sich leicht in den Unterricht integrieren, und die Ergebnisse bieten Ihnen für die folgende Unterrichtsplanung eine gute Grundlage. Sie können natürlich auch auf vorhandene Tests und Beispiele aus der einschlägigen Fachliteratur zurückgreifen (Barke 2006).

Als eine besonders ergiebige Methode hat sich das sogenannte *Two-tier*-Verfahren, also ein zweistufiges Verfahren, erwiesen. So gibt es eine Reihe von Tests, an deren Entwicklung maßgeblich David Treagust beteiligt gewesen ist und in denen eine Aussage zunächst als richtig oder falsch bewertet werden soll. Anschließend sollen dann die Schüler entweder selbst eine Begründung dazu formulieren oder aus einer kleinen Liste an vorgegebenen Begründungen die für sie zutreffende Antwort auswählen. Das folgende Beispiel mit freier Begründung stammt aus der Arbeit von Mann und Treagust (2010, Übersetzung S. Streller):

**Die Energie in unserer Nahrung befindet sich in kleinen Bündeln oder Paketen zwischen den Teilchen der Nahrung.**

Richtig/falsch

**Begründung:** .....

In der anderen Art der *two-tier items* formulieren die Schüler die Antwort nicht selbst, sondern sie wählen aus vorgegebenen Begründungen die für sie plausibelste aus. Das Beispiel stammt aus der Arbeit von Peterson und Treagust (1989; Übersetzung S. Streller).

**Welche der folgenden Darstellungen zeigt die Position des gemeinsamen Elektronenpaars im HF-Molekül am besten?**

(1) H :F (2) H : F

**Begründung**

- (A) Nichtbindende Elektronenpaare beeinflussen die Position des bindenden oder gemeinsamen Elektronenpaares.
- (B) Weil Wasserstoff und Fluor eine kovalente Bindung ausbilden, muss das Elektronenpaar in der Mitte sein.
- (C) Fluor zieht das bindende Elektronenpaar stärker an.
- (D) Fluor ist das größere der beiden Atome, und deshalb übt es eine stärkere Kontrolle über das gemeinsame Elektronenpaar aus.

Richtig ist die Kombination 1C, doch gut ein Fünftel der von Peterson und Treagust befragten Zwölfklässler wählte die Kombination 2B. Hier zeigt sich, wie ökonomisch und erkenntnisbereichernd solche kurzen Tests eingesetzt werden können. Sie eröffnen Ihnen sehr schnell Hinweise auf vorhandene Vorstellungen und sind deshalb gut geeignet, Unterricht zu optimieren. David Treagust weist ausdrücklich

darauf hin, dass solche *two-tier items* nicht als benoteter Test zu verwenden seien, sondern ausschließlich der Diagnose von Vorstellung und Optimierung des Lernprozesses dienen. Auf genau diese Optimierung hat auch Helga Pfundt schon in den 70er-Jahren (1975, S. 157) hingewiesen, indem sie mahnt: „Der Unterricht muß die Schüler [...] nicht lediglich von Unkenntnis zu Kenntnis leiten, er muss vielmehr auch vorhandene Kenntnis durch andersartige Kenntnis ersetzen.“

---

## Literatur

- Barke HD (2006) Chemiedidaktik – Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen. Springer, Berlin
- Barke HD, Harsch G, Marohn A, Krees S (2015) Chemiedidaktik Kompakt. Lernprozesse in Theorie und Praxis. Springer Spektrum, Heidelberg
- Benedict C, Bolte C (2009) (Irr)Wege in die Welt des Kleinen. In: Lauterbach R, Giest H, Marquardt-Mau B (Hrsg) Lernen und kindliche Entwicklung. Klinkhardt, Bad Heilbrunn, S 213–220
- Benedict C, Bolte C (2011) Diagnose konzeptueller Kompetenzen im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: Höttecke D (Hrsg) Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie. Lit, Berlin, S 137–139
- Diesterweg FAW (1850) Wegweiser zur Bildung für deutsche Lehrer. Erster Band, 4. Aufl. Bädeker, Essen
- Driver R, Squires A, Rushworth P, Wood-Robinson V (2014) Making sense of secondary science. Research into children's ideas, 2. Aufl. Routledge, London/New York
- Duit R (1981) Übersicht über einige allgemeine Probleme der Erfassung von Vorstellungen. In: Duit R, Jung W, Pfundt H (Hrsg) Alltagsvorstellungen und naturwissenschaftlicher Unterricht. Aulis, Köln, S 182–195
- Duit R (2004) Teilchen- und Atomvorstellungen. In: Müller R, Wodzinski R, Hopf M (Hrsg) Schülervorstellungen in der Physik. Aulis, Köln, S 201–214
- Duit R, Treagust D (2003) Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *Int J Sci Educ* 25:671–688
- Eisner W, Fladt R, Gietz P, Justus A, Laitenberger K, Schierle W (1995) Elemente Chemie I. Klett, Stuttgart/Düsseldorf/Berlin/Leipzig
- Geiger W, Haupt P, Kloppert R, Kunze W (1990) Chemie für Realschulen. Cornelsen, Berlin
- Gilbert J, Treagust D (2009) Multiple representations in chemical education. Springer, Netherlands
- Häußler P, Bündler W, Duit R, Gräber W, Mayer J (1998) Naturwissenschaftsdidaktische Forschung. Perspektiven für die Unterrichtspraxis. IPN, Kiel
- Jung W (1981) Zur Bedeutung von Schülervorstellungen für den Unterricht. In: Duit R, Jung W, Pfundt H (Hrsg) Alltagsvorstellungen und naturwissenschaftlicher Unterricht. Aulis, Köln, S 1–23
- Krüger D (2007) Die Conceptual Change-Theorie. In: Krüger D, Vogt H (Hrsg) Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden. Springer, Berlin/Heidelberg, S S 81–S 92
- Krüger D, Vogt H (2007, Hrsg) Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden. Springer, Berlin/Heidelberg,
- Liew CW (2009) Effectiveness of predict-observe-explain technique. LAP, Köln
- Mann M, Treagust D (2010) Students' conceptions about energy and the human body. *Sci Educ Int* 21(3):144–159
- Naylor S, Keogh B (2000) Concept cartoons in science education. Millgate House Publishers, Stafford

- Noto La Diega R, Benedict C, Bolte C (2010) Tra particelle e continuo, ovvero come i nostri alunni immaginano la materia: un'indagine quantitative condotta nelle Scuole Medie Inferiori e Superiori. *CnS* 17(2):93–106
- Novick S, Nussbaum J (1981) Pupils' understanding of the particulate nature of matter: a cross-age-study. *Sci Educ* 65(2):187–196
- Obst H, Ramien M, Schröder W, Beyer J, Bresler S, Heepmann B, Walz F (2009) *Chemie Grundausgabe Rheinland-Pfalz*. Cornelsen, Berlin
- Peterson RF, Treagust D (1989) Grade.12 students' misconceptions of covalent bonding and structure. *J Chem Educ* 66(6):459–460
- Pfundt H (1975) Ursprüngliche Erklärungen der Schüler für chemische Vorgänge. *MNU* 28:157–162
- Pfundt H (1981) Fachsprache und Vorstellungen der Schüler - dargestellt an Beispielen aus dem IPN-Lehrgang „Stoffe und Stoffumbildungen“. In: Duit R, Jung W, Pfundt H (Hrsg) *Alltagsvorstellungen und naturwissenschaftlicher Unterricht*. Aulis, Köln, S 161–181
- Pfundt H, Duit R (1985) *Alltagsvorstellungen und naturwissenschaftlicher Unterricht*. IPN, Kiel