

Aufgabenvorschläge zur Einbettung von Spektrum neo in den Regel- oder Ergänzungsunterricht (Wahlpflicht, AG, Forschercamps etc.)

Pay Ove Dierks, Stefan Schwarzer und Ilka Parchmann,
IPN – Leibniz-Institut für Didaktik der Naturwissenschaften und Mathematik Kiel

Carsten Könneker und Joachim Retzbach,
Redaktion Spektrum neo / Verlag Spektrum der Wissenschaft

Vorbemerkung

Spektrum neo ist das Magazin von „Spektrum der Wissenschaft“ für Jugendliche, die mehr über aktuelle Forschung wissen möchten, als es der zeitliche Umfang des naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Schule in der Regel ermöglicht. Es wendet sich speziell an Jugendliche, nicht wie andere Zeitschriften an Grundschulkinder. Die Beiträge sind daher durchaus unterschiedlich vom Anspruch, setzen aber an Erkenntnissen von Untersuchungen zu Interessen der Zielgruppe an (siehe Dierks et al., in Vorbereitung).

Wo liegen die Vorteile einer solchen Zeitschrift gegenüber klassischen Unterrichtsmedien wie dem Schulbuch? Sicherlich in der hohen Aktualität, den Einblicken in die Arbeit heutiger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, insbesondere in deren Fragen, Methoden, Erkenntnisse und Arbeitsalltage. Die Darstellungen sind anspruchsvoll, aber dennoch eher populärwissenschaftlich, was unter Umständen für die Anbindung an Unterricht eine kritische Reflexion erfordert, zum Beispiel aufgrund didaktisch nicht immer unkritischer Modelle und Formulierungen. Die nachfolgenden Aufgaben sollen Anregungen für eine solche aktive Nutzung von Wissenschaftsmedien für Jugendliche am Beispiel von Spektrum neo bieten.

Aufgabenvorschläge zur Ausgabe „Expedition in die Nano-Welt“

(2012, Spektrum neo Nr. 3)

KOMPETENZBEREICHE FACHWISSEN UND KOMMUNIKATION

Wie groß ist groß, wie klein ist klein?

(siehe auch Parchmann et al., NiU-Chemie, Themenheft Mathematisierung im Chemieunterricht, in Druck 2013 und Schwarzer et al., 2013)

Wie weit ist es von der Erde zum Mond? Wie groß sind Planeten? Wie klein sind Atome? Größenvorstellungen sind für viele Menschen schwierig, wenn sie das, was man mit dem Auge sehen kann, deutlich über- oder unterschreiten. Oft weiß man zudem gar nicht, was uns unser Auge eigentlich zeigt... Sicher hast Du schon einmal einen dünnen Faden, den Du gerade eben noch mit dem Fingern greifen konntest, aus Deiner Kleidung gezogen; hast Du eine Vorstellung davon, wie viele Molekülfäden sich in so einem Faden befinden? Du hast bestimmt auch schon einmal Seifenblasen gemacht und die Zerbrechlichkeit oder das Farbspiel der Blase bestaunt; aber wie dick ist eine Seifenblasenhaut?

Mit Hilfe von modernen Geräten kann man immer genauer auf Oberflächen schauen. Wie sieht zum Beispiel ein „Tannenbaum“ aus Metall aus? Auf S. 8 in Spektrum neo Nr. 3 kannst Du einen sehen, der sogar nur zufällig entdeckt wurde. Kannst Du dort Atome erkennen? Suche im Internet oder in einem Buch nach Informationen zur Größe von Wolframatomten und ermittle, wie viele Wolframatomten in einen nur 60 Mikrometer großen „Baum“ passen! Die Kunststoffhärchen auf S. 12 sind sogar nur 500 Nanometer dick, siehst Du dort einzelne Molekülfäden?

Nanometergroße Strukturen können wir mit unseren Augen nicht sehen. Kannst Du herausfinden, weshalb das so ist? Hilfe findest Du in der Physik, der Chemie und in der Biologie. Suche nach der Wellenlänge des Lichts, der Größe von Nanoteilchen und dem Aufbau unserer Netzhaut im Auge!

Weitere Rekorde aus der Nanowelt findest Du übrigens im Beitrag „Schon gewusst“!

> Beiträge „Zoom ins Zwergenreich“, S. 6 ff.; „Crashkurs Nano“, S. 14/15; und „Schon gewusst?“, S. 28 ff.

Sehen Atome aus wie Planetenbahnen? – Atommodelle unter der (kritischen) Lupe

Da man Atome mit dem bloßen Auge nicht sehen kann, haben sich Wissenschaftler schon oft Gedanken darüber gemacht, wie sie wohl aussehen könnten. Ganz früher hat man sich Kugeln vorgestellt, vielleicht ähnlich wie klitzekleine Billardkugeln – massiv und unveränderlich. Durch Beobachtungen und Experimente fanden andere Naturwissenschaftler später heraus, dass Atome wiederum aus kleineren Partikeln bestehen; im Chemie- oder Physikunterricht hast Du sicher schon Protonen, Neutronen und Elektronen kennen gelernt, oder vielleicht auch von Strings und Quarks gehört? Zeichne einen Zeitstrahl, mit dem Du aufzeigst, wann und von wem welche Modelle entwickelt wurden.

Heute kann man berechnen, wo sich zum Beispiel die Elektronen wahrscheinlich aufhalten, ganz genau kann man das aber nicht bestimmen. Dennoch findet man häufig Modellbilder von Atomen wie das im Spektrum neo Nr. 3 auf S. 15: hier kreisen Elektronen scheinbar auf genauen Bahnen um den Kern, so wie Planeten um die Sonne. Kannst Du Dir vorstellen, weshalb solche vereinfachten Bilder gern gezeigt werden, obwohl man doch heute weiß, dass die Welt der Atome so einfach nicht aussieht?

Gehe in Deinem Schulbuch auf die Suche nach weiteren Atommodellen. Welche kannst Du für welchen Zweck nutzen? Modelle sind nämlich nicht einfach falsch oder richtig, Modelle nutzt man vielmehr, um etwas zu erklären – und dazu braucht man manchmal genauere Modelle, manchmal reichen auch einfachere. Begründe, was Du mit dem „Planetenmodell“ erklären könntest und wo es aber auch seine Schwächen hat?

> Beitrag „Crashkurs Nano“, S. 14/15

H₂O und H₂O₂ – kleine Änderungen, große Wirkungen!

H₂O oder H₂O₂, was macht das schon für einen Unterschied? Ist doch nur ein Sauerstoffatom mehr in der Verbindung ... Der Autor des Artikels „Im Schneckentempo durchs Nano-Land“ schreibt auf S. 24, dass dieses eine Atom mehr dem Wasserstoffperoxid (so heißt der Stoff mit der Summenformel H₂O₂) „eine gewisse Aggressivität“ verleiht. Tatsächlich zeigt Wasserstoffperoxid ein ganz anderes chemisches Verhalten als Wasser, obwohl beide Moleküle doch so ähnlich aussehen. Und auch ganz andere Eigenschaften als Sauerstoff (O₂). In Wasser kannst Du völlig bedenkenlos baden, Sauerstoff benötigst Du zur Atmung. Wasserstoffperoxid hingegen ist wesentlich „reaktiver“. Doch wie kann man das erklären? Das Geheimnis steckt in den chemischen Bindungen. Die Bindung zwischen den beiden Sauerstoffatomen im Wasserstoffperoxid ist schwächer als die zwischen zwei Sauerstoffatomen in einem Sauerstoffmolekül (O₂). Erkläre, wie sich die Bindungen im Wassermolekül (H₂O), Wasserstoffperoxidmolekül (H₂O₂) und Sauerstoffmolekül (O₂) unterscheiden.

Und noch eine Detektivfrage zum Schluss: Auf S. 25 sind sowohl das Wassermolekül als auch das Molekül des Wasserstoffperoxids bildlich dargestellt. Recherchiere, wie diese beiden Verbindungen räumlich aufgebaut sind. Zeichne die Strukturen oder klebe Modelle entsprechend aneinander.

> Beitrag „Im Schneckentempo durchs Nano-Land“, S. 22 ff.

Die chemische Bindung – gar nicht so einfach zu erklären

„Nanoforschung“ ist gerade ziemlich „in“, dabei sagen zum Beispiel Chemiker völlig zu Recht, dass sie eigentlich immer schon Nanoforschung betrieben haben: Die Welt der Atome und der Synthese neuer Verbindungen durch das Aufbrechen und Ausbilden chemischer Bindungen läuft in der Nanoebene oder sogar darunter ab. Deswegen muss man als Nanoforscherin oder -forscher auch verstehen, was eine chemische Bindung ist, wie sie sich ausbildet, wie man zwei Atome wieder voneinander trennen kann und welche Strukturen im Nanometerbereich man damit aufbauen kann. Auf S. 32 in Spektrum neo Nr. 3 findest Du eine sehr vereinfachte, journalistisch geschriebene Erklärung zur chemischen Bindung. In Deinem Schulbuch oder im Unterricht hast Du das sicher viel genauer kennen gelernt. Stelle in einer Tabelle einige Aussagen aus dem Zeitschriftenartikel entsprechen Aussagen unter Verwendung der chemischen Fachsprache gegenüber. Welche Gründe könnte der Autor hier gehabt haben, die chemische Bindung in dieser Art und Weise zu erklären?

> Beitrag „Was ist eine chemische Bindung?“, S. 32

Wandfarbe, Zahnpasta und Sonnencreme – Titandioxid macht's möglich!

Was haben Zahnpasta, Sonnencreme und Wandfarbe gemeinsam? Titandioxid! Titan kennst Du vielleicht als Metall, auch dieses hat interessante „starke“ Eigenschaften. Das Oxid TiO_2 ist aber mindestens genauso spannend, da es sehr vielfältig einsetzbar und nach unseren heutigen Kenntnissen wahrscheinlich unbedenklich ist (aktuelle Diskussion: <http://www.tagesspiegel.de/wissen/sorge-wegen-titandioxid-partikeln-gefahr-aus-der-nanowelt/3911930.html>). Welche Eigenschaften des Stoffes Titandioxid macht man sich in den verschiedenen Produkten zunutze? Erstellt man eine Liste, wird diese sicher ganz schön lang ... Wie kann eine so einfache Verbindung (die übrigens kein Molekül ist; hier ist sogar dem Autor, einem Naturwissenschaftler, auf S. 65 im Kasten unten rechts ein Fehler passiert – nobody is perfect) so viele Eigenschaften eines Stoffes hervorrufen? Dies erklären Chemiker und Physiker mit Hilfe von Modellen. Für die Wandfarbe ist es zum Beispiel nicht nur wichtig, dass die Farbe stimmt, sondern auch, dass sie an der Wand haftet. Welche Struktur-Eigenschafts-Beziehung schauen Chemiker sich dafür an? Natürlich die Wechselwirkungen zwischen den Verbindungen in der Wand und denen in der Wandfarbe. Für den Bau von Solarzellen oder die Sonnencreme sind dagegen andere Eigenschaften und Modelle wichtig, hier kommt auch die Physik ins Spiel. Was passiert, wenn Sonnenstrahlung auf Materie trifft? Manchmal gehen Substanzen chemisch „kaputt“, manchmal kann die Energie aber auch genutzt werden. Hast Du schon einmal was von Halbleitern gehört? Erkläre, wovon abhängig ist, welche Auswirkungen Strahlung auf eine Verbindung hat.

> Beitrag „Titankreme und Silbersocken“, S. 60 ff.

Schalter unter der naturwissenschaftlichen Lupe

(siehe auch Schwarzer et al., in Vorbereitung)

In unserem Alltag wären Schalter wohl kaum mehr wegzudenken: Wir machen Licht an und aus, elektrische Geräte an und aus, können Verdunklungen rauf- und runterfahren und vieles mehr. Wäre es da nicht toll, wenn man auch Eigenschaften von zum Beispiel Kleidung auf Knopfdruck wasserdicht oder wasserdurchlässig schalten könnte? Brillengläser hell oder dunkel? Medizinische Kontrastmittel an und aus? Forscherinnen und Forscher in Kiel arbeiten daran, die Deutsche Forschungsgemeinschaft fördert diese Arbeiten in einem „Sonderforschungsbereich“. Eine Idee, die Prof. Rainer Herges in seinem Beitrag „Auf Kommando wasserdicht“ in Spektrum neo Nr. 3 beschreibt, ist die des Schaltens mit Licht. Doch wie funktioniert das? Das Licht verändert die Struktur von Molekülen, und damit verändern sich dann auch die Eigenschaften des Stoffes. Dieses Konzept lernst Du an einfacheren Beispielen auch in der Schule kennen, es ist das so genannte Basiskonzept der „Struktur-Eigenschafts-Beziehungen“. Wenn man dieses Konzept versteht, kann man in der Chemie ganz viel erklären und neue Substanzen mit neuen Eigenschaften herstellen! Einige Beispiele kennst Du sicher auch schon: Erkläre, weshalb Diamant und Grafit so unterschiedliche Eigenschaften haben, obwohl doch beide nur aus Kohlenstoff bestehen? (Noch ganz andere Eigenschaften haben übrigens das Aerographit, über das auf S. 31 mehr geschrieben steht, oder die Fullerene, siehe S. 84!) Auch Stärke und Cellulose haben gleiche Elemente in ihren Molekülen und dennoch sehr verschiedene Eigenschaften – weshalb? Wasser und Wasserstoffperoxid hast Du bereits kennen gelernt, wie kannst Du hier die unterschiedlichen Eigenschaften erklären? Für die Nanoschalter findest Du auf S. 36 eine vereinfachte Erklärung für die Veränderung der Struktur durch Licht. Am Bau solcher Moleküle forschen unter anderem Naturwissenschaftler aus der Organischen Chemie!

> Beitrag „Auf Kommando wasserdicht“, S. 34 ff.

Aufgabenvorschläge zur Ausgabe „Expedition in die Nano-Welt“

(2012, Spektrum neo Nr. 3)

KOMPETENZBEREICH ERKENNTNISGEWINNUNG

Forschen wie eine Forscherin?

Was passiert mit Wassertropfen auf verschiedenen Oberflächen? Meistens zerplatzen sie und laufen auseinander, manchmal perlen sie aber auch einfach ab. Dies kannst Du selbst untersuchen, wenn Du, so wie Luisa und Julius in Spektrum neo Nr. 3, Wassertropfen zum Beispiel auf verschiedene Blattoberflächen gibst. Das Geheimnis liefert die Struktur der Oberfläche, die Du mit bloßem Auge und nicht einmal mit einem einfachen Lichtmikroskop erkennen kannst. Viel zu klein sind diese Strukturen! Mit Hilfe besonderer Sondentechniken kann man die Oberflächen aber untersuchen, dies wird im Beitrag „Die Welt unter dem Nano-Mikroskop“ (S. 74ff) erklärt!

Aber nicht nur die Struktur der Oberfläche ist wichtig, auch die der Wassermoleküle! Was passiert zum Beispiel mit Tropfen anderer Stoffe? Schau unter www.spektrum-neo.de/lotus nach, welche weiteren Untersuchungen Du noch machen kannst! Die Besonderheit des Wassers kannst Du bestimmt auch schon erklären, wenn Du Dir den Aufbau der Wassermoleküle anschaut. Diese bilden einen Dipol und deswegen bilden sich zwischen den Wassermolekülen ganz besondere Anziehungskräfte aus, die „Wasserstoffbrückenbindungen“ Was passiert nun, wenn die Wassermoleküle an die Luft geraten? Lies dies unter dem Stichwort „Oberflächenspannung“ nach!

> Beitrag „Wenn alle Tropfen kullern“, S. 44 ff.

Gibt es überhaupt noch Fragen für uns, wenn wir mal Wissenschaftler sind?

„Die Nanomedizin bietet jungen Nachwuchsforschern die Chance, selbst noch ganz viele wichtige Beiträge zu leisten“, das kannst Du in Spektrum neo Nr. 3 am Ende des Artikels auf S. 21 lesen. Aber gibt es heute denn noch wirklich Neues zu entdecken? Wenn man sich die Geschichte der Naturwissenschaften so anschaut, dann kann man heute schon Vieles richtig gut erklären, etwa wie Atome aufgebaut sind, aus welchen Molekülen oder Gitterstrukturen die große Vielfalt der Stoffe besteht, wie sich Licht ausbreitet oder wie die Vererbung funktioniert. Lohnt es sich da überhaupt noch, Naturwissenschaftlerin oder Naturwissenschaftler zu werden? Ganz sicher! Nicht nur in der Anwendung naturwissenschaftlichen Wissens sind viele, viele Fragen offen; auch Grundlagen gibt es noch zu entdecken. Tatsächlich ist man weit davon entfernt zu wissen, wie genau alle die Verbindungen aussehen, die es auf der Welt gibt. Biomoleküle zum Beispiel sind so groß und oft nur im lebendigen System stabil, dass man sie lange Zeit gar nicht vermessen oder im Modell darstellen konnte. Und täglich werden neue Substanzen im Labor her-

gestellt, die es tatsächlich vorher noch nie gab! Denkt man an die vielen großen Herausforderungen, die das Zusammenleben der vielen Menschen auf der Welt mit sich bringt, dann fallen einem noch viel mehr Fragen ein: Wie sieht die Energieversorgung der Zukunft aus? Wie werden wir alle satt? Wie bewegt Ihr Euch fort, wenn Ihr mal Rentner seid? Kann man Tumore nicht gezielter heilen als mit einer Therapie, die den ganzen Körper vergiftet? Solche Fragen können Naturwissenschaftler natürlich nicht allein klären, sie sind aber fast immer mit dabei. Wäre das nicht auch was für Dich? Dann kannst Du vielleicht in einem der vielen Schülerlabore in Deutschland (www.lernort-labor.de) schon mal in echte naturwissenschaftliche Forschung hinein schnuppern!

Suche in den Schülerlaboren in Deiner Nähe nach Themen, die Dich interessieren und die Deiner Meinung nach besonders wichtig für uns alle sind. Was macht sie so bedeutsam?

> Beitrag „Magnet-U-Boote für die Medizin“, S. 16 ff.

Kann man Atome sehen? – Geheimnisse der Rastersondenmikroskopie

(siehe auch Parchmann et al. (2010). Kann man Atome sehen? Chemkon 2/2010, S. 59-65)

Kann man Atome sehen? Mit dem Auge natürlich nicht, auch nicht mit der Lupe oder einem Lichtmikroskop ... Aber habt Ihr nicht schon mal Bilder gesehen, unter denen zum Beispiel zu lesen war: „Atome einer Goldoberfläche“? In Spektrum neo Nr. 3 wird erklärt, mit welchen Techniken Forscherinnen und Forscher solche Bilder heute erzeugen können. Man kann tatsächlich atomare Auflösungen darstellen! Ob man Atome nun aber „sehen“ kann, ist eine ganz andere Frage. „Sehen“ bezieht sich ja eigentlich auf unsere Augen, und die helfen uns da eben wenig weiter. Die Geräte, die man heute benutzt, berechnen vielmehr Signale, die beim Abtasten der Oberflächen entstehen. Und wenn man annimmt, dass diese Signale mit dem Aufbau der Atome, insbesondere den Eigenschaften von Elektronen zusammenhängen, dann kann man aus den Signalen wiederum Bilder über die Atome erzeugen. Eigentlich bildet man also nachträglich eine Modellwelt ab, die wiederum mit Hilfe von Modellannahmen erzeugt wurde. Das klingt reichlich kompliziert? Stimmt! Trotzdem macht es vielen Wissenschaftlern großen Spaß, diese Modelle besser zu verstehen, die Geräte weiter zu verbessern und damit auch die Genauigkeit der Oberflächenbilder, die man so herstellen kann, immer weiter zu erhöhen. Und manche Wissenschaftler können ihre Techniken auch dazu nutzen, einzelne Atome zu bewegen – ist das nicht faszinierend?

Fasse kurz zusammen, wie verschiedene Mikroskope (z.B. Lichtmikroskop, Rasterkraftmikroskop u.a.) funktionieren und welche maximale Auflösung sie erreichen können.

> Beitrag „Die Welt unter dem Nano-Mikroskop“, S. 74 ff.

> Videos zu verschiedenen Rastertunnelmikroskop-Aufnahmen unter
<http://www.atomic-movies.uni-kiel.de/>

Aufgabenvorschläge zur Ausgabe „Expedition in die Nano-Welt“

(2012, Spektrum neo Nr. 3)

KOMPETENZBEREICH BEWERTEN

Der Natur abgeschaut – Wissenschaft kann vieles, aber die Natur kann vieles mehr!

Hast Du schon einmal von „Bionik“ gehört? Darunter versteht man im Prinzip das Nachbauen von natürlichen Strukturen durch naturwissenschaftliche und technische Systeme. Wäre es nicht toll, wenn man an einer Wand kleben könnte wie der Gecko oder andere Insekten? Wie funktioniert dieses Kleben? Ganz anders als bei üblichen Klebstoffen aus der Tube! Erklären kann man heute beides, künstlich herstellen kann man den Gecko-Kleber aber noch nicht wirklich gut, obwohl es schon erste Gecko-Klebefilme gibt. Vielleicht erlebt Ihr den Durchbruch bei diesem „Kleber“ aber noch in naher Zukunft! Auch Spinnen, die viele Menschen gar nicht mögen, stellen Unglaubliches her: Fäden, die viel haltbarer und trotzdem dehnbarer sind als viele Stoffe, die Chemiker herstellen können. Wird man auch diese Synthesen zukünftig durchführen können?

Ein besonderes Wunder bringt die Natur durch die Vererbung hervor. Mit den so genannten DNA-Molekülen arbeiten auch Nanoforscher, das kannst Du im Beitrag „Strukturen wie von Zauberhand“ nachlesen.

Gerade das Abschaufen von Prinzipien aus der Natur ist eine große und sehr spannende Herausforderung für die Wissenschaft. Wie stehst Du selbst dazu, welche Chancen siehst Du, welche Grenzen sollte man aber auch beachten? Darf und soll man alles versuchen nachzumachen, was die Natur uns vor-macht?

> Beitrag „Die kleinen Tricks der Natur“, S. 48 ff., und „Strukturen wie von Zauberhand“, S. 68 ff.

Nanorisiken, Nanochancen – Ist Nano gefährlich?

Sind technische Entwicklungen gut oder schlecht? So einfach ist die Frage natürlich nicht zu beantworten. Manche Menschen sind von technischen Neuerungen einfach nur begeistert, andere haben eher Angst davor, und wieder andere wägen für jedes Beispiel genau ab. Das sollte man auch tun! Suche Beispiele für Pressemeldungen pro und contra Forschung und Entwicklung heraus, wahrscheinlich findest Du dort neben Berichten über Gentechnik und Medizin auch etwas über Nano. In Spektrum neo Nr. 3 kannst Du im Beitrag „Wie gefährlich ist Nano?“ nachlesen, was verschiedene Wissenschaftler selbst dazu sagen. Entwicklungen ohne die Untersuchung möglicher Gefährdungspotentiale darf es sicher nicht geben, aber wo liegen die Grenzen für Forschung und Entwicklung? Diesen Fragen widmen sich nicht nur die Naturwissenschaften, sondern auch die so genannte Ethik der Wissenschaft. Vielleicht habt Ihr Lust, mal ein Projekt zwischen verschiedenen Unterrichtsfächern daraus zu machen?

Beitrag „Wie gefährlich ist Nano?“, S. 52 ff.

Literaturzitate und ergänzende Literaturhinweise

Literaturhinweise aus den Aufgaben

Dierks, P. O. et al. (in Vorbereitung). Wie kann man Schüler für Naturwissenschaften interessieren? Chancen von Schule, Schülerlaboren und Medien.

Parchmann, I. et al. (2013). Wie klein ist klein, wie groß ist groß? Aufgaben zu Größenvorstellungen in der Chemie. Themenheft Mathematisierung im Chemieunterricht. Unterricht Chemie, Friedrich-Verlag.

Baum, M. & Schwarzer, S. (2013). Wie dünn ist eine Seifenblase? Chemkon, 1/2013

Parchmann, I. et al. (2010). Kann man Atome sehen? Chemkon 2/2010, S. 59-65

Auswahl von Vorschlägen zur Behandlung des Themengebietes NanoScience im Unterricht

Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule, Heft 1/55: Nanomaterialien im Alltag

Stationsarbeit für den Unterricht „Nanotechnologie im Alltag“, erhältlich auf Anfrage (schwarzer@ipn.uni-kiel.de)

Unterlagen zum Schülerlabor Klick!, erhältlich auf Anfrage (schwarzer@ipn.uni-kiel.de)

NanoBox FCI, kostenlose Bestellung unter:
<https://www.vci.de/fonds/presse/Publikationen/Seiten/NanoBoX.aspx>