

# Inhalte des Einstiegs-Chemieunterrichts NRW

Mit Fokus auf konsistente Teilchenmodelle



LNCU.de  
ID 41715  
CC-BY-SA 4.0  
Online abrufen

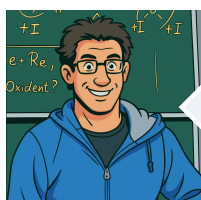
## Aufgaben

- Sortieren Sie jede Karte in genau eines der beiden Felder:
  - EINSTIEG – Inhalte des Anfangsunterrichts (Klasse 7, IF 1–3)
  - SPÄTER – Inhalte, die curricular erst in der Stufe 2 (z. B. ab Klasse 9) verbindlich sind
- Halten Sie strittige Karten bewusst fest: Wo Sie in der Gruppe uneins sind, liegt vielleicht ein interessanter didaktischer Streitpunkt. Diese Grenzfälle besprechen wir später ggf. im Plenum.

## M1 Die curriculare Landkarte selbst legen



Abb. 1: Was gehört zu Beginn in den Chemieunterricht? <sup>1</sup>



Vorschlag: Die Fülle der Inhalte in „unserer Landkarte“ sammeln wir an anderer Stelle. Längs durch die Landkarte zieht sich aber ein roter Faden: das Teilchenmodell. Das sollten wir in den Blick nehmen!



## Aufgaben

- 3 Betrachten Sie die Kugel ( M2 ). Sammeln Sie zunächst – ohne den Erklärtext – möglichst viele Deutungen: Was könnte mit ihr gemeint sein?
- 4 Die Einführung eines konsistenten Teilchenmodells ist grundlegend. Vergleichen Sie mögliche Vorgehensweisen laut M3 (think-pair-share).
- 5 Vollziehen Sie die Bilderstrecke in M4 samt Text nach. Reflektieren Sie exemplarisch, was jedes Bild für sich bedeutet und was die gesamte Strecke zum Ausdruck bringt. Beschreiben sie mögliche „Weichen“, die gestellt werden und benennen Sie Fehlvorstellung, die drohen, wenn sie unbemerkt bleiben.
- 6 Übertragen Sie auf Ihren eigenen Unterricht: Wo stellen Sie – vielleicht bisher unbemerkt – eine Weiche? Formulieren Sie eine konkrete Designentscheidung, mit der Sie sie künftig bewusst stellen, und begründen Sie sie mit der Anschlussfähigkeit.

## M2 Ein Blick in die Ebenen des Johnstone Dreiecks

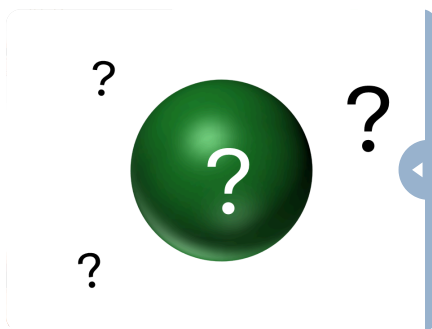


Abb. 2: Was könnte mit der Kugel dargestellt sein? <sup>2</sup>

### Auf allen Ebenen darstellen" – aber was heißt das?

Wir sagen oft, guter Chemieunterricht müsse die Inhalte auf allen Abstraktionsebenen zeigen. Gemeint ist Johnstones Triplet: die makroskopische Ebene (wahrnehmbar, Stoffe), die submikroskopische (Teilchen, Atome, Ionen) und die symbolische (Formeln, Gleichungen) <sup>3</sup>. Aber was heißt das für unsere Kugel?

Die Kugel ist immer eine Darstellung auf der submikroskopischen Ebene. Unklar ist aber, ob ein Stoffteilchen, ein Atom oder ein Elektron gemeint ist.

Was die sechs beispielhaft angeführten „Nutzungen“ wirklich unterscheidet ist die Tiefe innerhalb der submikroskopischen Ebene:

- die Teilchen des Stoffs (Lesart 1, 2),
- deren Bausteine, die Atome (Lesart 3),
- deren Bestandteile, die subatomaren Teilchen (Lesart 4).

### Johnstone: warum der Ebenenwechsel die Hürde ist

Johnstones eigentlicher Beitrag ist vielleicht die Einsicht, dass das Wechseln zwischen ihnen die kognitive Hürde ist: Das gleichzeitige Operieren über mehrere Ebenen überlastet das Arbeitsgedächtnis von Novizen, während Expertinnen und Experten mühelos zwischen den Ebenen wandern <sup>4</sup>.

Der erste solche Wechsel im Anfangsunterricht ist der Schritt von der wahrnehmbaren Stoffwelt auf die Teilchenebene (makroskopisch → submikroskopisch). Schon dieser eine Wechsel ist anspruchsvoll – und er ist nur der erste.

## M3 „Was schlägt die Fachdidaktik vor?“ – Zwei exemplarisch mögliche Wege

### Stück für Stück

#### Das Teilchenmodell schrittweise aufbauen

Fachdidaktiker:innen wie zum Beispiel Ingo Eilks, ist es wichtig, das Teilchenkonzept als einen in sich konsistenten, explizit ausformulierten Durchgang zu strukturieren – nicht als Abfolge

#### Was man nicht sagen soll

Drei Aussagen verbietet Eilks dabei ausdrücklich, weil sie später revidiert werden müssten:

- jede Festlegung auf eine Kugelform, denn sie führt nachweislich zu Verständnisschwierigkeiten, da die

#### Der kritische Schritt: die chemische Reaktion

Hier ist Eilks präzise. Die zuerst eingeführten Teilchen sind nicht Repräsentanten für Atome, sondern für diskret vorkommende Teilchen, Moleküle eingeschlossen.

historischer Modelle, die nacheinander gelernt und wieder verworfen werden <sup>5</sup>.

Maßstab jeder Entscheidung ist die Anschlussfähigkeit: Einmal Gelerntes muss später erweitert werden können, ohne dass für die Lernenden „nicht nachvollziehbare Sprünge“ entstehen <sup>6</sup>.

Das einfache Teilchenkonzept macht Aussagen ausschließlich über die Ebene der diskret vorkommenden Teilchen, zunächst ohne deren Veränderungen: Alle Stoffe bestehen aus kleinen Teilchen; zwischen ihnen ist nichts; sie sind ständig in Bewegung, die mit der Temperatur zu- und abnimmt; zwischen ihnen wirken abstandsabhängige Kräfte [, die wir hier nicht erklären können, von Borstel]; gleiche Stoffe bestehen aus gleichen Teilchen, verschiedene unterscheiden sich „in Aufbau, Form und Größe“ <sup>7</sup>.

Verwechslung mit dem späteren Atom nahezu zwangsläufig wird;

- die Behauptung, ein Reinstoff bestehe immer aus nur einer Sorte identischer Teilchen, denn sie trifft auf Salze nicht zu;
- die Rede vom „kleinsten Teilchen“, da die Teilchen einen inneren Aufbau aus Bausteinen – den Atomen und deren Bestandteilen – besitzen <sup>8</sup>.

Daraus ergibt sich für Eilks die **Reihenfolge**: das erste einfache Teilchenkonzept dort einführen, wo ein Phänomen es verlangt – bei Aggregatzuständen, ihren Übergängen und dem Auflösungsprozess, und nur mit den dafür nötigen Grundaussagen; dann die chemische Reaktion als „vielleicht schwierigsten Schritt“; und erst danach Atome und ihr Aufbau, schließlich Bindungsarten und Struktur.

Eine chemische Reaktion ist demnach mit einer Veränderung dieser für die Ausgangsstoffe charakteristischen Teilchen verbunden, die zu anderen charakteristischen Teilchen und damit zu einem neuen Stoff führt <sup>9</sup>.

Diese Definition ist anschlussfähig: Sie bleibt gültig, wenn man später auf der Atomebene erklärt (Elektronenübertragung, Bindungsumordnung).

## Alles am Anfang

### Das ganze Bauprinzip von Anfang an

Der zweite Weg, den zum Beispiel Kremer und Bee präferieren, legt das Teilchenmodell schon im Anfangsunterricht von Beginn an systemisch an: Nicht der einzelne Stoff und seine sinnlich erfassbaren Eigenschaften stehen am Anfang, sondern das Bauprinzip der Materie aus Grundbausteinen – Atomen und Ionen, die durch Bindung zu Molekülen oder Gittern verknüpft sind. So lässt sich die chemische Bindung „in systemischer Weise von Anfang an“ thematisieren <sup>10</sup>.

Die Begründung ist ein Konsistenzargument. Lernt man zuerst, jeder Reinstoff bestehe aus genau einer Sorte kleiner Teilchen, und kurz darauf, jeder elementare Stoff bestehe aus Atomen, so verfestigt sich fast zwangsläufig die Fehlvorstellung, Elemente seien aus Atomen, Verbindungen aus kleinen Teilchen aufgebaut – auch wenn die Lehrkraft das nie ausgesprochen hat <sup>11</sup>. Weil dieses Wissen später vielfach verworfen werden muss – Wasserstoff und Sauerstoff bestehen aus Molekülen, nicht aus Atomen; Metalle und Salze bilden Gitter statt Moleküle –, bezeichnen Kremer und Bee es als „geradezu fatal“, wenn

### Das Begriffssystem umbauen

Damit die frühen Aussagen tragfähig bleiben, bauen Kremer und Bee das Begriffssystem um. Drei Werkzeuge:

Statt Element/Verbindung auf der Stoffebene: Einelementstoffe und Mehrelementstoffe. „Element“ bleibt allein der Atomsorte vorbehalten; das missverständliche Wort „Verbindung“ – das die „Bindung“ sprachlich nahelegt – verschwindet von der Stoffebene <sup>13</sup>. Hintergrund ist die alte Frage von H.-J. Schmidt, ob das Periodensystem eine Tabelle der Elemente oder nicht vielmehr der Atomarten sei <sup>14</sup>.

Das „Stoffteilchen“: Jeder Reinstoff wird durch genau eine Sorte Stoffteilchen repräsentiert – bei Molekülstoffen das Molekül, bei Salzen und Metallen ein „gedachtes“ Stoffteilchen, ein Gitterausschnitt analog zur Formel. Die übliche Formel NaCl „erzwingt“ so die Ionengruppe aus einem Na<sup>+</sup> und einem Cl<sup>-</sup> (nach einem Vorschlag von Barke) <sup>15</sup>. So bleibt der Satz „jeder Stoff besteht aus einer Sorte Teilchen“ auch für Salze und Metalle erhalten – genau der Satz, den der Stück-für-Stück-Weg bewusst fallen lässt, weil er auf die Salze nicht passt. An dieser Stelle gehen die beiden Wege am sichtbarsten auseinander.

### Der kritische Schritt: Bindung und Gitter zuerst

Das Phänomen „Bindung“ wird früh eingeführt – aber zunächst ohne es in Metall-, Ionen- und Elektronenpaarbindung zu zerlegen, und begrifflich getrennt von den Wechselwirkungen zwischen Teilchen <sup>16</sup>. Bereits im Anfangsunterricht werden Metallgitter und Ionengitter präsentiert; Atome erscheinen nicht als einzeln existierende Teilchen, sondern von vornherein als gebundene Grundbausteine <sup>17</sup>. Werkzeuge dafür sind zwei didaktisch aufbereitete Periodensysteme – das PSE<sup>3</sup> und das „Periodensystem der Grundbausteine und Kräfte“ –, deren Begriffsnetz durchgehend nach den drei Ebenen des Johnstone-Dreiecks geordnet ist <sup>18 19</sup>.

Der Preis dieses Weges: Bindung, Gitter und ein umgebautes Begriffssystem stehen am Anfang. Das ist der konsequente Gegenpol zur Selbstbeschränkung des Stück-für-Stück-Weges.

vermeintlich sicheres Wissen schon nach kurzer Zeit revidiert werden muss <sup>12</sup>.

Der Maßstab ist damit derselbe wie beim Stück-für-Stück-Weg – nichts lehren, was später widerrufen werden muss. Nur der Schluss ist umgekehrt: Konsistenz wird durch frühe Vollständigkeit gesichert.

## Der Weg in NRW

### Was der Kernlehrplan vorgibt

Der Kernlehrplan Chemie Sekundarstufe I Gymnasium NRW schreibt für die erste Stufe einen klar phänomenologischen Einstieg vor. Inhaltsfeld 1 „Stoffe und Stoffeigenschaften“ umfasst messbare und nicht-messbare Stoffeigenschaften, Gemische und Reinstoffe, Stofftrennverfahren und – ausdrücklich nur – eine „einfache Teilchenvorstellung“ <sup>20</sup>. Das Teilchenmodell dient hier allein der Deutung der Aggregatzustände; erst an dieser Stelle werden Bezüge zwischen Stoff- und Teilchenebene hergestellt <sup>21</sup>. Das einfache Atommodell folgt curricular erst in Inhaltsfeld 3 (Verbrennung), zur Erklärung der Massenerhaltung <sup>22</sup>. Bindung, Ionengitter und ein differenziertes Atommodell erscheinen verbindlich erst in der zweiten Stufe – in den Inhaltsfeldern 5, 6 und 8 <sup>23</sup>.


### Warum das mit Kremer & Bee an einigen Stellen kollidiert

Hier stehen sich zwei Strukturlogiken gegenüber. Kremer und Bee denken deduktiv-systemisch: vom Bauprinzip (Grundbausteine, Bindung, Gitter) zum Stoff. Der NRW-Kernlehrplan verlangt das Umgekehrte, nämlich induktiv-phänomenologisch: vom Stoff und seinen messbaren Eigenschaften über die Stofftrennung zu einer bewusst einfachen Teilchenvorstellung, erst von dort zum Atom und – Jahre später – zur Bindung. Wer Kremer und Bee curricular ernst nähme, müsste Inhalte der zweiten Stufe (Bindung, Gitter, differenziertes Atommodell) in die erste vorziehen und verletzte damit die verbindliche Progression und die Obligatorik des Kernlehrplans.

Das erklärt sich aus der Herkunft des Ansatzes: Beide Autoren unterrichten und bilden in Baden-Württemberg aus <sup>24</sup>, und sie entwickeln ihre modifizierte Begriffsstruktur erklärtermaßen auf Basis des baden-württembergischen Bildungsplans 2016 und des zugehörigen Beispielcurriculums weiter, das das „Stoffteilchen“-Vokabular bereits trägt <sup>25</sup> <sup>26</sup>. Der Ansatz ist damit auf einen Bildungsplan zugeschnitten, der ihm entgegenkommt – und im NRW-Rahmen, der die Teilchenebene zunächst allein für die Aggregatzustände vorsieht, strukturell schwer umzusetzen.

## M5 Ausblicke

### Wir haben den Teilchengedanken nur andiskutiert

Es gibt eine lang anhaltende **Diskussion**  dazu, die interessant ist: So sehr die Abkehr von der Einheitskugel fachdidaktisch geteilt wird – Bernhard Sieve nennt sie „sicherlich zu begrüßen“ und reserviert die Kugel für das Dalton-Atom –, so deutlich gibt es zum Beispiel eine ernstzunehmende Warnung gegen das durchgängige, distinkte Formenspiel. Sieve gibt zu bedenken, dass die vermeintliche Anschaulichkeit solcher Symbole dazu verleitet, dass „die Lernenden die Symbolik, das Modell, als Teil der Realität erachten“ – Schülerinnen und Schüler also glauben, die Teilchen sähen tatsächlich so aus <sup>32</sup>. Holger Fleischer warnt in dieselbe Richtung, man solle „nicht ohne Not zu viel Information“ in die Form legen, sonst entstünden neue Fehlvorstellungen – plastisch gefragt: „warum haben Ionen die Form einer Krone?“ <sup>33</sup>.

Diese Gegenstimme richtet sich nicht gegen die Formfreiheit, sondern gegen ihre Überdehnung. Sie markiert die Grenze der eigenen Entscheidung: Distinkte Formen dürfen die Verschiedenheit der Stoffteilchen sichtbar machen – sie dürfen aber nicht den Eindruck erwecken, ein Teilchen habe „wirklich“ eine

### Wo kann man noch hinschauen?

Das runde Dalton-Atom ist nicht das Ende, sondern selbst der nächste Gegenstand des „Hineinschauens“: Aus der Kugel wird ein Kern-Hülle-Modell und später ein differenziertes Atommodell – curricular die zweite Stufe (IF 5).

Wer die Massengesetze schärfen will, sollte an Dalton das Gesetz der konstanten Massenverhältnisse anschließen und einen Blick auf das Massenspektrometer (Modell) werfen, mit dem Atom- und Molekülmassen messbar werden.

Krone oder eine Zacke. Wo genau diese Grenze verläuft, ist im Seminar zu verhandeln.

## Einzelnachweise

- 1 Eigene Darstellung Gregor von Borstel, erstellt mit Unterstützung von KI
- 2 Gregor von Borstel, 2026
- 3 Johnstone, A. H. (2000): Teaching of Chemistry – logical or psychological? Chemistry Education: Research and Practice in Europe 1(1), 9–15. DOI 10.1039/A9RP90001B.
- 4 Johnstone (2000), CERAPIE 1(1), 9–15, hier S. 11.
- 5 Eilks, I. (2007): Neue Wege zum Teilchenkonzept. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, Themenheft Basiskonzepte, H. 100/101 (hier zitiert nach der ausführlichen [Online-Fassung](#)), Abschnitt „Grundlegende Gedanken bei der Neustrukturierung des Teilchenkonzepts“.
- 6 Eilks (2007), Online-Fassung, ebd.
- 7 Eilks (2007), Online-Fassung, Abb. 5 (Explikation der Grundaussagen des ersten Teilchenkonzepts).
- 8 Eilks (2007), Online-Fassung, Abschnitt „Ausgewählte Gedanken zu einem veränderten Umgang mit dem Teilchenkonzept“.
- 9 Eilks, I., Leerhoff, G. & Möllering, J. (2002): Was ist eigentlich eine chemische Reaktion? MNU 55(2), 84–91; vgl. Eilks (2007), Online-Fassung, Kasten 1 (Exkurs zur Einführung der chemischen Reaktion).
- 10 Kremer, M. & Bee, U. (2019): Einsatzmöglichkeiten der didaktisch aufbereiteten Periodensysteme „Periodensystem der Grundbausteine und Kräfte“ und „Periodensystem der Elemente in drei Ebenen PSE<sup>3</sup>“. CHEMKON 26(7), 286–293. DOI 10.1002/ckon.201900025, hier Zusammenfassung S. 286.
- 11 Kremer & Bee (2019), S. 286 (Problemstellung).
- 12 Kremer & Bee (2019), S. 286–287.
- 13 Kremer & Bee (2019), S. 287–288.
- 14 Schmidt, H.-J. (1998): Ist das Periodensystem eine Tabelle der chemischen Elemente? CHEMKON 5(3), 131–134. DOI 10.1002/ckon.19980050306.
- 15 Kremer & Bee (2019), S. 288, in Anlehnung an Barke, H.-D. & Harsch, G. (2001): Chemiedidaktik heute. Springer, S. 169.
- 16 Kremer & Bee (2019), S. 288 (Forderung 2).
- 17 Kremer & Bee (2019), S. 288 (Forderung 3) bzw. S. 292 (Umsetzung im Unterricht).
- 18 Kremer & Bee (2019), S. 289–291 (PSE<sup>3</sup>/PSG<sup>b</sup>K; Abb. 5/6 nach dem didaktischen Dreieck Johnstones).
- 19 Johnstone, A. H. (2000): Teaching of Chemistry – logical or psychological? CERAPIE 1(1), 9–15. DOI 10.1039/A9RP90001B.
- 20 Ministerium für Schule und Bildung NRW (2019): Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gymnasium in NRW – Chemie. Heft 3415, S. 19 (IF 1).
- 21 MSB NRW (2019), Heft 3415, S. 19.
- 22 MSB NRW (2019), Heft 3415, S. 21–22 (IF 3).
- 23 MSB NRW (2019), Heft 3415, S. 27–32 (IF 5, 6, 8).
- 24 Kremer & Bee (2019), CHEMKON 26(7), Autorenangaben S. 287.
- 25 Kremer & Bee (2019), CHEMKON 26(7), S. 292 (Abschnitt 5.3, Erfahrungen mit dem Unterrichtskonzept).
- 26 Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (2016): Bildungsplan Gymnasium – Chemie.
- 27 Gregor von Borstel 2021 bis 2026
- 28 noch nicht online auf LNCU
- 29 Johnstone, A. H. (2000): Teaching of Chemistry – logical or psychological? CERAPIE 1(1), 9–15, hier S. 11. Vgl. M 2.
- 30 Eilks, I. (2007): Neue Wege zum Teilchenkonzept. NiU-Chemie H. 100/101 (Online-Fassung), Abschnitt „Ausgewählte Gedanken zu einem veränderten Umgang mit dem Teilchenkonzept“.
- 31 Ministerium für Schule und Bildung NRW (2019): Kernlehrplan Chemie SI Gymnasium, Heft 3415, IF 2 (Chemische Reaktion) bzw. S. 21–22 (IF 3: einfaches Atommodell, Gesetz von der Erhaltung der Masse).
- 32 Thielen-Redlich, H., Kremer, M. & Tittel, C. (2018): Die »kleinsten Teilchen« der Reinstoffe. MNU Didaktischer Prüfstand, mnu.de, 04.08.2018; hier Diskussionskommentar von B. Sieve (2018).
- 33 Ebd., Diskussionskommentar von H. Fleischer (2018).

